

**MODEL PROTEKSI GERUSAN PADA PILAR DENGAN
TIRAI BERSISI CEKUNG**

*THE MODEL OF PILLAR SCOURING PROTECTION
USING CONCAVE-SIDED CURTAIN*


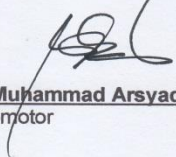
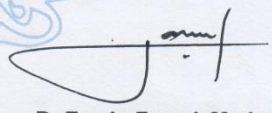
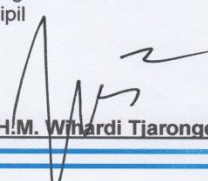
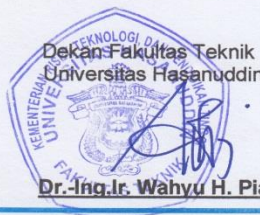
N E N N Y



**SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2016**

DISERTASI**MODEL PROTEKSI GERUSAN PADA PILAR DENGAN
TIRAI BERSISI CEKUNG**

Disusun dan diajukan oleh

NENNY
P0800311403telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
Pada tanggal 20 Juli 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syaratMenyetujui :
Komisi Penasehat,
Prof. Dr. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng.
Promotor
Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT
Ko-Promotor
Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT
Ko-PromotorKetua Program Studi S3
Teknik Sipil
Prof. Dr. H. M. Winardi Tjaronge, ST. M. EngDekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Dr. Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI


Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nenny
Nomor Induk Mahasiswa : P0800311403
Program Studi : S3 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juli 2016

Yang menyatakan



Nenny

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji dan Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehigga dapat menyusun dan menyelesaikan disertasi ini.

Ide yang melatar belakangi penggunaan model peredam gerusan ini timbul karena banyaknya permasalahan yang terjadi disekitar pilar jembatan, salah satunya adalah masalah gerusan yang disebabkan oleh kecepatan aliran dan fluktuasi debit aliran. Penulis bermaksud menyumbangkan masukan berupa penggunaan model tirai bersisi cekung untuk meredam gerusan di sekitar pilar jembatan.

Berbagai kendala yang penulis hadapi selama mengikuti program pendidikan S3 ini terutama dalam melaksanakan penelitian hingga penyusunan disertasi ini, namun semuanya dapat terlewati berkat bantuan baik moril maupun materil dari berbagai pihak. Untuk itu perkenankanlah penulis menyampaikan ungkapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. M. Saleh Pallu, M.Eng sebagai ketua komisi penasehat (Promotor), Bapak Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT. dan Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT sebagai anggota komisi penasehat (Kopromotor) atas kesediaan meluangkan waktunya untuk memberikan bantuan, arahan serta bimbingan mulai dari penentuan topik, pelaksanaan penelitian sampai dengan selesainya disertasi ini.

2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.S.,M.Eng. Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc., Bapak Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, ST.,MT., serta Bapak Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST.,MT sebagai penguji internal atas segala saran, masukan dan koreksi untuk perbaikan disertasi ini.
3. Rektor Universitas Hasanuddin, Direktur Program Pascasarjana Unhas, Dekan Fakultas Teknik Unhas, Ketua Jurusan Teknik Sipil Unhas, Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil Unhas, para dosen S3 Teknik Sipil serta staf administrasi Pascasarjana Fakultas Teknik dan Jurusan Teknik Sipil Unhas, Kepala Laboratorium Mekanika Tanah Unhas yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan, penelitian serta penyusunan disertasi ini.
4. Badan Penyelenggara Harian (BPH) Unismuh Makassar, Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar, Dekan Fakultas Teknik Unismuh Makassar, Ketua Jurusan Teknik Sipil Unismuh Makassar, yang telah memberikan bantuan dan izin kepada penulis untuk melanjutkan studi pada Program S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
5. Rekan-rekan mahasiswa Program S3 Teknik Sipil Unhas, khususnya angkatan 2011 dan rekan-rekan dosen, laboran, staf administrasi Universitas Hasanuddin dan Unismuh Makassar yang telah memberikan dukungan, doa dan motivasi selama penulis mengikuti perkuliahan, penelitian serta penyusunan disertasi ini. Demikian pula

kepada adik-adik mahasiswa Unismuh Makassar yang secara bergantian membantu penulis selama proses pengambilan data di laboratorium, serta semua pihak yang telah membantu yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Ucapan terima kasih setulus-tulusnya penulis haturkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak Drs. Abd. Karim (Alm) dan Ibu Hj. Kursiah (alm) yang telah membesarkan dan mendidik penulis, kedua mertua Bapak Prof. Dr. H. Hammado Tantu, M.Pd. (Alm) dan Ibu Dra. Hj. Rosdiana Sumara, M.S. yang senantiasa berdoa disetiap sujudnya bagi kesehatan dan keberhasilan studi penulis, juga kepada saudara-saudaraku, ipar-iparku yang telah membantu dan mendoakan, sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan ini.

Akhirnya penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada suami tercinta Ir. Hamzah Al Imran, ST.,MT. atas kasih sayang yang mendalam, ketulusan, pengertian dan perhatian yang luar biasa, juga kepada anak-anakku Ahmad Fauzan Fathurrahman, Nurul Miftahul Qalbi, dan Ahmad Maulana Ildhal Rahman atas pengertian, kesabaran, dan keikhlasan yang memberikan semangat dalam segala hal selama penulis mengikuti pendidikan ini.

Penyusunan disertasi ini tentunya belum sempurna dan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki, untuk itu dengan segala

kerendahan hati penulis mohon masukan dan kritik yang membangun demi sempurnanya disertasi ini. Semoga dapat bermanfaat, Amin..

Makassar, April 2016

N e n n y

ABSTRAK

NENNY. *Model Proteksi Gerusan pada Pilar dengan Tirai Bersisi Cekung* (dibimbing oleh H. Muh. Saleh Pallu, M. Arsyad Thaha, dan Farouk Maricar).

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap jarak memanjang dan jarak melintang pada pilar dengan menggunakan model variasi; perubahan dasar jarak memanjang dan jarak melintang pada tirai sebelum dan setelah penempatan model tirai pada pilar; dan membandingkan kedalaman gerusan hasil penelitian dengan pendekatan empiris.

Penelitian ini tergolong penelitian eksperimental dengan menggunakan model saluran tanah dengan penampang bentuk trapezium, model pilar heksagonal, dan model tirai bersisi cekung. Parameter yang diamati adalah kedalaman gerusan (ds) dengan simulasi debit (Q), kecepatan aliran (v), jarak melintang tirai (x), dan jarak memanjang tirai (L).

Hasil penelitian menunjukkan koefisien Kn yang memperlihatkan nilai kedalaman gerusan dengan adanya tirai (dz) terhadap kedalaman gerusan tanpa tirai (ds) sehingga diperoleh $Kn = f(I_{fr}, x, B, L, \text{ dan } m)$ dengan I_{fr} = indeks angka Froude, x = jarak melintang tirai; B = lebar saluran; L = jarak memanjang tirai, dan m = konstanta. Nilai Kn berkisar 0-1; untuk nilai I_{fr} berkisar 0,4-1,7.

Kata kunci: pilar, tirai, kecepatan aliran, kedalaman gerus (ds)



ABSTRACT

NENNY. *The Model of the Pillar Scouring Protection Using Concave-Sided Curtain* (supervised by **H. Muh. Saleh Pallu, M. Arsyad Thaha, and Farauok Maricar**)

This study aimed (1) to determine the effect of the water flow velocity on the longwise spacing and distance transverse of the pillar using curtain variation technique; (2) to investigate the basic alteration of the elongated and transverse distance of the curtain before and after the placement curtain model on the pillars; and (3) to compare the depth of the pillar scour resulted from this study and that observed in empirical research.

The research was an experimental study using three different models: a land line model with a cross-section shape of a trapezium, hexagonal pillar and curtain-sided concave models. The observed parameter was the depth of scour (ds) with debit simulation (Q), the flow velocity (v), the curtain transverse distance (x), and the longitudinal curtain distance (L).

The research results introduced Kn coefficient which indicated the values of the scour depth with the presence of the curtain (dz) on the depth of the scour without the curtain (ds), in which $Kn = f(I_{Fr}, X, B, L, \text{ and } m)$ with I_{Fr} = Froude number Index, x = the curtain transverse distance; B = the wide cross-section of the channel; L = the longitudinal curtain distance and m = constanta. Kn grade ranged 0 – 1 for grades I_{Fr} ranged of 0.4 -1.7.

Keywords: *pillars, curtains, flow velocity, depth of scour (ds)*



DAFTAR ISI

PRAKATA	ii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah Penelitian.....	10
C. Maksud dan Tujuan Penelitian	11
D. Manfaat Penelitian.....	11
E. Batasan Masalah.....	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	13
A. Isu Gerusan pada pilar jembatan.....	13
B. Sungai	19
C. Gerakan Awal Partikel	32
D. Gerusan.....	37

BAB III METODE PENELITIAN.....	62
A. Rancangan Penelitian	62
B. Waktu dan Lokasi Penelitian	75
C. Pencatatan Data.....	75
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	80
A. Penyajian Data Hasil Running.....	80
B. Analisis Hubungan Antar Parameter	217
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	225
A. Kesimpulan.....	225
B. SARAN	225
DAFTAR PUSTAKA.....	226
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Angka Froud dan konfigurasi dasar sungai, Naudascher 1987 (Maryono, 2007).....	30
Tabel 2. Koefisien Faktor Bentuk Pilar.....	50
Tabel 3. Matriks Penelitian	56
Tabel 4. Dimensi Saluran.....	69
Tabel 5. Variasi Model Tirai	71
Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan Hasil Uji Model Laboratorium.....	
Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan dengan menggunakan Pendekatan Empiris	215

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jembatan Srandakan, Kulon Progo, Yogyakarta	6
Gambar 2. Jembatan Kebonagung, Yogyakarta, 2006 (Istiarto, 2011)	7
Gambar 3. Jembatan Trinil, Magelang, 2009 (Istiarto, 2011)	8
Gambar 4. Jembatan Pabelan di jalan raya Yogyakarta - Magelang pada Maret 2011(Istiarto, 2011).....	8
Gambar 5. Jembatan kereta api di Comal, Jawa Tengah, 2001	9
Gambar 6. Dasar pondasi jembatan gantung mulai tergerus oleh aliran	15
Gambar 7. Kompleksitas percabangan sungai membentuk pohon sungai. (Maryono, 2007)	20
Gambar 8. Kompleksitas struktur dasar sungai (Nestman & Lehman, 2001), (Maryono, 2007)	21
Gambar 9. Kompleksitas distribusi kecepatan , aliran sekunder, serta mikro dan makro turbulen (Nezu & Nakagawa, 1996)	22
Gambar 10. Pengaruh vegetasi terhadap distribusi kecepatan (Naudacher, 1987).....	23
Gambar 11. (a). Aliran seragam (b). Berubah beraturan	24
Gambar 12. Gelombang banjir melalui saluran terbuka/sungai	25
Gambar 13. Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka	26
Gambar 14. Pola Distribusi Kecepatan sebagai Fungsi Kedalaman.....	27
Gambar 15. Keseimbangan antara aggradasi dan degradasi pada sungai alamiah,Rosgen, 1996 (Maryono, 2007).....	29

Gambar 32. Peluap segitiga <i>Thomson</i>	67
Gambar 33. Contoh Grafik gradasi sedimen.....	70
Gambar 34. Penempatan model tirai dan pilar jembatan.....	71
Gambar 35. Bagan Alir Penelitian.....	74
Gambar 36. Pengukuran kecepatan aliran	76
Gambar 37. Pengukuran kedalaman aliran	77
Gambar 38. Pengukuran kedalaman gerusan (ds)	77

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
A	Luas penampang aliran (m ²)
α	Sudut datang aliran
B	Lebar saluran
B	Jarak Melintang (B)
b	Lebar pilar (m)
C	Koefisien Chezy (m ^{1/2} /dt)
do	Kedalaman aliran (m)
ds	Kedalaman gerusan maksimum (m)
dz	Kedalaman gerusan tanpa tirai (m)
d ₅₀	Diameter butiran (mm)
Fr	Bilangan Froude
g	Percepatan gravitasi (m/dt ²)
Gs	Spesific grafiti
h	Kedalaman aliran (m)
I	Kemiringan dasar saluran
K ₁	Koefisien bentuk pilar
K ₂	Koefisien sudut embankmen
k _{α}	Koefisien simpangan baku
L	Jarak Memanjang (m)
L ₁ ,L ₂ ,L ₃	Jarak baris tirai (m)

L_A	Diameter pilar (m)
L_p	Sisi panjang bentuk pilar (m)
η^*	Eksponen, fungsi ukuran sedimen dan geometri halangan
Q	Debit aliran (m^3/dt)
R	Jari – jari hidraulik (m)
Re	Bilangan Reynold
t	Waktu (menit)
τ_0	Tegangan gesek dasar (N/m^2)
τ_c	Tegangan gesek kritik (N/m^2)
σ	Simbangan Baku
U_c	Kecepatan kritik (m/dt.)
U_0	Kecepatan rata-rata (m/dt)
V_0	Kecepatan awal sebelum tirai (m/dt.)
V_1	Kecepatan setelah tirai (depan pilar) (m/dt.)
V^*	Kecepatan geser (m/dt.)
V^*_c	Kecepatan geser kritik (m/dt.)
θ	Sudut datang aliran terhadap pilar
Δ	Rapat massa relative
ν	Viskositas kinematik ($m^2/dt.$)
ρ	Massa jenis air (kg/m^3)
X_1, X_2, X_3	Jarak antar tirai (cm)

y_m	Kedalaman maksimum gerusan
y_{me}	Kedalaman gerusan pada saat setimbang.
y_s	Kedalaman gerusan (m)
γ	Berat jenis material dasar

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sungai sejak jaman purba menjadi suatu unsur alam yang sangat berperan di dalam membentuk corak kebudayaan suatu bangsa. Ketersediaan airnya, lembahnya yang subur, dan lain-lain potensinya menarik manusia untuk bermukim disekitarnya. Kehidupan sehari-hari mereka tidak akan lepas dari memanfaatkan sungai dengan konsekuensinya manusia akan melakukan rekayasa terhadapnya yang perlu untuk lebih banyak dapat mengambil manfaat darinya. Namun kesadaran datang terlambat, sebab manusia harus melakukannya secara bersahabat, agar tidak timbul dampak yang akan merugikan di kemudian hari. Sebagai unsur-unsur alam yang lain, segala tindakan terhadapnya akan menimbulkan dampak perubahan sifat dan keadaannya sebagai penyesuaian terhadap perlakuan apa yang diterimanya. (Mulyanto,2006)

Dampak yang timbul ini dapat bersifat sangat merugikan kepada manusia sebagai pemanfaatnya apabila tidak diantisipasi penanggulangannya sesuai dengan kehendak alam, dan dapat bersifat tak berubah.

Meskipun secara sekilas sungai merupakan sistem yang kompleks, namun berdasarkan kompilasi hasil penelitian dalam kurun waktu yang lama, maka sungai dapat di mengerti sebagai sistem yang

teratur (regularly system). Sistem yang teratur diartikan bahwa segala macam komponen penyusun sungai memiliki karakteristik yang teratur. Karakteristik ini menggambarkan kondisi spesifik sungai yang bersangkutan. Sistem sungai alamiah merupakan sistem sungai yang teratur dan kompleks yang setiap komponennya saling berpengaruh satu sama lain (Maryono, 2007).

Sungai sebagai satu ekosistem terbuka, terikat oleh syarat-syarat sebagai ekosistem terbuka. Salah satu syarat yang sangat vital adalah kemenerusan sistem sungai dari hulu sampai hilir, tanpa interupsi oleh bangunan-bangunan hidro disepanjang sungai. Terpenggalnya sistem sungai oleh bangunan – bangunan hidro jelas akan membawa dampak negatif bagi stabilitas angkutan sedimen hulu ke hilir.

Angkutan sedimen selalu berubah-ubah sesuai dengan sumber air. Apabila air sungai dominan berasal dari daerah yang rawan erosi maka akan terjadi angkutan sedimen yang besar. Sebaliknya apabila pada suatu saat aliran dominan berasal dari daerah yang masih rendah tingkat erosinya maka angkutan sedimen juga menjadi kecil. Apabila angkutan sedimen kecil sedangkan debit relatif besar maka energi aliran akan menyebabkan erosi dasar sungai atau tebing sungai di sebelah hilir, sehingga apabila suplai sedimen kecil maka akan menyebabkan degradasi dasar sungai dan tebing sungai di hilir. Apabila angkutan sedimen besar maka akan terjadi pengendapan pada bagian sungai di mana kecepatan aliran kecil. (Maryono, 2007)

Material dasar sungai yang sangat heterogen dari tempat satu ke tempat lain akan menyebabkan angkutan sedimen berubah-ubah. Pada tempat dimana diameter butiran kecil maka kemampuan angkutan sedimen menjadi tinggi sedangkan pada lokasi dimana diameter butiran dasar dan tebing sungai relatif besar akan menyebabkan kemampuan angkutan sedimen kecil.

Transport sedimen merupakan fenomena alam yang sering dijumpai pada berbagai macam saluran terbuka, fenomena sedimen yang terjadi pada saluran atau sungai-sungai merupakan peristiwa yang sangat kompleks, karena dipengaruhi oleh fluktuasi aliran turbulen secara kontinyu sepanjang saluran. Gerusan dipilar pada umumnya bisa terjadi disebabkan oleh adanya gangguan oleh pilar dan aliran dan akan kembali seimbang dengan efek sedimentasi. Akibat dari dibangunnya pilar pada sungai, aliran air yang menuju pilar akan membentur dan bergerak tegak lurus kearah dasar saluran (proses aggradasi dan degradasi), (Rukiyati, 2007)

Untuk melindungi bangunan pengairan dari erosi biasanya di lindungi dengan batuan berdiameter besar. Hal ini sering dijumpai pada bagian hilir bangunan untuk melindungi bahaya *scouring*. Gerusan yang terjadi pada abutmen maupun pada pilar jembatan adalah merupakan gerusan total, yaitu kombinasi antara gerusan lokal dan gerusan umum. Atau kombinasi antara gerusan lokal, gerusan umum dan gerusan terlokalisir. Gerusan umum yang terjadi melintang sungai menyebabkan

degradasi dasar disebabkan oleh energi dari aliran air, gerusan lokal terjadi disekitar abutmen jembatan atau pilar disebabkan oleh energi pusaran air (*vortex energy*) karena adanya gangguan pola aliran akibat rintangan, dan gerusan konservasi energi aliran terjadi karena adanya penyempitan penampang sungai oleh adanya penempatan bangunan hidraulika. Fenomena ini bisa menyebabkan erosi dan degradasi disekitar bukaan jalan air suatu jembatan. (Kandasamy, 1998).

Direktorat Jenderal Bina Marga meliris data setidaknya terdapat 88.000 jembatan di Indonesia. Jumlah tersebut ekuivalen dengan 1,000 kilometer. Tiga puluh ribu (30,000) diantaranya berstatus sebagai jembatan nasional dan jembatan provinsi dengan ekuivalen sepanjang 500 kilometer.

Angka jumlah jembatan yang terlihat besar tersebut ternyata masih tergolong sedikit untuk negara dengan tipe kepulauan seperti Indonesia. Karena jembatan di Indonesia pada prinsipnya bertujuan untuk menghubungkan dua wilayah yang terpisahkan oleh sungai, laut dan teluk. Apabila dibandingkan dengan negara Amerika jumlah jembatan di Indonesia sangat tertinggal jauh. Di Amerika setidaknya terdapat 600 ribu jembatan. Jumlah tersebut tergolong banyak untuk wilayah dengan bentang alam seperti Amerika. (Dimas Dewandaru,2013)

Kondisi jembatan di Indonesia sangat beragam, namun sebagian besar jembatan dibangun pada periode 1980 – 1990, Kondisi ini menandakan sebagian jembatan berumur di atas 20 tahun dan sudah

memasuki masa “kritis”. Jembatan yang sudah memasuki masa kritis membutuhkan perawatan yang ekstra agar kerusakan dapat diminimalisasi.

Runtuhnya beberapa jembatan sebagian besar disebabkan oleh adanya kegagalan kestabilan pilar jembatan dalam fungsinya untuk mentransfer beban. Masalah yang ditemui pada jembatan melintang sungai adalah kegagalan struktur bawah jembatan (pondasi, pilar, pangkal/*abutment*) dalam menopang jembatan. Pada beberapa kasus, kegagalan ini berujung pada keruntuhan jembatan. Ancaman terhadap keamanan struktur bawah jembatan sering kali bersumber pada dinamika sungai, khususnya dinamika dasar sungai di sekitar pondasi dan pilar jembatan. Penurunan atau degradasi dasar sungai dan gerusan lokal di sekitar pondasi pilar jembatan sering kali menjadi faktor utama kegagalan struktur bawah jembatan. (Ariyanto, 2009)

Banjir besar dapat memperbesar degradasi dasar sungai dan gerusan lokal, yang pada gilirannya menambah ancaman terhadap keamanan struktur bawah jembatan. Beberapa kasus jembatan yang diakibatkan oleh gerusan, antara lain :

1. Kasus jembatan Srandakan, Kulon Progo Yogyakarta. Keruntuhan jembatan diakibatkan oleh kegagalan pondasi jembatan dalam menghadapi degradasi dasar sungai. Dasar sungai turun sangat cepat, dipicu oleh *seepage* di bawah ground sill pengaman jembatan.



Gambar 1. Jembatan Srandakan, Kulon Progo, Yogyakarta
(Istiarto, 2011)

Jembatan Srandakan melintas Sungai Progo, menghubungkan Kecamatan Srandakan, Bantul dengan Kecamatan Galur, Kulonprogo. Jembatan Srandakan mulai dibangun pada 1925 dan diresmikan pada 1929 sebagai jembatan kereta api (lori) pengangkut tebu. Jembatan mengalami beberapa alih fungsi dan rehabilitasi. Pada 1951, jembatan difungsikan sebagai jembatan jalan raya. Pada tahun 2000, dua dari 58 pilar jembatan turun (*ambblas*) yang terjadi dalam dua hari berurutan. Pilar #25 turun pada 20 April 2000 dan pilar #26 turun pada hari berikutnya. Saat ini, Jembatan Srandakan tidak lagi berfungsi. Sebuah jembatan baru, Jembatan Srandakan II telah menggantikan jembatan lama pada 2007.

2. Jembatan Kebonagung melintas Sungai Progo, berlokasi di ruas jalan Kota Yogyakarta-Nanggulan / Godean, di Kecamatan Minggir,

Sleman, Yogyakarta. Jembatan berdiri di atas 4 pilar silinder beton. Setiap pilar ditopang oleh dua buah pondasi sumuran. Pada awal tahun 2000 sampai 2006, terjadi degradasi dasar sungai dan gerusan lokal di sekitar sebagian pilar jembatan. Pada pengukuran tahun 2006, dasar sungai di pilar #4 (pilar pertama di sisi Nanggulan atau di sisi barat) telah mendekati dasar pondasi. Degradasi dasar sungai dipicu oleh keruntuhan groundsill di hilir jembatan.



Gambar 2. Jembatan Kebonagung, Yogyakarta, 2006 (Istiarto, 2011)

3. Jembatan Trinil melintas Sungai Progo, menghubungkan Desa Kalijoso, Kecamatan Secang dengan Desa Banjarsari, Kecamatan Windusari, Kabupaten Magelang, JawaTengah. Jembatan Trinil berdiri di atas 3 pilar dan pondasi pasangan batu kali. Panjang bentang jembatan lebih kurang 70 m. Pada 25 Februari 2009, pilar #3 (paling barat) turun (ambblas) yang memutus lalul lintas melewati jembatan. Belum sempat jembatan diperbaiki, setahun kemudian pada 4 Maret 2010, terjadi banjir yang menyebabkan pilar #1 dan #2 miring dan turun.



Gambar 3. Jembatan Trinil, Magelang, 2009 (Istiarto, 2011)

4. Jembatan Pabelan melintas Sungai Progo di jalan raya Yogyakarta-Magelang. Di lokasi ini terdapat 2 jembatan, yaitu jembatan lama yang ditopang oleh pilar dan pondasi pasangan batu kali, serta jembatan baru yang ditopang oleh pilar beton. Pada Maret 2011, salah satu bentang jembatan lama hilang diterjang banjir lahar hujan (sebagian orang menyebut banjir lahar dingin).



Gambar 4. Jembatan Pabelan di jalan raya Yogyakarta - Magelang pada Maret 2011(Istiarto, 2011)

Jembatan ini merupakan jembatan kereta api lintas Pekalongan-Tegal, tepatnya di antara Comal-Petarukan, dikenal pula dengan nama Jembatan BH 474. Jembatan ini melintas Sungai Comal. Bentang jembatan 60+60+12 m, ditopang oleh sebuah pilar pasangan batu kali di atas pondasi batu kali dan sebuah pilar beton di atas pondasi tiang pancang. Jembatan dibangun pada akhir abad ke-19. Pada Juni 2001, pilar pasangan batu kali miring akibat fondasi di bawahnya amblas sedalam 188 cm.



Gambar 5. Jembatan kereta api di Comal, Jawa Tengah, 2001 (Istiarto, 2011)

Guna mengatasi fenomena tersebut perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan yang terjadi disekitar pilar jembatan pada kondisi adanya angkutan sedimen (*live bed-scour*). Proses gerusan yang terjadi perlu diteliti untuk mengetahui paramater aliran yang mempengaruhi gerusan di sekitar pilar jembatan sehingga selanjutnya

dapat dicari upaya pengendalian dan pencegahan gerusan pada pilar agar kerusakan dan keruntuhan konstruksi dapat dihindari.

Untuk itu akan dikaji penggunaan model proteksi gerusan pada pilar dengan rangkaian tirai bersisi cekung, dengan pertimbangan bahwa penempatan model tirai dengan tipe tersebut setelah pilar akan dapat mereduksi gerusan disekitar pilar jembatan.

B. Rumusan Masalah Penelitian

Proses gerusan yang terjadi perlu diinvestigasi untuk mengetahui parameter aliran yang mempengaruhi gerusan yang terjadi di sekitar pilar jembatan sehingga selanjutnya dapat dicari upaya pengendalian dan pencegahan gerusan pada pilar agar kerusakan dan keruntuhan konstruksi dapat dihindari.

Rumusan masalah yang berkaitan dengan penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh kecepatan aliran dan perubahan dasar saluran terhadap jarak memanjang dan jarak melintang pada pilar dengan menggunakan variasi model tirai sebagai peredam gerusan di sekitar pilar.
2. Bagaimana potensi gerusan lokal dan tingkat reduksi gerusan disekitar zona pilar dengan menggunakan variasi model tirai.
3. Bagaimana merumuskan hubungan variabel berpengaruh dengan parameter kedalaman gerusan.

C. Maksud dan Tujuan Penelitian

Berdasarkan isu pokok tersebut diatas, maka maksud penelitian ini adalah membantu mengatasi gerusan yang terjadi disekitar pilar akibat terjadinya penurunan konstruksi dan akibat aliran air. Tujuan penelitian ini secara umum memberikan solusi berupa model peredam gerusan disekitar zona pilar dan mengevaluasi dari inovasi teknologi ini lebih lanjut.

Tujuan khusus meliputi :

1. Untuk mengetahui distribusi kecepatan aliran dan perubahan dasar saluran terhadap jarak memanjang dan jarak melintang pada pilar dengan variasi model tirai sebagai peredam gerusan di sekitar pilar.
2. Untuk mengetahui potensi gerusan lokal dan membandingkan tingkat reduksi gerusan dengan pendekatan empiris pada zona pilar dengan variasi model tirai.
3. Menemukan nilai koefisien model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi cekung dari parameter tak berdimensi.

D. Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan :

1. Mudah menentukan dengan jelas lokasi – lokasi terjadinya proses gerusan dan pengendapan, panjang gerusan yang harus diamankan serta kedalaman pondasi pada pilar jembatan yang seharusnya dibuat, sehingga kegagalan yang terjadi dapat dihindari.

2. Sebagai salah satu solusi alternatif dalam usaha melakukan inovasi dalam mengatasi gerusan pada pilar jembatan.
3. Menambah wawasan peneliti dalam bidang rekayasa bangunan air.

E. Batasan Masalah

Berhubung penelitian ini sangat luas dan kompleks serta penelitian ini dapat berjalan dengan baik dan mencapai sasaran yang diinginkan, maka penelitian ini dibatasi pada :

1. Penelitian ini dilakukan pada saluran tanah dengan bentuk penampang trapesium, dengan konsentrasi penelitian gerusan di sekitar pilar.
2. Pengujian karakteristik material pasir yang digunakan, meliputi berat jenis pasir, kadar air, analisa saringan, serta permeabilitas pasir.
3. Model pilar yang digunakan berbentuk hexagonal.
4. Model peredam gerusan yang digunakan terbuat dari bahan kayu, bentuk persegi sisi depan melengkung dengan ukuran serta variasi penempatan model yang berbeda.
5. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tawar.
6. Variabel penelitian adalah variasi ; debit (Q), kecepatan (V), tinggi muka air (h), jarak antar tirai (X), jarak baris tirai (L), kedalaman gerusan (ds),

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Isu Gerusan pada pilar jembatan

Jembatan merupakan salah satu infrastruktur penting, mempertahankan fungsi dan kemampuan jembatan dalam melayani arus lalu lintas menjadi kunci lancarnya roda perekonomian, oleh sebab itu pemeriksaan yang terus-menerus terhadap kondisi jembatan harus menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam sistem manajemen jembatan. Pemeriksaan terhadap kondisi jembatan dimaksudkan untuk sedini mungkin mengidentifikasi kerusakan-kerusakan yang terjadi sehingga penanganan yang efektif dan efisien dapat dilakukan sesuai dengan kondisi kerusakan yang terjadi. Kerusakan yang terjadi pada pilar jembatan dapat disebabkan oleh faktor beban, lingkungan maupun bencana alam, (Supriyadi, 2007).

Runtuhnya sebuah jembatan sebagian besar disebabkan oleh adanya kegagalan kestabilan pilar jembatan di dalam mentransfer beban-beban jembatan ke tanah dasar. Kegagalan pilar disebabkan karena gerusan pada dasar sungai atau disekitar pilar jembatan melebihi tingkat keamanan sehingga membahayakan konstruksi jembatan tersebut. (Anonimus,1993)

Jika debit aliran dan kecepatan aliran maksimum pada sungai tersebut maka akan berakibat fatal pada jembatan, sehingga akan terjadi

gerusan karena akan dipengaruhi oleh kecepatan aliran, debit aliran, kedalaman aliran, tegangan geser, dan kecepatan geser pada permukaan dasar sungai, dimensi pilar, bentuk pilar serta sudut kemiringan antara pilar dengan arah aliran.

1. **Gerusan Lokal**

Daya rusak aliran air kini cenderung semakin mengerikan. Salah satu penyebabnya, daerah hulu sungai sudah mengalami kerusakan, hingga menyebabkan debit air semakin besar. Di sisi lain, dasar sungai juga mengalami degradasi akibat penambangan pasir secara liar. Derasnya aliran sungai ini mengakibatkan banyak bangunan infrastruktur baik jembatan maupun bendung atau sabo dam mengalami kerusakan.

Kecenderungan sungai mengalami degradasi kini semakin mencemaskan. Sebagai tindakan antisipasi, melakukan penanganan serius guna menghentikan laju kerusakan yang terjadi, penyebab dan mekanisme gerusan lokal, mengevaluasi, dan menganalisis kendala metode pengendalian degradasi dan gerusan lokal. Gerusan lokal berupa penurunan stabilitas material dasar sungai di hilir atau sekitar bangunan air akibat peningkatan intensitas turbulensi aliran atau akibat pengangkutan material dasar sungai oleh aliran tanpa muatan sedimen. Sedangkan degradasi dasar sungai adalah penurunan dasar sungai di suatu ruas tertentu akibat pasokan angkutan muatan sedimen yang datang jauh lebih kecil dari kemampuan aliran sungai, akibat pengambilan

material dasar sungai dengan volume yang lebih besar dari pasokan sedimen yang masuk. (Khwairakpam,2009)

Sungai itu sesuatu yang hidup, dan akan memberi respon apapun yang dilakukan manusia. Jadi gerusan lokal dan degradasi itu merupakan respon sungai terhadap apa yang diperbuat manusia. Di dalam sungai itu banyak material yang bisa dimanfaatkan, seperti pasir, batuan besar, dan split untuk membangun prasarana. Semakin banyak kebutuhan yang diambil dari sungai maka kondisi sungai mengalami kerusakan dan berakibat rusaknya infrastruktur bangunan sepanjang aliran sungai. Misalnya, jembatan runtuh karena pondasi pilar tergerus akibat derasnya aliran air yang disebabkan adanya penggalian pasir sungai yang tak terkendali. Kondisi ini sudah melanda di berbagai pelosok tanah air dan perlu segera ditangani secara tepat dan cermat.



Gambar 6. Dasar pondasi jembatan gantung mulai tergerus oleh aliran sungai (Dimas Dewandaru, 2013)

2. Pilar Jembatan

Keberadaan sungai sangat mempengaruhi transportasi darat oleh sebab itu adanya jembatan sangat dibutuhkan guna mendukung sarana transportasi. Abutment jembatan merupakan bangunan sungai yang sangat penting dalam perencanaan sebuah jembatan.

Keruntuhan jembatan yang sering terjadi bukan hanya disebabkan oleh gerusan akan tetapi juga disebabkan oleh faktor liquifaction, atau getaran yang diakibatkan oleh beban kendaraan yang lewat. Akibat dari dua kejadian ini, pilar jembatan akan berada pada posisi tergantung, dan akan mengalami keruntuhan.

Dari penelitian sebelumnya, pada tahun 1973, diseluruh belahan dunia sudah terjadi 383 kerusakan jembatan, 25 % disebabkan oleh pilar jembatan, 72 % karena abutment. (Richardson, 1993). Pada tahun 1960 – 1984, dari 108 kerusakan jembatan yang terjadi, 29 kerusakan diakibatkan oleh gerusan karena adanya abutment. Penelitian Kandasamy dan Menville (1998), 6 dari 10 kerusakan jembatan yang terjadi di New Zeland disebabkan juga oleh abutment, selain itu 70 % dari pengeluaran untuk perbaikan jembatan dan perawatan jembatan dialokasikan untuk kerusakan akibat gerusan karena adanya abutment.(Kandasamy, 1998) dalam (Yuwono, 2011)

Keberadaan abutment disekitar tebing sungai hingga masuk ke dalam sungai menyebabkan lebar sungai mengalami penyempitan dan akan menimbulkan pengaruh pada perilaku aliran yang dipresentasikan

dalam kecepatan aliran sehingga menimbulkan perubahan pada distribusi sedimen. Pada debit yang sama, penyempitan badan sungai mengakibatkan bertambahnya kecepatan, yang menyebabkan terjadinya gerusan lokal.

Dalam perancangan telah diperhitungkan beberapa aspek seperti letak jembatan, aspek hidraulik sungai serta bentuk pilar yang akan memberikan pola aliran di sekitarnya. Struktur jembatan umumnya terdiri dari dua bangunan penting, yaitu struktur bangunan atas dan struktur bangunan bawah. Salah satu struktur utama bangunan bawah jembatan adalah pilar jembatan yang selalu berhubungan langsung dengan aliran sungai.

Bentuk pilar jembatan memberikan pengaruh terhadap pola aliran. Aliran yang terjadi pada sungai biasanya disertai proses penggerusan/erosi dan endapan sedimen/deposisi. Proses penggerusan yang terjadi dapat diakibatkan karena kondisi morfologi sungai dan adanya bangunan sungai yang menghalangi aliran. Pembuatan pilar jembatan akan menyebabkan perubahan pola aliran sungai dan terbentuknya aliran tiga dimensi di sekitar pilar tersebut. Perubahan pola aliran tersebut akan menimbulkan terjadinya gerusan lokal di sekitar konstruksi pilar. (Hidayat, 2006)

Gerusan lokal (*local scouring*) merupakan proses alamiah yang terjadi di sungai akibat pengaruh morfologi sungai atau adanya bangunan air yang menghalangi aliran, misalnya pangkal jembatan, pilar jembatan,

abutmen, krib sungai dan lain-lain. Adanya bangunan air tersebut menyebabkan perubahan karakteristik aliran seperti kecepatan aliran dan turbulensi, sehingga menimbulkan perubahan transpor sedimen dan terjadinya gerusan. Gerusan lokal umumnya terjadi pada alur sungai yang terhalang pilar jembatan yang menyebabkan adanya pusaran. Gerakan dari pusaran akan membawa butiran dasar menjauh dari asalnya dan jika tingkat debit sedimen yang keluar dari gerusan lebih besar dari yang masuk, maka akan terbentuk lubang akibat penggerusan. Pusaran tersebut terjadi di bagian hulu pilar.

Banyak kasus tentang runtuhnya bangunan jembatan bukan hanya disebabkan oleh faktor konstruksi, namun persoalan gerusan di sekitar pilar bisa menjadi penyebab lain, hal ini ditunjukkan karena proses gerusan yang terjadi secara terus menerus sehingga terjadi penurunan pada pangkal pilar.(Salmani,2007)

Yuwono Sosrodarsono dan Kazuno Nakazawa (1981), mengemukakan bahwa kerusakan pada pilar jembatan akibat banjir sebagian besar disebabkan oleh arus sehingga terjadi pengurangan luas penampang sungai dengan adanya sejumlah tiang-tiang (terutama pada jembatan kayu) pada aliran sungai dan hampir semua kerusakan pada jembatan disebabkan oleh perubahan dasar sungai atau penggerusan lokal (*local scouring*).

Menurut Laursen (1952) dalam Sucipto (2004), sifat alami gerusan mempunyai fenomena sebagai berikut :

1. Besar gerusan akan sama selisihnya antara jumlah material yang ditranspor keluar daerah gerusan dengan jumlah material yang ditranspor masuk ke dalam daerah gerusan.
2. Besar gerusan akan berkurang apabila penampang basah di daerah gerusan bertambah (misal karena erosi).
3. Untuk kondisi aliran akan terjadi suatu keadaan gerusan yang disebut gerusan batas, besarnya akan asimtotik terhadap waktu.

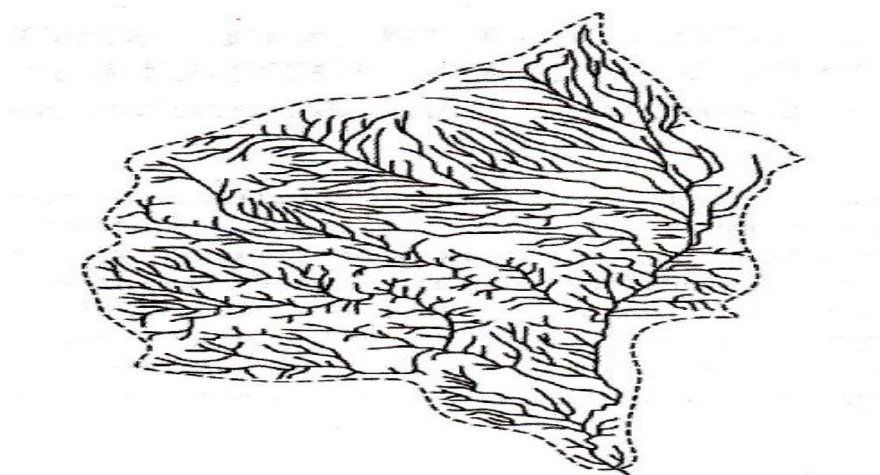
Gerusan Lokal (*local scouring*) dipengaruhi langsung dari akibat bentuk / pola aliran. Penggerusan lokal (Garde dan Raju, 1977) terjadi akibat adanya turbulensi air yang disebabkan oleh terganggunya aliran, baik besar maupun arahnya, sehingga menyebabkan hanyutnya material-material dasar atau tebing sungai. Turbulensi disebabkan oleh berubahnya kecepatan terhadap tempat, waktu dan keduanya. Pengerusan lokal pada material dasar dapat terjadi secara langsung oleh kecepatan aliran sedemikain rupa sehingga daya tahan material terlampaui. Secara teoristik tegangan geser yang terjadi lebih besar daripada tegangan geser kritis dari butiran dasar.

B. Sungai

Sungai atau saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Pada semua titik di sepanjang saluran, tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pada saluran terbuka / saluran alam, variabel aliran sangat tidak teratur

baik terhadap ruang maupun waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya. (Triatmodjo, 2008).

Kekomplekan sistem sungai dapat dilihat dari berbagai komponen penyusunan sungai, misalnya bentuk alur dan percabangan sungai, formasi dasar sungai (*river bed form*), morfologi sungai (*river morphology*), dan ekosistem sungai (*river ecosystem*). Kekomplekan percabangan sungai yang menyusun pohon sungai dari sungai orde pertama sampai orde ke-n, dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Kompleksitas percabangan sungai membentuk pohon sungai. (Maryono, 2007)

Percabangan sungai tersebut sekilas terbentuk tanpa mengikuti aturan tertentu atau mengikuti pola random atau *chaos system*. Pola baku sistem percabangan tersebut tidak dapat didefinisikan secara mudah.

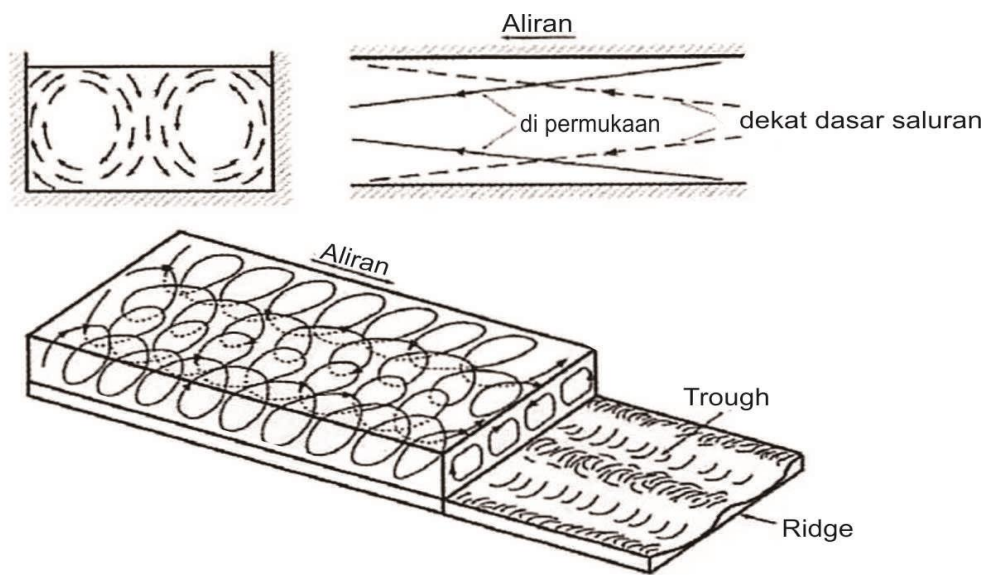
Formasi dasar sungai jika diperiksa sekilas sangat sulit untuk diadakan identifikasi dan karakteristikasi. Untuk mengetahui keteraturan pola dasar sungai diperlukan penelitian mendasar dan dalam waktu yang

panjang secara simultan. Gambar 8 adalah contoh formasi dasar sungai yang menunjukkan kompleksitas sungai.



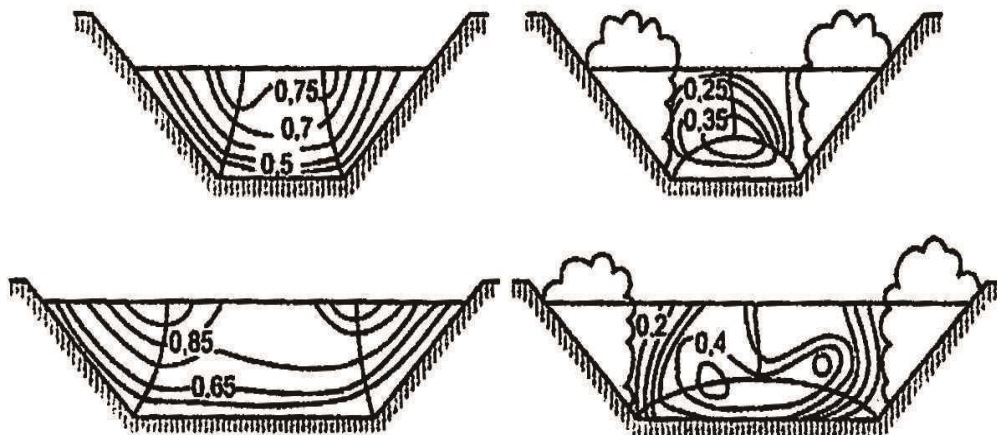
Gambar 8. Kompleksitas struktur dasar sungai (Nestman & Lehman, 2001), (Maryono, 2007)

Kompleksitas sungai dapat juga dilihat pada distribusi kecepatan dan aliran sekunder yang ada seperti pada gambar 9 . Gambar bagian atas menunjukkan distribusi kecepatan air yang bergabung dengan aliran sekunder. Kedua komponen tersebut membentuk alur-alur memanjang pada dasar sungai yang kompleks. Pembentukan *trough* dan *ridge* (bagian bawah) merupakan hasil dari proses interaksi aliran turbulen mikro dan makro dengan material dasar sungai. (Maryono, 2007)



Gambar 9. Komplexitas distribusi kecepatan , aliran sekunder, serta mikro dan makro turbulen (Nezu & Nakagawa, 1996)

Jika terdapat tumbuhan di sisi tebing sungai, maka kompleksitas aliran air sungai akan bertambah tinggi (Gambar 10). Vegetasi tebing sungai akan menyebabkan terjadinya peredaman kecepatan sekaligus memindahkan didtribusi kecepatan ke tengah sungai. Peredaman kecepatan tersebut disebabkan oleh turbulensi yang terjadi ketika aliran melewati vegetasi pinggir sungai. Sedang pergeseran distribusi disebabkan karena resistensi vegetasi pinggir sungai. Proses interaksi aliran ini menyebabkan terbentuknya daerah transisi antar daerah sungai utama dan daerah tepi sungai. Daerah transisi ini merupakan daerah dengan turbulensi aliran yang kompleks. (Maryono, 2007).



Gambar 10. Pengaruh vegetasi terhadap distribusi kecepatan (Naudacher, 1987).

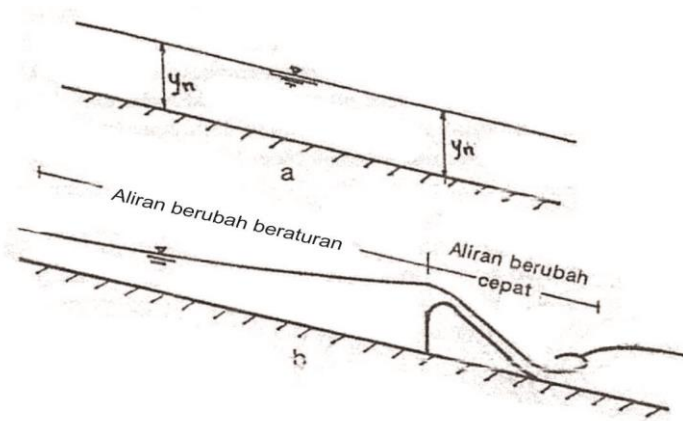
Meskipun secara sekilas sungai merupakan sistem yang kompleks namun berdasarkan kompilasi hasil penelitian dalam kurun waktu yang lama, maka sungai dapat dimengerti sebagai sistem yang teratur (*regular system*). Sistem yang teratur diartikan bahwa segala macam komponen penyusun sungai memiliki karakteristik yang teratur. Karakteristik ini menggambarkan kondisi spesifik sungai yang bersangkutan.

1. Klasifikasi Aliran

Pada umumnya tipe aliran melalui saluran terbuka adalah turbulen, karena kecepatan aliran dan kekasaran dinding relatif besar. Aliran melalui saluran terbuka akan turbulen apabila angka Reynold (Re) $> 1,000$, dan laminar apabila $Re < 500$, Panjang karakteristik yang ada pada angka Reynold adalah jari-jari hidraulik, yang didefinisikan sebagai perbandingan antara luas tampang basah dan keliling basah.

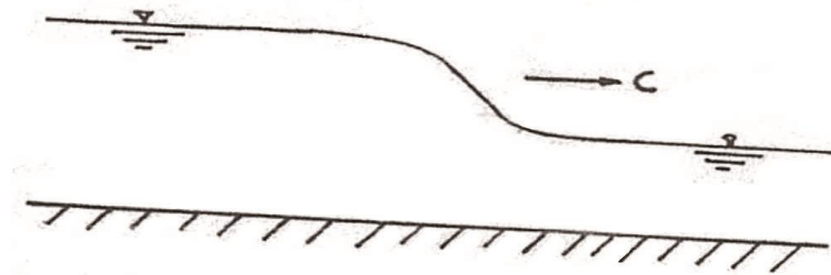
Aliran melalui saluran terbuka disebut seragam (*uniform*) apabila berbagai variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang aliran adalah konstan. Pada aliran seragam, garis energi, garis muka air dan dasar saluran adalah sejajar sehingga kemiringan dari ketiga garis tersebut adalah sama. Kedalaman air pada aliran seragam disebut dengan kedalaman normal (y_n). Untuk debit aliran dan luas tampang lintang saluran tertentu, kedalaman normal adalah konstan di seluruh panjang saluran.

Aliran disebut tidak seragam atau berubah (*non uniform flow* atau *varied flow*) apabila variabel aliran seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan disepanjang saluran tidak konstan. Apabila perubahan aliran terjadi pada jarak yang pendek maka aliran disebut aliran berubah cepat dan apabila terjadi pada jarak yang panjang disebut aliran berubah beraturan. Gambar 11, menunjukkan kedua tipe aliran (Triatmodjo (2008:104)



Gambar 11. (a). Aliran seragam (b). Berubah beraturan

Aliran disebut mantap apabila variabel aliran di suatu titik seperti kedalaman dan kecepatan tidak berubah terhadap waktu, dan apabila berubah terhadap waktu disebut aliran tidak mantap. Gambar 12 adalah gelombang banjir melalui saluran terbuka yang merupakan contoh aliran tidak mantap.

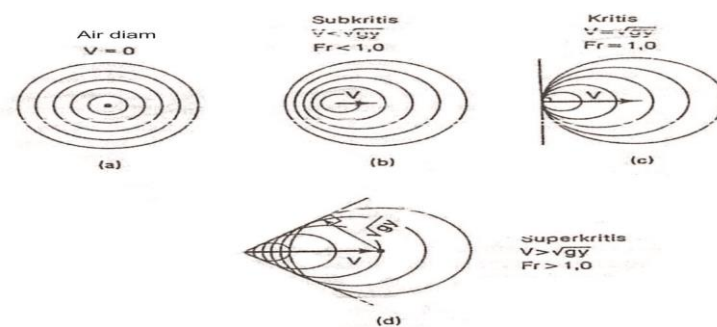


Gambar 12. Gelombang banjir melalui saluran terbuka/sungai

Selain itu aliran melalui saluran terbuka juga dapat dibedakan menjadi aliran sub kritis (mengalir) dan super kritis (meluncur). Diantara kedua tipe tersebut aliran adalah kritis. Aliran disebut sub kritis apabila suatu gangguan, misalnya batu dilemparkan ke dalam aliran sehingga menimbulkan gelombang yang terjadi di suatu titik pada aliran dapat menjalar ke arah hulu. Aliran sub kritis dipengaruhi oleh kondisi hilir, dengan kata lain keadaan di hilir akan mempengaruhi aliran di sebelah hulu. Apabila kecepatan aliran cukup besar sehingga gangguan yang terjadi tidak menjalar ke hulu maka aliran adalah super kritis. Dalam hal ini kondisi di hulu akan mempengaruhi aliran di sebelah hilir. Penentuan tipe

aliran dapat didasarkan pada nilai angka Froude (Fr), yang mempunyai bentuk $Fr = V/\sqrt{gy}$, dengan V dan y adalah kecepatan dan kedalaman aliran. Aliran adalah sub kritis apabila $Fr < 1$, kritis apabila $Fr = 1$, dan super kritis apabila $Fr > 1$,

Pada gambar 13, menunjukkan perbandingan antara kecepatan aliran dan kecepatan rambat gelombang karena adanya gangguan. Pada gambar 13 a. gangguan pada air diam ($V = 0$) akan menimbulkan gelombang yang merambat ke segala arah. Dalam gambar 13 b, dimana aliran adalah sub kritis, gelombang masih bisa menjalar ke arah hulu. Pada kondisi ini angka Froude $Fr < 1$ atau $V < \sqrt{gy}$, dengan \sqrt{gy} adalah kecepatan rambat gelombang sedang y adalah kedalaman aliran. Gambar 13 c, adalah aliran kritis dimana kecepatan aliran sama dengan kecepatan rambat gelombang. Dalam keadaan ini $Fr = 1$ atau $V = \sqrt{gy}$, Sedang gambar ...d. adalah aliran super kritis dimana gelombang tidak bisa merambat ke hulu karena kecepatan aliran lebih besar dari kecepatan rambat gelombang ($Fr > 1$ atau $V > \sqrt{gy}$)

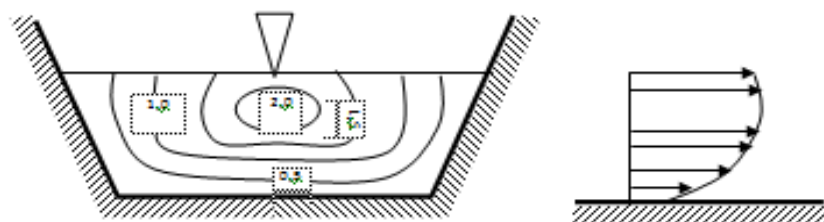


Gambar 13. Pola penjalaran gelombang di saluran terbuka

2. Distribusi Kecepatan

Distribusi kecepatan pada aliran melalui saluran terbuka tergantung pada banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding dan juga debit aliran. Distribusi kecepatan tidak merata di setiap titik pada tampang lintang.

Pada gambar 14, menunjukkan distribusi kecepatan pada tampang lintang saluran dengan bentuk saluran trapesium, yang digambarkan dengan garis kontur kecepatan. Terlihat bahwa kecepatan minimum terjadi didekat dinding batas (dasar dan tebing) dan bertambah besar dengan jarak menuju ke permukaan. Garis kontur kecepatan maksimum terjadi di sekitar tengah-tengah lebar saluran dan sedikit di bawah permukaan. Hal ini terjadi karena adanya gesekan dengan udara pada permukaan. Untuk saluran yang sangat lebar, distribusi kecepatan disekitar bagian tengah lebar saluran adalah sama. Hal ini disebabkan karena sisi saluran tidak berpengaruh pada daerah tersebut, sehingga saluran dibagian itu dapat dianggap 2 dimensi (vertikal). Keadaan ini akan terjadi apabila lebar saluran lebih besar dari 5 – 10 kali kedalaman aliran yang tergantung pada kekasaran dinding.



Gambar 14. Pola Distribusi Kecepatan sebagai Fungsi Kedalaman

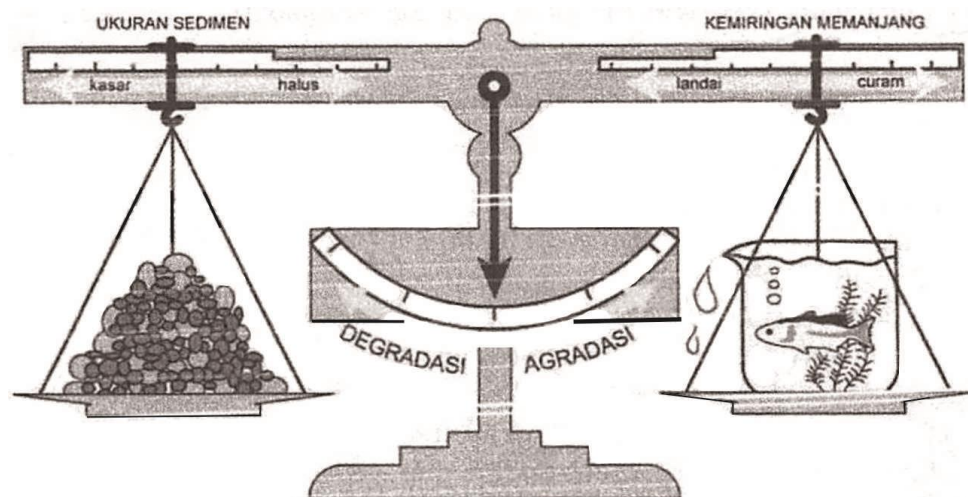
Distribusi kecepatan pada vertikal dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran pada berbagai kedalaman. Semakin banyak titik pengukuran akan memberikan hasil semakin baik. Biasanya pengukuran kecepatan di lapangan dilakukan dengan menggunakan *current meter*. Alat ini berupa baling-baling yang akan berputar karena adanya aliran, yang kemudian akan memberikan hubungan antara kecepatan sudut baling-baling dengan kecepatan aliran.

3. Sedimen dan Konfigurasi Dasar Sungai

Pada sungai-sungai alamiah, umumnya kondisi dinamik material sedimen dasar sungai sudah mencapai kondisi stabil. Jumlah sedimentasi terendapkan (agradasi) dan erosi terangkut (degradasi) di suatu tempat tertentu di sepanjang alur sungai relatif seimbang, sehingga bentuk alur sungai bisa dikatakan relatif tetap untuk kurun waktu morfologis. Pada sungai muda (sungai yang baru terbentuk) termasuk sungai hasil sudetan, hasil pelurusan, atau hasil normalisasi, kondisi keseimbangan sedimen tersebut masih sangat labil, sehingga akan selalu terjadi ketidakseimbangan sedimen antara sedimen yang mengendap dan sedimen yang terangkut.

Gambar 15, menunjukkan bahwa kemiringan sungai memegang peranan sangat penting dalam keseimbangan agradasi dan degradasi. Dengan menaikkan kemiringan memanjang (*slope*) suatu sungai maka akan berakibat pada peningkatan tendensi degradasi. Sebaliknya dengan menurunkan *slope* akan meningkatkan agradasi. Disamping itu neraca

tersebut juga menggambarkan tentang karakteristik reguler antara kemiringan memanjang sungai dengan jenis material penyusun dasar sungai. Semakin tinggi slope semakin kasar ukuran material penyusun dasar sungainya dan sebaliknya. Hal ini berarti setiap perubahan kemiringan yang tidak sesuai dengan kondisi alamiah sungai akan menyebabkan ketidakstabilan angkutan sedimen sepanjang sungai.



Gambar 15. Keseimbangan antara agradasi dan degradasi pada sungai alamiah, Rosgen, 1996 (Maryono, 2007)

Secara filosofi neraca ini adalah jika suatu sungai kemiringannya dipertinggi, misalnya dengan pelurusan (neraca timbangan sebelah kanan bergeser ke kanan), agar sungai stabil maka material dasar sungai harus diperbesar, sehingga timbangan menjadi seimbang lagi. Jika tidak dilakukan, maka yang terjadi adalah neraca penunjuk akan bergeser ke arah agradasi (erosi). Jadi setiap perubahan kemiringan membawa konsekuensi perubahan gradasi batuan penyusun dasar sungai.

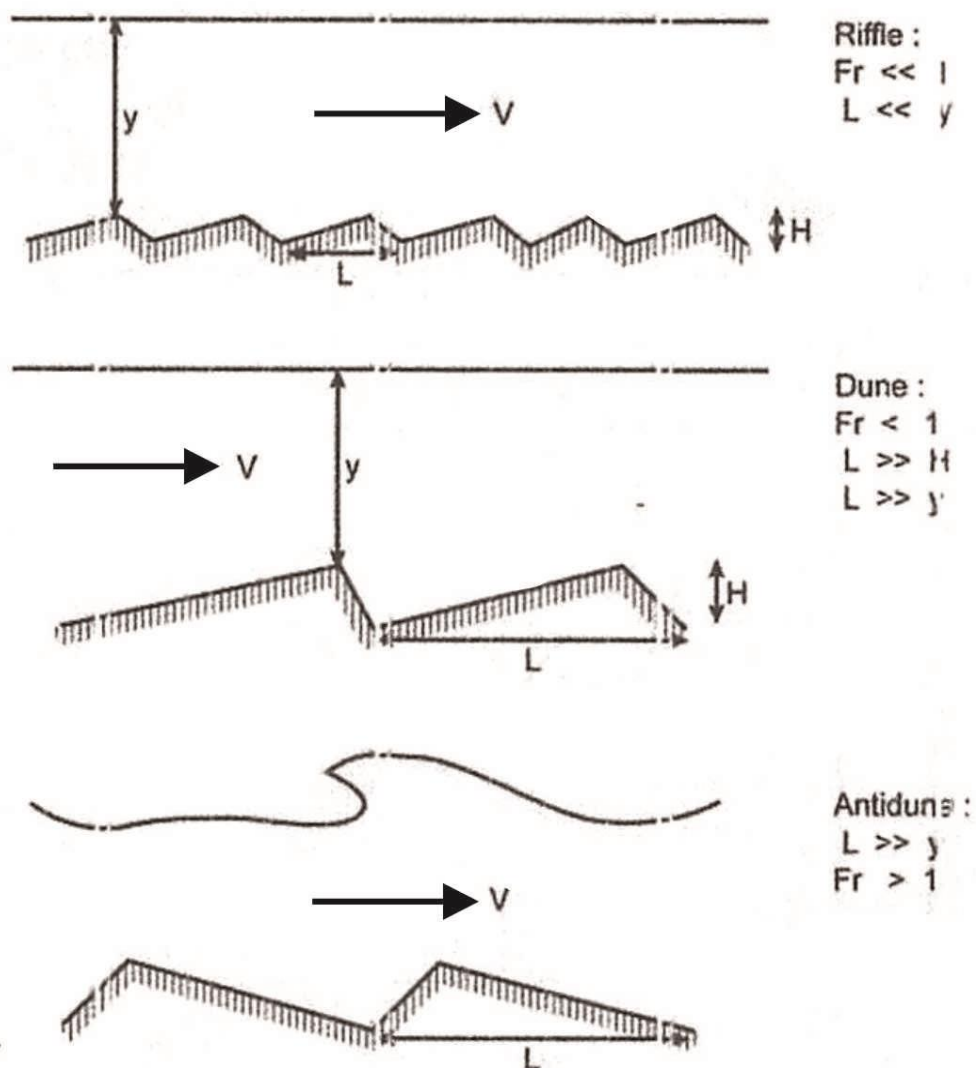
Transport sedimen di dasar sungai akan membentuk *sediment transport body* yang sering disebut dengan konfigurasi dasar sungai. Bentuk-bentuk transport body tersebut memiliki karakteristik dan hukum – hukum yang teratur dan dapat diklasifikasikan secara mudah ke dalam mikrostruktur dan mesostruktur atau makrostruktur. Konfigurasi mikrostruktur umumnya terdiri dari *riffle*, *dune*, *plane bed*, *antidune*, disamping juga ada *armour layer*. Sedang mesostruktur atau makrostruktur terdiri dari gosong pasir (*bar*) atau *large dune*, pulau (*island*), dan meander.

Bentuk riffle, dune, plane bed dan antidune merupakan fungsi dari kecepatan air dan kedalaman air. Fungsi tersebut dapat diartikan dengan fungsi angka Froud (*Fr*). Pada angka $Fr \ll 1$ berupa riffle, $Fr < 1$ berupa dune, $Fr = 1$ berupa plane bed, dan $Fr > 1$ berupa antidune (Tabel 1). Sedang bentuk lainnya (goson pasir, pulau dan meander) merupakan hasil interaksi antara aliran, sedimen atau material dasar sungai, dan vegetasi.

Tabel 1. Angka Froud dan konfigurasi dasar sungai, Naudascher 1987 (Maryono, 2007)

Angka Froud (<i>Fr</i>)	Jenis Konfigurasi Dasar Sungai
$Fr \ll 1$	Riffle
$Fr < 1$	Dune atau bar dengan riffle
$Fr < 1$	Dune besar atau bar besar
$Fr < 1$	Dasar rata
$Fr = 1$	Gelombang tegak
$Fr > 1$	Antitude

Gambar 16, menunjukkan adanya karakteristik teratur keterkaitan antara inersia aliran air (ditunjukkan dengan Fr) dengan kedalaman air (y), panjang (L) dan tinggi (H) formasi dasar sungai (riffle, dune, dan antidune). Keteraturan ini menunjukkan konsistensi karakteristik sungai yaitu kompleks dan teratur. (Maryono, 2007)



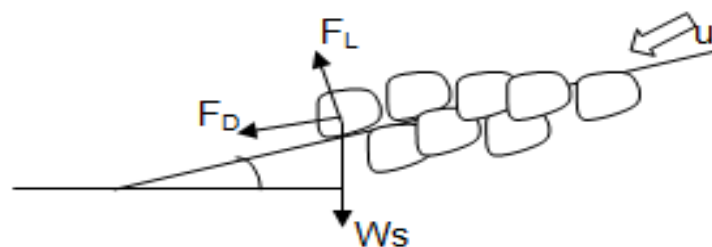
Gambar 16. Keterkaitan antara kedalaman air (y), kecepatan aliran (V), tinggi (H) dan panjang (L) dari struktur dasar sungai (transport bodies)(Nestmann & Lehmann, 2001)

C. Gerakan Awal Partikel

Air mengalir di atas sedimen dasar, maka ada gaya mendorong butiran. Gaya ini cenderung menggerakkan partikel sedimen. Gaya yang menahan akibat aliran air adalah tergantung dari sifat-sifat material. Untuk sedimen kasar seperti pasir dan kerikil, gaya tahanan utamanya adalah berhubungan dengan berat sendiri partikel. Ketika gaya hidrodinamik bekerja terhadap butiran sedimen yang mempunyai nilai, dan kalau itu naik secara pelan-pelan, akhirnya butiran sedimen akan mulai bergerak. Gerakan dasar inisial biasanya disebut dengan kondisi kritis. (Yang,C.T. (1996:25)

1. Persamaan Kecepatan Kritis

Pada kondisi baru mulai bergerak untuk kumpulan sedimen tanpa kohesi, gaya-gaya yang bekerja pada partikel-partikel seperti pada gambar



Gambar 17. Diagram gaya pada partikel untuk sedimen non kohesi

$$\tan\theta = \frac{F_L}{F_D} \quad (1)$$

F_L dan F_D adalah gaya parallel dan normal terhadap sudut letak partikel θ , pada gambar 17, F_L dan F_D adalah resultan gaya seret hidrodinamik F_D , gaya angkat F_L , dan berat butiran W .

Kondisi mulai bergerak akibat ketiga gaya seperti pada gambar 17 dapat ditulis dalam persamaan dibawah ini :

$$\tan\theta = \frac{W_s \sin\alpha + F_D}{W_s \cos\alpha - F_L} \quad (2)$$

Dimana sudut α adalah sudut kemiringan dasar.

$$F_D = C_D k_1 d^2 \frac{\rho V^2}{2} \quad (3)$$

dan

$$F_L = C_L k_2 d^2 \frac{\rho V^2}{2} \quad (4)$$

Dimana : V : kecepatan aliran di dasar saluran (m/dt.)

C_D, C_L : koefisien seret dan angkat

d : diameter partikel (mm)

k_1, k_2 : faktor bentuk partikel

ρ : densiti air (kg/m³)

Berat partikel dapat dinyatakan seperti di bawah ini

$$W_s = k_3 (\rho_s - \rho) g d^3 \quad (5)$$

Dengan k_3 adalah factor bentuk lain dan ρ_s adalah densiti sedimen, masukkan persamaan (2), (3), dan (4) kedalam persamaan (1), maka hasilnya adalah

$$\frac{(V^2)_{cr}}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) g d} = \frac{2k_3 (\tan\theta \cos\alpha - \sin\alpha)}{C_D k_1 + C_L k_2 \tan\theta} \quad (6)$$

dengan $(V)_{cr}$ kecepatan di dasar kritis, yang mana sedimen mulai bergerak sesuai dengan persamaan (1). Besarnya persamaan disebelah kanan adalah menunjukkan suatu koefisien sedimen A' seperti persamaan di bawah ini

$$A' = \frac{2k_3(\tan\theta\cos\alpha - \sin\alpha)}{C_D K_1 + C_L C_L K_2 \tan\theta} \quad (7)$$

Koefisien sedimen A' tergantung pada :

- Partikel, ukuran, keseragaman, bentuk, distribusi ukuran dan sebagainya.
- Dinamik aliran yang menentukan nilai C_D dan C_L
- Kemiringan saluran yang mana untuk saluran alam, $\cos \alpha = 1$
- Sudut letak butiran tergantung dari sifat partikel.

2. Persamaan tegangan geser kritis

Forchheimer (1914) mengemukakan hubungan antara berat komponen dari kolom air dan gaya gesek pada dasar yang dapat diketahui melalui persamaan

$$\gamma h S = k_4 V^2 \quad (8)$$

Dimana h : kedalaman aliran

S : kemiringan garis enersi

K_4 : konstan (faktor bentuk)

$$\tau_o = \gamma h S \quad (9)$$

Persamaan ini umumnya digunakan dengan mengganti h dengan jari-jari hidrolis

$$\tau_o = \gamma R_n S \quad (10)$$

Kalau persamaan (7) dan (8) dimasukkan dalam persamaan (5), maka didapat

$$\frac{(\tau_o)_{cr}}{(\gamma_s - \gamma)d} = A'' \quad (11)$$

Dimana $(\sigma_o)_{cr}$ adalah tegangan geser kritis atau gaya seret kritis pada titik gerakan awal dan A'' adalah koefisien sedimen.

3. Pengukuran Kekasaran Permukaan

Bentuk dan besar kecilnya partikel di permukaan saluran merupakan ukuran kekasaran. Akan tetapi, untuk saluran tanah ini hanya merupakan bagian kecil saja dari kekasaran total.

Perubahan-perubahan mendadak pada permukaan saluran akan memperbesar koefisien kekasaran. Perubahan-perubahan ini dapat disebabkan oleh penyelesaian konstruksi saluran yang jelek atau karena erosi pada talut saluran. Terjadinya riak-riak di dasar saluran akibat interaksi aliran di perbatasannya juga berpengaruh terhadap kekasaran saluran.

Koefisien kekasaran bergantung kepada kekasaran permukaan saluran, ketidakteraturan permukaan saluran, trase, vegetasi dan sedimen.

Pengaruh faktor-faktor di atas terhadap koefisien kekasaran saluran akan bervariasi menurut ukuran saluran. Ketidakteraturan pada permukaan akan menyebabkan perubahan kecil di daerah potongan melintang di saluran yang besar daripada di saluran kecil.

Penghalusan permukaan saluran dan menjaga agar saluran bebas dari vegetasi lewat pemeliharaan rutin akan sangat berpengaruh pada koefisien kekasaran dan kapasitas debit saluran.

Konsep adanya sub lapis laminar di dalam lapis batas pada aliran turbulen dapat digunakan untuk menjelaskan perilaku kekasaran permukaan. Apabila permukaan bidang batas dibesarkan, akan terlihat bahwa permukaan tersebut tidak halus seperti yang di tunjukkan pada gambar 18. Tinggi efektif ketidak-teraturan permukaan yang membentuk kekasaran disebut dengan tinggi kekasaran k . Perbandingan antara tinggi kekasaran dan jari-jari hidraulik (k/R) disebut dengan kekasaran relatif.

Pada 18.a. tinggi kekasaran lebih kecil dari tebal sub lapis laminar ($k < \delta_L$) sehingga ketidak-teraturan permukaan akan sedemikian kecil sehingga kekasaran akan seluruhnya terendam di dalam sub lapis laminar. Dalam hal ini kekasaran tidak mempunyai pengaruh terhadap aliran di luar sub lapis laminar, dan permukaan batas disebut dengan hidraulis licin. (Triatmodjo (2008:22))



Gambar 18. Pengaruh kekasaran pada sub lapis

Pada gambar 18.b. tinggi kekasaran berada di daerah transisi ($\delta_L < k < \delta_T$), dan aliran adalah dalam kondisi transisi.

Pada gambar 18.c. tinggi kekasaran berada di luar lapis transisi ($k > \delta_T$), maka kekasaran permukaan akan berpengaruh di daerah turbulen sehingga mempengaruhi aliran di daerah tersebut. Permukaan ini disebut dengan hidraulik kasar.

D. Gerusan

Gerusan adalah erosi pada lokasi tertentu yang tingkatannya lebih besar dibandingkan daerah sekitarnya. Gerusan diakibatkan oleh aksi erosi air yang mengalir, yang menggali dan membawa material dari dari dasar dan tebing sungai. Terjadinya perubahan pola aliran disebabkan oleh halangan atau rintangan pada sungai, misalnya pada pilar jembatan, krib sungai, abutment jembatan, dan sebagainya. Bangunan semacam ini dapat mengubah geometri alur serta pola aliran, yang selanjutnya diikuti dengan terjadinya gerusan lokal di dekat bangunan tersebut. Terjadinya percepatan dan vortex di sekitar dasar menghasilkan gaya erosi yang lebih tinggi daripada di sekitar pilar sehingga membawa lebih banyak sedimen dasar dan terbentuklah lubang gerusan. Gerusan lokal nampak seperti terpisah dan berlegok-legok sepanjang garis tebing atau seperti legokan pada dasar sungai. (Salmani, 2001).

Gerusan yang terjadi pada pilar jembatan merupakan gerusan total (*total scour*), yaitu kombinasi antara gerusan lokal (*local scour*) dan gerusan umum (*general scour*). Bisa juga kombinasi antara gerusan lokal,

gerusan umum dan gerusan terlokalisir atau penyempitan (*localized scour / constriction scour*). Gerusan lokal yang terjadi disekitar pilar jembatan disebabkan oleh sistem pusaran air (*vortex system*) karena adanya gangguan pola aliran akibat rintangan, dan gerusan terlokalisir terjadi karena adanya penyempitan penampang sungai oleh adanya penempatan bangunan hidraulika (Yulistiyanto dkk., 1998). Gerusan umum terjadi melintang sungai di sepanjang saluran yang menyebabkan degradasi dasar disebabkan oleh energi dari aliran air, (Raudkivi dan Ettema, 1983).

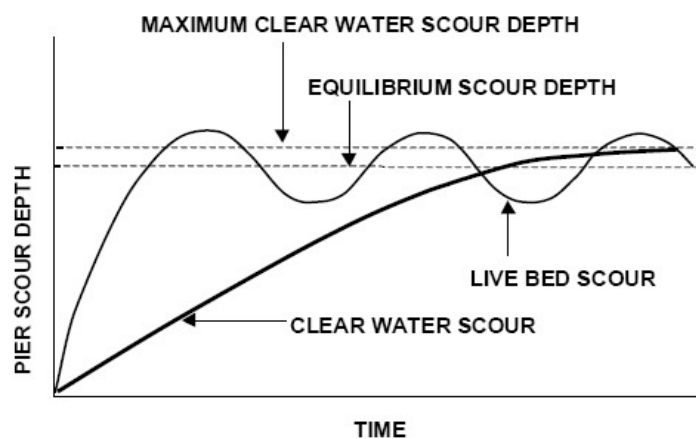
Proses gerusan ini bisa menyebabkan erosi dan degradasi disekitar bukaan jalan air (*water way opening*) suatu jembatan. Degradasi ini berlangsung secara terus menerus hingga dicapai keseimbangan antara suplai dan angkutan sedimen yang saling memperbaiki. Apabila suplai sedimen dari hulu berkurang atau jumlah angkutan sedimen lebih besar daripada suplai sedimen, maka bisa menyebabkan terjadinya kesenjangan yang begitu menyolok antara degradasi dan aggradasi di lokasi dasar jalan air jembatan. Sehingga lubang gerusan (*scour hole*) pada abutmen maupun pilar jembatan akan lebih dalam bila tidak terdapat atau kurangnya suplai sedimen.

1. Mekanisme Gerusan

Mekanisme gerusan disekitar pilar jembatan adalah ketika partikel sedimen yang menutupi pilar mulai berpindah, maka proses gerusan mulai terbentuk. Partikel yang tererosi ini akan mengikuti pola aliran dan

terbawa dari dekat pilar ke arah dasar sungai. Jika partikel – pertikel sedimen lebih banyak tererosi, maka bentuk gerusan akan mencapai kedalaman gerusan maksimum. Perkembangan kecepatan aliran dimana $U > U_c$ akan mempengaruhi proses masuk dan keluarnya sedimen dari lubang gerusan. (Hanwar, 1999:9) dalam Heri (2006:7).

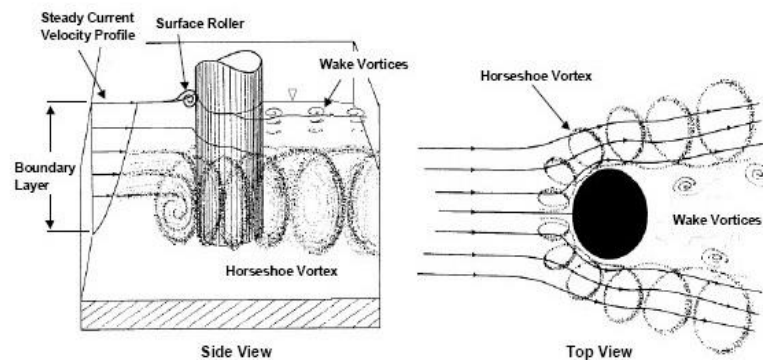
Kedalaman gerusan air bersih (*clear water scour*) dan air bersedimen (*live bed scour*) merupakan fungsi kecepatan geser, Chabert dan Engeldinger (1956) dalam Breuser dan Raudkivi (1991:61) menyatakan lubang gerusan yang terjadi pada alur sungai umumnya merupakan korelasi antara kedalaman gerusan dengan kecepatan aliran sehingga lubang gerusan tersebut merupakan fungsi waktu (Gambar 19)



Gambar 19. Hubungan Kedalaman Gerusan (*clear water dan live bed scour*) dengan waktu. (Miller, 2003:7)

Kedalaman gerusan pada pilar, intensitasnya tergantung aliran, sedimen dasar, dan gangguan geometris pilar jembatan. Gerusan disekitar pilar mulai terjadi pada saat material dasar mulai berpindah.

Partikel mengalami erosi mengikuti arah aliran dimulai dari bagian hulu ke hilir pilar. Material dasar akan terus tergerus, dan jika kecepatan aliran bertambah maka ukuran dan kedalaman gerusan juga bertambah. Pola gerusan dipilar dapat dilihat dalam gambar 20 berikut.

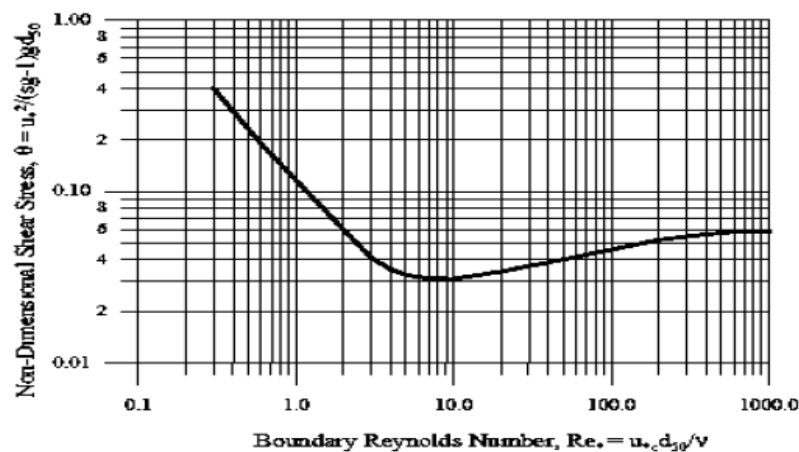


Gambar 20. Mekanisme Gerusan akibat pola aliran air di Sekitar Pilar (Miller 2003:6)

Menurut Miller (2003;8) dalam Hery (2006 : 9), Parameter yang digunakan untuk menentukan jenis gerusan (*clear water scour* atau *live bed scour*) adalah perbandingan antara kecepatan *upstream* dengan kecepatan batasnya atau kecepatan kritis sedimen yang dibutuhkan untuk memindahkan sedimen dari *bed*. Perbandingan ini disebut intensitas aliran (*flow intensity*), mungkin bisa dalam satu atau dua bentuk tergantung kecepatan yang digunakan. Jika digunakan kecepatan geser (U_*) yang digunakan, perbandingan/rasionya menjadi U_*/U_{*c} . Kecepatan geser (U_*)

didefinisikan sebagai $U_* = \sqrt{\tau/\rho}$, dimana τ adalah tegangan geser dasar saluran/*bed*. Titik batas atau kecepatan geser kritis (U_{*c}) berbanding lurus dengan tegangan geser kritis (τ_c). Dalam bentuk ini intensitas aliran

sama dengan rasio tegangan geser dimana $\tau/\tau_c = (U_*/U_{*c})^2$. Oleh sebab itu persamaan ini mempunyai korelasi langsung dengan transport sedimen, karena kebanyakan persamaan transport sedimen dalam bentuk tegangan geser bed. Kecepatan geser kritis bisa ditentukan pada sedimen yang ada (Gambar 21), akan tetapi nilai U_* biasanya tidak dapat langsung dibaca untuk percobaan situasi aliran dan harus dijabarkan menggunakan asumsi data kecepatan (*velocity profile assumption*).



Gambar 21. Diagram Shields (Miller 2003)

Bentuk yang lebih umum dari intensitas aliran menggunakan kecepatan kedalaman rata-rata/*depth averaged approach velocity* (V) dan kecepatan kritis kedalaman rata-rata/*critical depth averaged approach velocity* (V_c). *Critical depth averaged approach velocity* adalah kecepatan kedalaman rata-rata minimum dari aliran untuk gerakan sedimen yang akan terjadi. Bentuk intensitas aliran (V/V_c) membutuhkan data kecepatan

vertikal yang diketahui atau diasumsikan (biasanya logaritmik) untuk menghitung *critical depth averaged velocity* (V_c) dari Gambar 19 untuk sedimen yang ada.

Melville (1975) dalam Miller (2003:10) menjelaskan tahap-tahap gerusan yang terjadi antara lain sebagai berikut:

- 1, Peningkatan aliran yang terjadi pada saat perubahan garis aliran di sekeliling pilar
- 2, Pemisahan aliran dan peningkatan pusaran tapal kuda yang lebih intensif sehingga menyebabkan pembesaran lubang gerusan.
- 3, Longsor/ turunnya material di sekitar lubang gerusan pada saat lubang cukup besar setelah terkena pusaran tapal kuda.

2. Kedalaman Gerusan

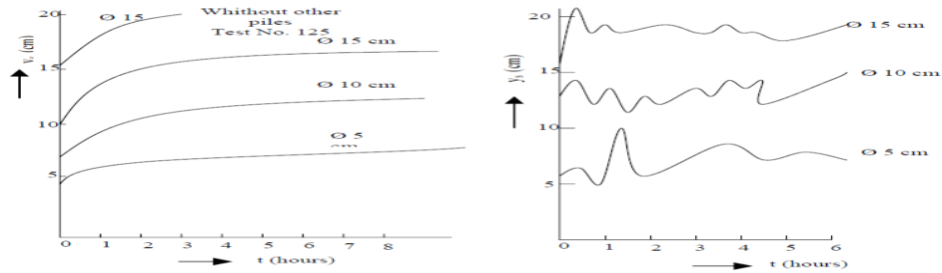
Faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan yang terjadi disekitar bangunan air, jembatan dan penyempitan air dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kecepatan aliran pada alur sungai, gradasi sedimen, ukuran pilar dan ukuran butiran material dasar, kedalaman dasar sungai dari muka air, bentuk pilar serta posisi pilar.

a. Kecepatan aliran pada alur sungai

Kedalaman gerusan lokal maksimum rerata di sekitar pilar sangat tergantung dari nilai relatif kecepatan alur sungai (perbandingan antara kecepatan rerata aliran dan kecepatan geser), nilai diameter butiran (butiran seragam/tidak seragam) dan lebar pilar. Dengan demikian

gerusan lokal maksimum rerata tersebut merupakan gerusan lokal maksimum dalam kondisi setimbang.

Chabert dan Engeldinger (1956), Breuser dan Raudkivi (1971) dalam Okky (2007), melakukan penelitian secara intensif pengaruh berbagai variabel terhadap gerusan lokal disekitar pilar. Variabel utama adalah kecepatan aliran, diameter pilar (2,5 – 3,0 cm), kedalaman air (0,1 – 3,5 m), ukuran butir (0,26; 0,52; 1,5 dan 3,0 mm) dan bentuk pilar. Berdasarkan studi kecepatan aliran menunjukkan bahwa ada dua rejim yang berpengaruh yaitu untuk kecepatan aliran pada dibawah kecepatan kritik ($V < V_c$), kedalaman gerusan hanya pada batas asimtosis, seperti terlihat pada gambar 22.a. sedangkan untuk kecepatan yang lebih besar ($V > V_c$), kedalaman gerusan berfluktuasi akibat pengendapan material secara periodik pada lubang gerusan oleh gerakan bukit pasir, seperti terlihat pada gambar 22.b. kedalaman gerusan maksimal diperoleh pada kecepatan aliran yang mendekati kecepatan aliran kritik dan gerusan dimulai pada kira – kira setengah kecepatan aliran kritik. Liu dkk (1961), Garde (1961) dalam Garde dan Raju (1977) menyatakan bahwa $U/(g.y_o)^{0,5}$ adalah parameter yang berpengaruh terhadap kedalaman gerusan. Maza dan Sanches (1964) dalam Garde dan raju (1977) menggunakan bilangan $Froude = U/(g.y_o)^{0,5}$, juga menyimpulkan bahwa kecepatan aliran dan kedalaman aliran serta lebar pilar berpengaruh terhadap kedalaman gerusan.



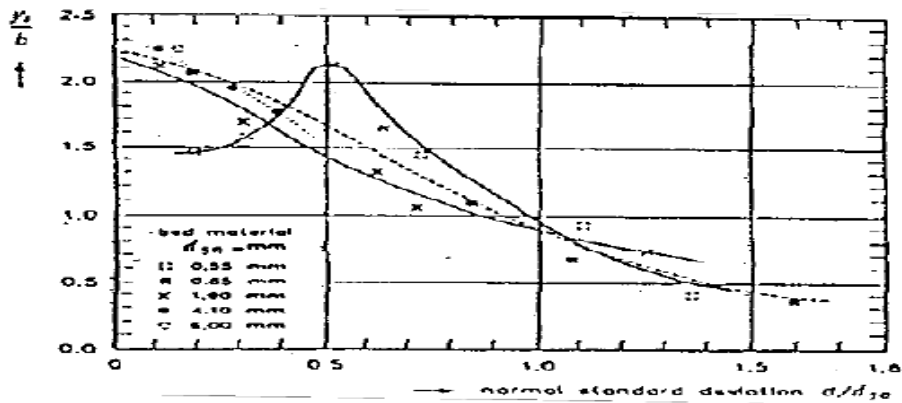
Gambar 22 a. Kedalaman gerusan
Sebagai fungsi waktu
($V < V_c$) (Breuser, dkk, 1977)

b. Kedalaman gerusan
sebagai fungsi waktu
($V < V_c$) (Breuser, dkk
1977)

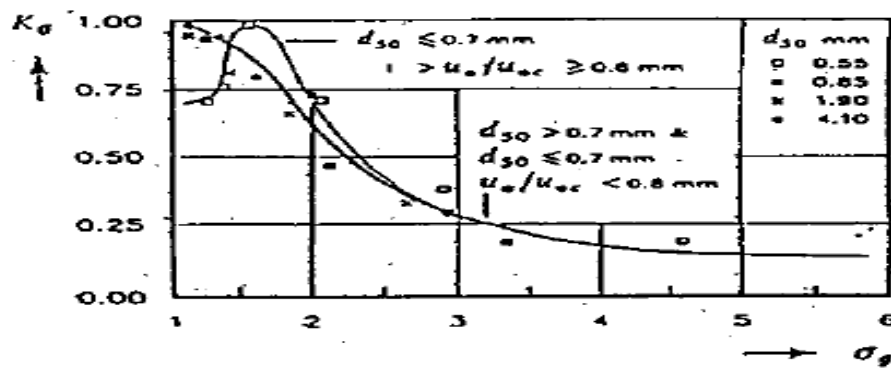
b. Gradasi Sedimen

Gradasi sedimen dari sedimen transpor merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kedalaman gerusan pada kondisi air bersih (*clear water scour*). Dari Gambar 23 kedalaman gerusan (y_s/b) tak berdimensi sebagai fungsi dari karakteristik gradasi sedimen material dasar (σ/d_{50}). Dimana σ adalah standar deviasi untuk ukuran butiran dan d_{50} adalah ukuran partikel butiran rerata. Nilai kritis dari σ/d_{50} untuk melindunginya hanya dapat dicapai dengan bidang dasar, tetapi tidak dengan lubang gerusan dimana kekuatan lokal pada butirannya tinggi yang disebabkan meningkatnya pusaran air.

Dengan demikian nilai koefisien simpangan baku geometrik (σ_g) dari distribusi gradasi sedimen akan berpengaruh pada kedalaman gerusan air bersih dan dapat ditentukan dari nilai grafik Gambar 24.



Gambar 23. Kedalaman gerusan setimbang di sekitar pilar fungsi ukuran butir relatif untuk kondisi aliran (Breuser dan Raudkivi, 1991)



Gambar 24. Koefisien simpangan baku ($k\sigma$) fungsi standar deviasi geometri ukuran butir (Breuser dan Raudkivi, 1991)

Estimasi kedalaman gerusan dikarenakan adanya pengaruh distribusi material dasar mempunyai nilai maksimum dalam kondisi setimbang pada aliran air bersih (*clear water*) menurut Breuser dan Raudkivi (1991:67) adalah sebagai berikut :

$$\frac{Y_s(\sigma)}{b} = K_d \cdot Y_s/b \tag{12}$$

Dimana :

y_s : kedalaman gerusan (m)

σ : simpangan baku

b : lebar pilar jembatan (m)

K_σ : koefisien simpangan baku

c. Ukuran Pilar dan Ukuran Butir Material Dasar

Kedalaman gerusan maksimum pada media alir *clear water scour* sangat dipengaruhi adanya ukuran butiran material dasar relatif b/d_{50} pada sungai alami maupun buatan. Untuk sungai alami umumnya koefisien ukuran butir relatif b/d_{50} pada kecepatan relatif $V/V_c = 0,90$ pada kondisi *clear water* dan umumnya kedalaman gerusan relatif y_s/b tidak dipengaruhi oleh besarnya butiran dasar sungai selama $b/d_{50} > 25$.

Ukuran pilar mempengaruhi waktu yang diperlukan bagi gerusan lokal pada kondisi *clear-water* sampai kedalaman terakhir, tidak dengan jarak relatif (y_s/b), jika pengaruh dari kedalaman relatif (y_o/b) dan butiran relatif (b/d_{50}) pada kedalaman gerusan ditiadakan, maka nilai aktual dari (y_s/b) juga tergantung pada peningkatan dari *bed material*. Pada kasus gerusan yang mengangkut sedimen (*live bed*), waktu diberikan untuk mencapai keseimbangan gerusan dan tergantung pada rasio dari tekanan dasar ke tekanan kritis.

(Breuser 1971, Akkerman 1976, Konter 1976, 1982, Nakagawa dan Suzuki 1976) melakukan percobaan-percobaan untuk

mempraktekkan pendekatan yang sama terhadap proses gerusan di sekitar pilar jembatan. Hasil dari percobaan-percobaan tersebut diantaranya pada kolom dengan ukuran kecil dimana ($b/h_0 < 1$) kedalaman maksimum gerusan dapat dilihat dengan persamaan berikut yang berlaku pada seluruh fase dari proses gerusan, dimana $y_{me} > b$:

$$\frac{y_m}{y_{me}} = 1 - e^{\ln\left[1 - \frac{b}{y_{me}}\right]\left[\frac{t}{t_1}\right]^\gamma} \quad (13)$$

Dimana :

b : lebar pilar jembatan (m)

h_0 : kedalaman aliran mula-mula (m)

t : waktu (dtk)

t_1 : waktu ketika $y_m = b$ (s)

y_m : kedalaman maksimum gerusan pada saat t (m)

y_{me} : kedalaman gerusan maksimum pada saat setimbang (m)

γ : koefisien, dimana $\gamma = 0,2 - 0,4$

Pada fase perluasan (development phase), untuk $t < t_1$

Persamaan menjadi :

$$\frac{y_m}{b} = \left[\frac{t}{t_1}\right]^\gamma \quad (14)$$

Menurut Nakagawa dan Suzuki (1976); Miller (2003) dalam Okky (2007) nilai $\gamma = 0,22 - 0,23$ dan t_1 dapat ditulis sebagai berikut :

$$t_1 = 29,2 \left[\frac{\sqrt{\Delta g d_{50}}}{\sqrt{2U_o - U_c}} \right]^3 \left[\frac{b}{d_{50}} \right]^{1,9} \quad (15)$$

$$U_o = \frac{Q}{A} \quad (16)$$

Dimana : b : lebar pilar jembatan (m)

d_{50} : diameter rata-rata partikel (m)

U_c : kecepatan kritis rata-rata (m/dt)

U_o : kecepatan rata-rata (m/dt.)

Q : debit (m³/dt.)

A : luas penampang (m²)

Δ : berat jenis relatif (-)

Berdasarkan data Laursen dan Toch (1956); Breuser dan Raudviki (1971) dalam Okky (2007) menemukan persamaan pilar bulat jembatan, yaitu :

$$y_{me} = 1,35k_i b^{0,7} b^{0,3} \quad (17)$$

Dimana :

b : lebar pilar jembatan (m)

h_o : kedalaman aliran (m)

k_i : faktor koreksi (untuk pilar buas $k_i = 1,0$)

y_{me} : kedalaman gerusan saat seimbang (m)

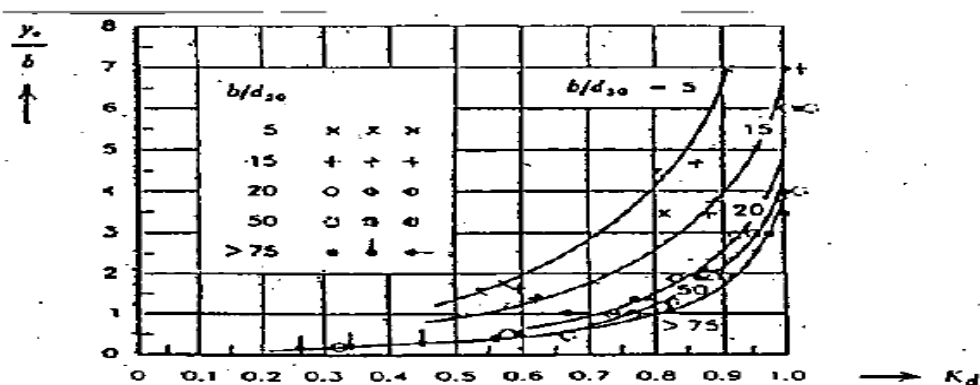
Volume lubang gerusan dibentuk untuk mengelilingi pilar dan berbanding diameter kubik dari pilar itu sendiri, berarti semakin lebar pilar semakin banyak gerusan dan semakin banyak pula waktu yang diperlukan untuk melakukan penggerusan. Koefisien pengaruh ukuran pilar dan ukuran butir material dasar (K_{dt}) ini menurut Ettema (1980) dalam Breuser (1991:68) dapat pula untuk *live bed scour*.

d. Kedalaman Dasar Sungai dari Muka Air

Dalam gerusan lokal yang terjadi dipengaruhi oleh kedalaman dasar sungai dari muka air (tinggi aliran zat air), maka kecepatan relatif (U/U_{*c}) dan kedalaman relatif (y_0/b) merupakan faktor penting untuk mengestimasi kedalaman gerusan lokal ini. Neil (1964) dalam Breuser (1991:70) kedalaman gerusan lokal merupakan fungsi dari tinggi aliran dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{y_s}{y_0} = 1,5 \left(\frac{b}{y_0} \right)^{0,70} \quad (18)$$

Keseimbangan gerusan lokal pada aliran rendah akan tercapai jika telah terjadi kesamaan nilai (U/U_{*c}) dan y_0/b , dan pengaruh dari y_0/b tidak dapat dibedakan antara kondisi *clear water scour* dan *live bed scour*. Pada (U/U_{*c}) yang konstan, faktor pengaruh dari kedalaman aliran dapat diabaikan untuk $y_0/b \geq 2$, sedangkan korelasi antara kedalaman relatif (y_0/b) dan koefisien kedalaman air (K_{da}) seperti Gambar 25 dibawah ini










Gambar 25. Hubungan koefisien aliran (K_{da}) dan kedalaman aliran relatif (y_0/b) dengan ukuran relatif (b/d_{50})
(Sumber : Breuser dan Raudkivi, 1991:71)

e. Bentuk Pilar

Pengaruh bentuk pilar berdasarkan potongan horizontal dari pilar telah diteliti oleh Laursen dan Toch (1956), Neil (1973) dan Dietz (1972). Bentuk potongan vertikal pilar juga dapat dijadikan dasar untuk menentukan faktor koreksi. Bentuk pilar akan berpengaruh pada kedalaman gerusan lokal, pilar jembatan yang tidak bulat akan memberikan sudut yang lebih tajam terhadap aliran datang yang diharapkan dapat mengurangi gaya pusaran tapal kuda sehingga dapat mengurangi besarnya kedalaman gerusan. Hal ini juga tergantung pada panjang dan lebar (l/b) masing-masing bentuk mempunyai koefisien faktor bentuk K_s menurut Dietz (1971) dalam Breuser dan Raudkivi (1991:73) di tujukan dalam Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Koefisien Faktor Bentuk Pilar

Bentuk Pilar	$\frac{b}{l}$	$\frac{b'}{l'}$	K_s	Bentuk Pilar
Silinder			1	
Persegi (Rectangular)	1 : 1 1 : 5		1.22 0.99	
Persegi dengan ujung setengah lingkaran (rectangular with semi circular nose)	1:03		0.9	
Ujung Setengah lingkaran dengan bentuk belakang lancip (semi circular nose with wedge shape tail)	1:05		0.86	
Persegi dengan sisi depan miring (rectangular with wedge shape nose)	1:03	1:02	0.76	
Ellips (elliptic)	1:02 1:03 1:05		0.83 0.8 0.61	
Lenticular	1:02 1:03		0.8 0.7	
Aerosol	! : 3.5		0.8	

f. Posisi Pilar (sudut kemiringan pilar)

Kedalaman gerusan lokal tergantung pada kedudukan / posisi pilar terhadap arah aliran yang terjadi serta panjang dan lebarnya pilar. Karena kedalaman gerusan merupakan rasio dari panjang dan lebar serta sudut dari tinjauan terhadap arah aliran. Koefisien sudut datang aliran karena posisi pilar digunakan pada beberapa bentuk tertentu. Hanya bentuk silinder yang tidak menggunakan koefisien sudut datang (Laursen dan toch (1956) dalam Breuser (2004:72)).

Koefisien sudut datang arah aliran seperti Gambar 26. Menurut, Dietz (1972) dan Neil (1973) terhadap pengaruh bentuk pilar tampak *horisontal croos section*, mereka menegaskan dan merekomendasikan nilai faktor bentuk pilar (K_s). Laursen dan Touch (1956), mempelajari ini pada pilar *rectangular horisontal croos section* dengan memberikan sudut kemiringan terhadap aliran. Bila sudut terjang aliran terhadap pilar 0° maka $K_\alpha = 1$,

Nagasaki dan Suzuki (1976) menyajikan beberapa pengujian gerusan disekitar pilar *rectingular horisontal croos section* dengan Lb/b berkisar 1,75 dengan variasi sudut $0^\circ - 45^\circ$. Dari penelitian tersebut gerusan yang terjadi untuk sudut 30° hampir sama dengan 45° , namun itu lebih besar dari 0° yang mana $K_\alpha = 1,3 - 1,8$.

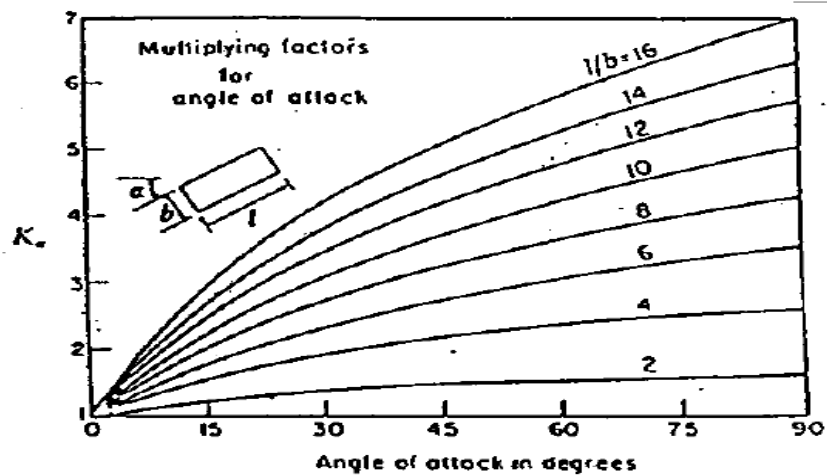
$$K_\alpha = \left(\cos \alpha + \frac{b}{b \sin \alpha} \right)^{0,62} \quad (19)$$

Dimana : K_α : faktor orientasi pilar terhadap aliran

b : sisi lebar bentuk pilar (m)

L_p : sisi panjang bentuk pilar (m)

α : sudut datang aliran terhadap pilar



Gambar 26. Koefisien arah sudut aliran (K_α) pada pilar (Sumber : Breuser dan Raudkivi, 1991:71)

3. Persamaan Gerusan

a. Persamaan Laursen

Kedalaman gerusan untuk *clear-water scour* dengan $\tau_o < \tau_{cr}$ pada pilar adalah sebagai berikut :

$$\frac{L_A}{y_o} = 2,75 \left(\frac{y_s}{y_o} \right) \left[\frac{\left(\frac{y_s}{11,5y_o} + 1 \right)^{2/6}}{\tau_o / \tau_{cr}} - 1 \right] \quad (20)$$

b. Persamaan Froehlich

Froehlich, menggunakan analisa dimensi dan analisa multiple regresi terhadap 164 percobaan clear-water scour pada sebuah flume di laboratorium, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut ;

$$\frac{d_s}{d_o} = 0,78K_1K_2 \left(\frac{L_A}{h}\right)^{0,63} Fr^{1,16} \left(\frac{y_o}{d_{50}}\right)^{0,43} \sigma^{-1,87} \quad (21)$$

dimana : d_o : kedalaman aliran (m)

d_s : kedalaman gerusan (m)

K_1 : koefisien bentuk pilar

K_2 : koefisien sudut pilar terhadap aliran

L_A : diameter pilar (m)

F_r : bilangan Froude aliran

$\sigma = \left(\frac{d_{84}}{d_{16}}\right)^{0,5}$: standar deviasi geometri material dasar

c. Persamaan Garde dan Raju

Persamaan Garde dan Raju digunakan pada gerusan lokal di sekitar pilar jembatan, spur dan abutmen jembatan untuk aliran clear-water scour dan lived-bed scour. Kedalaman gerusan tak berdimensi, D/D_o dinyatakan :

$$\frac{d}{y_o} = \frac{4.0}{\alpha} \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \left(\frac{U}{\sqrt{g \cdot y_o}}\right)^{n^*} \quad (22)$$

Dimana : α : perbandingan bukaan (B-L)/B

d_s : kedalaman gerusan maksimum diukur dari muka air (h + d_s), m

- h : kedalaman aliran, m
- U : kecepatan rata-rata aliran. m/dt.
- α : perbandingan bukaan (B-L)/B
- n^* : eksponen, fungsi ukuran sedimen dan geometri halangan
- $\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4$: koefisien

d. Pendekatan The Colorado State University (CSU)

Gerusan di pilar menyebabkan terjadinya *horseshoe vortex* yang disebabkan oleh aliran di dasar pilar. Persamaan The Colorado State University (CSU) digunakan untuk menghitung kedalaman gerusan disekitar pilar, dengan persamaan sebagai berikut, (Julien Y, 2002)

$$\frac{\Delta z}{h} = 2,0K_1K_2 \left(\frac{a}{h}\right)^{0,65} Fr^{0,43} \quad (23)$$

Dimana : Δz : Kedalaman gerusan (m)

h : Kedalaman aliran (m)

K_1 : Koefisien bentuk pilar

K_2 : Koefisien sudut pilar terhadap aliran

a : Lebar pilar (m)

Fr : Angka Froude

4. Pengendalian Gerusan pada Zona Pilar

Pilar pada jembatan merupakan tumpuan gelagar yang terletak diantara kedua abutment, dimana tujuannya untuk membagi kedua bentang jembatan yang kecil atau tidak terlalu panjang untuk menghindari adanya penurunan yang besar pada bangunan atas.(Supriyadi, 2007).

Tingginya kecepatan aliran akibat penyempitan oleh keberadaan pilar jembatan akan menambah gaya erosi yang cukup besar. Jika pilar atau abutment tidak cukup tahan terhadap erosi maka aliran akan menggerus ujung bawah yang akan mengurangi daya dukung pilar atau abutment dalam menopang jembatan.

Kondisi aliran juga sangat menentukan karena berhubungan dengan pola aliran. Pola aliran di sekitar pilar sangat kompleks dan sulit untuk ditaksir perilaku hidrodinamiknya, terutama pola aliran yang terjadi di ujung depan pilar. Kompleksitas pola aliran ini akan berkembang sejalan dengan perkembangan lubang gerusan tersebut.

Pola aliran pada pilar menurut Graf (1998) dalam Rinaldi (2002), terjadi aliran arah vertikal ke bawah yang membentuk vortek, dan aktif membentuk gerusan. Besarnya pilar sangat menentukan besarnya vortek, yang berdampak pada besarnya gerusan dan pengaruh besarnya pilar juga menjadikan penyempitan tampang saluran. Aliran disekitar pilar umumnya mempunyai ciri-ciri yaitu percepatan aliran di hulu pilar, kemudian melemah di dekat pilar, atau terjadi perlambatan aliran.

Banyak sekali penelitian yang mengambil tema gerusan atau pengendalian gerusan, seperti pada Tabel 3, berikut ini.

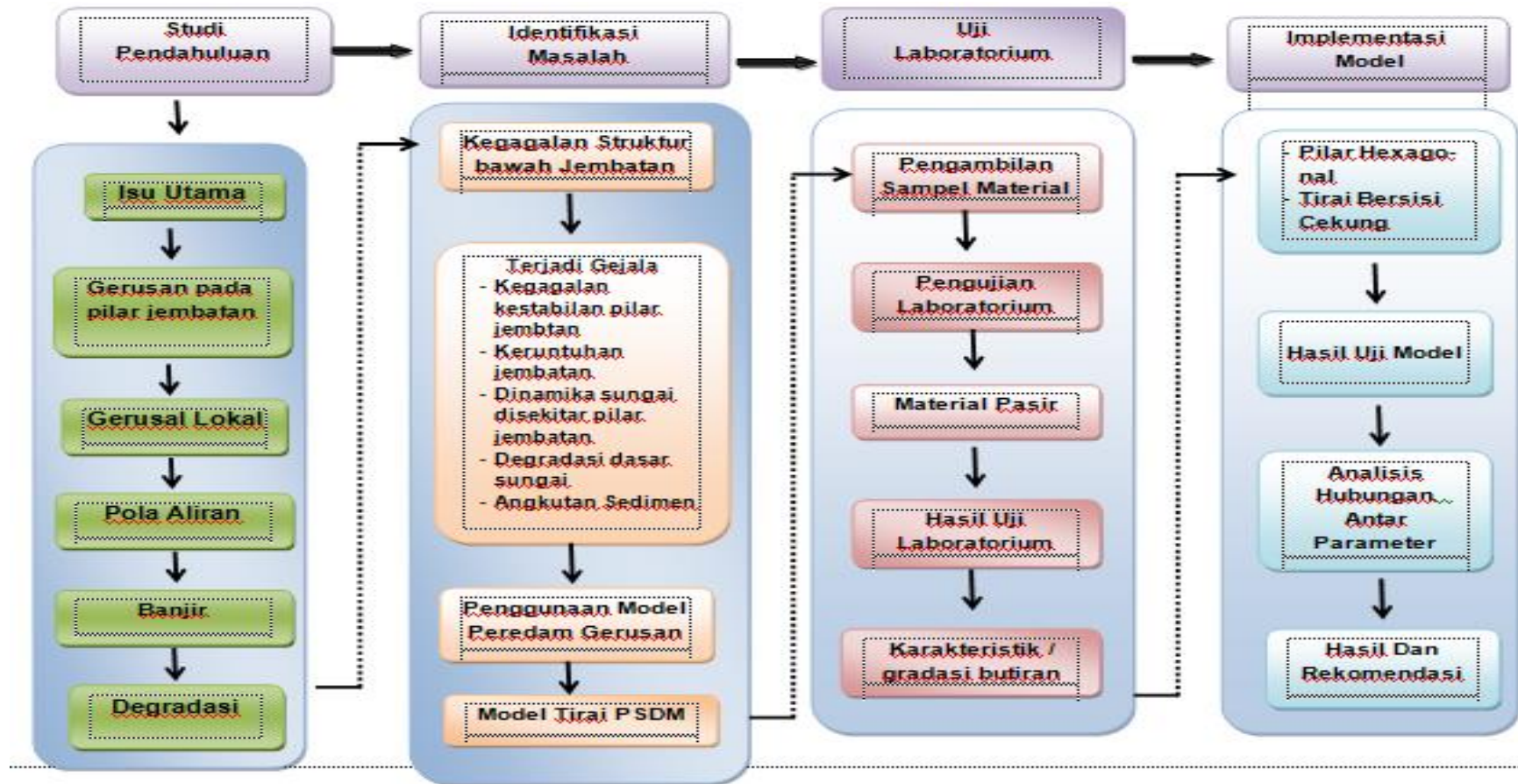
Tabel 3. Matriks Penelitian

No	Nama Penulis	Judul	Pokok masalah	Out Come	Kesamaan Penelitian	Variabel yang diteliti
1	Anid Supriyadi, 2006	Pola gerusan disekitar pilar silinder (kajian model fisik dan aliran clear water),	Gerusan pada struktur bangunan di sungai, terutama pada pilar jembatan kondisi yang paling membahayakan terhadap kestabilan pilar adalah saat terjadi gerusan lokal paling maksimum	Kedalaman gerusan maksimum terjadi pada bagian hulu pilar, dinyatakan dalam ds/d yaitu perbandingan kedalaman gerusan dan diameter pilar sebesar ds/d = 1,120	Pengukuran kedalaman gerusan disekitar pilar	ds (kedalaman gerusan) t (waktu) Vo (Kecepatan) Fr (angka Froud) Vc (Kecepatan Kritis)
2	Alif Yunar, 2006	Karakteristik gerusan pilar segi empat ujung bulat pada kondisi terjadi penurunan dasar sungai dengan proteksi pilar	Konstruksi pilar jembatan pada suatu ruas sungai dapat menyebabkan perubahan pola aliran yang menimbulkan gerusan lokal sehingga menyebabkan penurunan elevasi dasar disekitar pilar	Kedalaman relatif gerusan lokal maksimum terendah di capai dengan nilai reduksi 68,64 %	Kedalaman gerusan lokal, prosentase gerusan	τ_0 (tegangan geser awal) τ_c (tegangan geser kritik) U* (Kecepatan gesek) U*c (Kecepatan gesek kritik) d ₅₀ (diameter butiran)
3	Prasetyo, 2006	Pengendalian gerusan lokal dipilar dengan chasing pengaman	Keruntuhan jembatan akibat gerusan local disekitar pilar jembatan	Dengan adanya chasing pada pilar, terjadi gerusan maksimal di posisi samping pilar, disebabkan intensitas aliran disebelah pilar sangat tinggi akibat penyempitan penampang aliran dan pengaruh <i>horse shoe vortex</i>	Pengukuran kedalaman gerusan local dengan variasi waktu	ds (kedalaman gerusan) t (waktu) U _o Kecepatan aliran Uc (Kecepatan kritik)

No	Nama Penulis	Judul	Pokok masalah	Out Come	Kesamaan Penelitian	Variabel yang diteliti
4	Nur Qudus, 2007	Mekanisme perilaku gerusan lokal pada Pilar tunggal dengan variasi diameter	Penurunan tiba-tiba elevasi dasar didekat pilar karena erosi dari material dasar sungai yang disebabkan oleh rintangan yang dialami oleh aliran.	Kedalaman gerusan mengalami pertambahan dengan cepat pada menit-menit awal perubahan kedalaman semakin mengecil hingga mendekati keseimbangan. Kedalaman gerusan maksimum yang terjadi pada masing - masing pilar semakin meningkat seiring dengan peningkatan variasi diameter pilar	Kedalaman gerusan local, kontur pola gerusan.	ds (kedalaman gerusan) t (waktu) Uo/Uc (intensitas kecepatan aliran) Fr (angka Froud) Re (angka Reynold)
5	Cahyono Ikhsan, 2008	Analisis susunan tirai optimal sebagai proteksi pada pilar jembatan	Gerusan lokal dan penurunan elevasi dasar (degradasi) disekitar pilar	Nilai reduksi yang paling besar terjadi pada pilar segi empat ujung bulat, dengan proteksi susunan tirai tipe zig-zag 2 yaitu sebesar 31,5561 %, Nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi susunan tirai tipe zigzag sebesar 38, 5323 %. Nilai reduksi yang paling besar pada pilar segiempat ujung bulat, dengan proteksi jarak tirai 2d yaitu sebesar 28.1770 %, Sedangkan nilai reduksi yang paling besar pada pilar silinder dengan proteksi jarak tirai 2d sebesar 32.7189 %	Elevasi kedalaman gerusan, kontur kedalaman gerusan	Yc/b (kedalaman gerusan) t (waktu) V (kecepatan aliran)

No	Nama Penulis	Judul	Pokok masalah	Out Come	Kesamaan Penelitian	Variabel yang diteliti
6	Anton Ariyanto, 2009	Analisis bentuk pilar jembatan terhadap potensi gerusan lokal	Erosi terhadap saluran dasar bawah pada tingkat normal atau pengikisan pondasi tersembunyi	Perubahan debit aliran (Q) sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan, semakin besar debit yang digunakan maka kedalaman gerusan juga akan semakin besar pula, pola dan posisi kedalaman gerusan lokal terbesar terjadi di depan pilar jembatan	Perhitungan karakteristik aliran, kedalaman gerusan.	Q (debit aliran) h (tinggi muka air) bentuk pilar
7	Sucipto, 2011	Pengaruh kecepatan aliran terhadap gerusan lokal pada pilar jembatan dengan perlindungan Groundsill	Terjadi degradasi konstruksi yang berakibat ketidakstabilan konstruksi jembatan, pengaruh kecepatan aliran menjadi penyebab keluar masuknya partikel dasar kedalam lubang gerusan.	Kedalaman gerusan maksimum pada pilar silinder untuk model running (MI) terjadi pada kecepatan 0,267 m/s, yaitu sebesar 42 mm, kedalaman gerusan minimum terjadi pada kecepatan 0,157 m/s. Yaitu sebesar 3 mm. Angka reduksi rata-rata dengan variasi kecepatan sebesar 61,49 %.	Jarak penempatan ground-sill terhadap kedalaman gerusan.	ds (kedalaman gerusan) t (waktu) V (kecepatan aliran)

No	Nama Penulis	Judul	Pokok masalah	Out Come	Kesamaan Penelitian	Variabel yang diteliti
8	Supriyad,A.,2006	Perbandingan tingkat efektifitas penanganan gerusan pada pilar silinder antara tirai dengan Plat (kajian model fisik pada aliran kritik)	Kondisi yang paling membahayakan terhadap kestabilan pilar adalah saat terjadi gerusan lokal yang paling maksimum.	pemakaian tirai mampu mereduksi kedalaman gerusan maksimum di sekitar pilar lebih dari 40 % dan hasil terbaik adalah 46,60 %.	Penggunaan variasi model tirai, perbandingan antara hasil penelitian dengan pendekatan empiris.	D/ho (kedalaman gerusan) ds (tinggi gerusan) v (kecepatan aliran)
9	Nenny, 2016	Model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi Cekung	Besarnya debit banjir dan kecepatan aliran memperbesar degradasi dasar dan gerusan disekitar pilar jembatan.	Berdasarkan simulasi beberapa parameter yang berpengaruh untuk hubungan antara parameter maka didapatkan suatu koefisien model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi cekung sebagai kebaruan penelitian ini, yaitu nilai $Kn : 0 - 1$ dan untuk nilai Indeks Angka Froude (I_{Fr}) : $0.4 - 1.7$	Penggunaan variasi model tirai, pengukuran kecepatan aliran, pengukuran kedalaman gerusan (ds)	ds (kedalaman gerusan) t (waktu) V (kecepatan aliran) Jarak antar tirai (B) Jarak baris tirai (L) Q (debit)



Gambar 27. Kerangka Konseptual

Berdasarkan alur kerangka konseptual pada Gambar 27, dapat dilihat bahwa penelitian dimulai dari isu utama berupa runtuhnya sebuah jembatan sebagian besar disebabkan oleh adanya kegagalan kestabilan pilar jembatan di dalam mentransfer beban-beban yang bekerja pada jembatan ke dasar sungai. Kegagalan pilar disebabkan gerusan pada dasar sungai atau sekitar pilar jembatan melebihi dari tingkat keamanan sehingga membahayakan konstruksi jembatan.

Guna mengatasi fenomena tersebut perlu adanya kajian laboratorium mengenai gerusan total yang terjadi disekitar pilar jembatan dengan kondisi adanya angkutan sedimen. Untuk itu akan dikaji penggunaan model peredam gerusan dengan menggunakan tirai bersisi cekun, dengan pertimbangan bahwa model tersebut dapat menurunkan kecepatan aliran disekitar pilar jembatan.

Penelitian awal dilakukan dengan melakukan pengujian uji material di laboratorium dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik butiran sedimen yang digunakan. Dari hasil uji fisik model tersebut, selanjutnya dilakukan analisis hubungan antar parameter.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Menurut Nazir (1988) ; Arikunto S, (1988) dalam Sucipto (2008) metode penelitian merupakan suatu kesatuan sistem dalam penelitian yang terdiri dari prosedur dan teknik yang perlu dilakukan dalam usaha penelitian. Prosedur adalah suatu usaha yang dilakukan oleh peneliti untuk menentukan urutan pekerjaan dalam penelitian, sedangkan teknik penelitian memberikan alat-alat ukur apa yang diperlukan dalam melaksanakan suatu penelitian.

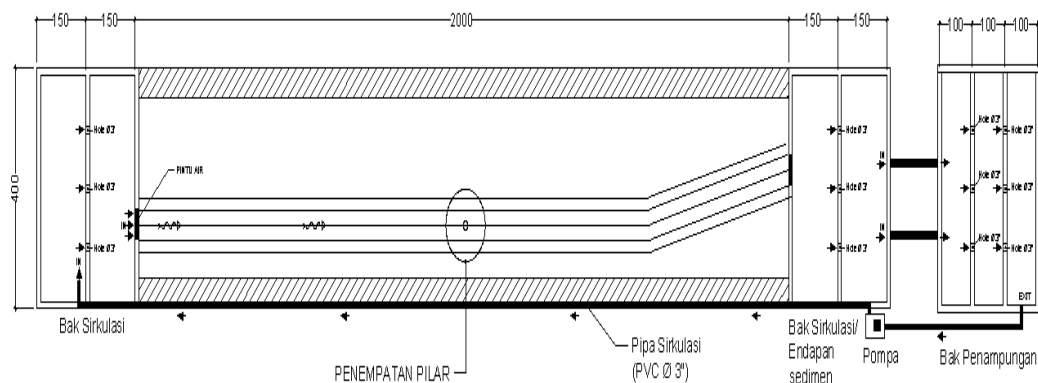
Ditinjau dari permasalahan dan tujuan dalam meneliti, maka jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimental dan kajian pustaka mengenai model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi cekung. Adapun tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Persiapan peralatan

a. Model Saluran

Saluran yang digunakan adalah saluran tanah yang dihamparkan material pasir dengan penampang bentuk trapezium. Bentuk geometris dari saluran adalah saluran lurus dengan dinding permanen, lebar dasar saluran *0,50 m*, tinggi saluran *0,20 m* dan panjang saluran percobaan *20 m*.

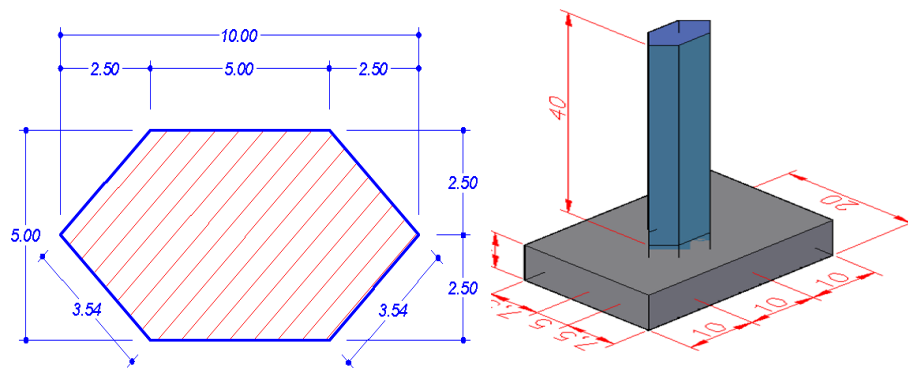
Saluran ini dilengkapi dengan bak penampungan air dan bak pengaliran air yang berkapasitas $12 m^3$, dengan dimensi panjang dan lebar bak air $3 m$ dan tinggi $1 m$, serta dilengkapi mesin pompa air dengan kran pengatur aliran (debit) yang dibutuhkan untuk mengalirkan air ke bak pengaliran.



Gambar 28. Model saluran terbuka dengan penampang trapezium

b. Model Pilar

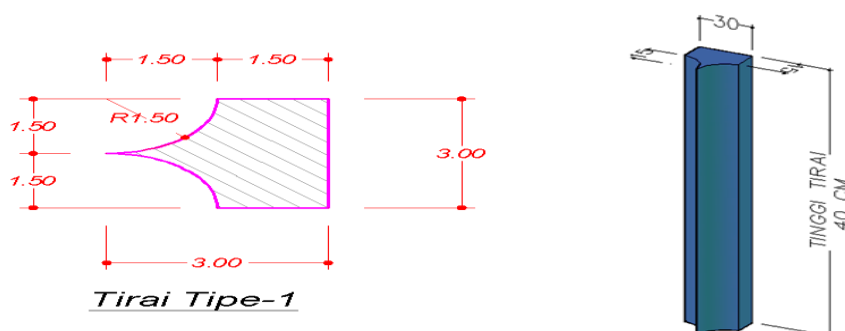
Model pilar yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari balok beton yang dibentuk sesuai model. Penelitian ini menggunakan pilar model hexagonal dengan ketinggian $40 cm$ dan dengan lebar pilar $5 cm$. Model pilar diletakkan di tengah model saluran pada jarak $6,0 m$ dari hulu.



Gambar 29. Model pilar hexagonal

c. Model Tirai

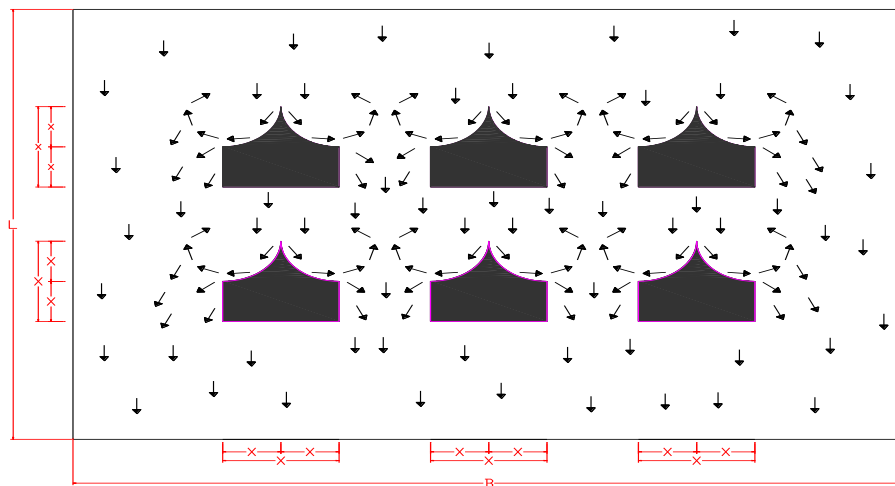
Model tirai yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari balok yang dibentuk sesuai model seperti pada Gambar 30. Penelitian ini menggunakan tirai bersisi cekung dengan ketinggian 40 cm dan dengan lebar pilar 5 cm. Model tirai ini diletakkan di depan model pilar jembatan dengan variasi jarak antara tirai (B) dan jarak baris tirai (L).



Gambar 30. Model Tirai Bersisi Cekung

Pada Gambar 31 menunjukkan arah aliran pada rangkaian tirai bersisi cekung, dengan bentuk tersebut diharapkan dapat meredam gerusan disekitar pilar. Dengan beberapa pertimbangan antara lain :

1. Dapat menurunkan kecepatan aliran atau enersi ketika melewati tirai karena terjadi perputaran aliran atau tumbukan aliran pada sisi cekung tirai sehingga terjadi perlambatan dan gerusan yang terjadi dapat diminimalisir.
2. Dapat mengurangi turbulensi aliran yang terjadi dan dapat mereduksi gerusan.



Gambar 31. Sketsa pola aliran pada rangkaian tirai bersisi cekung

d. Flow Watch

Alat ini adalah alat pengukur kecepatan digital dengan sistem perputaran baling-baling. Digunakan sebagai pembanding pengukuran kecepatan manual volumetrik.

e. Stop watch

Alat ini digunakan untuk menentukan lamanya pengaliran tiap satuan waktu yang ditentukan, digunakan untuk pengambilan data

kecepatan yang berhubungan dengan kedalaman gerusan selama running berlangsung.

f. Pintu Thomson

Pintu Thomson dipasang pada bagian hilir saluran untuk mengukur debit aliran. Alat ukur ini berupa peluap ambang tipis berbentuk segi tiga dengan sudut peluap segitiga adalah α . Tinggi peluapan adalah H dari gambar tersebut, lebar muka air adalah $B = 2 H \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$

Dipandang suatu pias setebal dh pada jarak h dari muka air. Panjang pias tersebut adalah :

$$b = 2(H - h) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

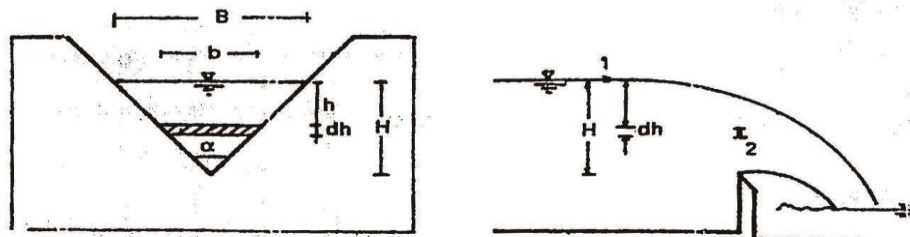
Kecepatan air melalui pias :

$$v = \sqrt{gh}$$

Debit aliran melalui pias :

$$\begin{aligned} dQ &= C_d da \sqrt{2gh} \\ &= C_d 2(H - h) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} dh \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

Apabila sudut $\alpha = 90^\circ$, $C_d = 0,6$ dan percepatan gravitasi (g) = $9,81 \text{ m/dt}^2$. Maka debit aliran adalah $Q = 1,417 H^{5/2}$ yang memberikan rumus lebih sederhana. seperti terlihat pada Gambar 32



Gambar 32. Peluap segitiga Thomson

g. Kamera

Alat ini digunakan pengambilan data serta dokumentasi selama percobaan berlangsung.

h. Meteran, penggaris, busur dan skala

Alat ini untuk mengukur tinggi material dasar dan kedalaman aliran dan gerusan di sepanjang saluran disekitar bangunan. Pembacaan data kedalaman gerusan pada sekitar pilar. Skala ditulis di pilar untuk membaca proses gerusan ketika running. Untuk busur digunakan untuk mengukur sudut kemiringan pilar terhadap arah aliran.

2. Skala Model

Skala adalah ratio atau perbandingan antara nilai masing-masing parameter/besaran yang ada di model dengan yang ada di lapangan.

$$n = \frac{\text{besaran di lapangan}}{\text{besaran di model}}$$

a. Skala kecepatan aliran (n_v)

Kondisi aliran ditentukan oleh bilangan Froude :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

Agar kondisi aliran di model sama dengan di lapangan, maka bilangan Froude di model harus sama dengan di lapangan.

Skala bilangan Froude, $n_{Fr} = \frac{(Fr)_p}{(Fr)_m} = 1$, maka $(Fr)_p = (Fr)_m$

$$\left[\frac{V}{\sqrt{gh}} \right]_p = \left[\frac{V}{\sqrt{gh}} \right]_m$$

$$\frac{V_p}{\sqrt{g_p h_p}} = \frac{V_m}{\sqrt{g_m h_m}} \Rightarrow \frac{V_p}{g_p} = \frac{g_p}{g_m} \left(\frac{h_p}{h_m} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$n_v = n_h^{1/2}$$

b. Skala Debit (n_Q)

Mengacu pada hubungan $Q = V.A$

$$\left. \begin{array}{l} n_Q = n_v n_F \\ n_{v=(n_h)^{\frac{1}{2}}} \\ n_F = n_L n_h \end{array} \right\} n_Q = (n_h)^{3/2} n_L$$

$$n_Q = (n_h)^{5/2}$$

Tabel 4. Dimensi Saluran

No	Sungai	Notasi	Prototipe	Satuan	Model	Satuan
1	Lebar Saluran	B	0.500	m	50.00	cm
2	Tinggi Saluran	H	0.300	m	30.00	cm
3	Kedalaman Aliran	h1	0.050	m	5.00	cm
		h2	0.080	m	8.00	cm
4	Debit Aliran	Q1	0.002	m ³ /dt	0.244	cm ³ /dt
		Q2	0.004	m ³ /dt	0.440	cm ³ /dt
5	Kecepatan	V1	0.300	m/dt	30.00	cm/dt
		V2	0.500	m/dt	50.00	cm/dt
6	Waktu Pengaliran	t1	0.250	jam	15.00	menit
		t2	0.750	jam	45.00	menit
		t3	1.000	jam	60.00	menit
7	Diameter butiran	dm	0.0012	m	1.200	mm

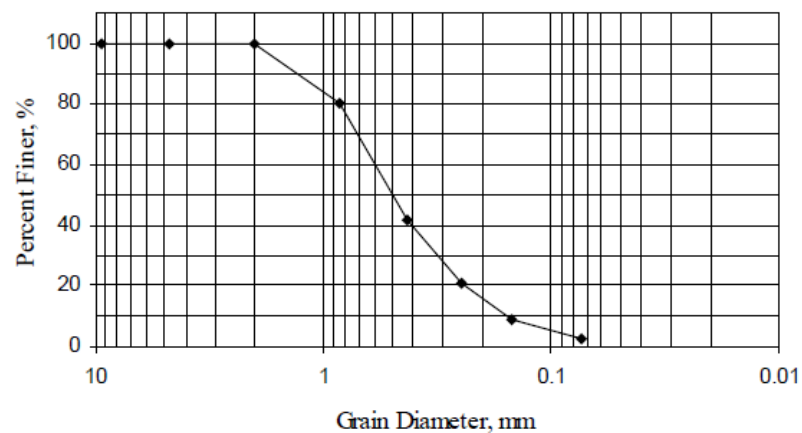
3. Persiapan Bahan

a. Persiapan material sedimen

Material dasar yang dipakai untuk penelitian ini adalah pasir dengan pengujian berat jenis, kadar air, analisa saringan dan permeabilitas.

b. Uji gradasi butiran material sedimen

Pengujian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Maksud pengujian mencari nilai diameter dan gradasi sedimen.



Gambar 33. Contoh Grafik gradasi sedimen

c. Penghamparan material sedimen

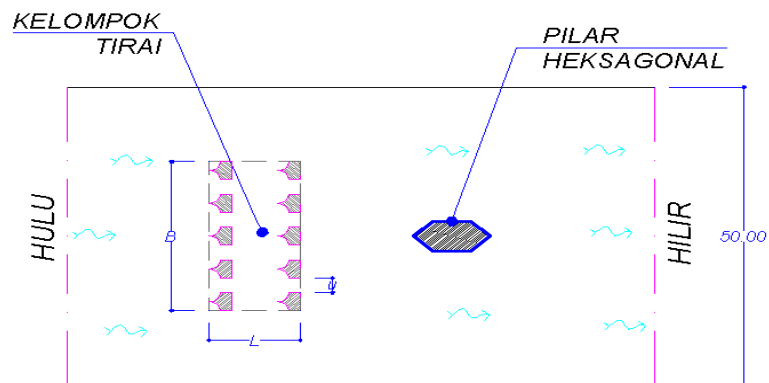
Setelah dilakukan uji gradasi selanjutnya pasir dihamparkandan diratakan dengan tebal 10 cm dengan pertimbangan bahwa gerusan yang terjadi nanti pada saat penelitian tidak melebihi kedalaman pasir yang dihamparkan.

4. Percobaan pendahuluan

Percobaan pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui kapasitas debit maksimum yang mampu di berikan oleh pompa. Dengan diketahui debit maksimum, sehingga dapat menentukan debit yang akan digunakan.

5. Pelaksanan penelitian

Pada pelaksanaan penelitian direncanakan dengan menggunakan model pilar *hexagonal* dan peredam gerusan dengan variasi model penempatan tirai bersisi cekung , seperti pada Gambar 32 tersebut.



Gambar 34. Penempatan model tirai dan pilar jembatan

Tabel 5. Variasi Model Tirai Bersisi Cekung

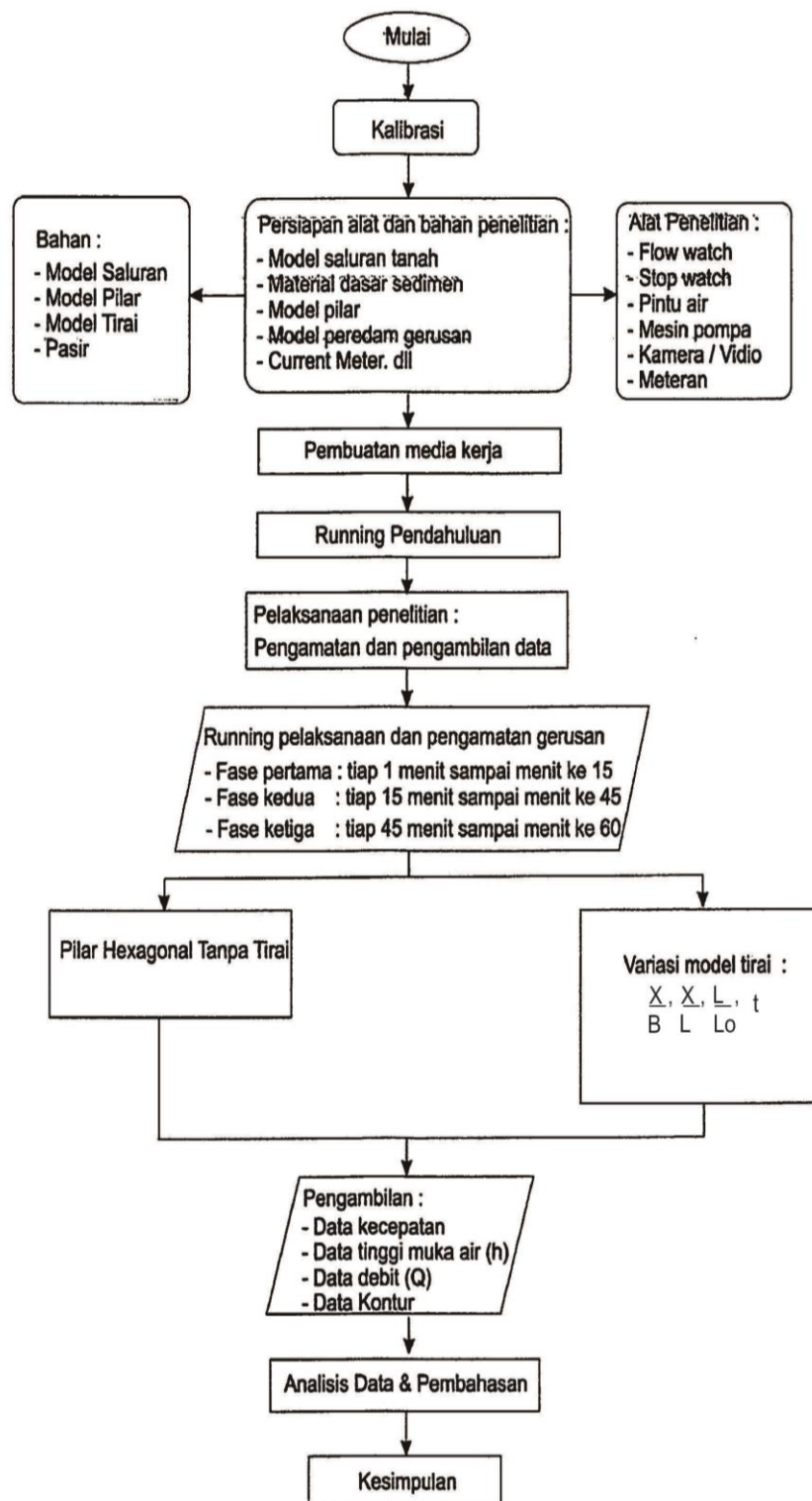
No.	Formasi	Waktu (menit)	Debit (Q) (m ³ /dt.)
	B : 25 ; L1 : 8 ; L2 : 10 ; L3 : 12 X1: 1.5 ; X2 = 3.0 ; X3 = 4.5		
1	BL ₁ X ₁	t ₁ = 15', t ₂ = 45', t = 60'	Q1 dan Q2
2	BL ₁ X ₂		
3	BL ₁ X ₃		
4	BL ₂ X ₁		
5	BL ₂ X ₂		
6	BL ₂ X ₃		
7	BL ₃ X ₁		
8	BL ₃ X ₂		
9	BL ₃ X ₃		

6. Langkah-langkah pelaksanaan penelitian :

Model pilar diletakkan di tengah saluran tanah dengan jarak $6,0\text{ m}$ dari hulu, kemudian diatur penempatan model peredam di depan pilar serta dihamparkan material pasir dalam keadaan rata.

1. Air dialirkan dari debit kecil sampai debit yang ditentukan sehingga mencapai konstan.
2. Pengamatan yang dilakukan : kecepatan aliran (V), kedalaman aliran (h) disekitar tirai dan, dilakukan setiap percobaan.
3. Pengamatan kedalaman gerusan, dilakukan melalui pengamatan setiap percobaan dengan mencatat kedalaman dan dari awal running setiap selang waktu tertentu. yaitu *15 menit, 45 menit, dan 60 menit*.
4. Pengambilan data kontur gerusan di sekitar tirai dan pilar diukur setelah *running* selesai, dengan cara memperkecil debit aliran secara perlahan agar gerusan di sekitar pilar tidak terganggu oleh adanya perubahan debit. Hal ini dilakukan agar diperoleh data kontur yang mewakili gerusan tersebut. Data kontur diukur dengan menggunakan alat *point gauge*. Daerah gerusan yang diukur elevasinya dibagi atas beberapa bagian yaitu arah sejajar aliran dan arah melintang aliran.
5. Pengambilan panjang gerusan disekitar zona pilar diukur setelah running selesai.
6. Setelah dilakukan pengukuran tiga dimensi, pasir diratakan kembali untuk selanjutnya dilakukan *running* dengan variasi lain.

Untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian dibuat alur penelitian. Secara lengkap bagan alur penelitian model proteksi gerusan pada pilar dengan menggunakan rangkaian tirai bersisi cekung dapat dilihat pada Gambar 35



Gambar 35. Bagan Alir Penelitian

B. Waktu dan Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan selama 10 bulan mulai bulan Oktober 2013 sampai dengan bulan Juli 2014 yang dimulai dari penyiapan peralatan uji model, pengambilan sampel hingga berakhirnya pengujian bertempat di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin serta Model Saluran bertempat di Pusat Kegiatan Penelitian Universitas Hasanuddin. Pengambilan sampel material pasir dari sungai Jeneberang Kabupaten Gowa.

C. Pencatatan Data

Pencatatan data dilakukan pada setiap kondisi, yaitu awal sebelum running, pada saat running dan setelah running.

1. Debit Aliran (Q)

Kondisi awal saluran, elevasi dan kemiringan saluran disetiap percobaan. Debit aliran melalui tinggi air pada alat ukur debit Thomson (H_T). Debit aliran (Q) diukur dengan menggunakan rumus Thomson, yaitu

$$Q = \left(\frac{8}{15}\right) x C d x H^{2,5} x \sqrt{2g}$$

Keterangan : Q : debit aliran ($m^3/dt.$)

Cd : koefisien debit

g : gaya grafitasi bumi (m/dt^2)

H : kedalaman air pada bak pengukur debit (m)

Untuk menentukan nilai koefisien debit (C_d) dari persamaan diatas, harus diketahui tinggi aliran pada pintu Thomson (H_T). Dari hasil kalibrasi diperoleh koefisien debit (C_d) yang dipergunakan dalam penelitian ini.

2. Kecepatan Aliran (V) ($m/dt.$)

Kecepatan aliran adalah kecepatan aliran air yang terjadi di saluran saat dilakukan pengujian. Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan *flow watch* .

Pelaksanaan pengukuran kecepatan dilaksanakan dibagian hulu, tengah dan hilir pada variasi model tirai dan pilar.



Gambar 36. Pengukuran kecepatan aliran

3. Kedalaman Aliran (h)

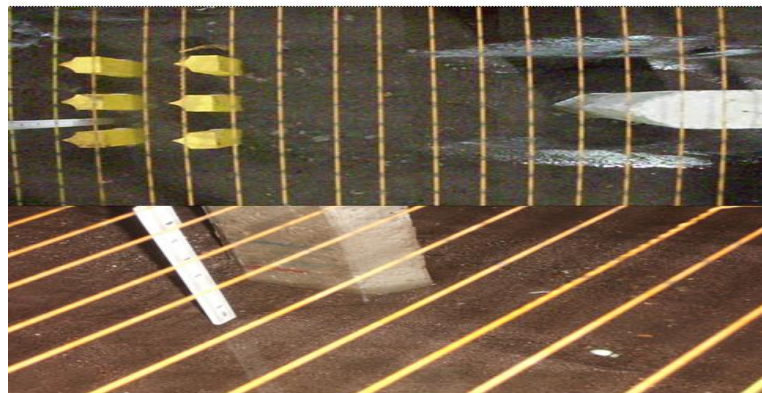
Pengukuran kedalaman aliran dan kedalaman gerusan yang terjadi hingga kedalaman yang sudah terbentuk oleh aliran. Kedalaman aliran diukur pada bagian hulu, tengah dan hilir pada variasi model tirai dan pilar.



Gambar 37. Pengukuran kedalaman aliran

4. Kedalaman Gerusan (ds)

Kedalaman gerusan diukur terhadap waktu selama penelitian berlangsung, sedangkan kontur gerusan diukur setelah running selesai dilakukan, seperti Gambar 38 dibawah ini



Gambar 38. Pengukuran kedalaman gerusan (ds)

5. Analisis Data

Kedalaman aliran (h) diukur pada titik tertentu yang belum terganggu akibat adanya pilar. Pencatatan kedalaman aliran dilakukan beberapa kali pada saat yang bersamaan untuk mendapatkan data rata-

rata kedalaman aliran yang optimal. Begitupula setelah ada bangunan pilar, penempatan model tirai dengan variasi jarak.

Elevasi kedalaman gerusan (d_s) diukur pada daerah gerusan yang paling maksimal yaitu disekitar ujung pilar setelah bangunan tirai. Kecepatan aliran rata-rata (V) adalah perbandingan data debit yang telah dikalibrasi dengan luas penampang basah (A). Kecepatan aliran kritis (V_c) diambil pada saat material dasar mulai bergerak.

Data kontur hasil pengukuran kemudian diolah untuk mendapatkan tampilan kontur permukaan di sekeliling pilar dengan program *Surver*.

Data kedalaman gerusan hasil pengujian selanjutnya akan dievaluasi terhadap persamaan empiris yang digunakan oleh *Froehlich, Garde dan Raju, The Colorado State University (CSU)*. Adapun persamaan empiris yang dimaksud adalah sebagai berikut :

a. Pendekatan Froehlich (1987)

Untuk menentukan kedalaman gerusan pada kondisi clear water scour menurut Froelich, 1987 sebagai berikut :

$$\frac{d_s}{d_o} = 0,78K_1K_2 \left(\frac{LA}{h}\right)^{0,63} Fr^{1,16} \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{0,43} \sigma^{-1,87}$$

b. Pendekatan Garde dan Raju

Persamaan Garde dan Raju digunakan pada gerusan local disekitar pilar jembatan, kedalaman gerusan tak berdimensi, d_o/d_s dinyatakan :

$$\frac{d_{sm}}{h} = \frac{4.0}{\alpha} \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \left(\frac{U}{\sqrt{gh}} \right)^{n^*}$$

c. Pendekatan The Colorado State University (CSU)

Gerusan di pilar menyebabkan terjadinya *horseshoe vortex* yang disebabkan oleh aliran di dasar pilar. Persamaan The Colorado State University (CSU) digunakan untuk menghitung kedalaman gerusan disekitar pilar, dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta z}{h} = 2,0 K_1 K_2 \left(\frac{a}{h} \right)^{0,65} Fr^{0,43}$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyajian Data Hasil Running

1. Umum

Sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian ini, yaitu untuk memperoleh gambaran mengenai penempatan formasi tirai yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran (V), debit aliran (Q), perkiraan gerusan dan endapan yang terjadi setelah melewati variasi model tirai.

Adapun yang akan dipaparkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai kondisi bangunan pilar yang berhubungan dengan gerusan dan endapan setelah melewati formasi tirai yang berbeda, dari hasil pengukuran setiap proses pengujian pada dasar sungai.

Cara pengambilan data kedalaman gerusan yaitu berpatokan pada elevasi tebing dikurangi elevasi dasar saluran yang diukur sebelum pengaliran (*running*) dimulai.

2. Kedalaman Aliran (h)

Kedalaman aliran diukur pada saat pengaliran air, untuk penelitian ini digunakan dua variasi debit (Q). Untuk memperoleh nilai kedalaman air yang terjadi dilakukan pengukuran pada penampang saluran sebelum dan sesudah penempatan model tirai.

3. Debit Aliran (Q)

Perhitungan debit aliran diperoleh dengan menggunakan persamaan Thomson, seperti dibawah ini :

$$Q_1 = 1,416 x H_1^{\frac{5}{2}} = 1,416 x (0,015)^{5/2} = 4x10^{-5} \frac{m^3}{dt}.$$

$$Q_2 = 1,416 x H_1^{\frac{5}{2}} = 1,416 x (0,025)^{5/2} = 1,4x10^{-4} \frac{m^3}{dt}.$$

Menentukan nilai koefisien debit (cd)

$$Cd_1 = \frac{Q_1 x 15}{8 x \sqrt{2xg} x \tan \frac{\theta}{2} x H_1^{5/2}} = \frac{4x10^{-5} x 15}{8x\sqrt{2x9.81} x \tan 45^0 x 0,015^{5/2}}$$

$$Cd_1 = 0,57$$

$$Cd_2 = \frac{Q_2 x 15}{8 x \sqrt{2xg} x \tan \frac{\theta}{2} x H_1^{5/2}} = \frac{1,4x10^{-4} x 15}{8x\sqrt{2x9.81} x \tan 45^0 x 0,025^{5/2}}$$

$$Cd_2 = 0,59$$

Menentukan Debit Pengaliran di Saluran

$$Q_1 = \left(\frac{8}{15}\right) x Cd_1 x \sqrt{2xg} x \tan \frac{\theta}{2} x H_1^{\frac{5}{2}}$$

$$Q_1 = \left(\frac{8}{15}\right) x 0,57 x \sqrt{2x9.81} x \tan 45 x 0,08^{5/2} = 0,00244 \frac{m^3}{dt}.$$

$$Q_2 = \left(\frac{8}{15}\right) x 0,59 x \sqrt{2x9.81} x \tan 45 x 0,10^{5/2} = 0,0044 \frac{m^3}{dt}.$$

4. Pengaruh Jarak Memanjang Saluran (L) terhadap Kecepatan Aliran pada Tirai dan Pilar Jembatan

Kecepatan aliran (V) diukur dengan menggunakan *flow watch*. *Flow watch* memberikan data kecepatan secara otomatis terhadap aliran untuk setiap titik pengamatan yang telah ditentukan.

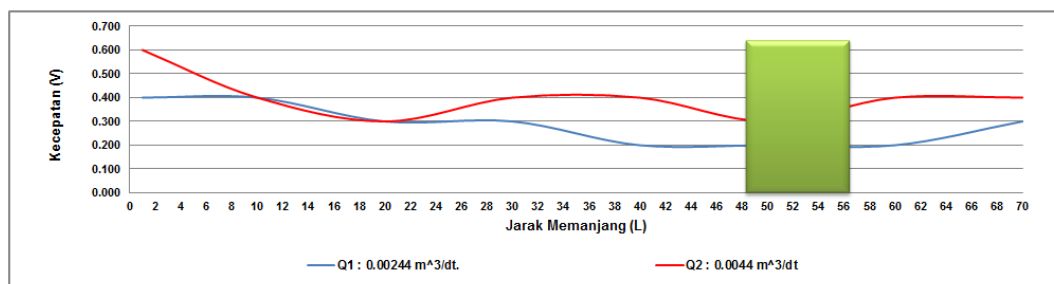
Titik-titik pengamatan kecepatan aliran adalah sebelum ada model tirai dan setelah penempatan model tirai, yaitu pada hulu sebelum model tirai sampai pada hilir setelah pilar jembatan. (Lampiran Tabel 2)

Pengaruh jarak memanjang saluran (L) terhadap kecepatan aliran (V) dapat dilihat pada grafik berikut ini dengan variasi jarak antar tirai (X_1 , X_2 dan X_3) dan jarak baris tirai (L_1 , L_2 dan L_3).

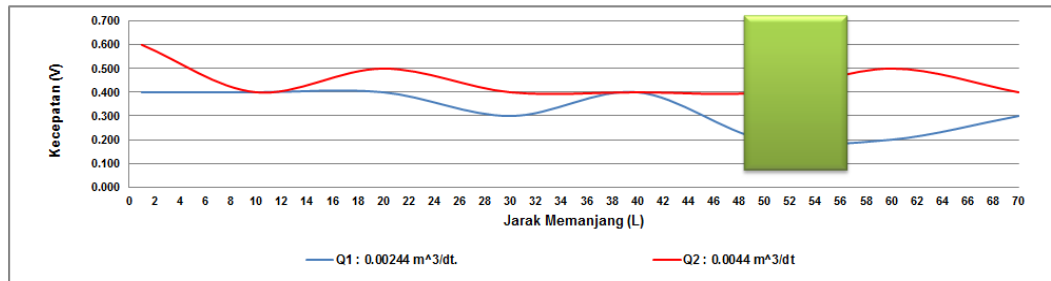
a. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang Tanpa Model Tirai pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak memanjang saluran terhadap kecepatan aliran tanpa variasi tirai dapat dilihat pada Gambar 39 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

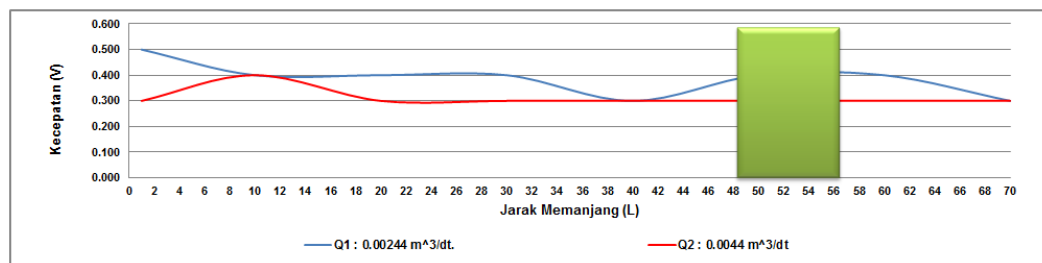
$t : 15 \text{ Menit}$



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 39. Distribusi kecepatan aliran tanpa tirai untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 39 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah memanjang sebelum penempatan model tirai dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,10 \text{ m}$ yaitu kecepatan (V) : $0,400 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,02 \text{ m}$ yaitu kecepatan (V) : $0,600 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ rata-rata $0,400 \text{ m/dt}$. untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,01 \text{ m}$ sampai dengan $0,40 \text{ m}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044$

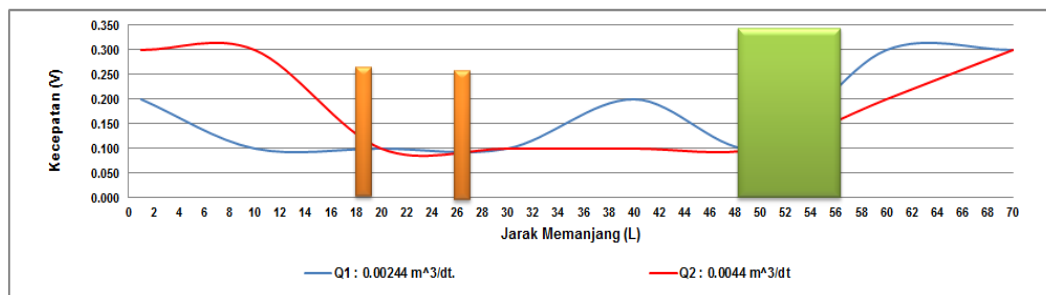
m^3/dt . distribusi kecepatan aliran (V) maksimum rata-rata $0,500 m/dt$. pada jarak melintang $0,01 m$, $0,20 m$ dan $0,60 m$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 60 menit$ debit (Q_1) lebih besar daripada debit (Q_2) seperti yang terlihat pada grafik tersebut. Ini menyatakan bahwa semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung semakin kecil disebabkan pengaruh dari kedalaman aliran (h) dan kondisi dasar saluran.

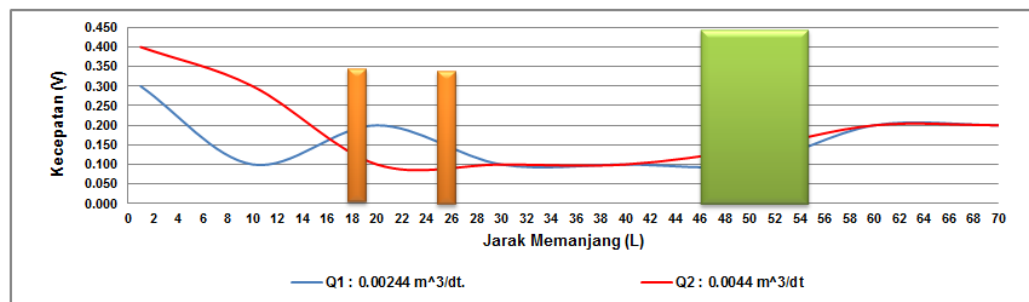
b. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_1 pada Pilar Jembatan

Distribusi kecepatan aliran (V) arah memanjang dapat disajikan pada Gambar 40 untuk variasi waktu (t_1 , t_2 dan t_3) dengan debit (Q_1) dan (Q_2).

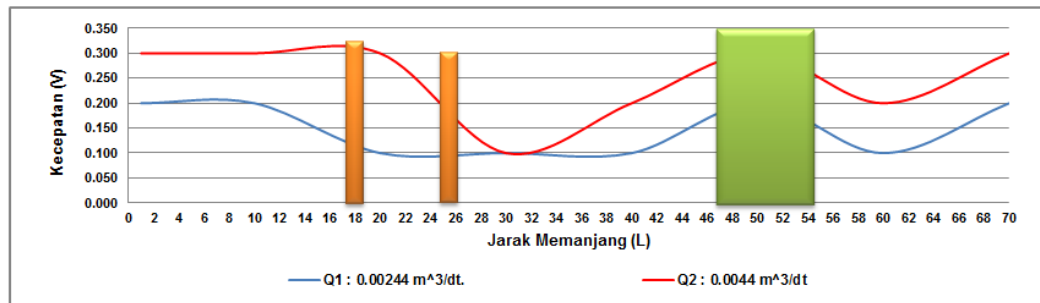
$t : 15 Menit$



$t : 45 Menit$



t : 60 Menit



Gambar 40. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai BL_1X_1 untuk Q_1 dan Q_2

Pada Gambar 40 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah memanjang pada model tirai BL_1X_1 , untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,40 \text{ m}$ adalah $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. Hal ini kecepatan berkurang karena dipengaruhi oleh jarak antar tirai (X_1). Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,20 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,200 \text{ m}/\text{dt}$.

Distribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 45 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,20 \text{ m}$, adalah $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,45 \text{ m}$ adalah $0,150 \text{ m}/\text{dt}$. kecepatan aliran hampir seragam setelah melewati model tirai sampai pada bagian hulu pilar.

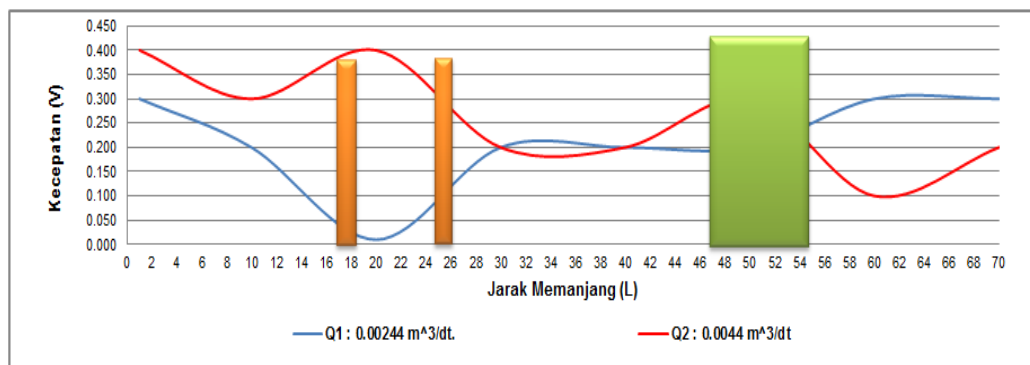
Distribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 60 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,50 \text{ m}$, adalah $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan

aliran maksimum pada jarak memanjang $0,50\text{ m}$ adalah $0,300\text{ m/dt}$.
kecepatan aliran hampir seragam setelah melewati model tirai sampai pada bagian hulu pilar.

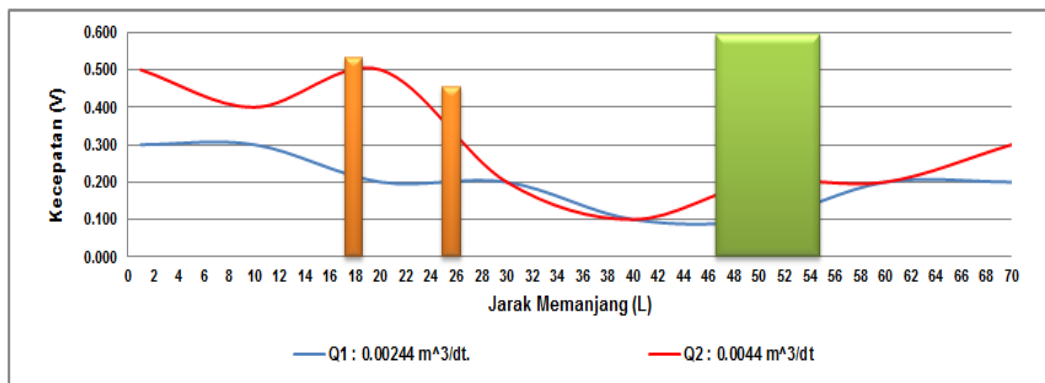
c. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_2 pada Pilar Jembatan

Distribusi kecepatan aliran (V) arah memanjang dapat disajikan pada Gambar 41 untuk variasi waktu (t_1 , t_2 dan t_3) dengan debit (Q_1) dan (Q_2).

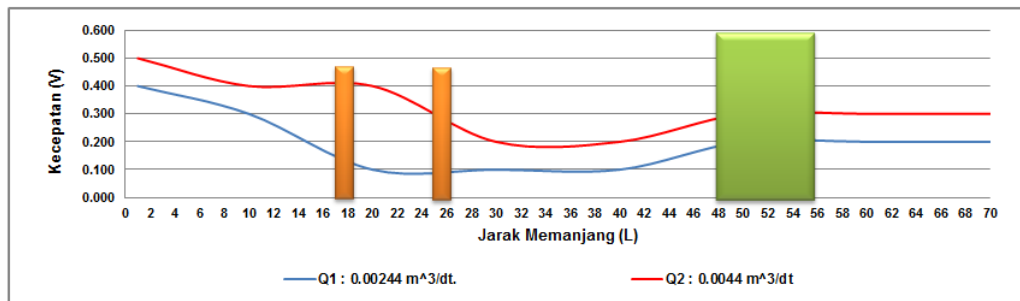
$t : 15\text{ Menit}$



$t : 45\text{ Menit}$



t : 60 Menit



Gambar 41. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_1X_2 untuk Q_1 dan Q_2

Pada Gambar 41, distribusi kecepatan dengan model tirai BL_1X_2 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran pada $t : 15$ pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$ cenderung sama, yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum disekitar model tirai pada jarak memanjang $0,20 \text{ m}$ adalah $0,400 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 45 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,40 \text{ m}$, adalah $0,200 \text{ m/dt}$. dan cenderung menurun disekitar pilar. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum disekitar tirai pada jarak memanjang $0,30 \text{ m}$ adalah $0,500 \text{ m/dt}$. setelah melewati model tirai kecepatan aliran cenderung menurun disekitar pilar.

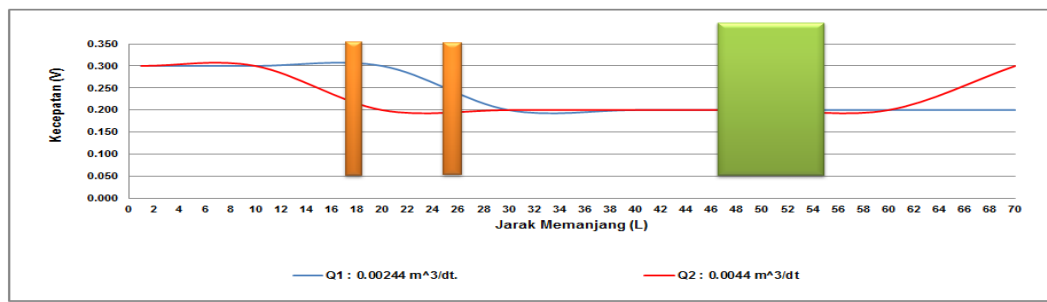
Distribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 60 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran hampir seragam disekitar tirai dan pilar yaitu pada jarak memanjang $0,20 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$, adalah $0,200 \text{ m/dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum terjadi pada awal pengaliran yaitu pada jarak memanjang $0,01 \text{ m}$ sampai

dengan $0,50 \text{ m}$ adalah $0,500 \text{ m/dt}$. kecepatan aliran cenderung menurun setelah melewati model tirai, yaitu pada jarak memanjang $0,40 \text{ m}$.

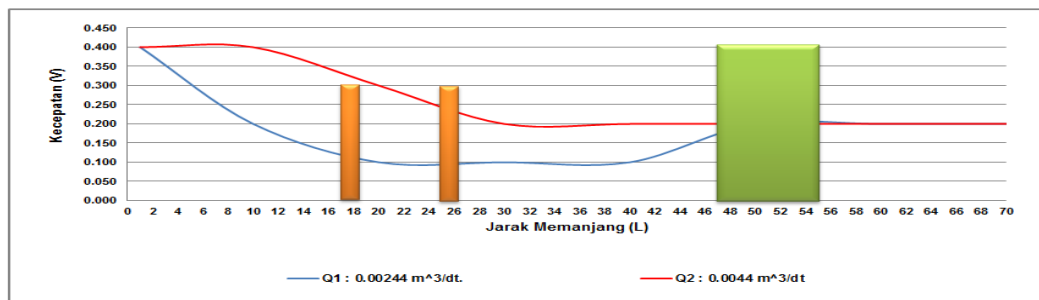
d. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_3 pada Pilar Jembatan

Distribusi kecepatan aliran arah memanjang dapat disajikan pada Gambar 42 untuk variasi waktu (t_1, t_2 dan t_3) untuk debit (Q_1) dan (Q_2).

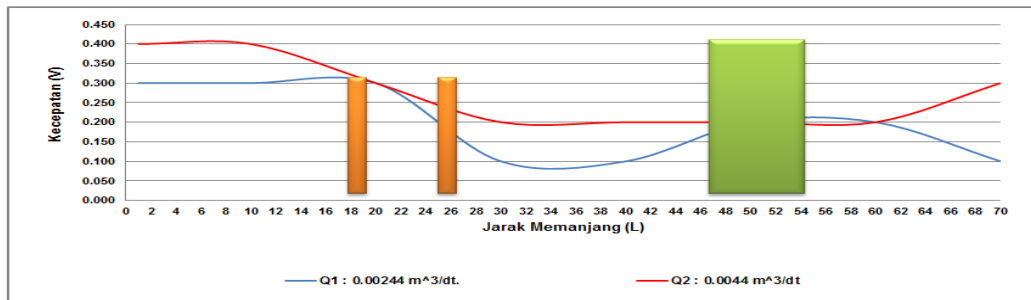
$t : 15 \text{ Menit}$



$t : 45 \text{ Menit}$



$t : 60 \text{ Menit}$



Gambar 42. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_1X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Hasil pengamatan pada Gambar 42. dengan model tirai BL_1X_3 untuk debit (Q_1) : $0,00244 m^3/dt.$, dan (Q_2) : $0,0044 m^3/dt.$ kecepatan aliran untuk t : 15 menit cenderung seragam setelah melewati model tirai pada jarak melintang $0,20 m$ sampai dengan $0,60 m$ yaitu $0,200 m/dt.$ pada t : 45 menit untuk debit Q_1 dan Q_2 kecepatan aliran sama pada jarak melintang $0,50 m$ yaitu $0,200 m/dt.$ dan untuk t : 60 menit untuk debit (Q_1) kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,30 m$ yaitu $0,300 m/dt.$ dan setelah melewati tirai kecepatan aliran cenderung menurun. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt.$, kecepatan aliran cenderung seragam baik disekitar model tirai maupun disekitar model pilar.

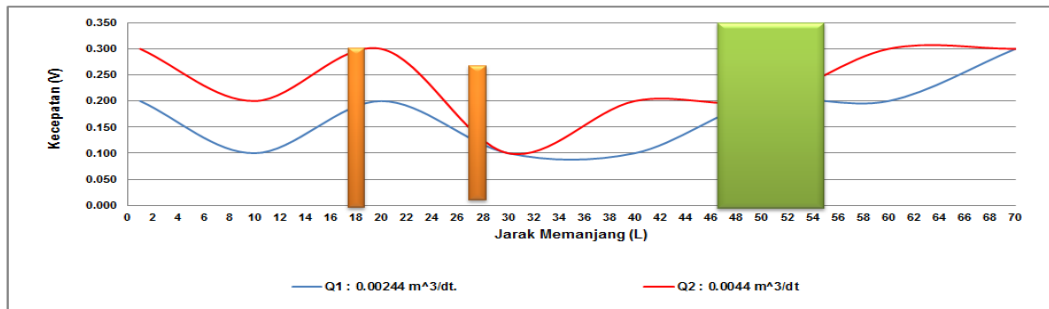
Dari Gambar 40 sampai dengan Gambar 42 menunjukkan bahwa jarak antar tirai (X) berpengaruh terhadap kecepatan aliran, dimana semakin kecil jarak antar tirai (X) maka kecepatan aliran semakin besar, sehingga potensi gerusan akan lebih besar di sekitar model tirai. Pada pilar potensi untuk terjadinya gerusan sangat kecil, karena kecepatan aliran setelah melewati model tirai menjadi kecil.

Berdasarkan evaluasi dari beberapa gambar tersebut diatas yang paling optimal untuk meredam gerusan dikaitkan dengan kecepatan aliran dan jarak antar tirai (X) adalah model tirai BL_1X_2 dan BL_1X_3 ,

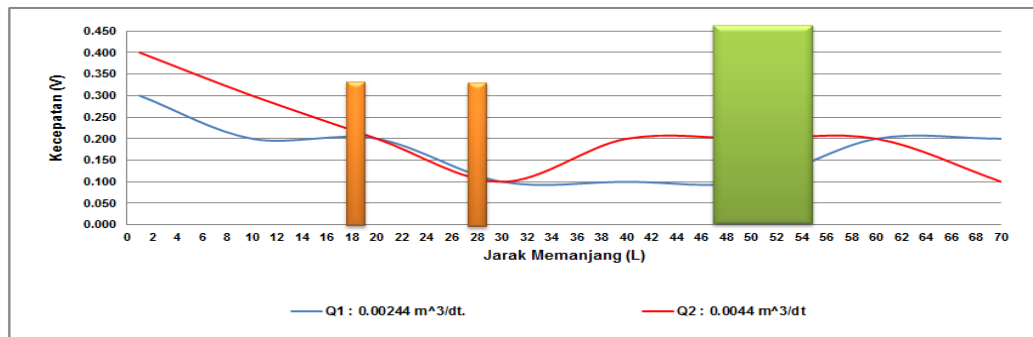
e. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_1 pada Pilar Jembatan

Dari hasil pengamatan grafik untuk distribusi kecepatan pada arah memanjang dapat disajikan pada Gambar 43,

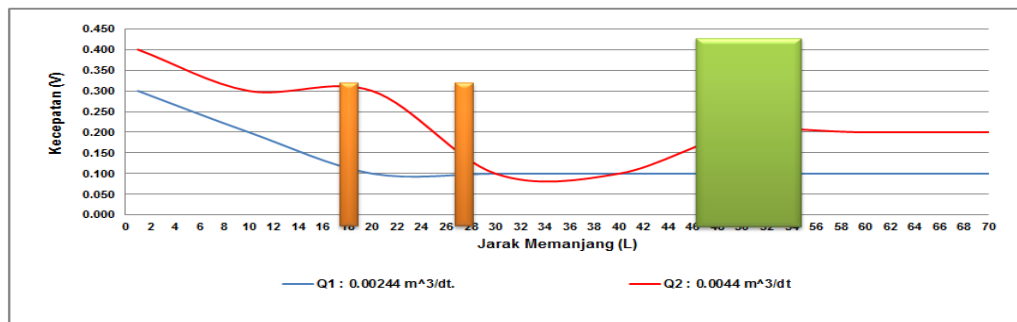
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



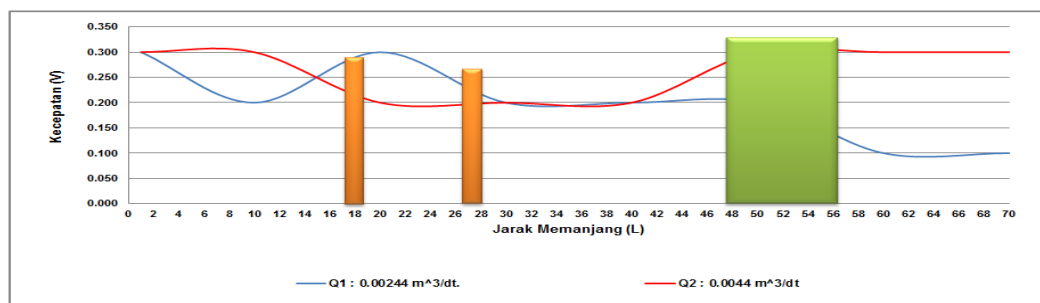
Gambar 43. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_1 untuk Q_1 dan Q_2 ,

Pada Gambar 43 dengan model tirai BL_2X_1 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dan debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$ kecepatan aliran maksimum dengan jarak memanjang $0,30 \text{ m}$ adalah $0,100 \text{ m}/\text{dt}$. cenderung seragam untuk semua variasi waktu setelah melewati model tirai.

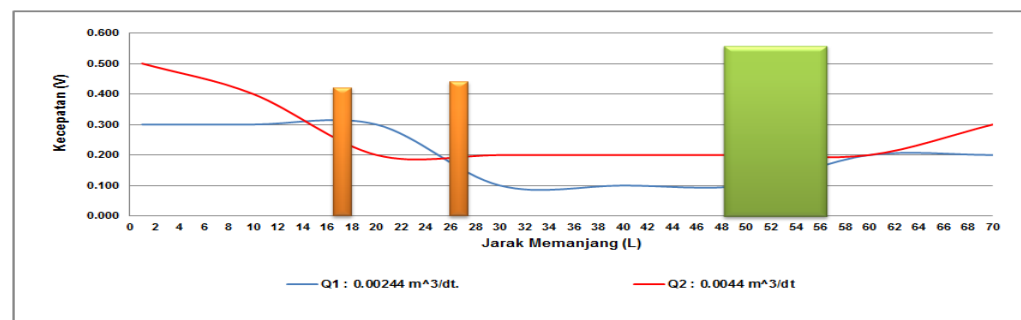
f. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_2 pada Pilar Jembatan

Dari hasil pengamatan grafik distribusi kecepatan aliran pada arah memanjang untuk model tirai BL_2X_2 dapat dilihat pada Gambar 44 untuk variasi waktu t_1, t_2 dan t_3 dengan debit (Q_1) dan (Q_2).

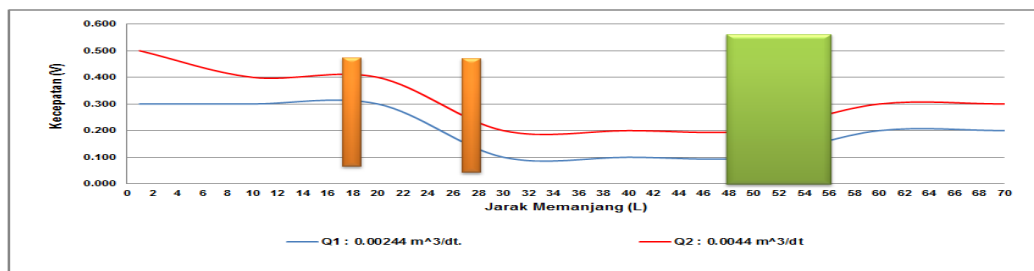
$t : 15$ Menit



$t : 45$ Menit



$t : 60$ Menit



Gambar 44. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_2 untuk Q_1 dan Q_2

Pada Gambar 44 dengan model tirai BL_2X_2 untuk debit (Q_1) : $0,00244 m^3/dt.$, kecepatan aliran maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,20 m$ adalah $0.300 m/dt.$ setelah melewati tirai kecepatan aliran cenderung menurun dan rata-rata kecepatan aliran $0,200 m/dt.$ pada jarak memanjang $0,30 m$ sampai dengan $0,50 m.$ untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt.$ distribusi kecepatan aliran pada jarak memanjang $0,20 m$ sampai dengan $0,50 m$ cenderung seragam yaitu : $0,200 m/dt.$

Pada $t : 45 \text{ menit}$ dan $t : 60 \text{ menit}$, debit (Q_1) : $0,00244 m^3/dt.$ kecepatan aliran setelah melewati model tirai cenderung menurun dan seragam setelah melewati model tirai yaitu $0,100 m/dt.$ Untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt.$ kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak memanjang $0,20 m$ sampai dengan $0,60 m$ yaitu $0,200 m/dt.$ untuk $t : 60 \text{ menit}$, untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt.$ kecepatan aliran cenderung seragam setelah melewati tirai, pada jarak memanjang $0,30 m$ sampai dengan $0,50 m$ yaitu $0,200 m/dt.$

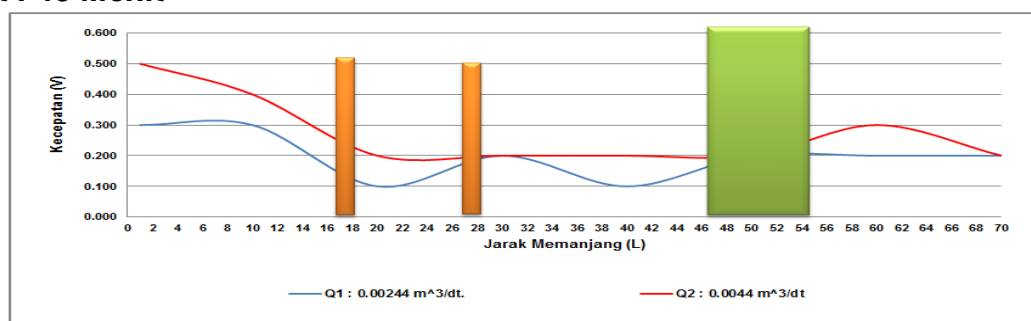
g. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_3 pada Pilar Jembatan

Dari hasil pengamatan grafik distribusi kecepatan aliran pada arah memanjang untuk model tirai BL_2X_3 dapat dilihat pada Gambar 45 untuk variasi waktu t_1, t_2 dan t_3 dengan debit (Q_1) dan (Q_2).

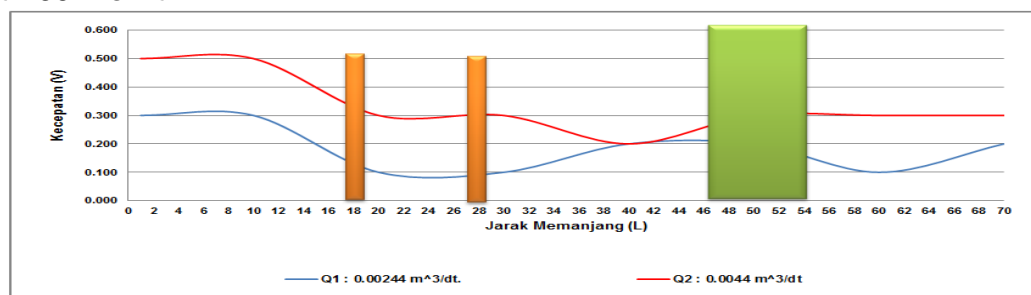
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 45. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Pada gambar 45 distribusi kecepatan aliran dengan model tirai BL_2X_3 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. terjadi disekitar pilar. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran

maksimum disekitar model tirai pada jarak memanjang $0,50\text{ m}$ adalah $0,300\text{ m/dt}$.

Disribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 45\text{ menit}$, untuk debit $(Q_1) : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,50\text{ m}$, adalah $0,300\text{ m/dt}$. dan cenderung terjadi fluktuasi setelah melewati model tirai hingga disekitar pilar. Untuk debit $(Q_2) : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak memanjang $0,20\text{ m}$ sampai dengan $0,50\text{ m}$ yaitu $0,200\text{ m/dt}$.

Disribusi kecepatan arah memanjang untuk $t : 60\text{ menit}$, untuk debit $(Q_1) : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,40\text{ m}$ yaitu $0,200\text{ m/dt}$. untuk debit $(Q_2) : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak memanjang $0,20\text{ m}$ sampai dengan $0,70\text{ m}$ adalah $0,300\text{ m/dt}$.

Dari hasil pengamatan grafik pada Gambar 43 sampai dengan Gambar 45, ditinjau dari jarak baris tirai (L_2). menunjukkan bahwa pengaruh jarak baris tirai (L_2) terhadap jarak antar tirai (X) berpengaruh terhadap kecepatan aliran., dimana semakin besar jarak baris tirai (L_2) terhadap jarak antar tirai (X) maka kecepatan aliran semakin kecil.

Untuk debit (Q_1) , terjadi fluktuasi aliran terutama pada variasi model tirai dimulai dari awal pengaliran sampai akhir pengaliran, potensi gerusan disekitar model tirai cukup besar, tetapi pada pilar jembatan kecepatan aliran cenderung menurun dan seragam pada $t : 45\text{ menit}$ dan $t : 60\text{ menit}$, sehingga potensi gerusan disekitar pilar menjadi kecil. Untuk debit (Q_2)

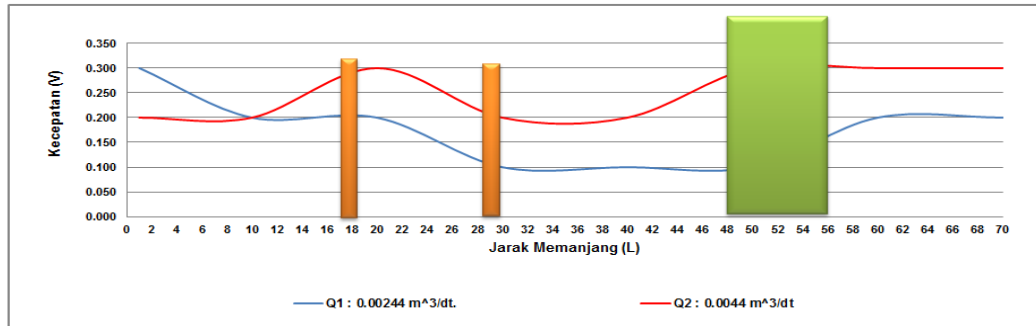
juga terjadi fluktuasi pada variasi model tirai, potensi gerusan disekitar model tirai tidak begitu besar karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_2), dan pada pilar jembatan kecepatan aliran cenderung seragam pada variasi waktu, yaitu mulai dari $t : 15 \text{ menit}$ sampai $t : 60 \text{ menit}$. Potensi gerusan disekitar pilar jembatan menjadi kecil, disebabkan aliran yang menuju pilar semakin kecil. Berdasarkan gambar grafik diatas untuk evaluasi model tirai yang dapat meredam gerusan adalah model tirai BL_2X_2 dan BL_2X_3 ,

h. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_1 pada Pilar Jembatan

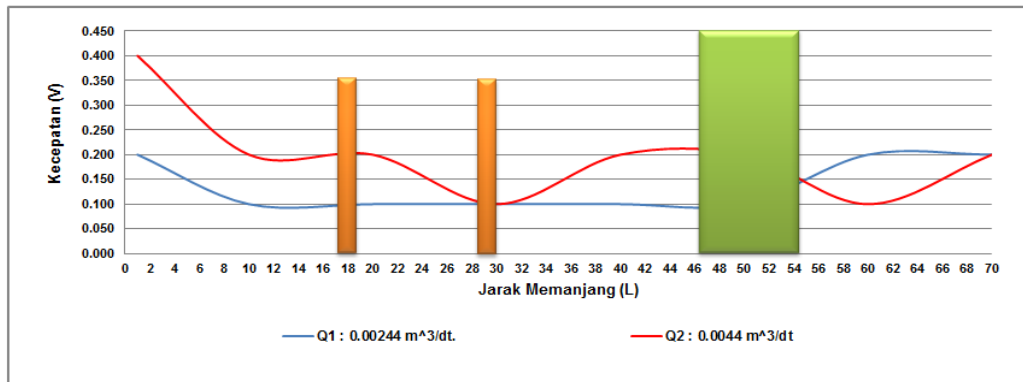
Dari hasil pengamatan grafik untuk distribusi kecepatan aliran arah memanjang dengan model tirai BL_3X_1 untuk variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 dapat dilihat pada Gambar 46 debit (Q_1) dan (Q_2).

Pada Gambar 46 dengan model tirai BL_3X_1 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt.}$, terjadi fluktuasi aliran yang tidak besar pada setiap titik pengamatan. Kecepatan aliran cenderung seragam pada setiap variasi waktu dengan kecepatan aliran rata-rata $0,100 \text{ m/dt.}$ Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt.}$, terjadi fluktuasi aliran dan turbulensi aliran pada setiap variasi waktu, kecepatan aliran maksimum terjadi pada $t : 60 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,50 \text{ m}$ dibagian hulu model pilar dengan kecepatan aliran (V) : $0,300 \text{ m/dt.}$

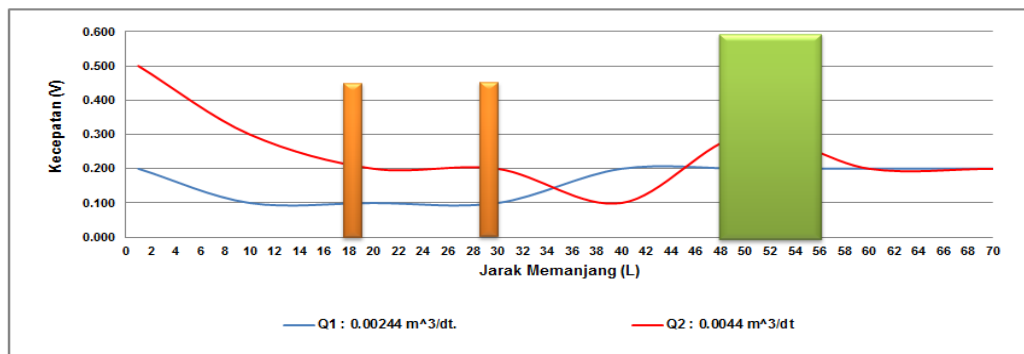
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 46. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL₃X₁ untuk Q₁ dan Q₂

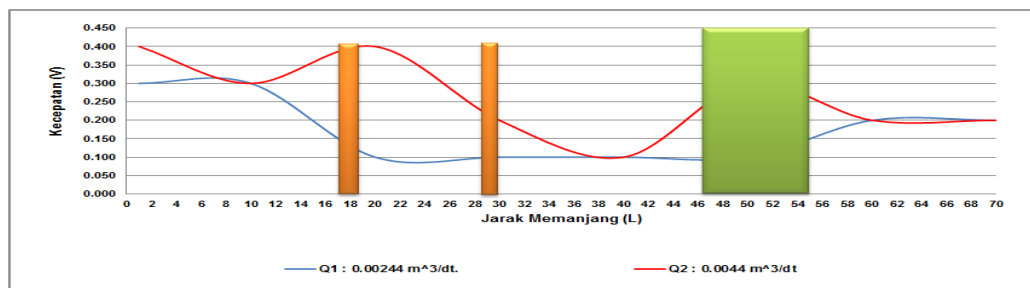
i. **Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_2 pada Pilar Jembatan**

Dari hasil pengamatan grafik untuk distribusi kecepatan aliran arah memanjang dengan model tirai BL_3X_2 , dengan variasi waktu t_1, t_2 dan t_3 dengan debit (Q_1) dan (Q_2) dapat dilihat pada Gambar 47 dibawah ini.

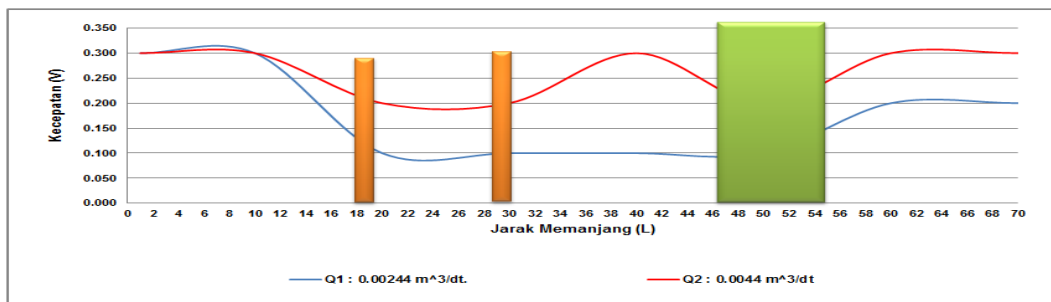
$t : 15$ Menit



$t : 45$ Menit



$t : 60$ Menit



Gambar 47. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_3X_2 untuk Q_1 dan Q_2

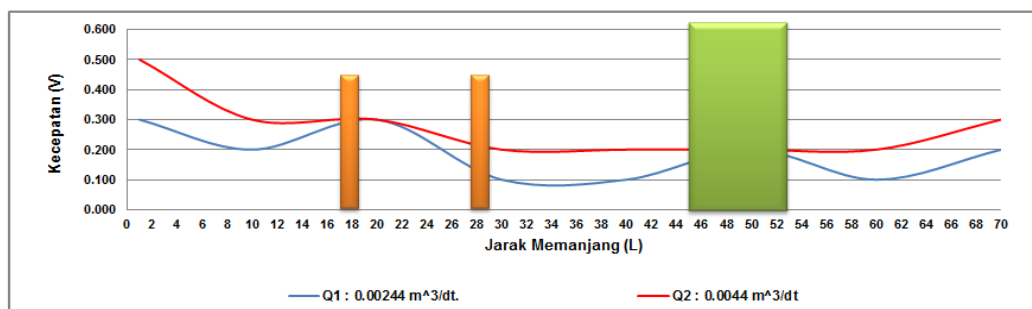
Pada gambar 47 dengan model tirai BL_3X_2 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt.}$, untuk terjadi fluktuasi aliran dan turbulensi aliran dibagian hulu terutama pada $t : 15 \text{ menit}$ dan $t : 45 \text{ menit}$. Kecepatan aliran cenderung seragam pada $t : 45 \text{ menit}$ pada jarak memanjang $0,20 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,100 \text{ m}/\text{dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt.}$, terjadi fluktuasi aliran pada setiap titik pengamatan pada variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , Kecepatan aliran maksimum pada jarak memanjang $0,40 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m}/\text{dt}$.

j. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_3 pada Pilar Jembatan

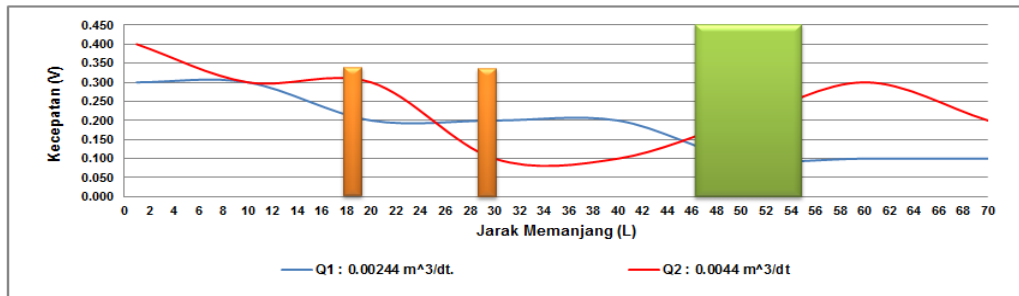
$t : 15 \text{ Menit}$



$t : 45 \text{ Menit}$



t : 60 Menit



Gambar 48. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_3X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Pada gambar 48 untuk distribusi kecepatan aliran pada arah memanjang model tirai BL_3X_3 dengan variasi waktu, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran cenderung seragam pada $t : 15$ menit, pada jarak memanjang $0,10 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak memanjang $0,40 \text{ m}$ sampai dengan $0,70 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. Pada $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) dan (Q_2) kecepatan aliran cenderung mengalami penurunan setelah melewati model tirai hingga disekitar pilar. Untuk $t : 60 \text{ menit}$ pada debit (Q_2) kecepatan aliran cenderung mengalami penurunan pada jarak memanjang $0,34 \text{ m}$ yaitu $0,100 \text{ m}/\text{dt}$.

Dari hasil pengamatan grafik pada Gambar 46 sampai dengan Gambar 48, ditinjau dari jarak baris tirai (L_3). menunjukkan bahwa pengaruh jarak baris tirai (L_3) terhadap jarak antar tirai (X) berpengaruh terhadap kecepatan aliran, dimana semakin besar jarak baris tirai (L_3) terhadap jarak antar tirai (X) maka kecepatan aliran dipilar jembatan menjadi kecil. Berdasarkan evaluasi gambar grafik yang tersebut diatas

untuk pengaruh jarak baris tirai (L_3) terhadap jarak antar tirai (X), model tirai yang paling optimal mereduksi gerusan adalah model tirai BL_3X_1 , BL_2X_3 , dan BL_3X_3 ,

5. Pengaruh Jarak Melintang Saluran (B) terhadap Kecepatan Aliran pada Pilar Jembatan

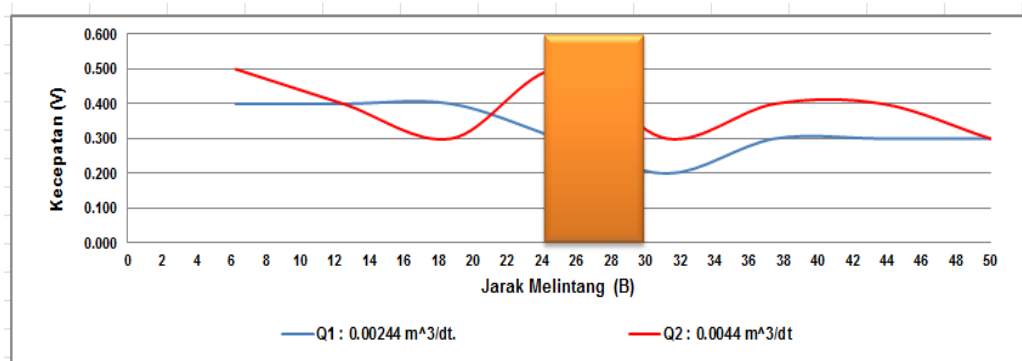
Pengaruh jarak melintang saluran (B) terhadap kecepatan aliran (V) dapat dilihat pada grafik berikut ini dengan variasi jarak antar tirai (X_1 , X_2 , dan X_3) dan jarak baris tirai (L_1 , L_2 dan L_3).

Titik-titik pengamatan kecepatan aliran adalah sebelum dan setelah penempatan model tirai. Pengamatan dilakukan disekitar pilar jembatan. (Lampiran Tabel 3)

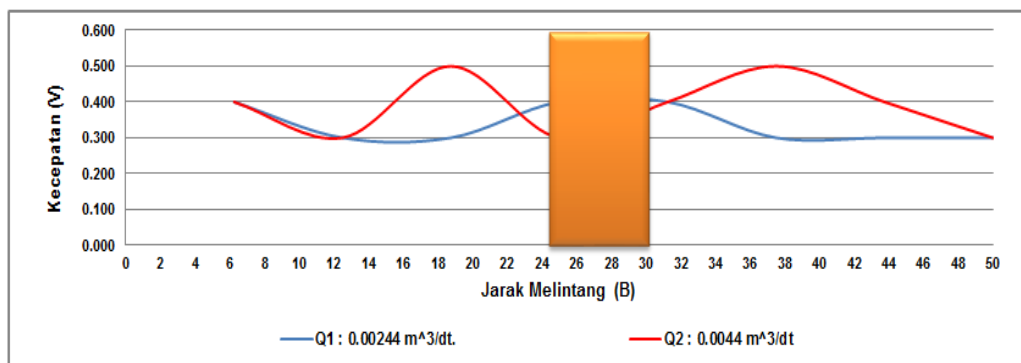
a. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang Tanpa Model Tirai pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran tanpa variasi tirai dapat dilihat pada Gambar 49 dengan variasi waktu, yaitu t_1 : 15 menit, t_2 : 45 menit dan t_3 : 60 menit dengan debit Q_1 dan Q_2

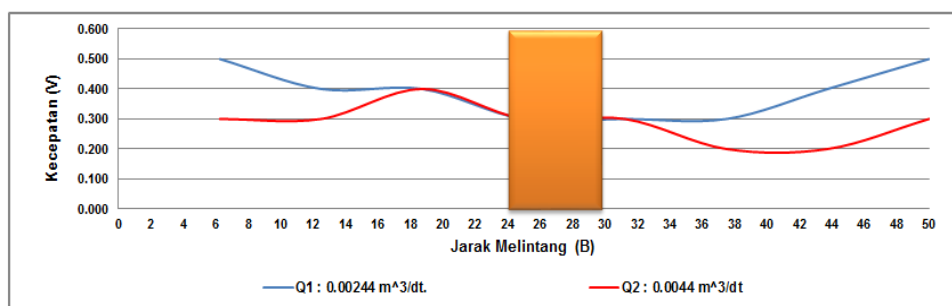
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 49. Distribusi kecepatan aliran tanpa tirai untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 49 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang sebelum penempatan model tirai dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,14 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (v) : $0,400 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu kecepatan (V) : $0,500 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,25 \text{ m}$ sampai dengan $0,32 \text{ m}$ adalah $0,400 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

distribusi kecepatan aliran (V) rata-rata $0,500 \text{ m/dt}$. pada jarak melintang $0,19 \text{ m}$ dan $0,38 \text{ m}$.

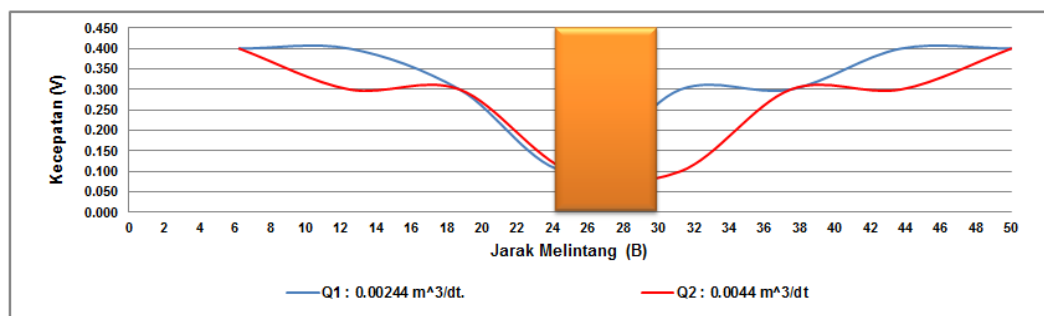
Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 60 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) dan (Q_2) kecepatan aliran cenderung seragam dan cenderung semakin kecil pada sisi kanan pilar, walaupun pada jarak melintang $0,42 \text{ m}$ kecepatan aliran cenderung meningkat.

b. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai

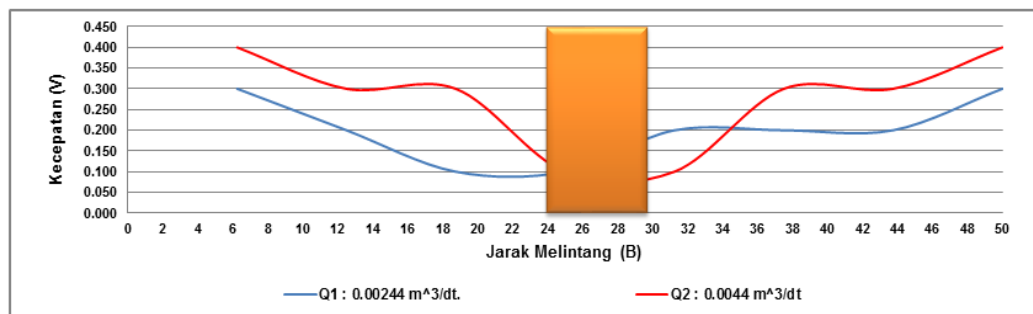
BL_1X_1 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_1 dapat dilihat pada Gambar 48 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

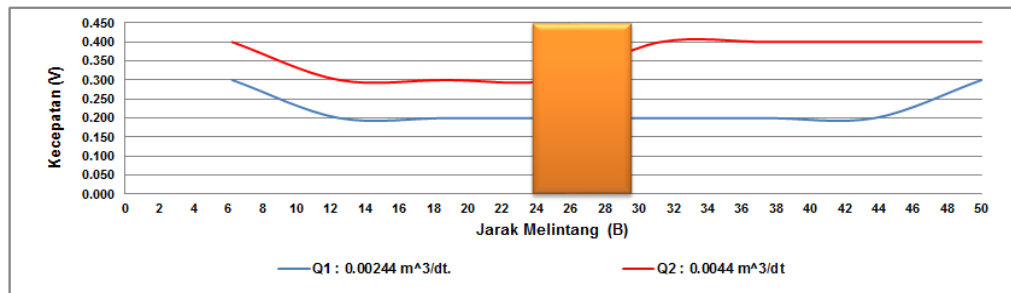
$t : 15 \text{ Menit}$



$t : 45 \text{ Menit}$



t : 60 Menit



Gambar 50. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_1X_1 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 50 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_1X_1 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar kecepatan cenderung menurun pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu $0,100 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,19 \text{ m}$ yaitu kecepatan (V) : $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung menurun pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,090 \text{ m/dt}$.

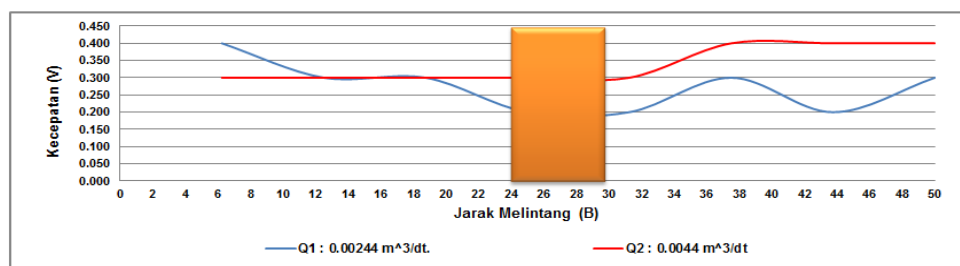
Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung menurun pada jarak melintang $0,24 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran : $0,100 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,100 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 60 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) dan (Q_2) kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,12 \text{ m}$ sampai dengan $0,24 \text{ m}$ disekitar pilar rata-rata kecepatan aliran adalah $0,200 \text{ m/dt}$. dan untuk Q_2 kecepatan rata-rata adalah $0,300 \text{ m/dt}$. Model tirai seperti ini kecepatan aliran cenderung mengalami penurunan kecepatan disekitar pilar karena dipengaruhi oleh faktor jarak antar tirai ($X_1 : 0,015 \text{ m}$)

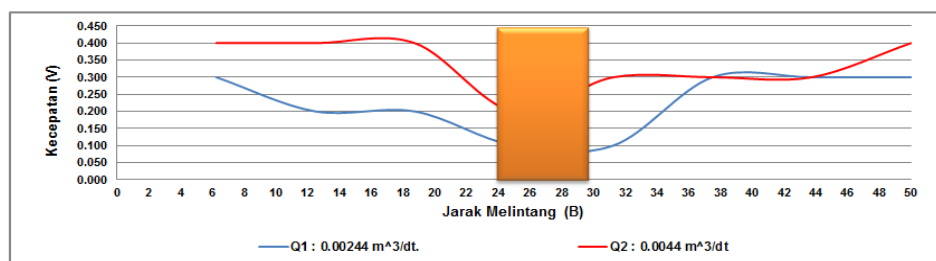
c. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_1X_2 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_2 dapat dilihat pada Gambar 51 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

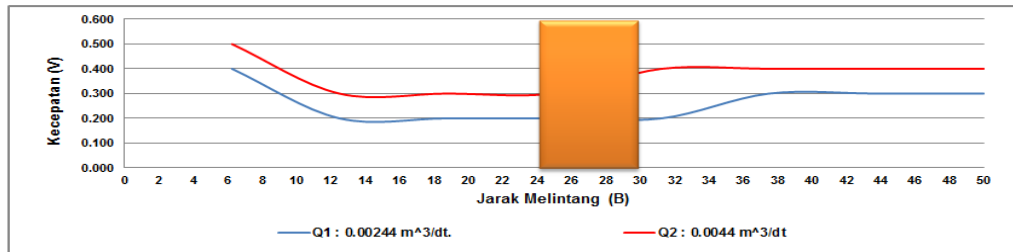
$t : 15 \text{ Menit}$



$t : 45 \text{ Menit}$



t : 60 Menit



Gambar 51. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_1X_2 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 51 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_1X_2 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar kecepatan cenderung menurun pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,32 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran (V) : $0,300 \text{ m/dt}$. kecepatan aliran meningkat pada jarak melintang $0,38 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,400 \text{ m/dt}$.

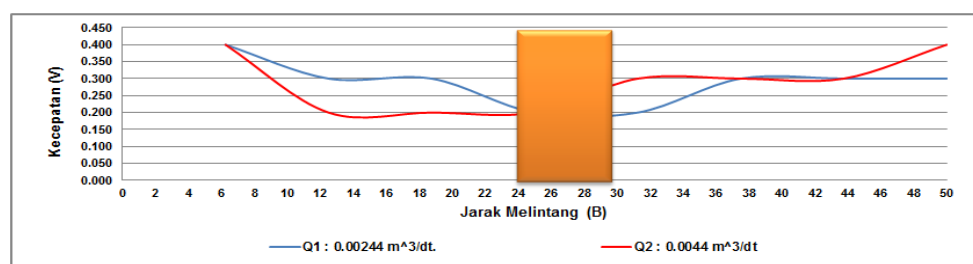
Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung menurun pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran (V) : $0,100 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,200 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 60 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) dan (Q_2) kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$ sampai dengan $0,32 \text{ m}$ disekitar pilar rata-rata kecepatan aliran adalah $0,200 \text{ m/dt}$. dan untuk Q_2 kecepatan rata-rata adalah $0,350 \text{ m/dt}$. Model tirai BL_1X_2 kecepatan aliran disekitar pilar cenderung meningkat, walaupun tidak begitu besar dan salah satu faktor adalah jarak antar tirai ($X_2 : 0,03 \text{ m}$).

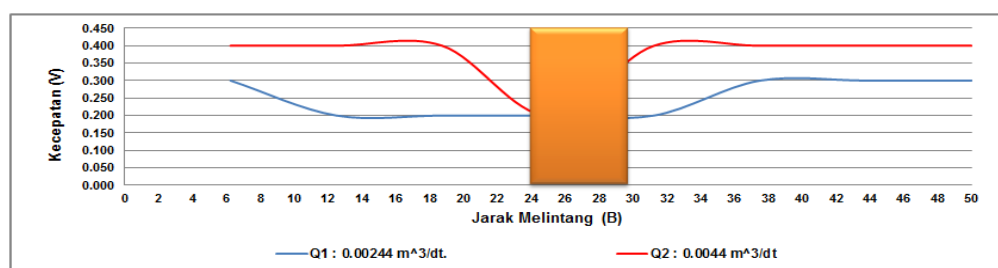
d. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_1X_3 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_3 dapat dilihat pada Gambar 52 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

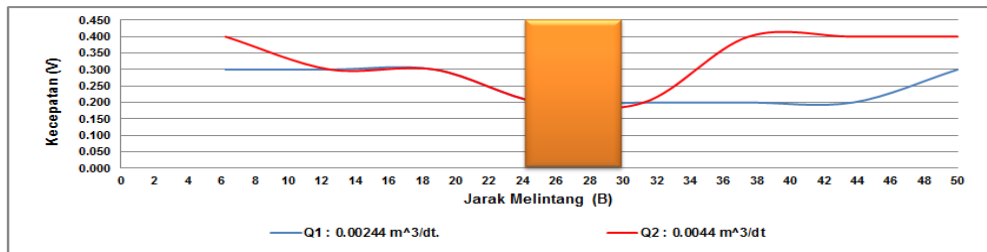
$t : 15 \text{ Menit}$



$t : 45 \text{ Menit}$



t : 60 Menit



Gambar 52. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_1X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 52 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_1X_3 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar kecepatan cenderung menurun pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu kecepatan (V) : $0,400 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung menurun pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,200 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung seragam pada jarak melintang $0,12 \text{ m}$ sampai dengan $0,28 \text{ cm}$ dengan kecepatan aliran rata-rata : $0,200 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) seragam pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,20 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran rata-rata $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung

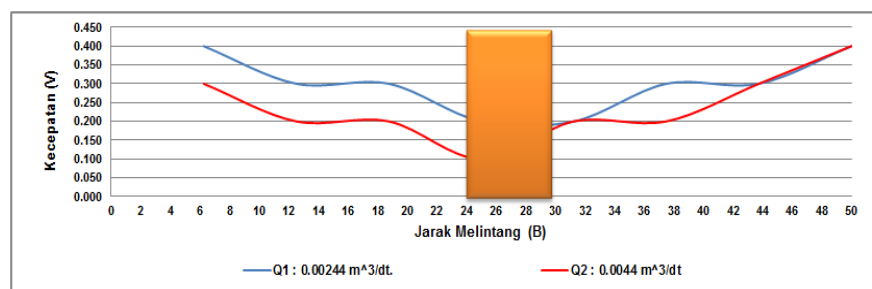
mengalami penurunan tetapi pada jarak melintang $0,38\text{ m}$ kecepatan meningkat.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60\text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$, kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,12\text{ m}$ sampai dengan $0,20\text{ m}$ rata-rata kecepatan aliran adalah $0,30\text{ m}/\text{dt}$. dan untuk debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. terjadi turbulensi aliran, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,40\text{ m}$ yaitu $0,400\text{ m}/\text{dt}$. Model tirai BL_1X_3 Kecepatan aliran cenderung seragam disekitar model tirai maupun disekitar pilar disebabkan oleh pengaruh jarak antar tirai, yaitu $X_3 : 0,03\text{ m}$.

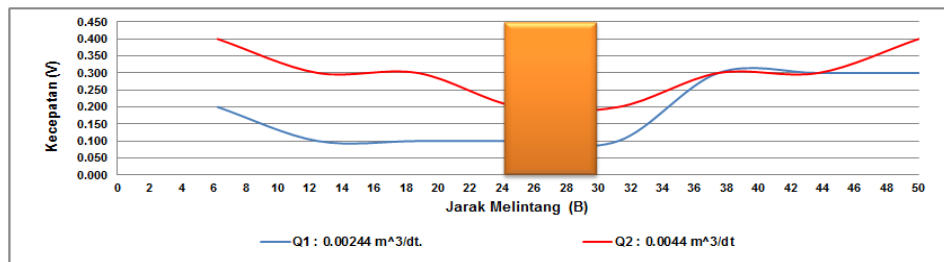
e. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_2X_1 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_3 dapat dilihat pada Gambar 53 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15\text{ menit}$, $t_2 : 45\text{ menit}$ dan $t_3 : 60\text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

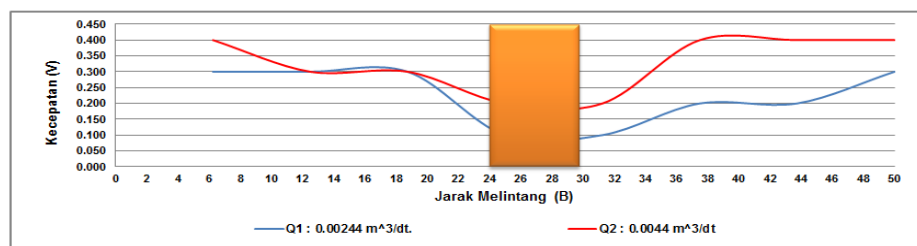
$t : 15\text{ Menit}$



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 53. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_1 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 53 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_2X_1 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar kecepatan cenderung menurun pada jarak melintang $0,24 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung menurun pada jarak melintang $0,27 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,200 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung seragam pada jarak melintang $0,12 \text{ m}$ sampai dengan $0,32 \text{ cm}$ dengan kecepatan aliran rata-

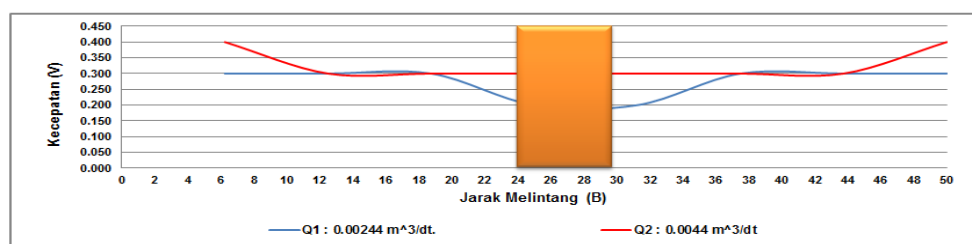
rata : $0,100 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$, kecepatan aliran (V) : $0,400 \text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$, kecepatan aliran (V) : $0,200 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$, distribusi kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,16 \text{ m}$ rata-rata kecepatan aliran adalah $0,30 \text{ m/dt}$. dan untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. terjadi turbulensi aliran, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,40 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m/dt}$. Model tirai BL_2X_1 Kecepatan aliran cenderung menurun setelah melewati model tirai, sehingga kecepatan disekitar pilar juga mengalami penurunan kecepatan, disebabkan oleh pengaruh jarak baris tirai, yaitu $L_2 : 0,10 \text{ m}$.

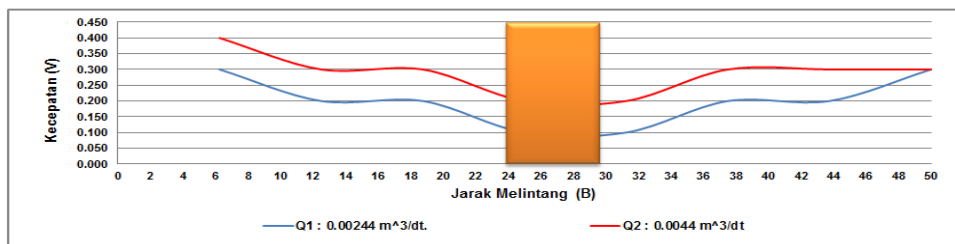
f. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_2X_2 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_3 dapat dilihat pada Gambar 54 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

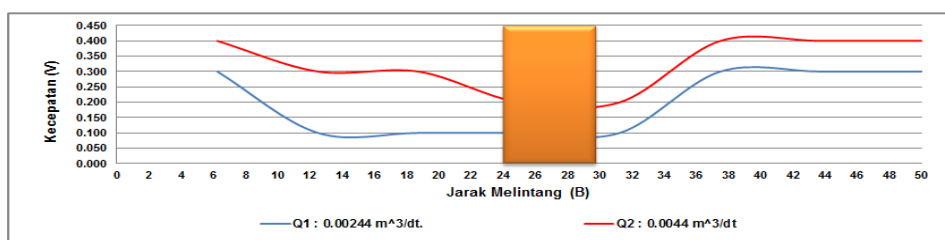
$t : 15 \text{ Menit}$



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 54. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_2 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 54 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_2X_2 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) pada $t : 15 \text{ menit}$ cenderung seragam pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,20 \text{ m}$, disekitar pilar cenderung mengalami penurunan kecepatan, setelah itu kecepatan aliran meningkat dan cenderung seragam pada setiap titik pengamatan, kecepatan aliran rata-rata $0,300 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran juga cenderung seragam dimulai pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$ sampai dengan $0,44 \text{ m}$, kecepatan rata-rata (V) : $0,300 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung mengalami penurunan

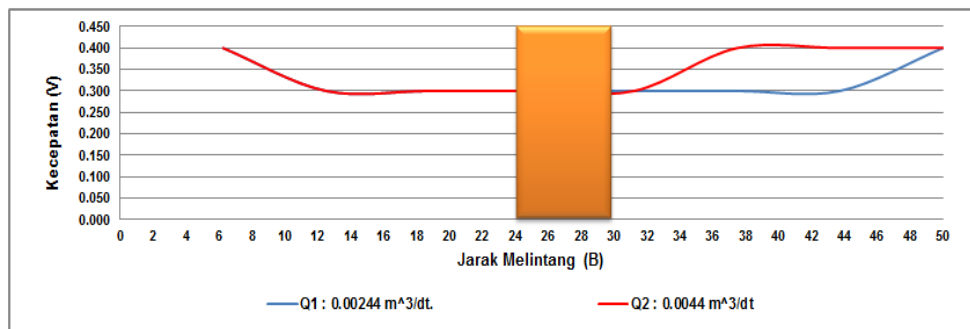
pada jarak melintang $0,25\text{ m}$ dengan kecepatan aliran (V) : $0,100\text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada jarak melintang $0,06\text{ m}$, kecepatan aliran (V) : $0,400\text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25\text{ m}$, kecepatan aliran (V) : $0,200\text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk t : 60 menit untuk debit (Q_1) : $0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$, distribusi kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13\text{ m}$ sampai dengan $0,35\text{ m}$ rata-rata kecepatan aliran adalah $0,100\text{ m/dt}$. dan untuk debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. terjadi turbulensi aliran, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06\text{ m}$ yaitu $0,400\text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan kecepatan, kemudian kecepatan meningkat kembali. Model tirai BL_2X_2 sangat optimal untuk menstabilkan kecepatan aliran baik disekitar disekitar model pilar jembatan.

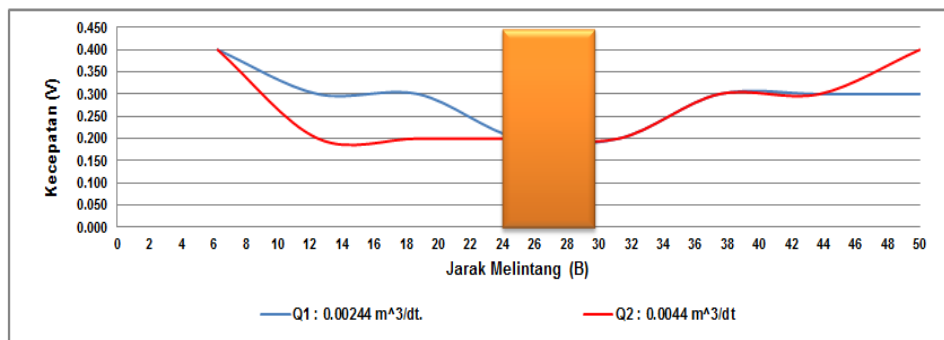
g. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_2X_3 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_1X_3 dapat dilihat pada Gambar 55 dengan variasi waktu, yaitu t_1 : 15 menit , t_2 : 45 menit dan t_3 : 60 menit dengan debit Q_1 dan Q_2

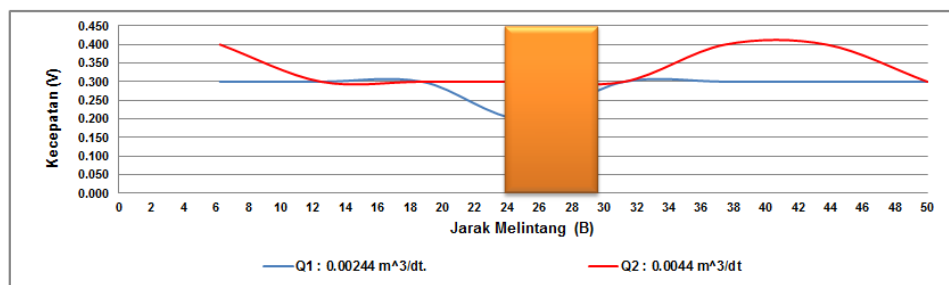
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 55. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_2X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 55 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_2X_3 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) pada $t : 15 \text{ menit}$ cenderung seragam pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$ sampai dengan $0,44 \text{ m}$, kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,300 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

distribusi kecepatan aliran juga cenderung seragam pada jarak melintang $0,13\text{ m}$ sampai dengan $0,32\text{ m}$, kecepatan rata-rata $(V) : 0,300\text{ m/dt}$. kemudian pada jarak melintang $0,38\text{ m}$ cenderung mengalami peningkatan.

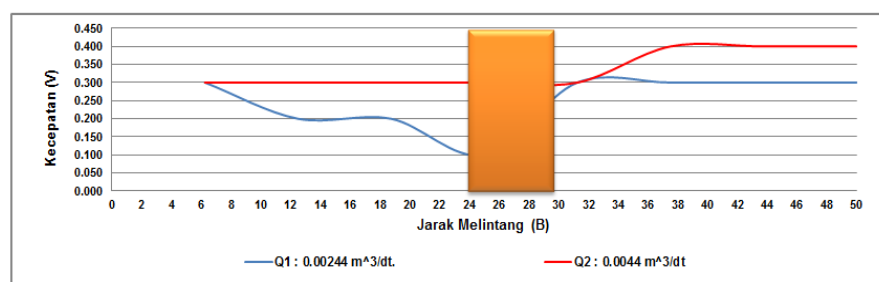
Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45\text{ menit}$ untuk debit $(Q_1) : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06\text{ m}$ adalah $0,400\text{ m/dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25\text{ m}$ dengan kecepatan aliran $(V) : 0,200\text{ m/dt}$. Untuk debit $(Q_2) : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13\text{ m}$ sampai dengan $0,35\text{ m}$ kecepatan aliran rata-rata $(V) : 0,200\text{ m/dt}$. setelah itu kecepatan aliran cenderung meningkat.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60\text{ menit}$ untuk debit $(Q_1) : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$, distribusi kecepatan aliran cenderung seragam pada setiap titik pengamatan rata-rata kecepatan aliran adalah $0,300\text{ m/dt}$. dan untuk debit $(Q_2) : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,10\text{ m}$ sampai dengan $0,32\text{ m}$ yaitu $0,300\text{ m/dt}$. di sisi kanan pilar cenderung mengalami peningkatan kecepatan. Model tirai BL_2X_3 kecepatan aliran terjadi peningkatan baik disekitar disekitar model pilar jembatan.

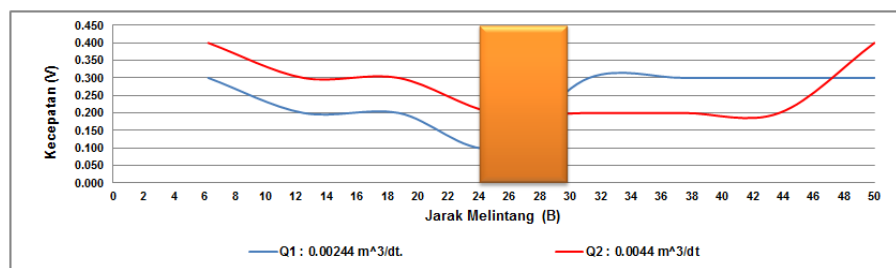
h. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_3X_1 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_3X_1 dapat dilihat pada Gambar 56 dengan variasi waktu, yaitu t_1 : 15 menit, t_2 : 45 menit dan t_3 : 60 menit dengan debit Q_1 dan Q_2

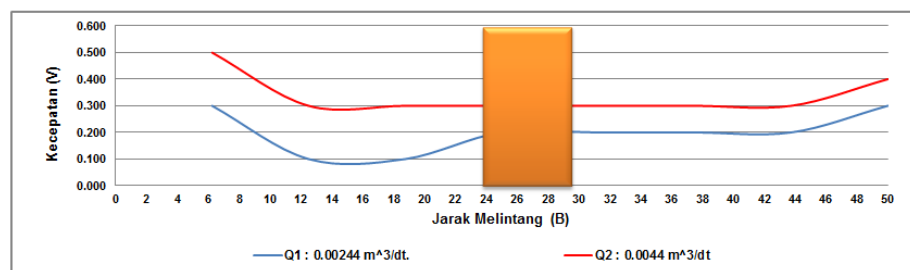
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 56. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_3X_1 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 56 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_3X_1 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan kecepatan pada jarak melintang $0,18 \text{ m}$. Kecepatan aliran meningkat pada jarak melintang $0,33 \text{ m}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran cenderung seragam dimulai pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,35 \text{ m}$, kecepatan rata-rata (V) : $0,300 \text{ m}/\text{dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) maksimum untuk $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan jarak memanjang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. Kecepatan aliran disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ dengan kecepatan aliran (V) : $0,100 \text{ m}/\text{dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,400 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan dan cenderung seragam pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ sampai dengan $0,45 \text{ m}$, kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,200 \text{ m}/\text{dt}$., kemudian terjadi peningkatan aliran pada jarak melintang $0,50 \text{ m}$.

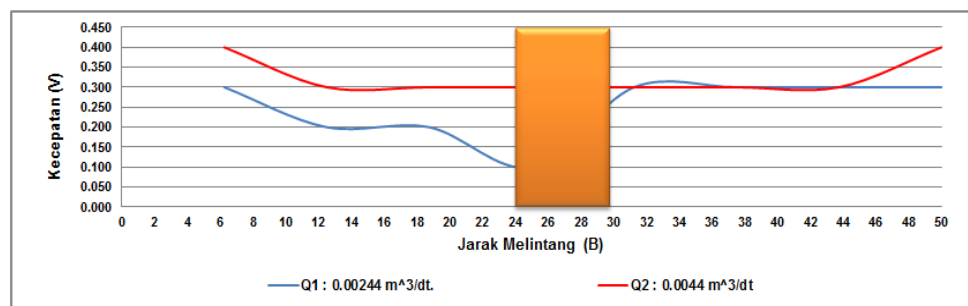
Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60 \text{ menit}$, debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ kemudian terjadi penurunan kecepatan pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$. disekitar pilar kecepatan aliran cenderung meningkat dan seragam pada setiap titik pengamatan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ sampai dengan $0,44$

m. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt.}$, kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$ sampai dengan $0,44 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m}/\text{dt.}$ di sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,50 \text{ m}$ kecepatan aliran mengalami peningkatan. Model tirai BL_3X_1 kecepatan aliran terjadi peningkatan disisi kiri dan kanan pilar jembatan.

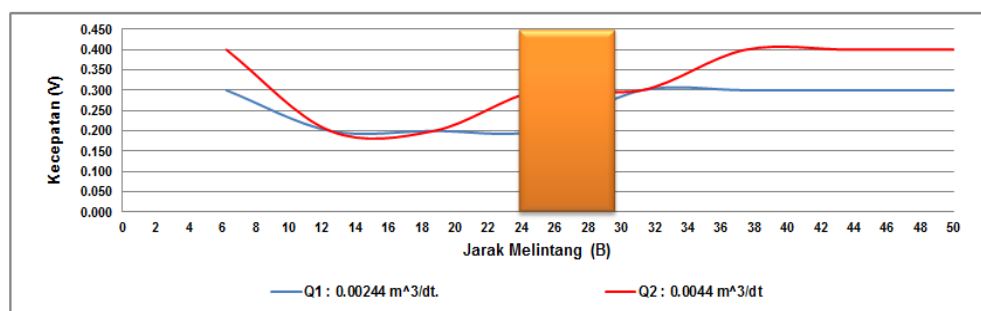
i. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_3X_2 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_3X_1 dapat dilihat pada Gambar 57 dengan variasi waktu, yaitu t_1 : 15 menit , t_2 : 45 menit dan t_3 : 60 menit dengan debit Q_1 dan Q_2

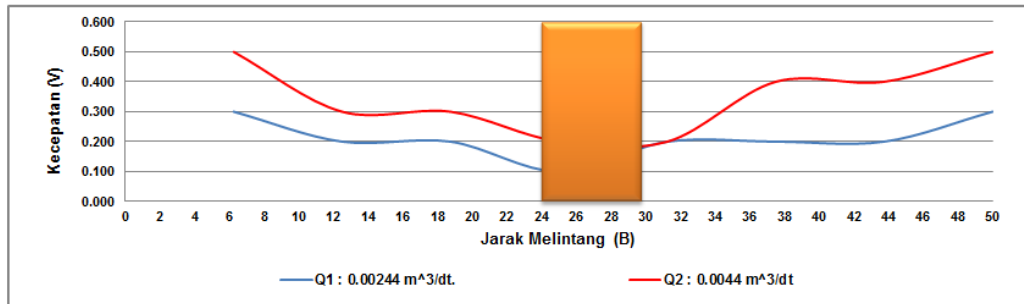
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 57. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_3X_2 untuk Q_1 dan Q_2

Dari hasil pengamatan Gambar 57 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_3X_2 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran (V) maksimum pada $t : 15 \text{ menit}$ pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,300 \text{ m/dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan kecepatan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$. Kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$, kecepatan rata-rata (V) : $0,300 \text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran cenderung seragam dimulai pada jarak melintang $0,10 \text{ m}$ sampai dengan $0,44 \text{ m}$, kecepatan rata-rata (V) : $0,300 \text{ m/dt}$.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 45 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13 \text{ m}$ sampai dengan $0,25 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m/dt}$. pada sisi kanan pilar kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m/dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044$

m^3/dt . terjadi turbulensi aliran kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,38 m$ yaitu $0,400 m/dt$.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60 \text{ menit}$, debit (Q_1) : $0,00244 m^3/dt$, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 m$ adalah $0,300 m/dt$. kemudian terjadi penurunan kecepatan pada jarak melintang $0,13 m$ sampai dengan $0,25 m$ yaitu $0,200 m/dt$. kemudian terjadi peningkatan kecepatan disisi kanan pilar. untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt$., kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 m$ adalah $0,500 m/dt$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25 m$ yaitu $0,200 m/dt$. di sisi kanan pilar terjadi peningkatan kecepatan aliran pada jarak melintang $0,38 m$ yaitu $0,400 m/dt$. Model tirai BL_3X_2 kecepatan aliran terjadi peningkatan disisi kiri dan kanan pilar jembatan.

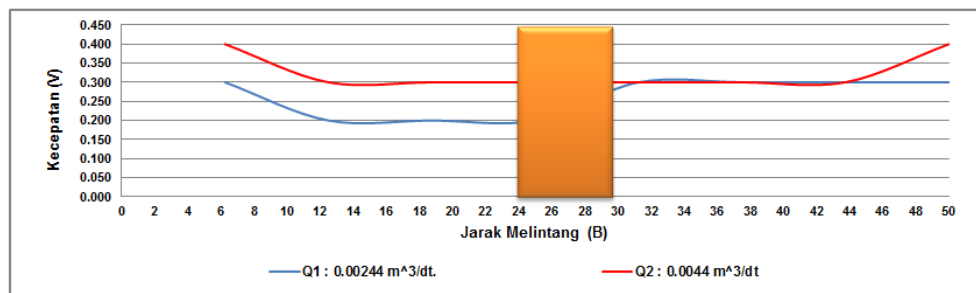
j. Distribusi Kecepatan Aliran Arah Melintang dengan Model Tirai BL_3X_3 pada Pilar Jembatan

Pengaruh jarak melintang saluran terhadap kecepatan aliran model tirai BL_3X_1 dapat dilihat pada Gambar 58 dengan variasi waktu, yaitu $t_1 : 15 \text{ menit}$, $t_2 : 45 \text{ menit}$ dan $t_3 : 60 \text{ menit}$ dengan debit Q_1 dan Q_2

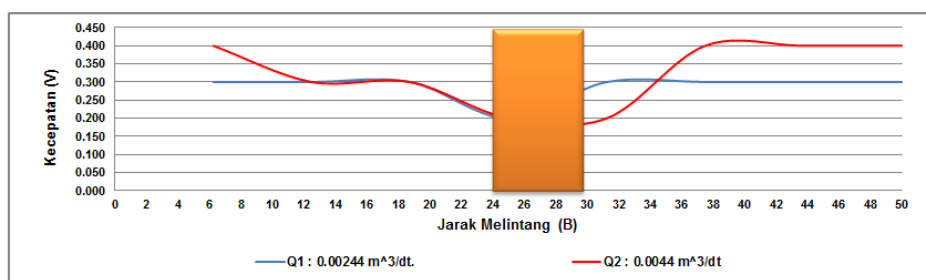
Dari hasil pengamatan Gambar 56 untuk distribusi kecepatan aliran (V) arah melintang pada model tirai BL_3X_3 dengan variasi waktu (t), untuk debit $Q_1 : 0,00244 m^3/dt$. Kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,13 m$ sampai dengan $0,25 m$ yaitu $0,200 m/dt$. disisi kanan pilar terjadi peningkatan kecepatan aliran pada jarak melintang $0,32 m$

sampai dengan $0,50\text{ m}$ yaitu $0,300\text{ m/dt}$. Untuk debit $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. distribusi kecepatan aliran cenderung seragam dimulai pada jarak melintang $0,13\text{ m}$ sampai dengan $0,44\text{ m}$, kecepatan rata-rata (V) : $0,300\text{ m/dt}$.

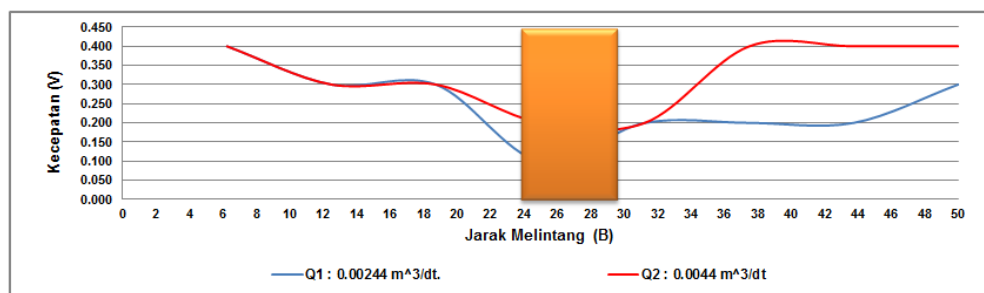
$t : 15\text{ Menit}$



$t : 45\text{ Menit}$



$t : 60\text{ Menit}$



Gambar 58. Distribusi kecepatan aliran pada model tirai tipe BL_3X_3 untuk Q_1 dan Q_2

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 45 \text{ menit}$, untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran cenderung seragam pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ sampai dengan $0,20 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar terjadi penurunan kecepatan, kemudian pada sisi kanan pilar kecepatan aliran cenderung meningkat dan seragam pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ sampai dengan $0,50 \text{ m}$ yaitu $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ yaitu $0,400 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar kecepatan aliran cenderung menurun pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. kemudian kecepatan meningkat pada jarak melintang $0,38 \text{ m}$ pada sisi kanan pilar.

Distribusi kecepatan aliran (V) untuk $t : 60 \text{ menit}$, debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$, kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,400 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan kecepatan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu kecepatan aliran (V) : $0,100 \text{ m}/\text{dt}$. untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$., kecepatan aliran maksimum pada jarak melintang $0,06 \text{ m}$ adalah $0,400 \text{ m}/\text{dt}$. disekitar pilar cenderung mengalami penurunan pada jarak melintang $0,25 \text{ m}$ yaitu $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. di sisi kanan pilar terjadi peningkatan kecepatan aliran yang seragam pada jarak melintang $0,38 \text{ m}$ yaitu $0,500 \text{ m}/\text{dt}$. Model tirai BL_3X_3 kecepatan aliran terjadi peningkatan disisi kiri dan kanan pilar jembatan.

6. Klasifikasi Aliran

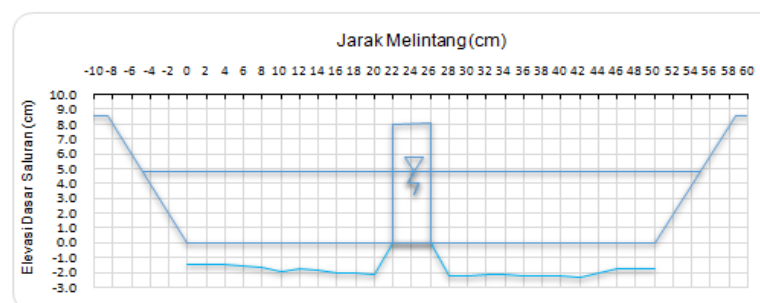
Aliran air pada saluran diklasifikasikan berdasarkan bilangan Reynold dan angka Froude, hasil perhitungan bilangan Reynold dan angka Froude dapat dilihat pada Lampiran 4.

Dari hasil perhitungan bilangan Reynold dan angka Froude diklasifikasikan sebagai aliran turbulen dengan nilai bilangan Reynold , yaitu $Re > 1000$ dan sub kritis dengan nilai $Fr < 1$.

7. Perubahan Dasar Saluran pada Profil Melintang Saluran

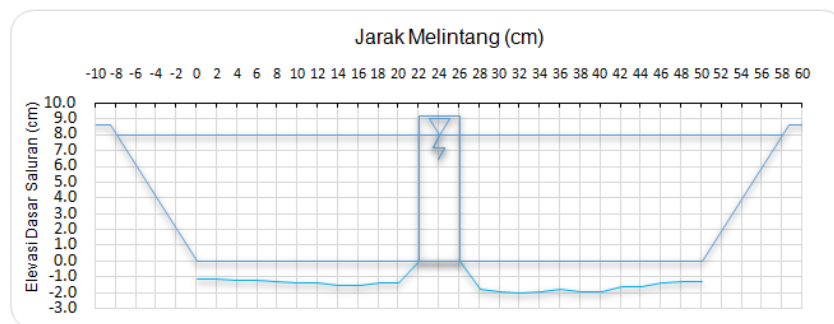
Perubahan kedalaman yang dimaksud dalam hal ini adalah perubahan bentuk saluran sebelum dan sesudah penempatan model tirai dan perubahan dasar disekitar pilar jembatan yang diakibatkan oleh gerusan dan sedimentasi. Perubahan penampang untuk berbagai tipe penempatan model tirai dapat dilihat pada grafik profil melintang saluran, berikut ini .

a. Perubahan Dasar Saluran Tanpa Bangunan Tirai



Gambar 59. Perubahan Dasar di Pilar Sebelum Penempatan Model Tirai dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Dari tabel (Lampiran 5) tersebut dapat disajikan pada Gambar 59 , bahwa kecepatan aliran dan tinggi aliran sangat mempengaruhi perubahan dasar saluran. Sebelum penempatan model tirai kecepatan aliran rata – rata (V) adalah $0,388 \text{ m/dt}$. dengan kedalaman aliran (h) : $0,047 \text{ m}$ untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan yang cukup besar yaitu pada jarak melintang $0,26 \text{ m}$ sampai dengan $0,42 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan rata-rata (ds) : $2,3 \text{ cm}$.



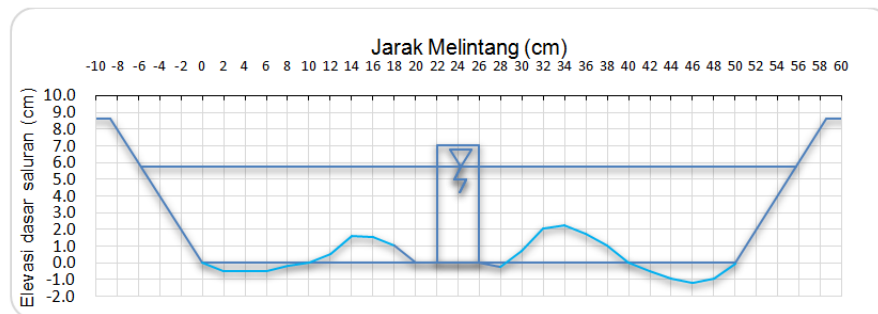
Gambar 60 Perubahan Dasar di Pilar Sebelum Penempatan Model Tirai dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Pada Gambar 60 , untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. kecepatan aliran rata – rata (V) : $0,396 \text{ m/dt}$. dengan kedalaman aliran (h) : $0,079 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan yang cukup besar yaitu pada jarak melintang $0,34 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan rata-rata (ds) : $2,0 \text{ cm}$.

b. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_1 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

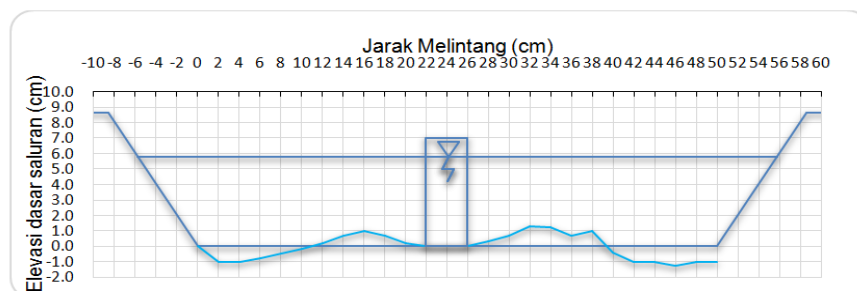
t : 15 menit



Gambar 61. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_1 dengan $Q_1: 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 61 menunjukkan, kecepatan aliran (V) rata-rata $0,325 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,0681 \text{ m}$. Proses gerusan di sekitar pilar pada jarak melintang $0,22 \text{ m} - 0,28 \text{ m}$, gerusan yang terbesar yaitu pada jarak melintang $0,24 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan yaitu pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dan $0,34 \text{ m}$, dengan tinggi endapan terbesar adalah $2,0 \text{ cm}$.

$t : 45 \text{ menit}$

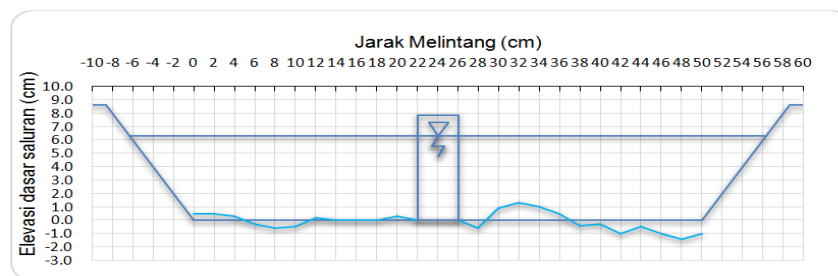


Gambar 62. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_1 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 62 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,200 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,072 \text{ m}$. Proses gerusan disekitar pilar pada jarak melintang $0,24 \text{ m} - 0,28 \text{ m}$ di sekitar pilar,

gerusan yang terbesar yaitu pada jarak melintang $0,22\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0\text{ cm}$. Proses pengendapan yaitu pada jarak melintang $0,34\text{ m}$, dengan tinggi endapan adalah $1,8\text{ cm}$, tidak terjadi proses gerusan dibagian tengah dan hilir jembatan.

t : 60 menit



Gambar 63. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai $B_1L_1X_1$ dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

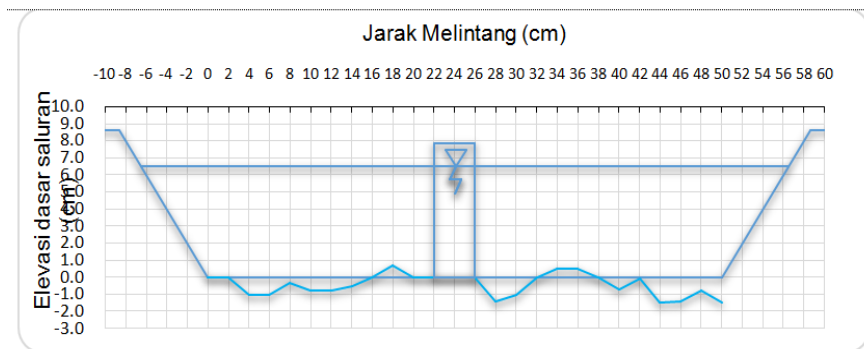
Gambar 63 menunjukkan kecepatan aliran (V) rata-rata $0,225\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,071\text{ m}$. Proses gerusan disekitar pilar terjadi dibagian sisi kanan pilar dengan jarak melintang $0,30\text{ m}$, dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,6\text{ cm}$. Proses endapan pada jarak melintang $0,34\text{ m}$. dengan tinggi endapan $1,3\text{ cm}$. Proses gerusan tidak terjadi dibagian hilir pilar

Pada Gambar 61, 62 dan 63, pada kondisi penempatan pilar dengan menggunakan model tirai BL_1X_1 untuk debit (Q_1) dapat diasumsikan bahwa kondisi disekitar pilar jembatan dapat memperkecil gerusan tetapi di hilir pilar lebih dominan terjadi pengendapan.

c. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_1 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit



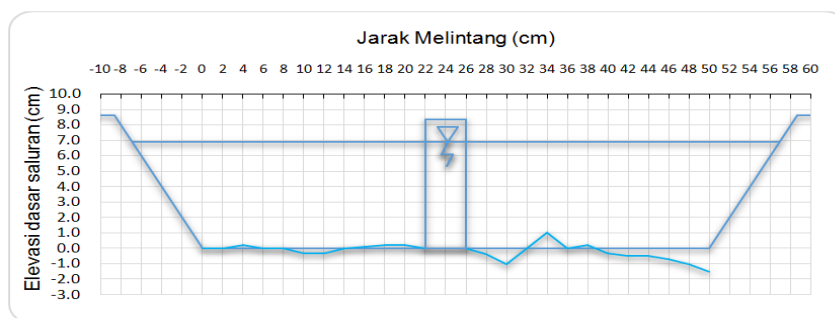
Gambar 64. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 64 menunjukkan, kecepatan aliran (V) rata-rata $0,275 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,081 \text{ m}$. Perubahan dasar di sekitar pilar menunjukkan gerusan yang terbesar yaitu pada jarak melintang $0,30 \text{ m} - 0,32 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,4 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,16 \text{ m} - 0,20 \text{ m}$ dengan tinggi endapan adalah $0,5 \text{ cm}$. Pada bagian hilir terjadi proses gerusan pada jarak melintang $0,22 \text{ m} - 0,24 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) adalah $1,0 \text{ cm}$.

t : 45 menit

Pada penempatan model pilar, yang disajikan dalam Gambar 65 kecepatan aliran (V) di hulu, tengah, dan hilir rata-rata $0,275 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,081 \text{ m}$. Proses gerusan pada sisi kanan pilar yaitu pada jarak melintang $0,30 \text{ m} - 0,32 \text{ m}$. Gerusan terbesar yaitu

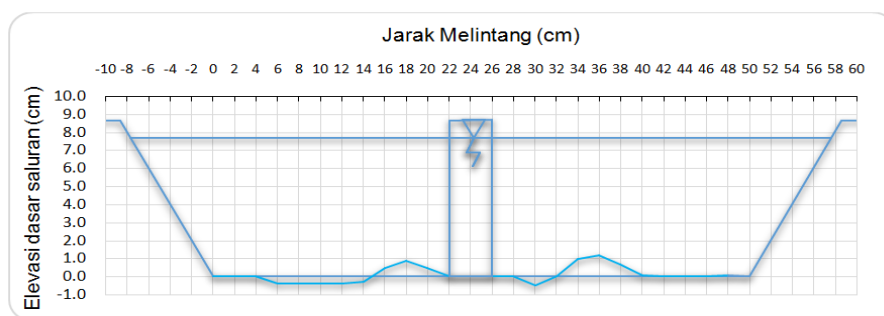
pada jarak melintang $0,46 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$. dengan tinggi endapan adalah $1,0 \text{ cm}$.



Gambar 65. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 60 menit

Pada penempatan model pilar yang disajikan dalam gambar 66, kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,363 \text{ m}/\text{dt}$, kedalaman aliran (h) : $0,092 \text{ m}$



Gambar 66. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Perubahan dasar saluran di sekitar pilar, hampir tidak terjadi proses gerusan. Gerusan terjadi pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) adalah $0,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak

melintang $0,36\text{ m} - 0,42\text{ m}$, dengan tinggi endapan $1,2\text{ cm}$ pada jarak melintang $0,38\text{ m}$. Tidak terjadi proses gerusan dibagian hilir jembatan.

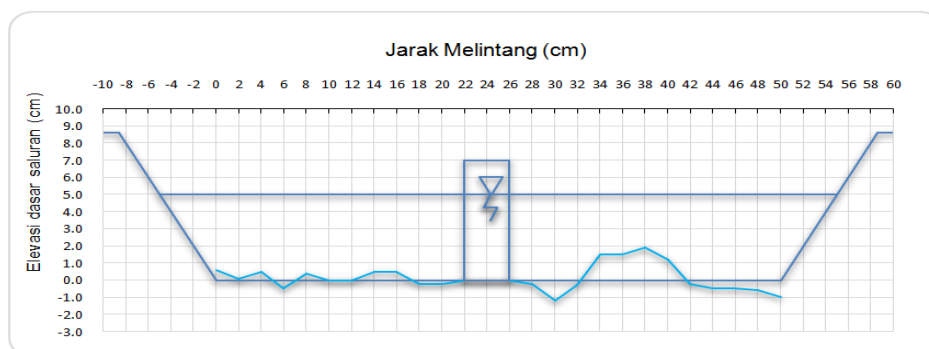
Pada Gambar 64, 65 dan 66, kondisi penempatan pilar dengan menggunakan model tirai BL_1X_1 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa kondisi disekitar pilar jembatan dapat memperkecil gerusan disisi kiri dan disisi kanan pilar dan di hilir pilar terjadi proses pengendapan.

d. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_2 untuk Debit (Q_1) : $0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit

Pada Gambar 67, pada penempatan model pilar dengan jarak antar model tirai (X_2), yang berbeda, kecepatan aliran rata-rata (V): $0,275\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,063\text{ m}$.

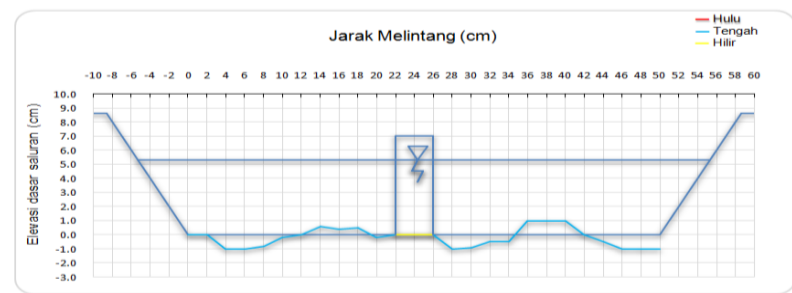


Gambar 67. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar dengan jarak melintang $0,20\text{ m} - 0,34\text{ m}$, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,22\text{ m}$, dengan elevasi

kedalaman gerusan (ds) : 1,2 cm. Proses pengendapan pada jarak melintang 0,40 m dengan tinggi endapan adalah 1,9 cm.

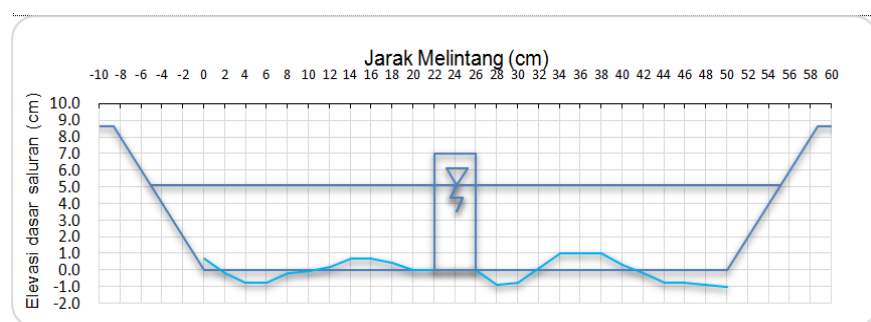
t : 45 menit



Gambar 68. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 68 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : 0,225 m/dt. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : 0,062 m. Proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar dan lebih dominan disisi kanan pilar, dengan jarak melintang 0,30 m – 0,36 m, gerusan terbesar pada jarak melintang 0,28 m, dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : 1,0 cm. Proses pengendapan pada jarak melintang 0,38 m – 0,42 m dengan tinggi endapan adalah 1,0 cm

t : 60 menit



Gambar 69. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

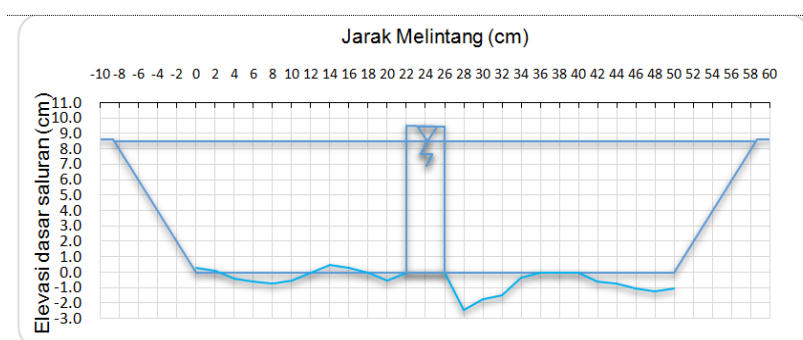
Gambar 69 menunjukkan kecepatan aliran (V) rata-rata $0,263 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran (h) rata-rata $0,060 \text{ m}$. Proses gerusan pada sisi kanan pilar dan, dengan jarak melintang $0,30 \text{ m} - 0,32 \text{ m}$, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$, dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,9 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$ dengan tinggi endapan adalah $1,0 \text{ cm}$.

Gambar 67, 68 dan 69, kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_1X_2 untuk debit (Q_1) dapat diasumsikan bahwa kecepatan disetiap titik hampir seragam diperkirakan karena jarak antara tirai $X_2 : 3 \text{ cm} > X_1 : 1,5 \text{ cm}$. Proses gerusan disisi kanan pilar lebih besar. Proses pengendapan lebih dominan dibelakang pilar.

e. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_2 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit

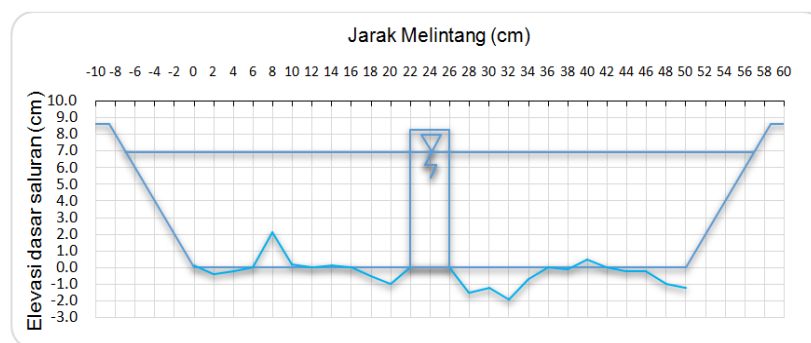


Gambar 70. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 70 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak antar model tirai (X_2), untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V) :

0,338 m/dt. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : 0,105 m. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar tidak semua titik mengalami proses gerusan, lebih dominan disisi kanan pilar. Gerusan terbesar pada jarak melintang 0,30 m, dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : 2,4 cm. Proses pengendapan tidak begitu besar. Pada hilir jembatan tidak terjadi proses pengendapan, kecuali dibagian awal dan akhir titik pengamatan terjadi proses gerusan.

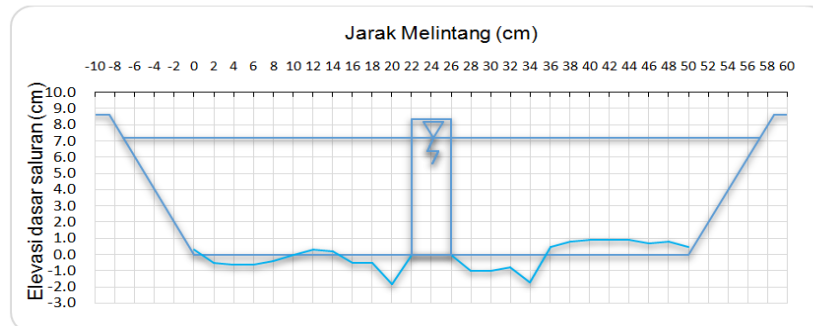
t : 45 menit



Gambar 71. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan Q_2 : 0,0044 m³/dt.

Gambar 71 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : 0,338 m/dt. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : 0,079 m. Perubahan dasar saluran dibagian tengah pilar, terjadi pada sisi kanan dan sisi kiri pilar. Gerusan terbesar pada jarak melintang 0,34 m, dengan elevasi kedalaman gerusan 1,9 cm. Proses pengendapan pada jarak melintang 0,10 m – 0,16 m. Endapan terbesar pada jarak melintang 0,12 m dengan tinggi endapan 0,2 cm.

t : 60 menit



Gambar 72. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 72 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,375 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,081 \text{ m}$. perubahan dasar saluran di sekitar pilar, terjadi pada sisi kanan dan sisi kiri pilar, terutama pada pada jarak melintang $0,18 \text{ m} - 0,32 \text{ m}$. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,22 \text{ m}$, dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,8 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,38 \text{ m} - 0,50 \text{ m}$. Endapan terbesar pada jarak melintang $0,12 \text{ m} - 0,46 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,9 \text{ cm}$.

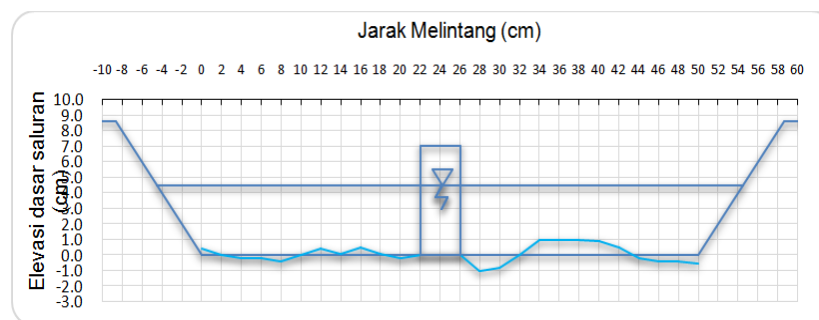
f. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_3 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada gambar 73 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak antar model tirai (X_3), untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,288 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,054 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan gerusan tidak begitu besar, gerusan terbesar pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28 \text{ m}$

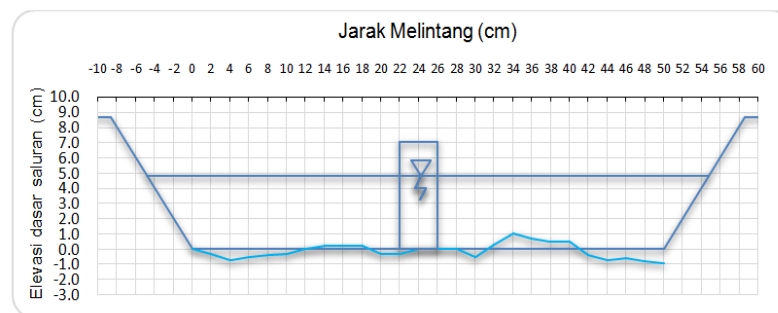
– 0,30 m dengan elevasi kedalaman gerusan (d_s) : 1,0 cm. Proses pengendapan pada jarak melintang 0,36 m – 0,40 m dengan tinggi endapan 1,0 cm.

t : 15 menit



Gambar 73. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 45 menit

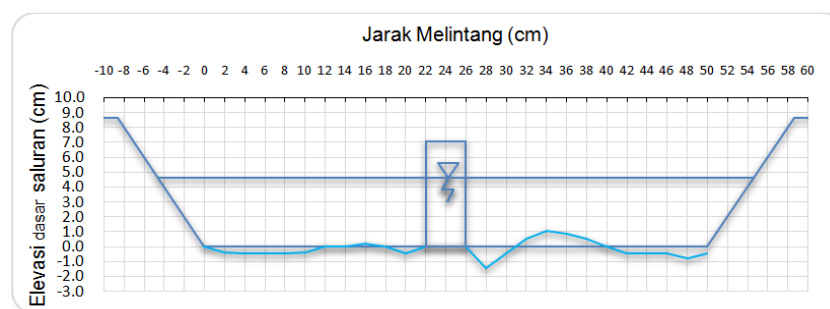


Gambar 74. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 74 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): 0,250 m/dt. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : 0,055 m. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar, gerusan terbesar pada jarak melintang 0,32 m pada sisi kanan

pilar dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,38 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,0 \text{ cm}$. Pada hilir pilar tidak terjadi proses gerusan disekitar pilar kecuali pada awal dan akhir titik pengamatan.

t : 60 menit



Gambar 75. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

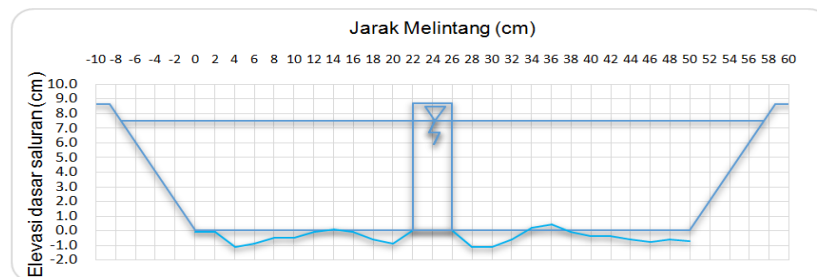
Gambar 75 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,250 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,051 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran dibagian tengah pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ pada sisi kanan pilar dengan kedalaman gerusan $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,0 \text{ cm}$

Pada Gambar 73, 74, dan 75 dapat dinyatakan bahwa model tirai BL_1X_3 untuk debit (Q_1) dapat diasumsikan model tirai tersebut untuk kecepatan aliran di bagian hulu lebih besar, di bagian tengah dan hilir kecepatannya lebih kecil. Kondisi disekitar pilar gerusan yang terjadi tidak begitu besar melainkan terjadi proses pengendapan walaupun tidak begitu besar.

g. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_1X_3 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit



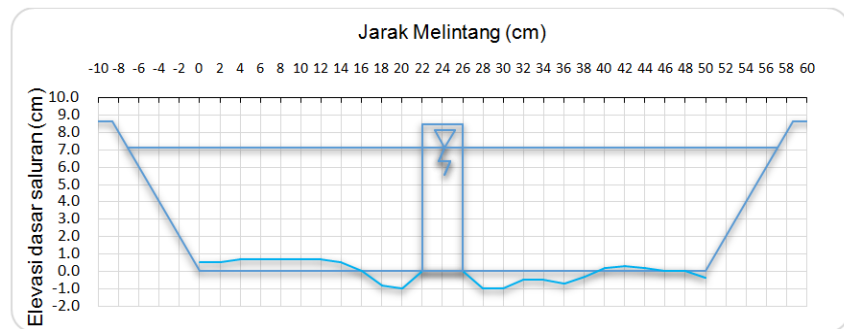
Gambar 76. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 76, penempatan model pilar dengan jarak antar model tirai (X_3), untuk debit (Q_2), kecepatan aliran (V) rata-rata $0,288 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,087 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran dibagian tengah pilar menunjukkan gerusan tidak begitu besar, gerusan terbesar pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,26 \text{ m} - 0,34 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34 \text{ m} - 0,36 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,5 \text{ cm}$, dasar rata dan hampir tidak ada endapan.

Pada Gambar 77 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,375 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,076 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan lebih dominan disisi kanan pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan

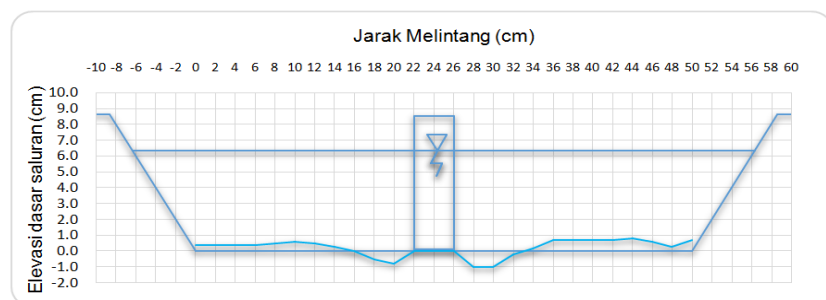
pada jarak melintang $0,02\text{ m} - 0,14\text{ m}$, tinggi endapan terbesar pada jarak melintang $0,04\text{ m} - 0,12\text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,7\text{ cm}$.

t : 45 menit



Gambar 77. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/dt$.

t : 60 menit



Gambar 78. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_1X_3 dengan $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/dt$.

Gambar 78 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,325\text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,070\text{ m}$. Perubahan dasar saluran dibagian tengah pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu banyak pada titik pengamatan, gerusan terbesar pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,28\text{ m}$ dan $0,30\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman

gerusan (ds) : $1,0\text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34\text{ m}$ – $0,44\text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,7\text{ cm}$.

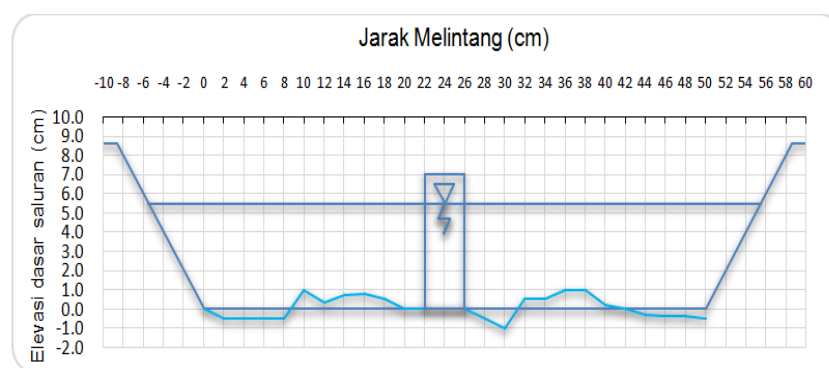
Pada Gambar 76, 77 dan 78, dinyatakan bahwa model tirai BL_1X_3 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa model tirai tersebut untuk proses gerusan lebih dominan pada sisi kanan pilar. Proses pengendapan pada setiap titik pengamatan tidak begitu besar.

h. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_1 untuk Debit (Q_1) : $0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 79 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2), untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,300\text{ m}/\text{dt}$ dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,062\text{ m}$.

t : 15 menit

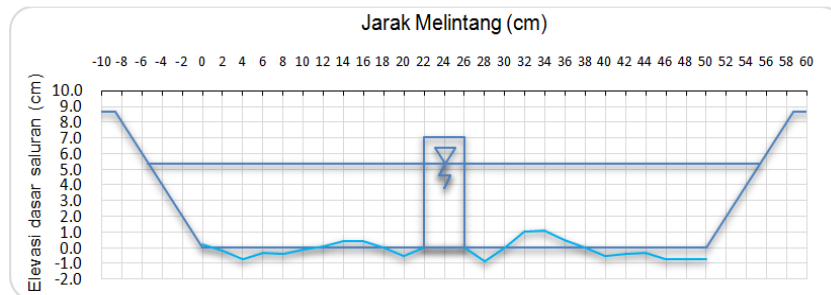


Gambar 79. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan Q_1 : $0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28\text{ m}$ – $0,30\text{ m}$, gerusan terbesar dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0\text{ cm}$.

Proses pengendapan pada jarak melintang $0,38\text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,0\text{ cm}$. Dibagian hilir tidak terjadi proses gerusan, dan proses pengendapan tidak begitu besar.

$t : 45\text{ menit}$



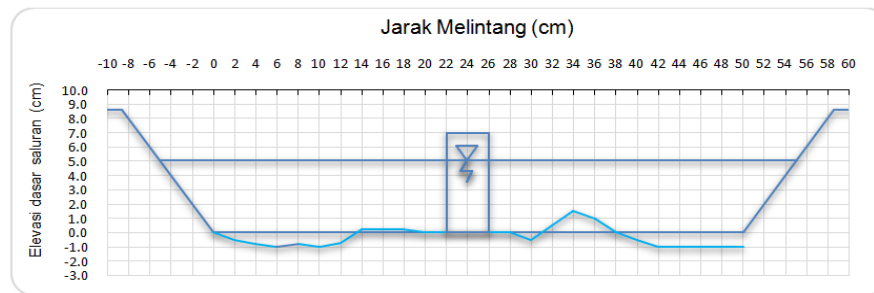
Gambar 80. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 80 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,188\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (V) : $0,060\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar, gerusan terjadi pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,9\text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34\text{ m}$, dengan tinggi endapan $1,1\text{ cm}$. Pada hilir pilar tidak terjadi gerusan disekitar pilar hanya pada awal dan akhir titik pengamatan pada jarak melintang.

Gambar 81 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) $0,225\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,062\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan diawal dan diakhir pada titik pengamatan pada jarak melintang, di daerah sekitar pilar tidak

begitu besar gerusan yang terjadi, hanya pada jarak melintang $0,30\text{ m}$, yaitu dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5\text{ cm}$.

t : 60 menit



Gambar 81. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 79, 80, dan 81 dinyatakan model tirai BL_2X_1 untuk debit (Q_1) dapat diasumsikan bahwa pada kondisi penempatan pilar dengan menggunakan model tirai tersebut bahwa kondisi aliran disekitar tirai kecepatannya kecil tetapi gerusan yang terjadi di sekitar tirai cukup besar. Kondisi Aliran disekitar pilar hampir seragam sehingga gerusan yang terjadi disekitar pilar cukup kecil dan pengendapan tidak terlalu besar.

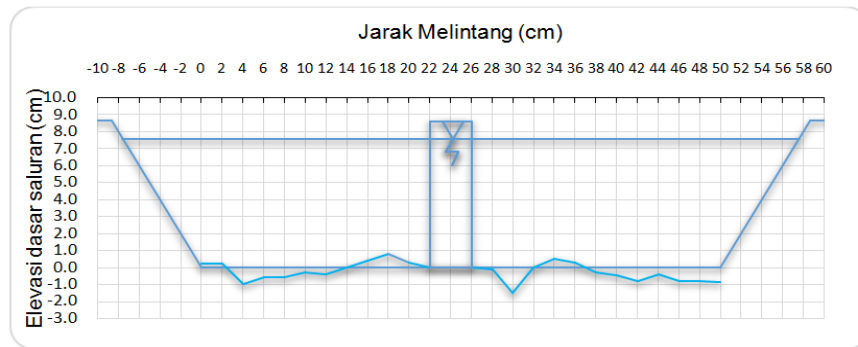
i. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_1 untuk Debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 82 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2), untuk debit (Q_2). Kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,238\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,094\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di bagian pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28\text{ m} - 0,30\text{ m}$, gerusan terbesar

dengan elevasi kedalaman gerusan (d_s) : $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,16 \text{ m} - 0,20 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,8 \text{ cm}$.

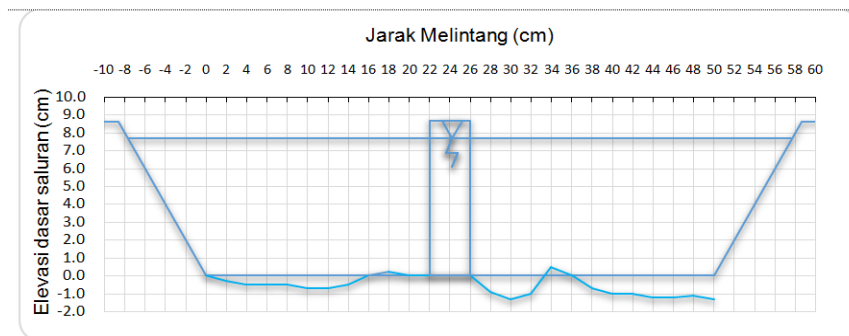
t : 15 menit



Gambar 82. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 45 menit

Gambar 83 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,300 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,095 \text{ m}$.

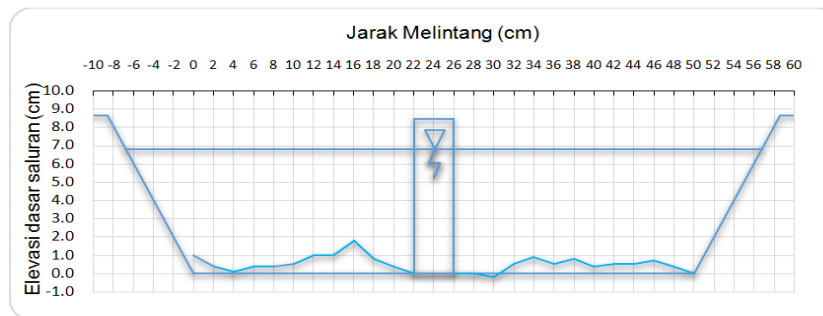


Gambar 83. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Perubahan dasar saluran di sekitar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,32 \text{ m}$. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman

gerusan (ds) : $1,3 \text{ cm}$. Proses pengendapan berkurang pada jarak melintang $0,34 \text{ m}$, dengan tinggi endapan $0,5 \text{ cm}$.

t : 60 menit



Gambar 84. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

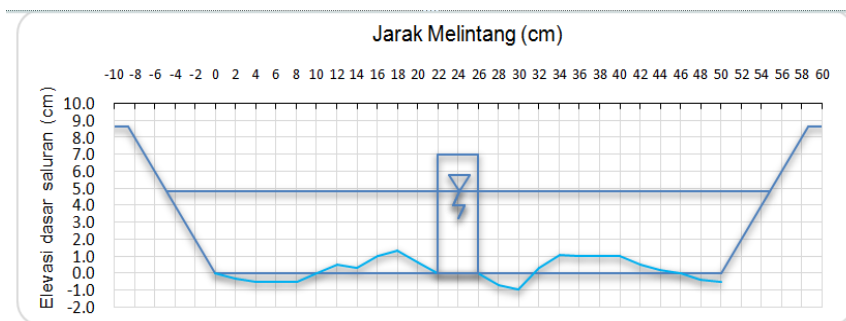
Gambar 84 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,325 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,082 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan sangat kecil yaitu elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,2 \text{ cm}$ pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,02 \text{ m} - 0,20 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,8 \text{ cm}$.

Gambar 82, 83, dan 84 dinyatakan model tirai BL_2X_1 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa pada kondisi penempatan pilar dengan menggunakan model tirai tersebut gerusan yang terjadi disekitar pilar lebih dominan di sisi kanan. Proses pengendapan tidak begitu besar di tengah dan di hilir pilar.

j. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_2 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

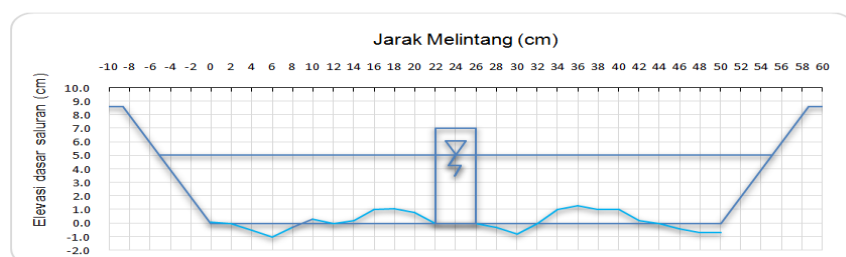
t : 15 menit



Gambar 85. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan Q_1 : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 85 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2) dan jarak antar tirai (X_2) untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,275 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,058 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar di sekitar pilar. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m}$ tinggi endapan $1,1 \text{ cm}$.

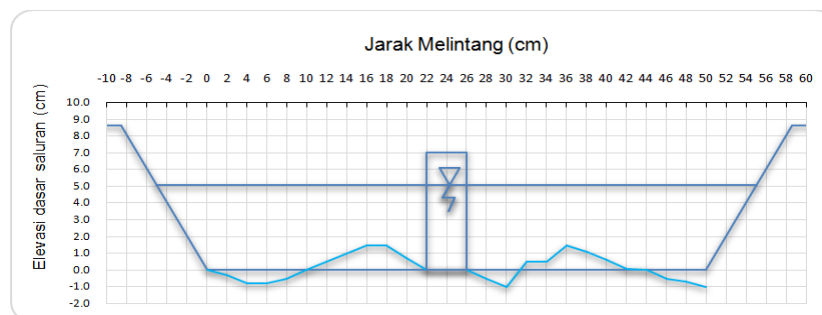
t : 45 menit



Gambar 86. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan Q_1 : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 86 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,200$ m/dt . dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,060$ m . Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,30$ m , elevasi kedalaman gerusan $0,8$ cm . Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36$ m , dengan tinggi endapan $1,3$ cm .

t : 60 menit



Gambar 87. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan Q_1 : $0,00244$ m^3/dt .

Gambar 87 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,200$ m/dt . dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,064$ m . Perubahan dasar saluran di bagian pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,28$ m – $0,30$ m , gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30$ m dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0$ cm . Proses pengendapan pada jarak melintang $0,20$ m dengan tinggi endapan $1,5$ cm .

Pada Model tirai BL_2X_2 untuk debit (Q_1) dapat diasumsikan bahwa kecepatan aliran yang melewati tirai semakin kecil ke arah hilir tirai.

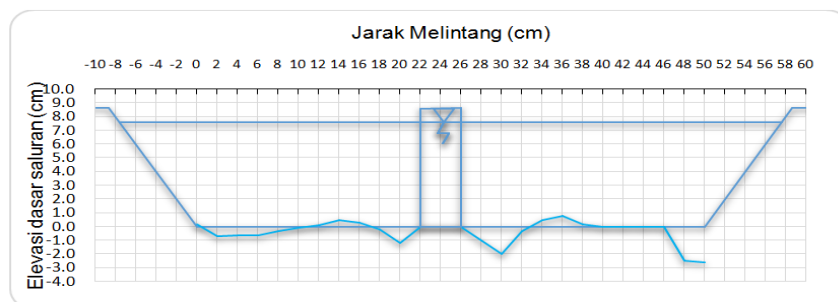
Potensi gerusan cukup besar terutama dibagian hulu akan tetapi gerusan semakin kecil dibagian tengah dan bagian hilir pada penempatan tirai tersebut.

Gambar 85, 86, dan 87 dapat dinyatakan kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_2X_2 , diasumsikan kondisi aliran disekitar tirai kecepatannya kecil dan gerusan yang terjadi di sekitar tirai tidak terlalu besar. Kondisi Aliran disekitar pilar hampir seragam sehingga gerusan yang terjadi disekitar pilar cukup kecil dan dominan terjadi pengendapan yang tidak terlalu besar.

k. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_2 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit

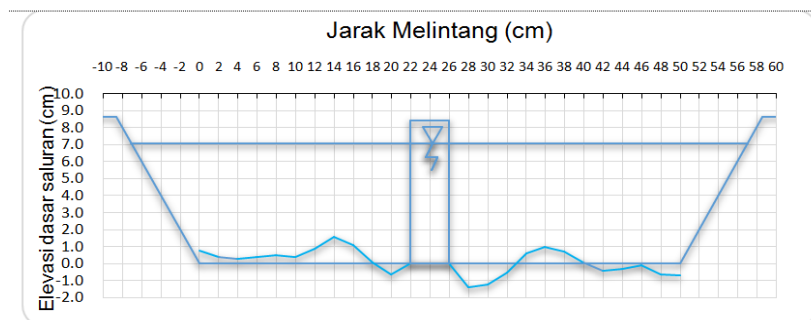


Gambar 88. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 88 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2) dan jarak antar tirai (X_2) untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,325 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,089 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan

pada jarak melintang $0,18\text{ m} - 0,32\text{ m}$, gerusan yang terbesar pada jarak melintang $0,30\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $2,0\text{ cm}$ pada sisi kanan pilar. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,12\text{ m} - 0,16\text{ m}$ tinggi endapan $0,5\text{ cm}$.

t : 45 menit



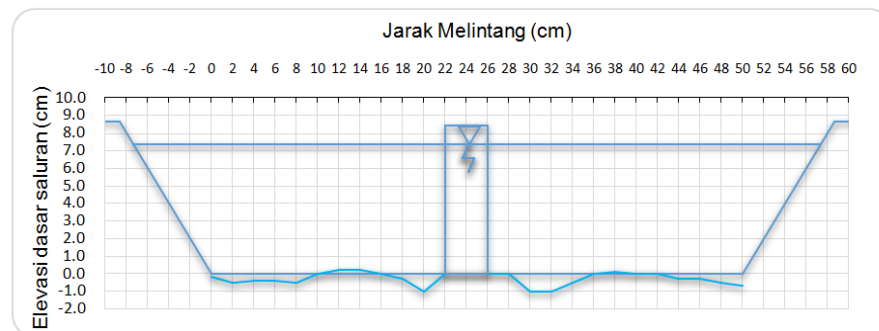
Gambar 89. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 89 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,288\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,086\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di bagian pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan kiri pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,28\text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,4\text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34\text{ m} - 0,40\text{ m}$, dengan tinggi endapan $1,0\text{ cm}$.

Gambar 90 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,325\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,073\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di bagian pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,28\text{ m} - 0,32\text{ m}$, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0\text{ cm}$.

Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34 \text{ m} - 0,48 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,5 \text{ cm}$

t: 60 menit



Gambar 90. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

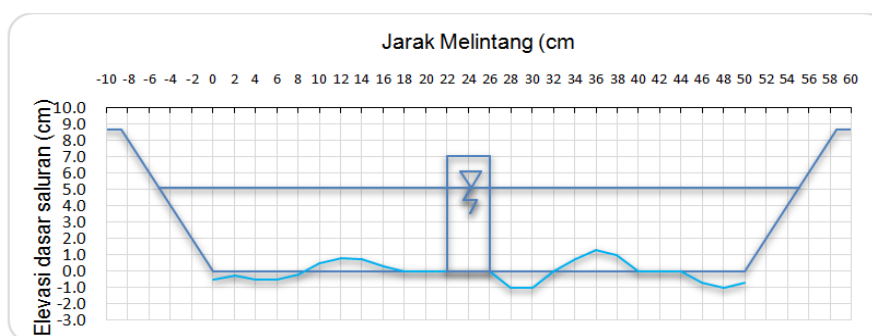
. Pada Model tirai BL_2X_2 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa kecepatan aliran yang melewati tirai semakin kecil ke arah hilir tirai. Potensi gerusan cukup besar terutama dibagian hulu akan tetapi gerusan semakin kecil dibagian tengah dan bagian hilir pada penempatan tirai tersebut.

Gambar 88, 89 dan 90, kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_2X_2 diasumsikan bahwa kondisi aliran disekitar tirai kecepatannya kecil dan gerusan yang terjadi di sekitar tirai tidak terlalu besar. Kondisi Aliran disekitar pilar hampir seragam sehingga gerusan yang terjadi disekitar pilar cukup kecil dan dominan terjadi pengendapan yang tidak terlalu besar.

I. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_3 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit

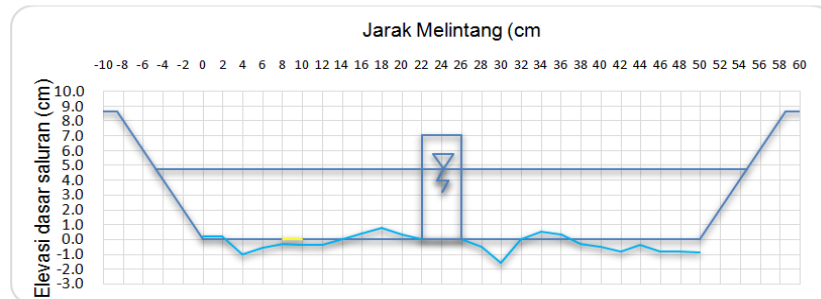


Gambar 91. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan Q_1 : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 91 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2) dan jarak antar tirai (X_3) untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,325 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,058 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,8 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,32 \text{ m} - 0,44 \text{ m}$ tinggi endapan $1,3 \text{ cm}$.

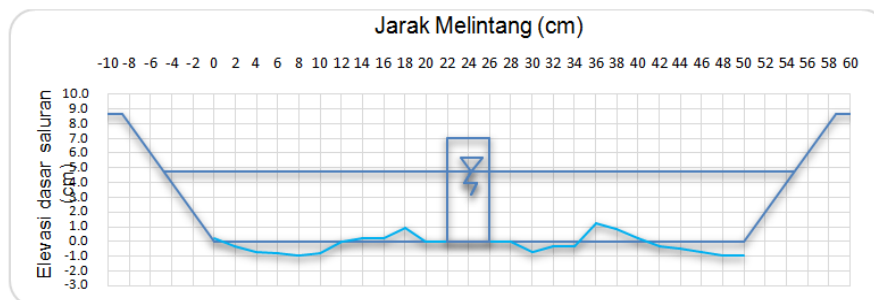
Gambar 92, menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,288 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,057 \text{ m}$. Perubahan dasar di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,16 \text{ m} - 0,20 \text{ m}$, dengan tinggi endapan $0,8 \text{ cm}$.

t : 45 menit



Gambar 92. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 60 menit



Gambar 93. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

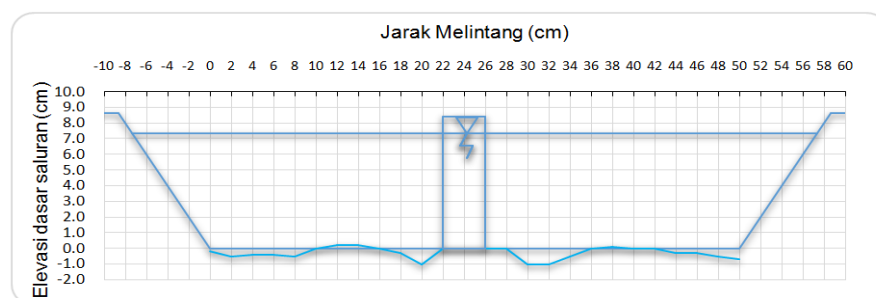
Gambar 93 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,288 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,054 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$, gerusan terbesar yaitu pada elevasi kedalaman gerusan (ds): $0,7 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,2 \text{ cm}$. Pada hilir pilar tidak terjadi proses gerusan disekitar pilar.

Gambar 91, 92, dan 93 kondisi penempatan pilar dengan menggunakan model tirai BL_2X_3 aliran disekitar pilar hampir seragam sehingga gerusan yang terjadi disekitar pilar cukup kecil dan dominan terjadi pengendapan yang tidak terlalu besar. Dalam hal ini tipe tirai ini sangat optimal meredam gerusan.

m. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_2X_3 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit

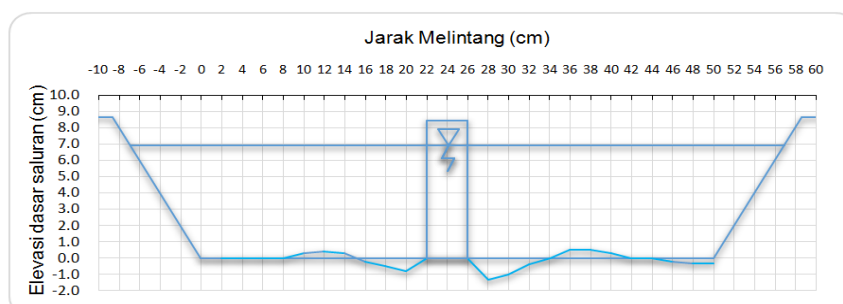


Gambar 94. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan Q_2 : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 94 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_2) dan jarak antar tirai (X_3) untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,350 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,084 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan kiri pilar yaitu jarak melintang $0,20 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,12 \text{ m}$ dan $0,14 \text{ m}$ tinggi endapan $0,2 \text{ cm}$.

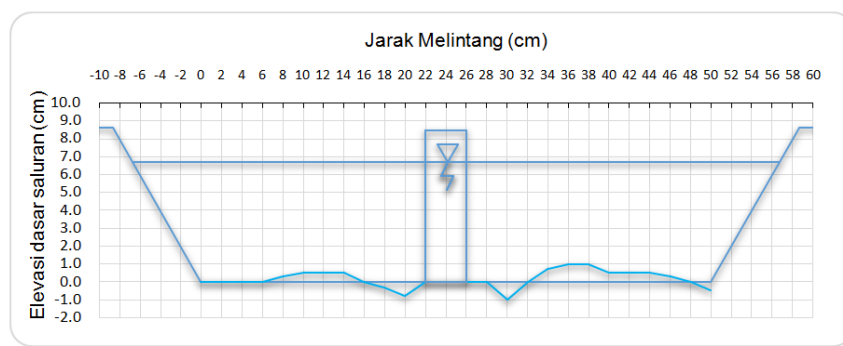
Pada Gambar 95 menunjukkan kecepatan aliran (V) di hulu, tengah, dan hilir rata-rata $0,275 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,077 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan kiri pilar, yaitu pada jarak melintang $0,28 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,3 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$, dengan tinggi endapan $0,5 \text{ cm}$

$t : 45 \text{ menit}$



Gambar 95. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

$t : 60 \text{ menit}$



Gambar 96. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_2X_3 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

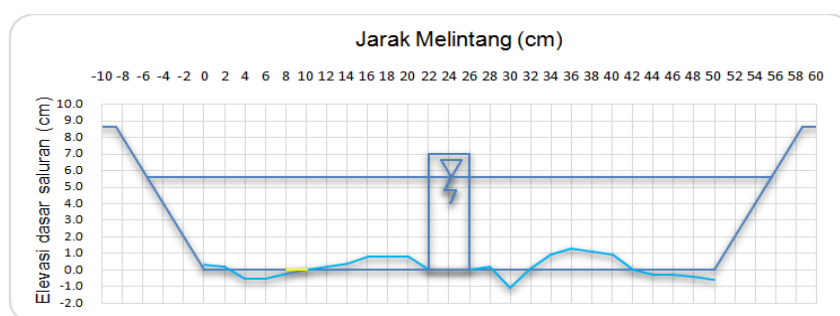
Gambar 96 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,338$ m/dt . dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,078$ m . Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kiri pilar pada jarak melintang $0,20$ m , elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,8$ cm , proses gerusan tidak begitu besar, dasar hampir rata pada awal dan akhir pada jarak melintang. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34$ m – $0,46$ m dengan tinggi endapan $1,0$ cm .

Gambar 94, 95, dan 96, kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_2X_3 potensi gerusan disekitar pilar terutama disisi kanan cukup besar. Pengendapan cukup besar dibagian hilir pilar tersebut.

n. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_1 untuk Debit (Q_1) : $0,00244$ m^3/dt .

t : 15 menit

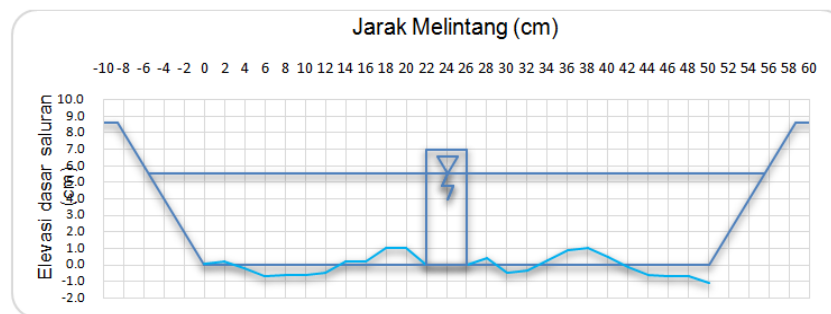


Gambar 97. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan Q_1 : $0,00244$ m^3/dt

Gambar 97 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_1) untuk debit (Q_1), kecepatan aliran

rata-rata (V) : $0,250 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,062 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan yaitu jarak melintang $0,30 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,1 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,40 \text{ m}$ tinggi endapan terbesar $1,1 \text{ cm}$.

t : 45 menit



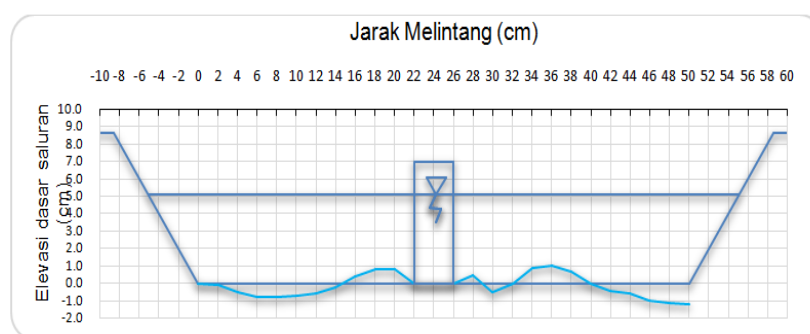
Gambar 98. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 98 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,250 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,059 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak besar cenderung terjadi pengendapan. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada sisi kanan dan sisi kiri, tinggi endapan terbesar pada jarak melintang $0,18 \text{ cm}$, dengan tinggi endapan $1,0 \text{ cm}$.

Pada Gambar 99 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,200 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,070 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukan proses gerusan terjadi pada awal jarak melintang pada titik pengamatan, yaitu jarak melintang $0,02 \text{ m}$

– 0,14 m, gerusan terbesar pada jarak melintang 0,08 m dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : 0,8 cm agak jauh dari pilar. Proses pengendapan pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang 0,34 m – 0,38 m dengan tinggi endapan terbesar 1,0 cm.

t : 60 menit



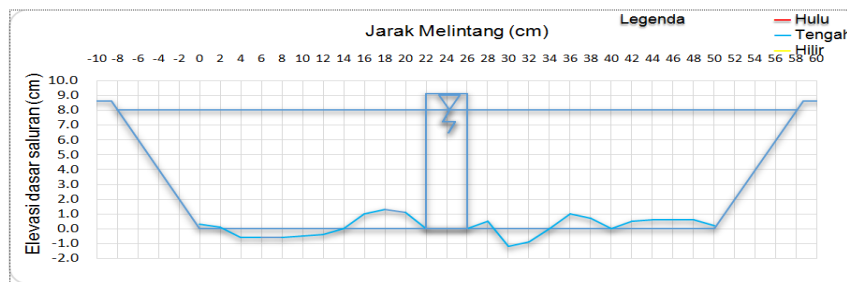
Gambar 99. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 97, 98 dan 99 dinyatakan bahwa kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_3X_1 diasumsikan bahwa kondisi aliran disekitar pilar jembatan dapat memperkecil gerusan tetapi dihilir pilar lebih dominan terjadi pengendapan yang tidak terlalu besar, tipe tirai ini dapat mereduksi gerusan walaupun jarak antar tirai (X) kecil, tetapi jarak baris tirai (L) lebih besar, yaitu $L_3 : 12$ cm.

o. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_1 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

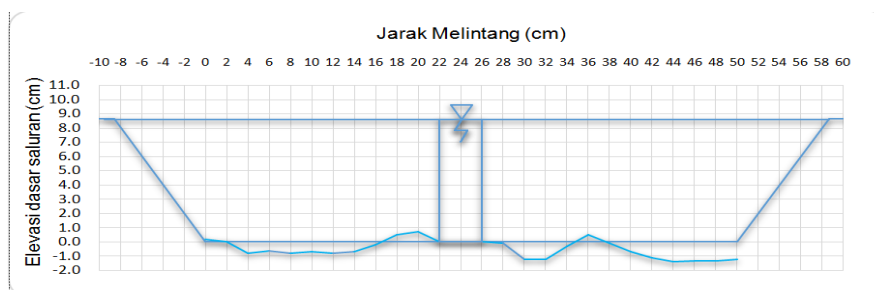
t : 15 menit



Gambar 100. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan Q_2 : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 100 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_1) untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,338 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,093 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan yaitu jarak melintang $0,30 \text{ m} - 0,34 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,2 \text{ cm}$. Proses pengendapan terbesar pada jarak melintang $0,16 \text{ m} - 0,22 \text{ m}$, tinggi endapan terbesar $1,0 \text{ cm}$.

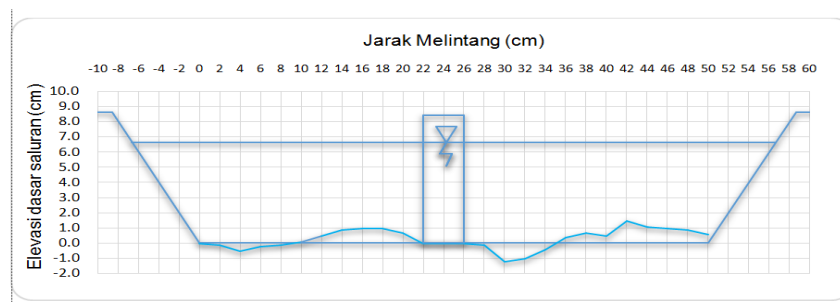
t : 45 menit



Gambar 101. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan Q_2 : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 101 menunjukkan kecepatan aliran (V) di hulu, tengah, dan hilir rata-rata $0,275 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,119 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,48 \text{ m}$. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,32 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,2 \text{ cm}$ pada sisi kiri pilar. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,18 \text{ m} - 0,20 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $0,7 \text{ cm}$. Pada hilir pilar tidak terjadi gerusan disekitar pilar.

$t : 60 \text{ menit}$



Gambar 102. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_1 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 102 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,338 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,083 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,34 \text{ m}$, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,2 \text{ cm}$ agak jauh dari pilar. Proses pengendapan pada sisi kanan pilar, yaitu pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,48 \text{ m}$ dengan tinggi endapan terbesar $1,5 \text{ cm}$.

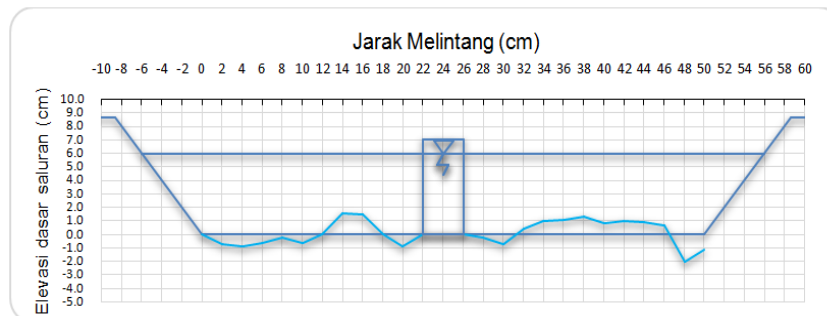
Pada Model tirai BL_3X_1 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa kecepatan aliran yang melewati model tirai semakin kecil ke arah hilir model tirai. Potensi gerusan cukup besar karena dipengaruhi oleh jarak antara tirai.

Pada Gambar 100, 101 dan 102 dinyatakan bahwa kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai BL_3X_1 dapat diasumsikan kondisi aliran disekitar pilar jembatan dapat memperkecil gerusan.

p. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_2 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit



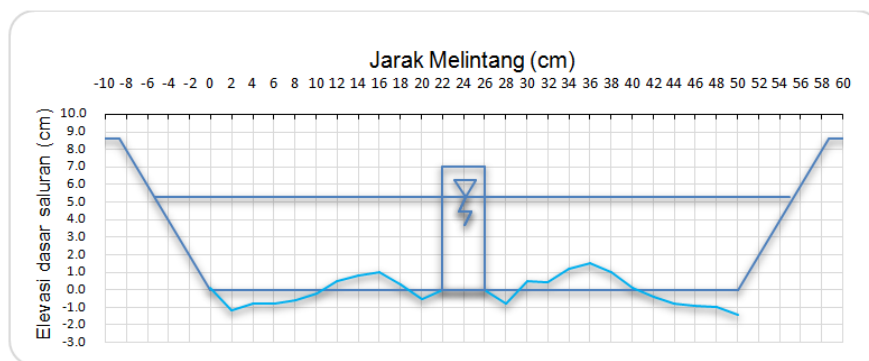
Gambar 103. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$

Pada Gambar 103, penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_2) untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,250 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,074 \text{ m}$. Perubahan dasar di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,20 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,9 \text{ cm}$. Proses pengendapan

terbesar pada jarak melintang $0,32\text{ m} - 0,46\text{ m}$, tinggi endapan terbesar $1,3\text{ cm}$.

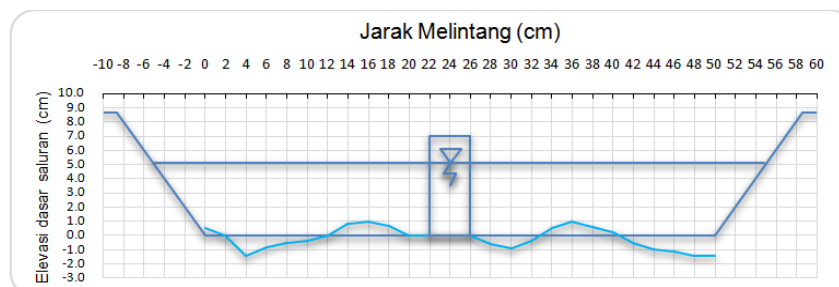
Gambar 104 menunjukkan kecepatan aliran (V) di hulu, tengah, dan hilir rata-rata $0,263\text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,075\text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan tidak begitu besar. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,28\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,8\text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,30\text{ m} - 0,40\text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,5\text{ cm}$.

$t : 45\text{ menit}$



Gambar 104. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

$t : 60\text{ menit}$



Gambar 105. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$

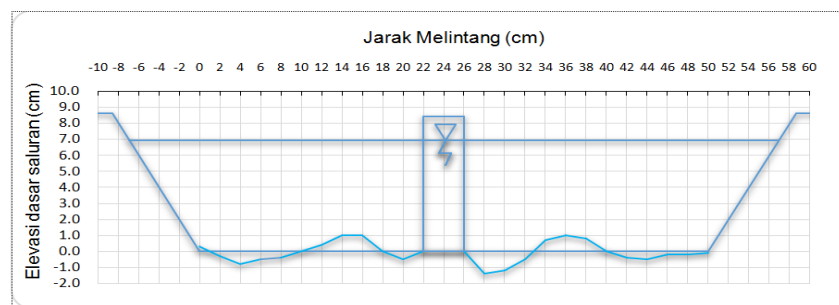
Gambar 105 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,213$ m/dt . dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,055$ m . Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar dengan jarak melintang $0,28$ $m - 0,32$ m . Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,32$ m dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,9$ cm . Proses pengendapan pada jarak melintang $0,36$ $m - 0,40$ m dengan tinggi endapan terbesar $1,0$ cm .

Pada gambar 103, 104 dan 105 dapat dinyatakan bahwa kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan tirai BL_3X_2 diasumsikan bahwa kondisi aliran disekitar pilar jembatan dapat mereduksi gerusan, disebabkan gerusan tidak terjadi pada setiap titik pada profil melintang saluran. Pengendapan umumnya terjadi dibagian hulu, tengah dan hilir pilar jembatan.

q. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_2 untuk Debit (Q_2) : $0,0044$ m^3/dt .

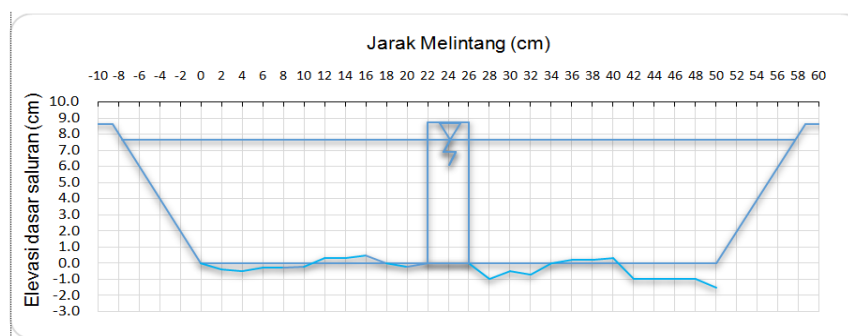
t : 15 menit



Gambar 106. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan Q_2 : $0,0044$ m^3/dt

Pada Gambar 106 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_2) untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,325 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,089 \text{ m}$. Proses gerusan pada jarak melintang $0,20 \text{ m} - 0,28 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,28 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,4 \text{ cm}$. Proses pengendapan terbesar pada jarak melintang $0,12 \text{ m} - 0,16 \text{ m}$, tinggi endapan terbesar $1,0 \text{ cm}$.

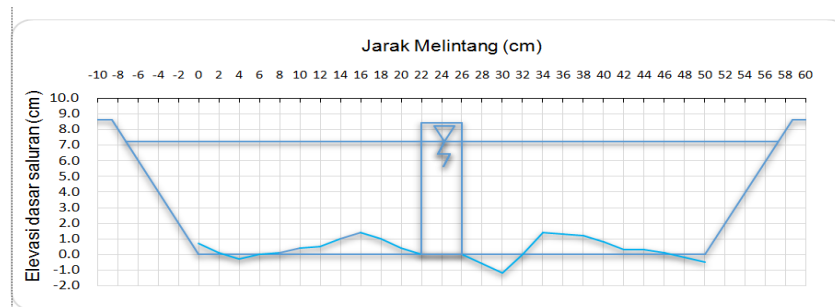
t : 45 menit



Gambar 107. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 107 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,325 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,094 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar. Gerusan terbesar pada sisi kanan pada jarak melintang $0,28 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,0 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,12 \text{ m} - 0,16 \text{ m}$ dengan tinggi endapan $1,5 \text{ cm}$.

t : 60 menit



Gambar 108. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_2 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 108 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,350 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,088 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan terjadi pada sisi kanan pilar, gerusan yang terjadi tidak begitu besar pada jarak melintang $0,28 \text{ m} - 0,30 \text{ m}$. Gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,2 \text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,34 \text{ m} - 0,46 \text{ m}$ dengan tinggi endapan terbesar $1,4 \text{ cm}$.

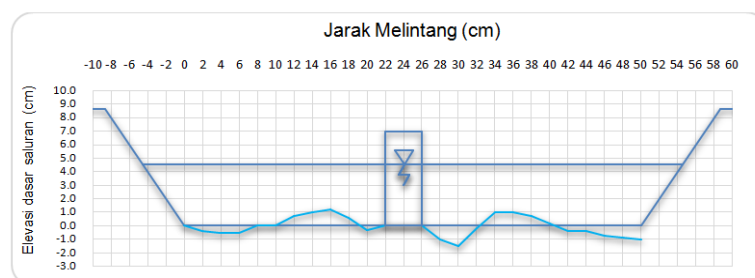
Pada gambar 106, 107 dan 108 model tirai BL_3X_2 untuk debit (Q_2) dapat diasumsikan bahwa kecepatan aliran semakin kehilir semakin berkurang begitu pula pada pilar kecepatan aliran semakin kecil, kondisi aliran seperti ini menyebabkan proses gerusan disekitar pilar jembatan dapat mereduksi gerusan, disebabkan gerusan yang terjadi tidak begitu besar terutama dibagian tengah pilar. Proses pengendapan umumnya terjadi dibagian hulu, tengah dan hilir pilar jembatan. Besarnya endapan lebih dominan di bagian tengah dan hilir pilar.

r. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_3 untuk Debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

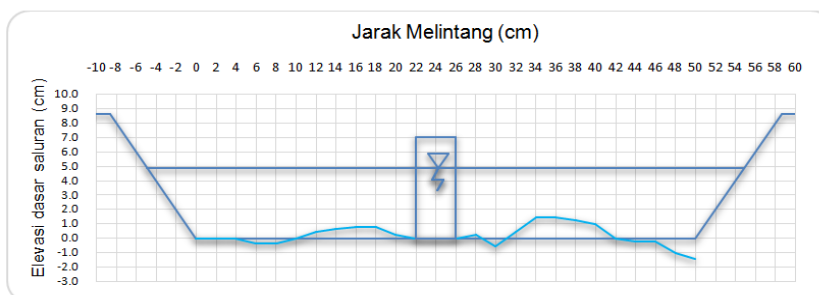
Gambar 109 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_3) untuk debit (Q_1), kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,263 \text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,053 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan terbesar pada jarak melintang $0,36 \text{ m} - 0,40 \text{ m}$, tinggi endapan terbesar $1,0 \text{ cm}$.

t : 15 menit



Gambar 109. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan Q_1 : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

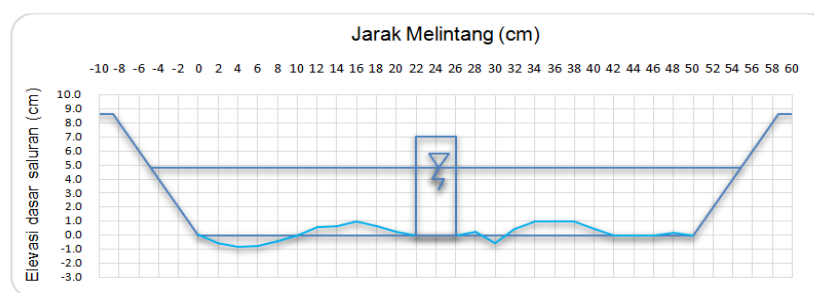
t : 45 menit



Gambar 110. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan Q_1 : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 110 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,288$ m/dt . dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,059$ m . Proses gerusan di sekitar pilar tidak begitu besar hampir tidak terjadi gerusan. Proses pengendapan pada jarak melintang $0,22$ m – $0,40$ m dengan tinggi endapan $1,5$ cm .

t : 60 menit



Gambar 111. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan Q_1 : $0,00244$ m^3/dt

Gambar 111 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,250$ m/dt . Dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,060$ m . gerusan terjadi pada awal jarak melintang dan cenderung gerusan yang terjadi sangat kecil yaitu pada jarak melintang $0,02$ m – $0,08$ m dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,3$ cm . Proses pengendapan pada jarak melintang $0,32$ m – $0,40$ m dengan tinggi endapan terbesar $1,5$ cm .

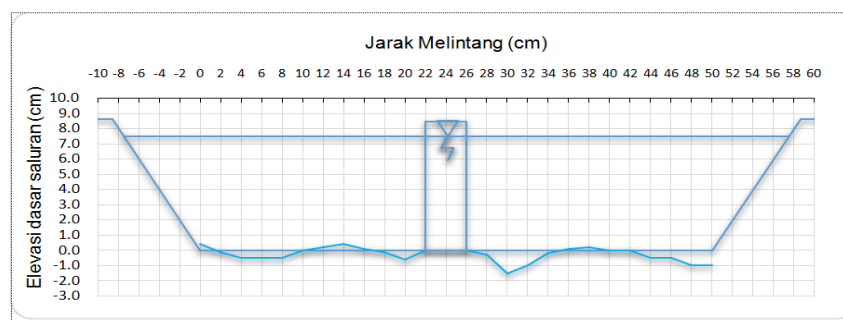
Pada gambar 109, 110 dan 111 dinyatakan bahwa kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai tersebut dapat diasumsikan bahwa kondisi aliran disekitar pilar jembatan dapat mereduksi gerusan, disebabkan gerusan tidak terjadi pada setiap titik pada profil melintang saluran. Pengendapan umumnya terjadi dibagian

hulu, tengah dan hilir pilar jembatan. Pengendapan yang terjadi tidak begitu besar. Tipe tirai ini sangat efektif untuk meredam gerusan.

s. Perubahan Dasar Saluran Pada Pilar Jembatan dengan Model

Tirai BL_3X_3 untuk Debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

t : 15 menit



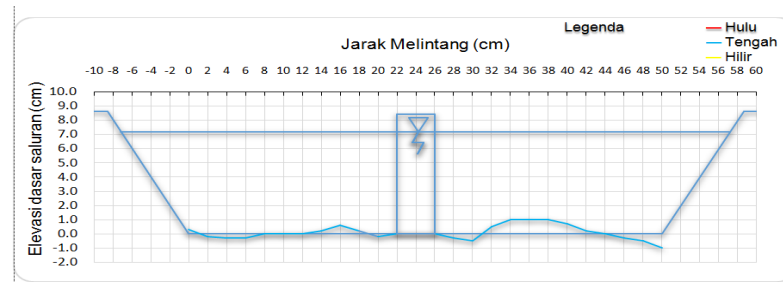
Gambar 112. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$

Gambar 112 menunjukkan penempatan model pilar dengan jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_3) untuk debit (Q_2), kecepatan aliran rata-rata (V): $0,325 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h): $0,087 \text{ m}$. Perubahan dasar saluran sekitar pilar menunjukkan proses gerusan pada sisi kanan dan sisi kiri pilar, gerusan terbesar pada jarak melintang $0,30 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan terbesar pada jarak melintang $0,12 \text{ m} - 0,16 \text{ m}$, tinggi endapan terbesar $0,4 \text{ cm}$.

Gambar 113 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V): $0,313 \text{ m/dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,080 \text{ m}$. Proses gerusan di sekitar pilar, dimulai dari sisi kanan dan kiri pilar. Gerusan terbesar pada

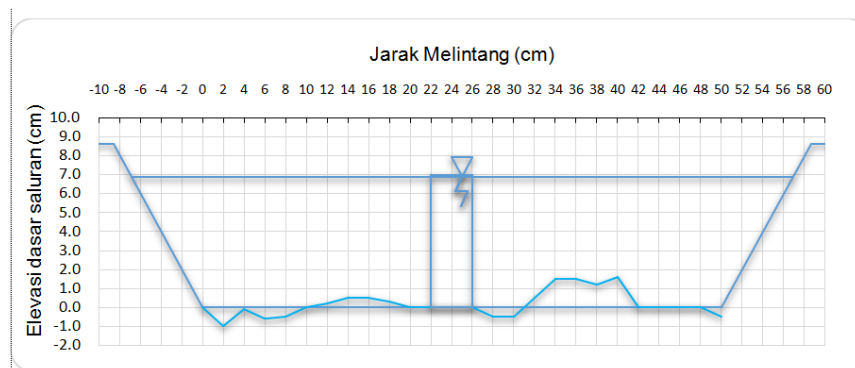
jarak melintang $0,30\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5\text{ cm}$.
 Proses pengendapan pada jarak melintang $0,32\text{ cm} - 0,42\text{ cm}$ dengan tinggi endapan $1,0\text{ cm}$.

$t : 45\text{ menit}$



Gambar 113. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

$t : 60\text{ menit}$



Gambar 114. Perubahan Dasar Pada Pilar Jembatan dengan Model Tirai BL_3X_3 dengan $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

Gambar 114 menunjukkan kecepatan aliran rata-rata (V) : $0,315\text{ m}/\text{dt}$. dan kedalaman aliran rata-rata (h) : $0,079\text{ m}$. Proses gerusan di sekitar pilar tidak begitu besar yang terjadi pada sisi kanan pilar, gerusan terjadi pada jarak melintang $0,13\text{ m}$ dan $0,30\text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $0,5\text{ cm}$. Proses pengendapan pada jarak

melintang $0,32\text{ m} - 0,40\text{ m}$ dengan tinggi endapan terbesar $1,6\text{ cm}$. Pada hilir pilar tidak terjadi proses gerusan disekitar pilar

Pada gambar 112. 113 dan 114, dinyatakan bahwa model tirai BL_3X_3 untuk debit (Q_2) diasumsikan bahwa pada kondisi penempatan pilar jembatan dengan menggunakan model tirai tersebut dapat diasumsikan bahwa kondisi aliran disekitar pilar jembatan tidak dapat mereduksi gerusan, disebabkan gerusan yang terjadi cenderung semakin besar pada variasi waktu. Pengendapan umumnya terjadi tengah dan hilir pilar jembatan. Pengendapan yang terjadi cenderung besar terutama dibagian hilir pilar.

Berdasarkan Gambar 61 sampai dengan Gambar 114, hasil pengamatan ditinjau dari jarak profil melintang untuk variasi model tirai, yang paling optimal mereduksi gerusan adalah variasi model tirai BL_1X_1 , BL_1X_2 , BL_2X_1 , BL_2X_2 , BL_3X_1 , dan BL_3X_2 ,

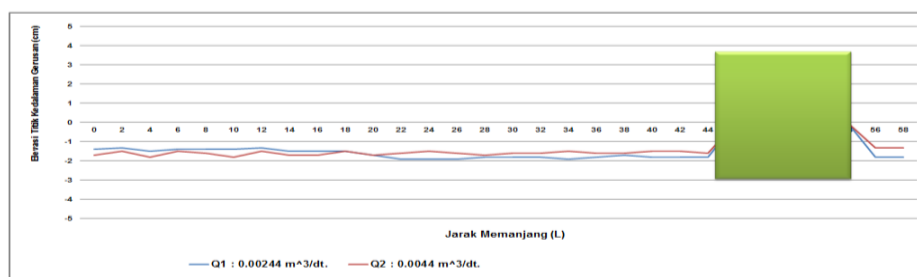
8. Perubahan Dasar Saluran pada Profil Memanjang Saluran

Perubahan dasar pada profil memanjang saluran, yang dimaksud dalam hal ini adalah perubahan bentuk dasar saluran sebelum dan sesudah penempatan model tirai dan perubahan dasar disekitar pilar jembatan yang diakibatkan oleh gerusan dan sedimentasi. Perubahan penampang pada profil memanjang saluran untuk berbagai tipe penempatan tirai dapat dilihat pada grafik, berikut ini.

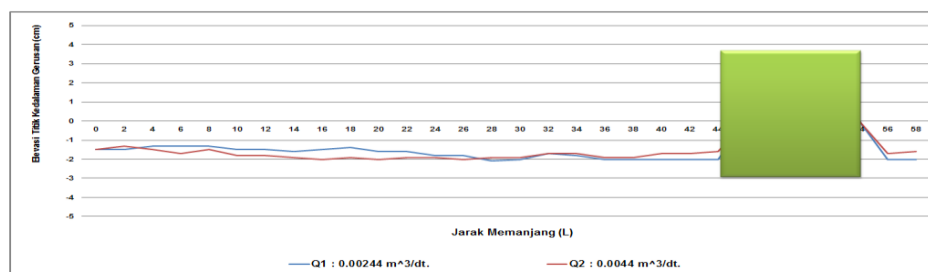
a. Perubahan Dasar Profil Memanjang Tanpa Variasi Model Tirai

Dari tabel (Lampiran 6) tersebut dapat disajikan pada Gambar 115 untuk debit (Q_1) dan (Q_2), kecepatan aliran dan kedalaman aliran sangat mempengaruhi perubahan dasar saluran, baik sebelum maupun setelah penempatan model tirai di hulu pilar jembatan.

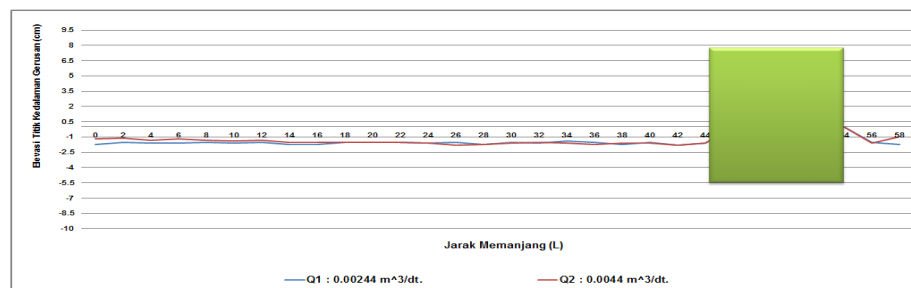
t : 15 Menit



t : 45 Menit



t : 60 Menit



Gambar 115. Perubahan Dasar Arah Memanjang Tanpa Variasi Model Tirai untuk Q_1 dan Q_2

Proses penggerusan sebelum penempatan model tirai terjadi di mulai dari awal pengaliran, elevasi dasar saluran akan menurun disebabkan oleh lamanya pengaliran. Titik pengamatan yang di tinjau adalah no. pias 26, pada titik ini cenderung terjadi gerusan yang cukup signifikan. Untuk $t : 15 \text{ menit}$ dan $t : 45 \text{ menit}$ untuk debit (Q_1) elevasi kedalaman gerusan (ds) lebih kecil dari pada debit (Q_2), namun pada saat $t : 60 \text{ menit}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) untuk Q_1 lebih besar dari Q_2 dan akhirnya kedalaman gerusan untuk Q_1 dan Q_2 tidak jauh berbeda, disebabkan adanya proses sedimentasi disekitar pilar.

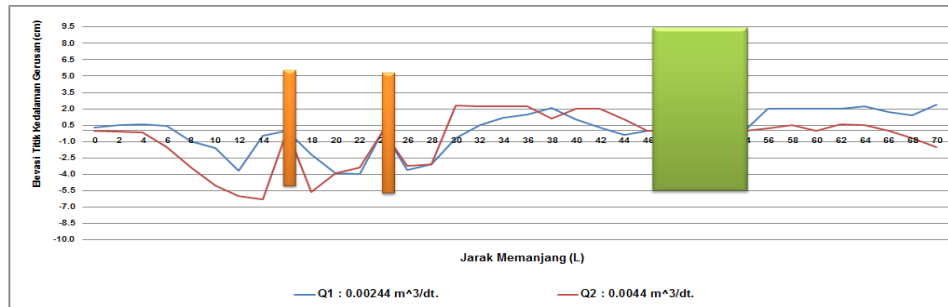
Dari grafik tersebut dapat diasumsikan bahwa perubahan dasar pada arah memanjang saluran terlihat dimulai dari awal pengaliran. Proses gerusan cenderung semakin besar, terutama dibagian tengah saluran. Potensi gerusan di sekitar pilar cukup besar, oleh karena itu penempatan model tirai dengan variasi jarak antara baris (X) dan variasi jarak baris tirai (L) sebelum pilar jembatan diharapkan dapat mengurangi gerusan yang terjadi disekitar pilar jembatan.

b. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

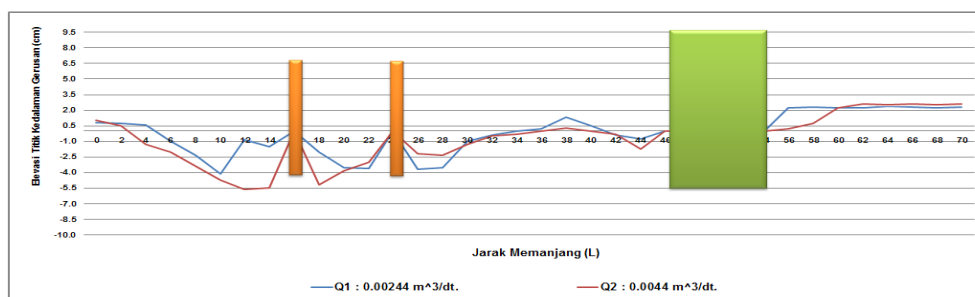
BL_1X_1 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

Pada Gambar 116, untuk debit (Q_1) untuk waktu t_1 , t_2 , dan t_3 perubahan dasar pada arah memanjang saluran, dengan model tirai BL_1X_1 proses gerusan dan sedimentasi terlihat setelah penempatan model tirai tersebut.

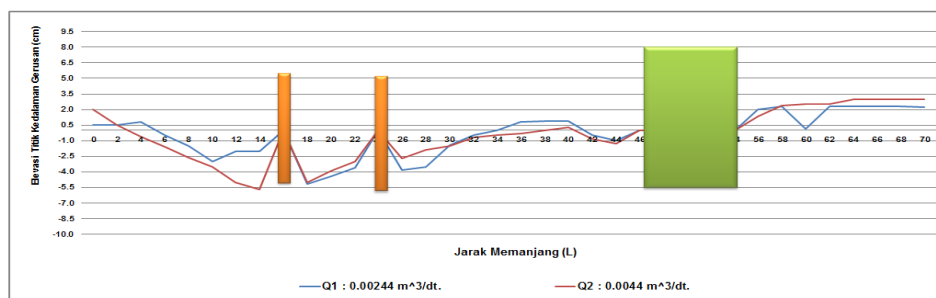
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 116. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_1 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Setelah penempatan variasi model tirai BL_1X_1 nampak terlihat terjadi ketidak seimbangan antara proses gerusan dan pengendapan. Tipe ini lebih dominan pengendapan yang terjadi di mulai dari awal pengaliran sampai melewati bangunan pilar, sedangkan gerusan hanya terjadi disekitar tirai tersebut. Pengamatan yang di tinjau adalah no.pias 26.

Pada penempatan bangunan tirai terhadap pengaruh penempatan pilar untuk variasi waktu menunjukkan bahwa terjadi gerusan yang sangat dalam disekitar tirai yaitu pada $t : 60 \text{ menit}$, dan terjadi endapan yang begitu besar disekitar pilar terutama pada $t : 15 \text{ menit}$. Seiring dengan waktu pengaliran elevasi kedalaman gerusan semakin mengecil begitu pula dengan proses pengendapan akan berangsur-angsur menurun terutama pada $t : 60 \text{ menit}$.

Untuk debit (Q_2) dengan variasi waktu t_1, t_2 , dan t_3 perubahan dasar pada profil memanjang saluran, dengan model tirai tipe BL_1X_1 proses gerusan dan sedimentasi terlihat setelah penempatan model tirai tersebut.

Setelah penempatan variasi model tirai BL_1X_1 pada $t : 15 \text{ menit}$, nampak terlihat terjadi ketidak seimbangan antara proses gerusan dan pengendapan. Lebih dominan terjadi pengendapan pada jarak memanjang $0,32 \text{ m} - 0,46 \text{ m}$ dengan tinggi endapan terbesar $1,3 \text{ cm}$. Proses gerusan hanya terjadi disekitar tirai. Pada $t : 45 \text{ menit}$ gerusan cenderung membesar yang terjadi di mulai dari awal pengaliran sampai melewati bangunan pilar, sedangkan gerusan hanya terjadi disekitar tirai tersebut. Gerusan yang terbesar terjadi di sekitar tirai dengan kedalaman gerusan $2,3 \text{ cm}$ pada jarak memanjang $0,26 \text{ m}$. Formasi tirai seperti ini kurang cocok untuk meredam gerusan dengan pertimbangan potensi gerusan cukup besar. Kondisi dasar disekitar pilar setelah melewati pilar hampir didominasi dengan endapan. Endapan tidak begitu besar disekitar

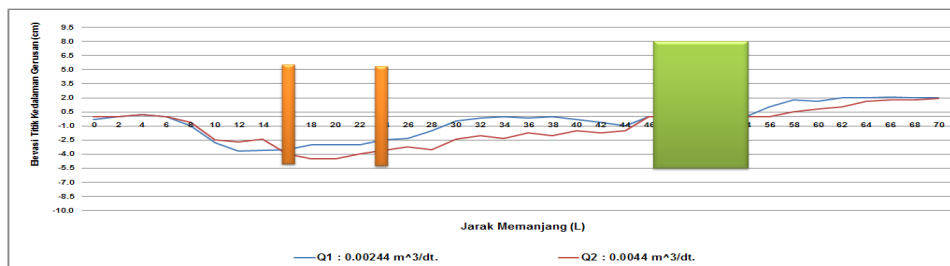
pilar, dasar hampir rata, pada jarak memanjang $0,60\text{ m}$ dengan endapan setebal $0,7\text{ cm}$.

Pada $t : 60\text{ menit}$ kondisi gerusan dan endapan semakin kecil baik di tirai maupun pada pilar, dengan kondisi ini, ditinjau dari profil memanjang saluran pada penempatan bangunan tirai terhadap pengaruh penempatan pilar menunjukkan bahwa gerusan yang terjadi disekitar tirai lama kelamaan akan berkurang, begitupula dengan proses endapan cenderung berkurang dan dasar hampir rata disekitar pilar. Dapat disimpulkan dengan variasi waktu terjadi ketidakseimbangan antara proses gerusan dan endapan. Proses pengendapan lebih dominan terjadi di bagian hulu dan hilir pilar.

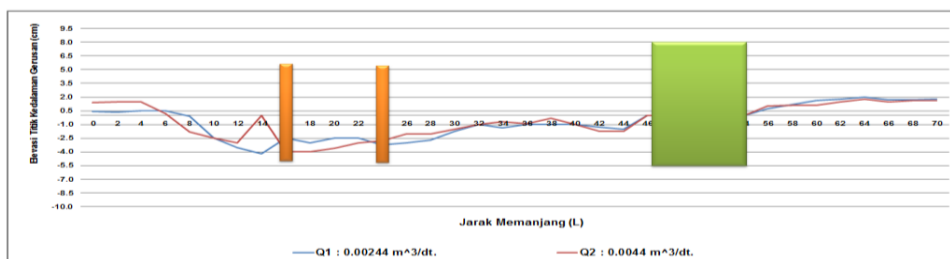
c. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

BL_1X_2 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

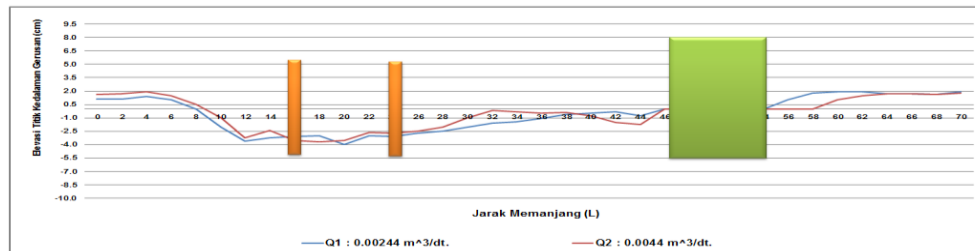
$t : 15\text{ menit}$



$t : 45\text{ menit}$



t : 60 menit



Gambar 117. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_2 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Pada penempatan model tirai BL_1X_2 yaitu pada Gambar 117 untuk debit $(Q_1) : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dan $t_1 : 15 \text{ menit}$, proses gerusan lebih besar di daerah tirai karena pengaruh kecepatan aliran, tetapi di daerah sekitar pilar proses gerusan mulai mengecil, karena kecepatan juga semakin kecil ke arah pilar. Pada $t : 45 \text{ menit}$ mulai terlihat keseimbangan antara proses gerusan dan pengendapan. Pada posisi penempatan tirai potensi gerusan masih terjadi, tetapi dapat diimbangi dengan proses endapan. Gerusan maksimum pada arah memanjang $0,26 \text{ m}$, elevasi kedalaman gerusan $(ds) : 3,0 \text{ cm}$.

Kondisi dasar disekitar pilar setelah melewati tirai, gerusan cenderung berkurang, hasil dari pengamatan menunjukkan no. pias 26 jarak memanjang saluran $0,44 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan $1,5 \text{ cm}$ tepat di depan pilar. Dapat disimpulkan bahwa model tirai BL_1X_2 , proses gerusan lebih dominan terjadi disekitar tirai sedangkan disekitar pilar proses gerusan mulai berkurang. Pengendapan tidak begitu besar disekitar pilar hampir terjadi keseimbangan antara proses gerusan dan pengendapan.

Pada penempatan model tirai BL_1X_2 untuk debit (Q_2) : $0,0044 m^3/dt$. dan t_1 : *15 menit*, proses gerusan lebih besar di daerah tirai tetapi di daerah sekitar pilar proses gerusan mulai mengecil, proses pengendapan lebih dominan di daerah pilar. Tinggi endapan relatif kecil.

Pada t : *45 menit*, pada posisi penempatan tirai potensi gerusan sangat besar. Gerusan maksimum pada arah memanjang $0,20 m$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $4.0 cm$ di sisi kanan tirai. Setelah melewati tirai jarak memanjang saluran $0,46 m$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,7 cm$.

Kondisi dasar disekitar pilar setelah melewati pilar tipe ini, gerusan cenderung berkurang, hasil dari pengamatan menunjukkan, proses gerusan disekitar pilar cenderung mulai berkurang, proses pengendapan juga mulai berkurang terutama disisi kanan dan kiri pilar. Dapat disimpulkan proses gerusan setelah melewati model tirai cenderung berkurang sampai mendekati pilar, proses pengendapan tidak begitu besar disekitar pilar.

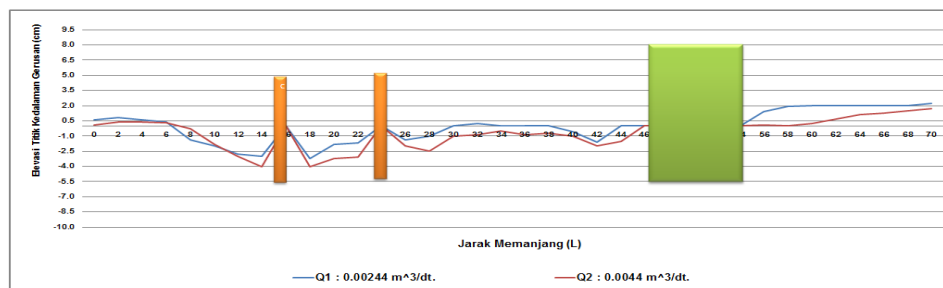
d. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

BL_1X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

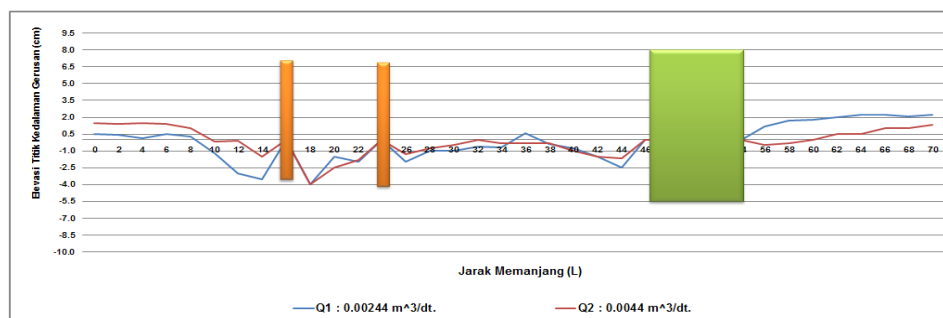
Penempatan model tirai BL_1X_3 , seperti yang disajikan Gambar 118, untuk debit (Q_1) : $0,00244 m^3/dt$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , tipe ini memperlihatkan keseimbangan antara gerusan dan pengendapan di sekitar tirai maupun pada pilar . Pada posisi penempatan tirai potensi

gerusan masih terjadi, terutama diantara tirai karena adanya perubahan jarak antara tirai yang semakin besar nilainya. Gerusan maksimum pada arah memanjang saluran $0,28\text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds): $3,2\text{ cm}$.

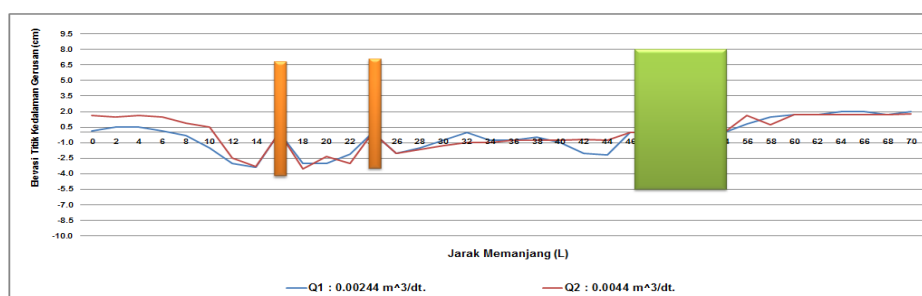
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 118. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_1X_3 untuk (Q_1) dan (Q_2)

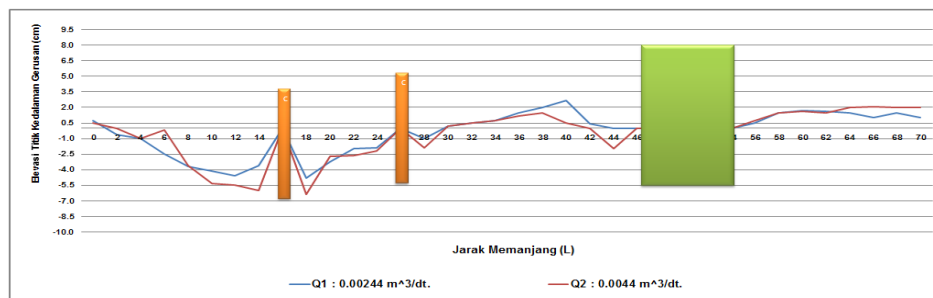
Kondisi dasar disekitar pilar setelah melewati pilar tipe ini, gerusan cenderung berkurang, hasil dari pengamatan menunjukkan pada jarak memanjang saluran $0,46\text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan $1,5\text{ cm}$ tepat di depan pilar, tidak terjadi gerusan dan endapan yang begitu besar. Dapat disimpulkan bahwa proses gerusan dan pengendapan nampak terjadi keseimbangan disekitar model tirai dan pilar. Potensi gerusan masih terjadi walaupun tidak begitu besar.

Untuk debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , tipe ini memperlihatkan keseimbangan antara gerusan dan pengendapan di tirai maupun pada pilar jembatan. Pada posisi penempatan tirai potensi gerusan masih terjadi, terutama diantara tirai karena adanya perubahan jarak antara tirai yang semakin besar nilainya. Gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,22\text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $4,0\text{ cm}$. Setelah melewati tirai elevasi kedalaman gerusan mulai berkurang pada jarak memanjang saluran $0,46\text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,7\text{ cm}$. Pengendapan yang terjadi disekitar pilar tidak begitu besar, dasar hampir rata pada $t : 45\text{ menit}$ dan $t : 60\text{ menit}$. Hasil pengamatan menunjukkan proses gerusan disekitar pilar tidak begitu besar tetapi cenderung terjadi proses pengendapan walaupun tidak begitu besar.

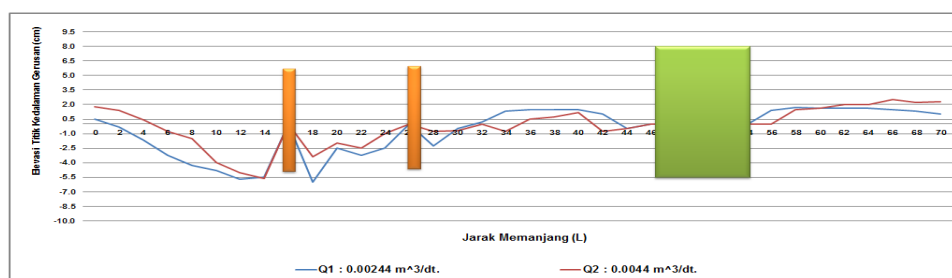
e. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

BL₂X₁ untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

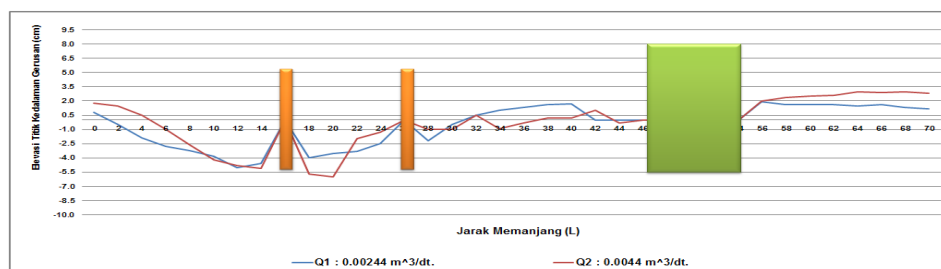
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 119. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_1 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Penempatan model tirai BL_2X_1 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , disajikan pada Gambar 119. Pada Grafik tersebut terjadi ketidakseimbangan antara proses gerusan dan pengendapan. Potensi gerusan cukup besar disekitar tirai dengan tipe tersebut. Gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,22 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : 6 cm . Disekitar pilar cenderung tidak terjadi gerusan dan endapan disebabkan pengaruh kecepatan aliran

semakin lambat setelah melewati tirai tersebut. Pada setiap titik pengamatan terjadi endapan yang tidak begitu besar, terutama pada jarak memanjang 0,48 m elevasi kedalaman gerusan (ds) : 0,5 cm, dan tinggi endapan 1,0 cm pada jarak memanjang 0,44 m.

Untuk debit (Q_2) : 0,0044 m^3/dt . dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , terjadi ketidakseimbangan antara proses gerusan dan pengendapan. Potensi gerusan cukup besar disekitar tirai dengan tipe tersebut. Gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran 0,24 m elevasi kedalaman gerusan (ds) : 3,4 cm. Dalam hal ini tipe tirai seperti ini kurang baik karena potensi gerusan cukup besar.

Pada sisi kiri pilar terjadi proses pengendapan yang tidak begitu besar, disebabkan pengaruh kecepatan aliran semakin lambat setelah melewati tirai tersebut. Proses gerusan terjadi di depan pilar yaitu pada jarak memanjang 0,48 m dengan elevasi kedalaman gerusan 0,5 cm. Dengan kondisi seperti ini, menunjukkan terjadi gerusan yang sangat dalam disekitar tirai, dan terjadi endapan disekitar pilar.

f. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

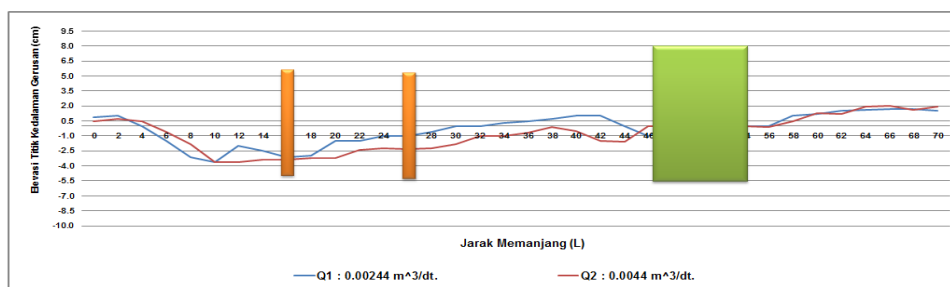
BL_2X_2 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

Pada Gambar 120 untuk debit (Q_1) : 0,00244 m^3/dt . dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_2X_2 disekitar penempatan tirai potensi gerusan masih terjadi tetapi tidak begitu besar begitu pula setelah penempatan tirai, dapat diimbangi dengan proses

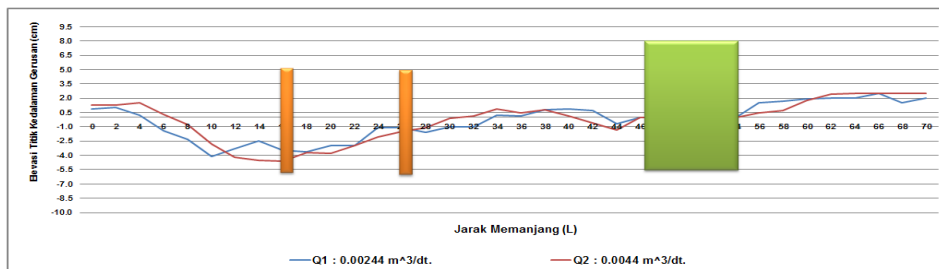
endapan. Gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,12\text{ m}$ kedalaman gerusan 4.1 cm .

Kondisi dasar disekitar pilar hampir tidak terjadi gerusan, dan tinggi endapan rata-rata antara $0,2\text{ cm} - 1,5\text{ cm}$. Dengan demikian tipe ini efektif untuk mereduksi gerusan di sekitar pilar.

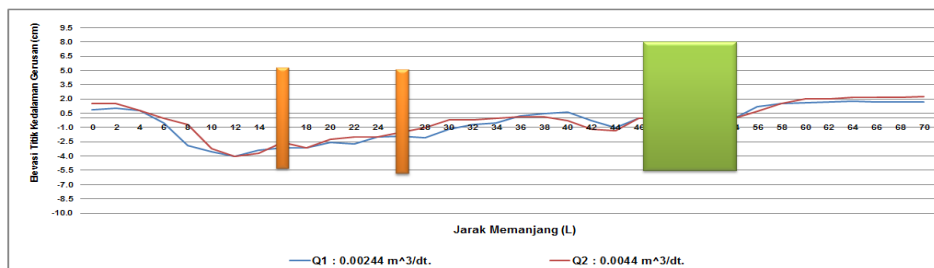
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 120. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_2 untuk (Q_1) dan (Q_2)

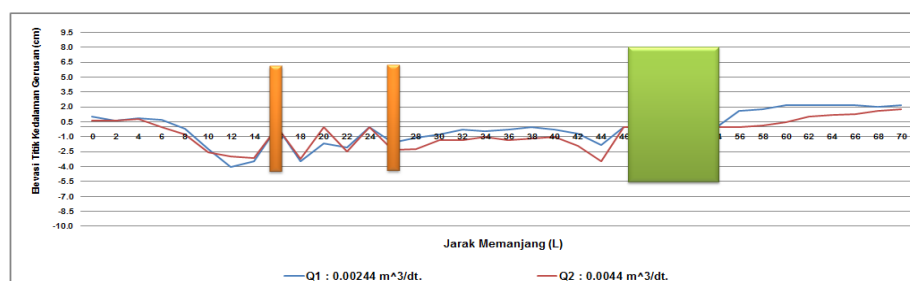
Berdasarkan Gambar 120, untuk model tirai dengan variasi waktu proses gerusan dan pengendapan tidak begitu besar disekitar pilar. Gerusan maksimum pada jarak memanjang $0,44 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan $1,0 \text{ cm}$. Model tirai ini dapat meredam gerusan di sekitar pilar tersebut.

Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan variasi model tirai BL_2X_2 potensi gerusan cukup besar. Gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,20 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $3,1 \text{ cm}$. Pada jarak memanjang saluran $0,28 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,5 \text{ cm}$. Kondisi dasar disekitar pilar hampir tidak terjadi gerusan, dari hasil pengamatan menunjukkan proses pengendapan diantara tirai dan pilar, tinggi endapan rata-rata antara $0,1 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm}$. Dengan demikian tipe ini efektif untuk mereduksi gerusan di sekitar pilar.

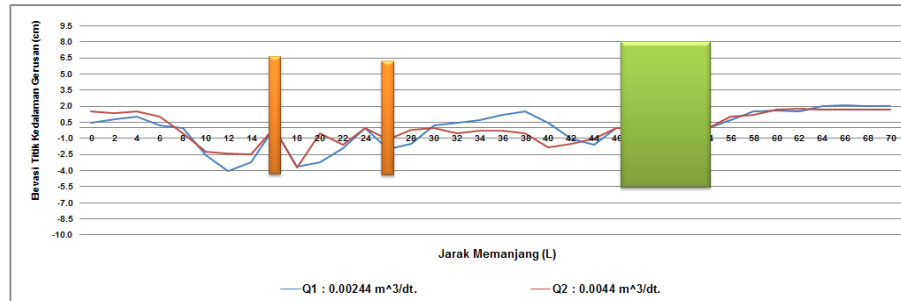
g. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

BL_2X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2).

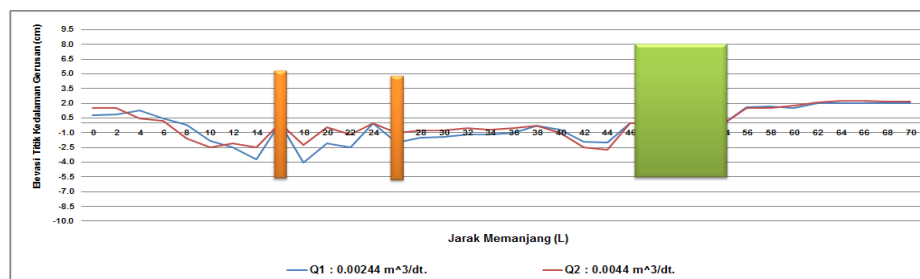
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 121. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_2X_3 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Pada Gambar 121 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_2X_3 , ini memperlihatkan keseimbangan antara gerusan dan pengendapan di tirai maupun pada pilar jembatan. Pada tirai tipe ini potensi gerusan masih terjadi, terutama diantara tirai karena adanya perubahan jarak antara tirai. Potensi gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,20 \text{ m}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) : $3,6 \text{ cm}$. Gerusan yang terjadi disekitar pilar mulai berkurang, rata-rata elevasi kedalaman gerusan $0,2 \text{ cm} - 1,0 \text{ cm}$ dan tinggi endapan rata – rata $0,0 \text{ cm} - 1,3 \text{ cm}$. Ini menunjukkan bahwa tipe tirai tersebut sangat efektif untuk mereduksi gerusan dengan pertimbangan terjadi keseimbangan / dasar rata disekitar pilar jembatan.

Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_2X_3 , ini, memperlihatkan keseimbangan antara gerusan dan pengendapan di tirai maupun pada pilar jembatan.

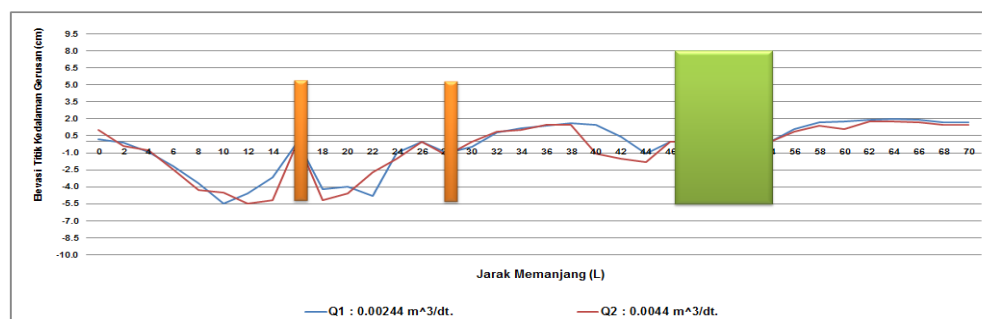
Gerusan lebih dominan terutama diantara tirai karena adanya perubahan jarak antara tirai. Potensi gerusan maksimum pada jarak memanjang saluran $0,20 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $3,2 \text{ cm}$. Kondisi dasar disekitar pilar pada jarak memanjang $0,34 \text{ m} - 0,46 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,8 \text{ cm}$ di depan pilar.

h. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

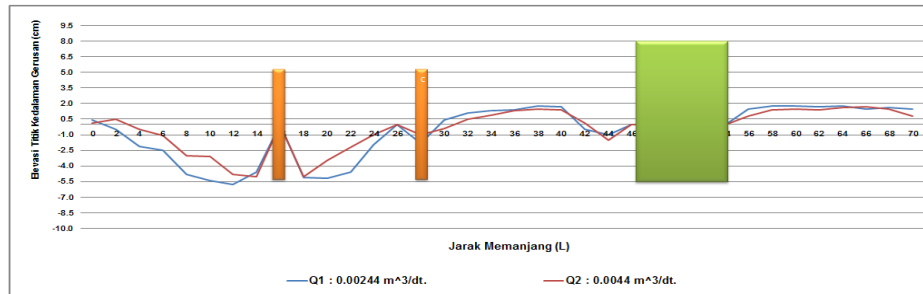
BL_3X_1 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Pada Gambar 122 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan variasi model tirai BL_3X_1 , potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak antara tirai.

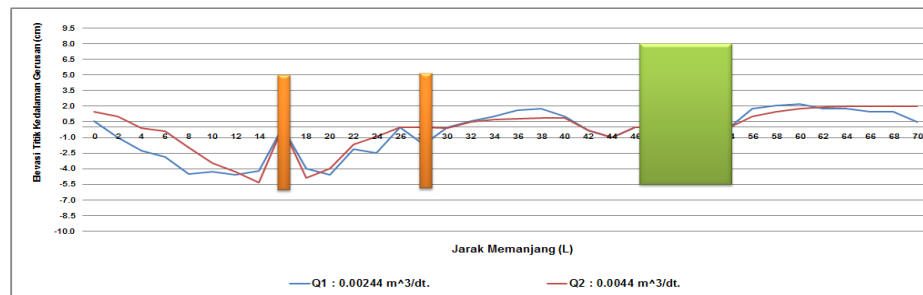
t : 15 menit



***t* : 45 menit**



***t* : 60 menit**



Gambar 122. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_1 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Dari hasil pengamatan menunjukkan jarak memanjang saluran 0,22 cm elevasi kedalaman gerusan yang terbesar adalah 5,2 cm. Tipe tirai seperti ini mempunyai potensi gerusan cukup besar. Kondisi dasar disekitar pilar menunjukkan potensi gerusan cenderung kecil disebabkan kecepatan aliran setelah melewati tirai mulai berkurang. Perubahan dasar saluran di sekitar pilar, proses gerusan yang terjadi sudah mulai berkurang. Hasil pengamatan menunjukkan rata-rata elevasi kedalaman gerusan adalah 0,2 – 1,0 cm dan tinggi endapan rata – rata 0,1 cm – 1,8 cm.

Tipe ini tidak efektif untuk mereduksi gerusan dengan pertimbangan potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai, walaupun di sekitar pilar aman terhadap gerusan.

Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_3X_1 , potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak antara tirai. Dari hasil pengamatan menunjukkan jarak memanjang saluran $0,20 \text{ cm}$ elevasi kedalaman gerusan (ds) yang terbesar adalah $5,0 \text{ cm}$. Tipe tirai seperti ini mempunyai potensi gerusan cukup besar disekitar model tirai.

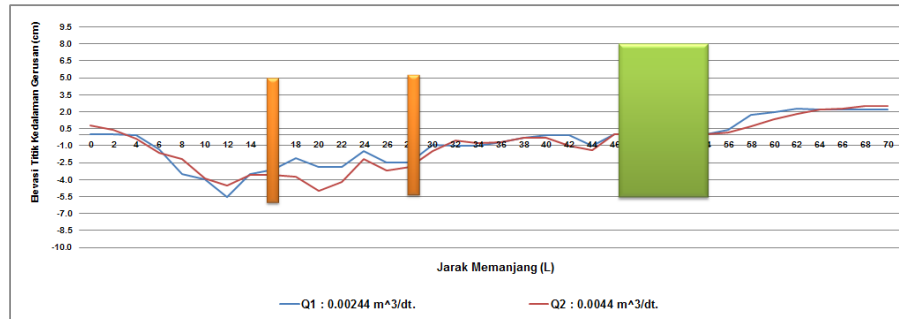
Kondisi dasar disekitar pilar, menunjukkan potensi gerusan cenderung kecil karena kecepatan aliran setelah melewati tirai mulai berkurang. Gerusan yang terjadi disekitar pilar mulai berkurang. Hasil pengamatan menunjukkan gerusan maksimum di depan pilar pada jarak memanjang $0,46 \text{ m}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) adalah $1,5 \text{ cm}$. Proses pengendapan jarak memanjang saluran $0,32 \text{ m} - 0,44 \text{ m}$, tinggi endapan $1,5 \text{ cm}$. Ini menunjukkan bahwa tipe tirai seperti ini kurang efektif untuk mereduksi gerusan disekitar pilar.

i. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai

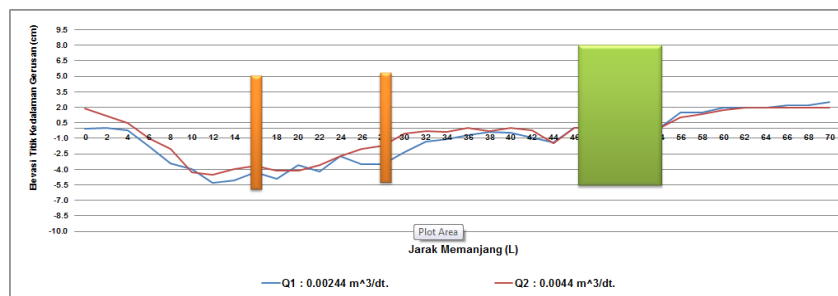
BL_3X_2 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Pada Gambar 123 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_3X_2 , potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_3) dan jarak antar tirai (X_2).

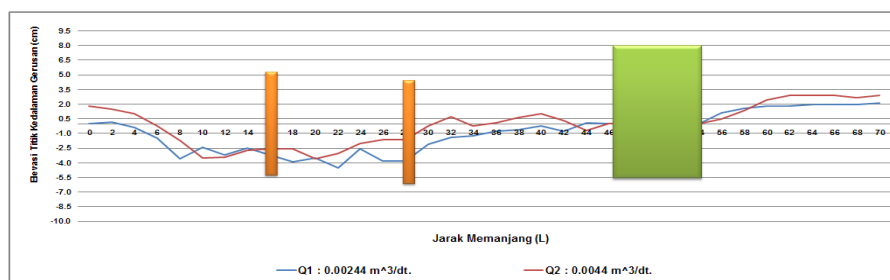
t : 15 menit



t : 45 menit



t : 60 menit



Gambar 123. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_2 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Kecepatan aliran yang terjadi pada tirai tipe ini menyebabkan terjadinya proses gerusan, disebabkan posisi dan jarak memanjang tirai dan jarak antara tirai yang tidak sesuai. Dari hasil pengamatan menunjukkan jarak memanjang saluran 0,22 cm dengan elevasi

kedalaman gerusan maksimum (ds) adalah $4,9\text{ cm}$. Tipe tirai seperti ini mempunyai potensi gerusan cukup besar.

Kondisi dasar disekitar pilar, menunjukkan potensi gerusan terutama dibagian depan pilar jembatan dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,4\text{ cm}$. Tipe tirai seperti ini menunjukkan kurang efektif untuk mereduksi gerusan dengan pertimbangan potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai, walaupun di sekitar pilar aman terhadap gerusan.

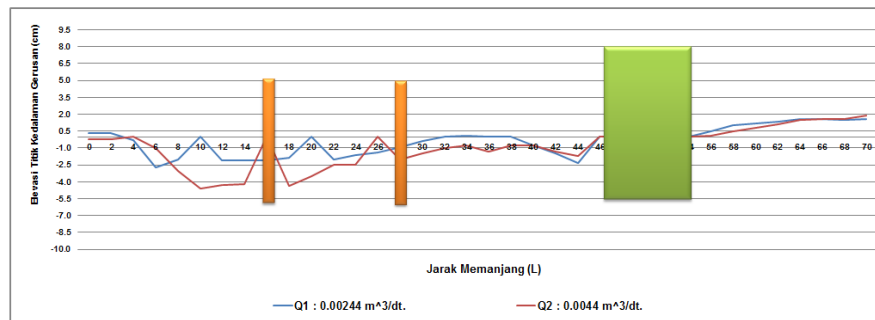
Untuk debit (Q_2) : $0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_3X_2 , potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_3) dan jarak antara tirai (X_2).

Kecepatan aliran yang besar mempengaruhi gerusan di dasar saluran disekitar model tirai. Dari hasil pengamatan menunjukkan jarak memanjang saluran $0,22\text{ cm}$ elevasi kedalaman gerusan yang terbesar adalah $4,1\text{ cm}$. Tipe tirai seperti ini mempunyai potensi gerusan cukup besar.

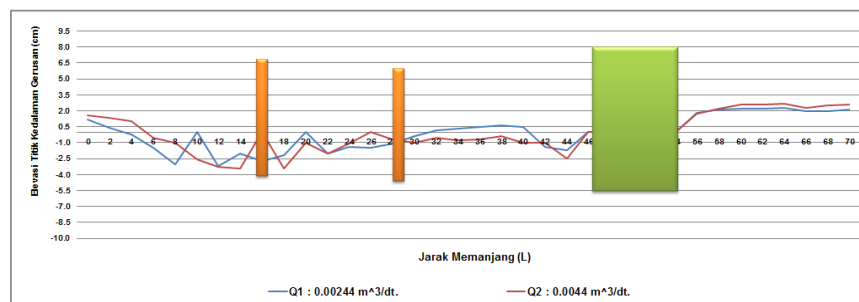
Kondisi dasar disekitar pilar, proses gerusan tidak terjadi melainkan terjadi proses endapan, rata-rata tinggi endapan $1,0\text{ cm} - 1,5\text{ cm}$. Tipe tirai seperti ini menunjukkan kurang efektif untuk mereduksi gerusan dengan pertimbangan potensi gerusan cukup besar di sekitar tirai, di sekitar pilar aman terhadap gerusan dan tinggi endapan tidak begitu besar.

j. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai
 BL_3X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

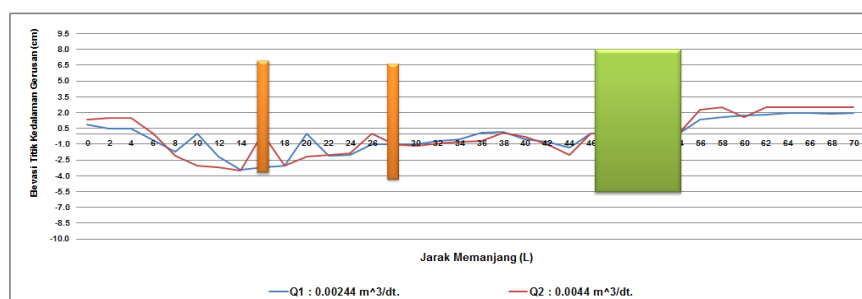
$t : 15 \text{ menit}$



$t : 45 \text{ menit}$



$t : 60 \text{ menit}$



Gambar 124. Perubahan Dasar Arah Memanjang dengan Model Tirai BL_3X_3 untuk (Q_1) dan (Q_2)

Pada Gambar 124 untuk debit (Q_1) : $0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan model tirai BL_3X_3 , potensi gerusan tidak begitu besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_3) dan jarak antara tirai (X_3). Kecepatan aliran yang terjadi pada tirai tipe ini menyebabkan potensi gerusan tidak begitu besar. Dari hasil pengamatan menunjukkan gerusan yang dihasilkan hampir sama pada setiap titik rata – rata $2,0 - 2,7 \text{ cm}$.

Kondisi dasar disekitar pilar, menunjukkan potensi gerusan yang tidak begitu besar. Dari hasil pengamatan menunjukkan potensi gerusan terbesar terjadi didepan tirai dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $1,7 \text{ cm}$.

Untuk debit (Q_2) : $0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$. dengan variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 , pada penempatan variasi model tirai BL_3X_3 , potensi gerusan tidak begitu besar di sekitar tirai karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_3) dan jarak antara tirai (X_3). Kecepatan aliran yang terjadi pada tirai tipe ini menyebabkan potensi gerusan tidak begitu besar. Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa gerusan maksimum yaitu pada jarak memanjang saluran $0,20 \text{ cm}$ dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $3,4 \text{ cm}$. Proses pengendapan tidak terjadi disekitar tirai, melainkan proses pengendapan terjadi disekitar pilar.

Hasil pengamatan menunjukkan potensi gerusan terbesar pada jarak memanjang saluran $0,46 \text{ m}$ didepan pilar dengan elevasi kedalaman

gerusan (ds) : 2,5 cm. Proses pengendapan cenderung semakin kecil kearah hilir pilar.

Dari hasil pengamatan ditinjau dari jarak profil memanjang untuk variasi model tirai, yang paling optimal mereduksi gerusan adalah variasi model tirai BL_1X_1 , BL_1X_2 , BL_2X_1 , BL_2X_2 , BL_3X_1 , dan BL_3X_2 ,

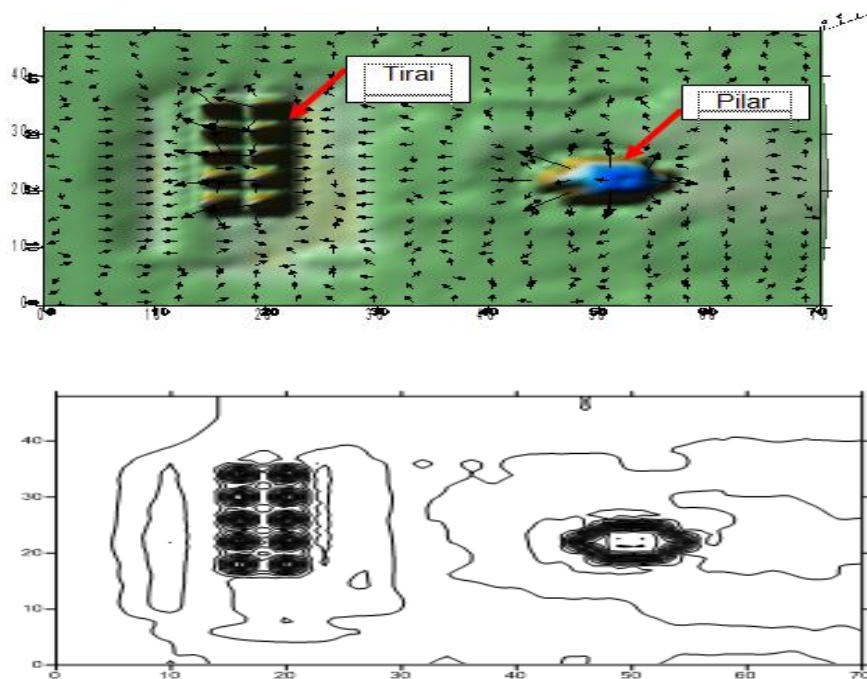
9. Pola Deformasi Dasar Disekitar Model Tirai Dan Pilar Jembatan

Dari hasil pengamatan proses perkembangan konfigurasi dasar saluran dengan penempatan bangunan model tirai dan pilar jembatan menunjukkan bahwa perubahan dasar sangat bervariasi diakibatkan oleh pengaruh kecepatan aliran, waktu pengaliran, tinggi aliran dan debit aliran, jarak antara tirai dan pilar jembatan.

Pola aliran yang terjadi di saluran yang terdapat penghalang berupa tirai maupun pilar akan mengakibatkan terjadinya gerusan lokal dan penurunan elevasi dasar disekitar tirai maupun pada pilar jembatan. Proses perubahan dasar dimulai dari sebelah hulu, pada posisi penempatan tirai, dan posisi penempatan pilar hingga pada hilir saluran setelah penempatan bangunan. Pengambilan koordinat kontur yaitu untuk arah X tegak lurus arah aliran (horizontal), Y searah aliran dan Z tegak lurus arah aliran (vertikal). Kedalaman gerusan (arah Z) diukur dengan interval jarak untuk arah X sebesar 2 cm dan untuk arah Y sebesar 2 cm. Selanjutnya data-data dan hasil pengukuran diolah untuk mendapatkan peta kontur.

**a. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_1X_1 untuk $Q_1 : 0,00244$
 m^3/dt .**

Pada Gambar 125, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi dengan jarak $0,26 m$ dari hulu. Karena pengaruh jarak antara tirai (X_1) menyebabkan kecepatan aliran menjadi lambat sehingga menyebabkan arus balik yang menyebabkan tingginya kedalaman gerusan.

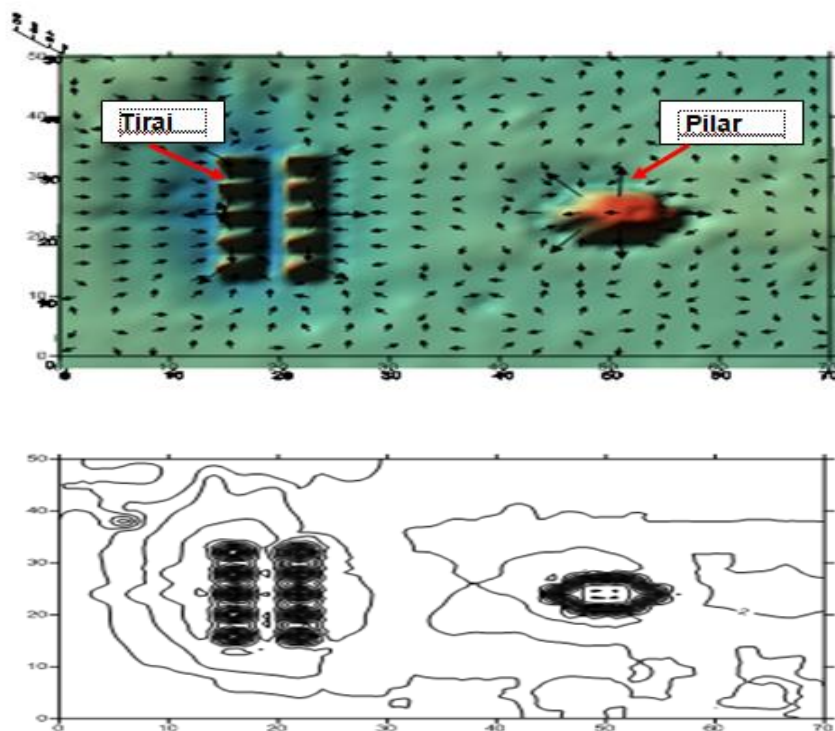


Gambar 125. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_1X_1 untuk $Q_1 : 0,00244 m^3/dt$.

Arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar pilar gerusan yang tidak terlalu tinggi yaitu pada jarak $0,46 m$ dari hulu, disebabkan karena kecepatan aliran semakin kecil setelah melewati tirai dengan tipe tersebut. Dan endapan tertinggi pada jarak $0,56 m$.

Gerusan lokal yang terjadi di sekitar tirai maupun pilar merupakan akibat langsung dari interaksi antar aliran di saluran dan material sedimen dasar sungai/saluran.

b. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_1X_1 untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

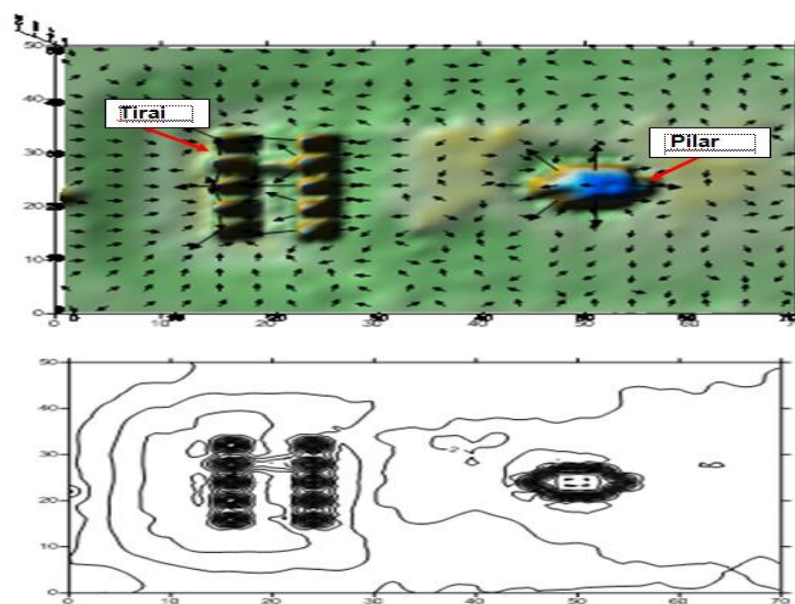


Gambar 126. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_1X_1 untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 126, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi pada jarak $0,20 \text{ m}$ dari hulu. Karena pengaruh jarak antara tirai (X_1) kecepatan aliran menjadi lambat, terjadi arus balik yang begitu kuat menyebabkan besarnya gerusan yang terjadi disekitar tirai. Diantara model penempatan tirai dan pilar terjadi proses gerusan dan pengendapan, dan semakin menuju ke arah pilar gerusan mulai berkurang.

Arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar pilar gerusan yang tertinggi yaitu pada jarak $0,46 m$ di depan pilar, pengendapan disekitar pilar tidak begitu besar disebabkan kerana kecepatan aliran semakin kecil setelah melewati tirai tersebut. Kontur elevasi kedalaman gerusan di sekitar pilar dengan pola gerusan relatif simetris terhadap arah aliran. Elevasi kedalaman gerusan di sekitar pilar semakin kebelakang terjadi pengurangan kedalaman gerusan.

c. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_2X_1 untuk $Q_1 : 0,00244 m^3/dt.$



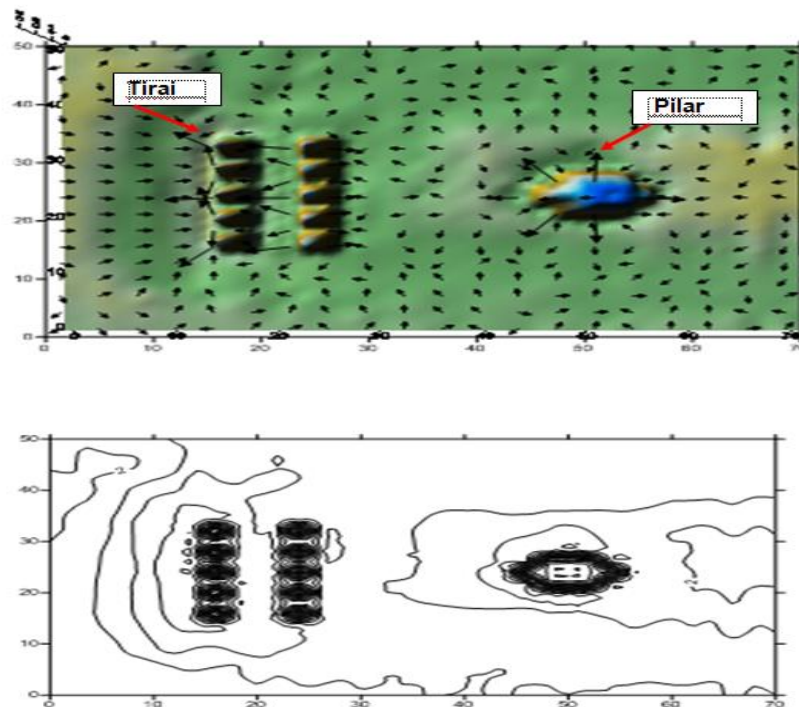
Gambar 127. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_2X_1 untuk $Q_1 : 0,00244 m^3/dt.$

Pada Gambar 127, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi dengan jarak $0,20 m$ dari hulu. Kontur yang terbentuk terjadi perbedaan dibagian hulu, tengah dan hilir tirai. Faktor penyempitan penampang saluran sangat berpengaruh terhadap pola

aliran. Proses pengendapan antara tirai dan pilar pada jarak $0,34\text{ m}$ sampai dengan $0,44\text{ m}$

Arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar pilar, kedalaman gerusan dan tinggi endapan yang terbentuk tidak begitu besar. Gerusan lebih dominan terjadi pada sisi kanan pilar yaitu pada jarak $0,46\text{ m}$ sampai dengan $0,54\text{ m}$.

d. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_2X_1 untuk $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

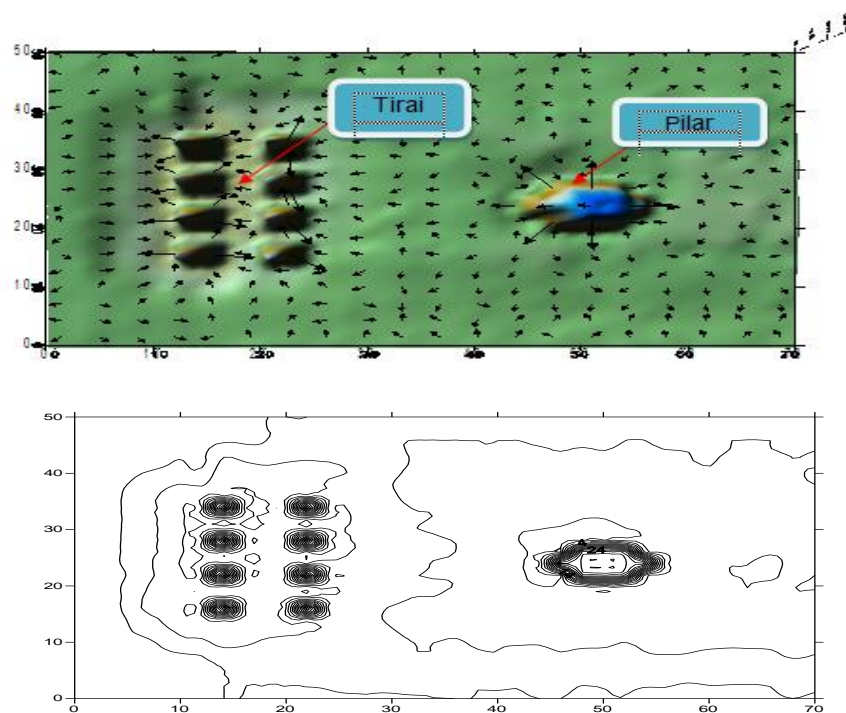


Gambar 128. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_2X_1 untuk $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada gambar 128, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi pada jarak $0,18\text{ m}$ dari hulu. Gerusan mulai berkurang pada jarak $0,22\text{ m}$ sampai kearah pilar. Proses pengendapan tidak begitu besar disekitar pilar.

Arah vektor dan kontur pola gerusan pada sisi kiri pilar dasar saluran hampir rata, tidak ada gerusan maupun pengendapan terutama pada jarak $0,46\text{ m}$ sampai dengan $0,54\text{ m}$.

e. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_2X_2 untuk $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

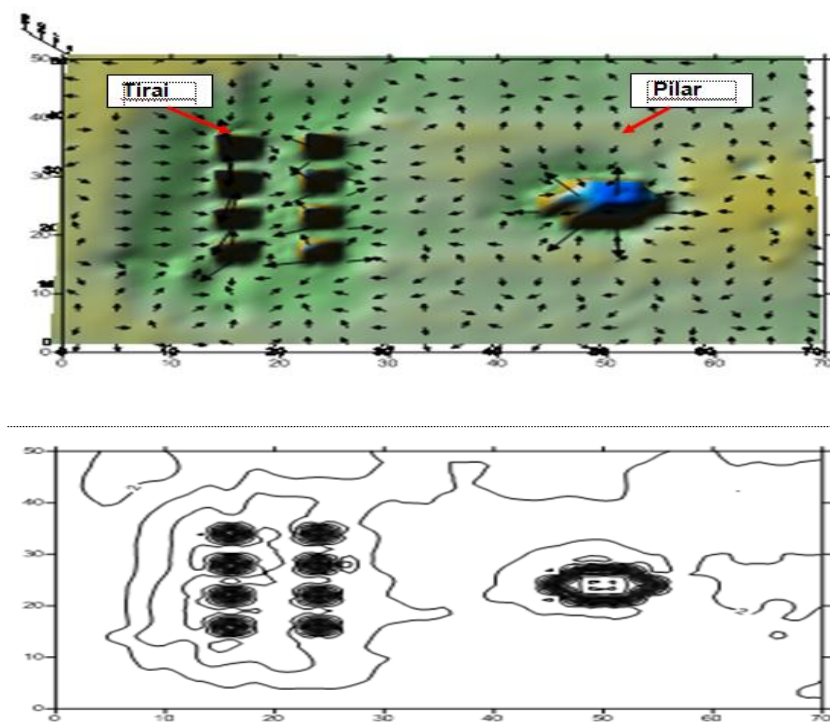


Gambar 129. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_2X_2 untuk $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada gambar 129, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi dengan jarak $0,18\text{ m}$ dari hulu. Karena pengaruh jarak antara tirai (X_2) dan jarak baris tirai (L_2), kontur yang terbentuk terjadi perbedaan dibagian hulu, tengah dan hilir tirai. Faktor penyempitan penampang saluran sangat berpengaruh terhadap pola aliran.

Arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar pilar gerusan yang tertinggi yaitu pada jarak $0,46 m$ dari hulu, lebih dominan terjadi endapan disekitar pilar disebabkan kerana kecepatan aliran semakin kecil setelah melewati tirai tersebut. Dan endapan tertinggi pada jarak $0,58 m$ pada posisi samping pilar.

f. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_2X_2 untuk $Q_2 : 0,0044 m^3/dt$.



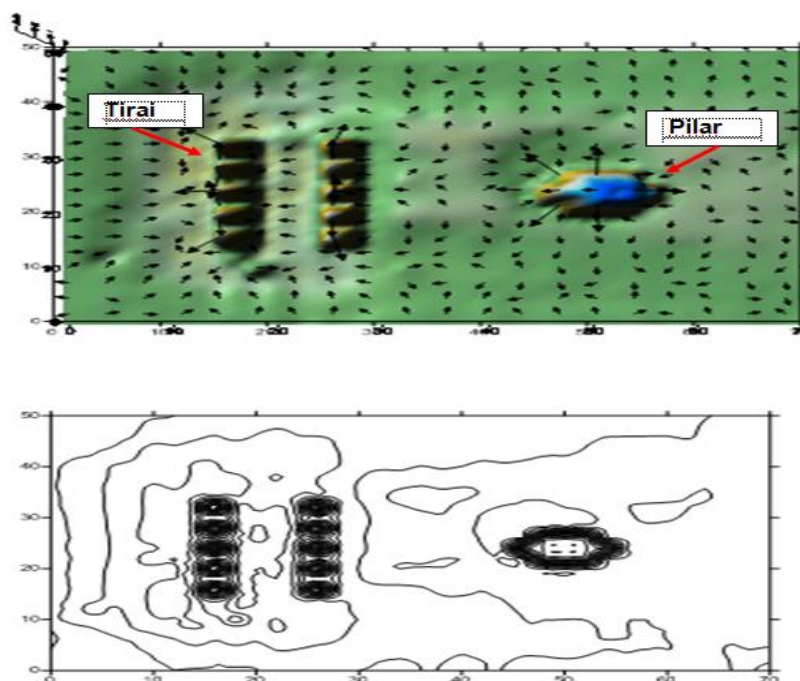
Gambar 130. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_2X_2 untuk $Q_2 : 0,0044 m^3/dt$.

Pada gambar 130, proses gerusan mulai berkurang setelah melewati tirai yaitu pada jarak $0,28 m$ sampai dengan $0,32 m$, setelah itu terjadi proses pengendapan pada jarak $0,34 m$ sampai dengan $0,42 m$.

Kontur dan arah vektor yang terbentuk terjadi perubahan dasar dibagian hulu, tengah dan hilir tirai.

Proses gerusan dominan disekitar pilar dimulai dari bagian hulu pilar sampai tengah pilar, yaitu pada jarak $0,46 m$ sampai dengan $0,54 m$. Proses pengendapan lebih sering terjadi pada bagian hilir pilar.

g. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_3X_1 untuk $Q_1 : 0,00244 m^3/dt$



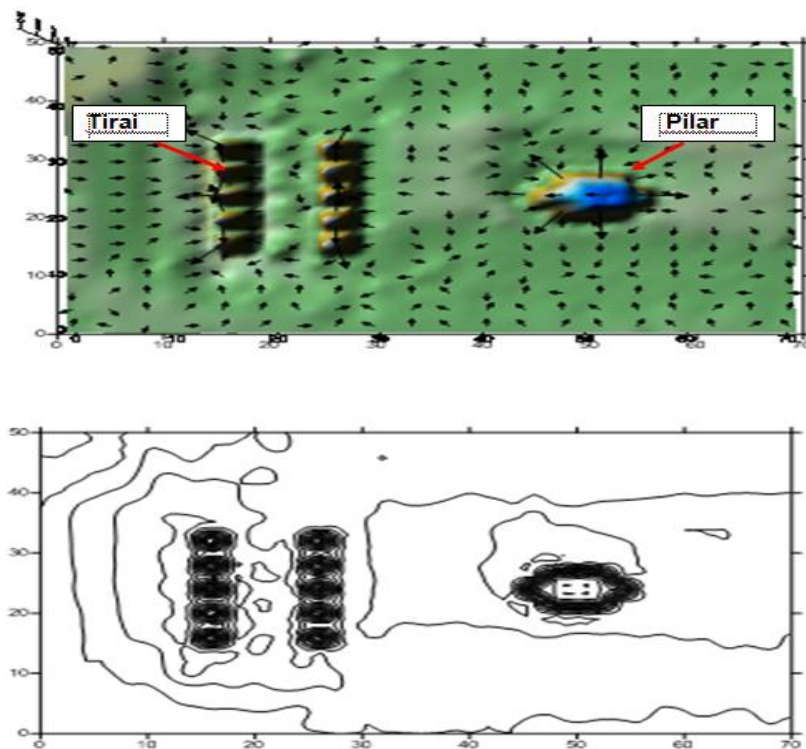
. Gambar 131. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_3X_1 untuk $Q_1 : 0,00244 m^3/dt$.

Pada Gambar 131, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai proses gerusan terjadi pada jarak $0,16 m$ sampai dengan $0,24 m$. Proses pengendapan setelah melewati model tirai hingga ke arah pilar. Disekitar pilar proses gerusan tidak begitu besar hanya dibagian depan

pilar, lebih dominan pengendapan yang tidak begitu besar, yaitu pada jarak $0,46\text{ m}$ sampai dengan $0,58\text{ m}$.

Dapat diasumsikan bahwa perubahan dasar ditinjau dari bentuk kontur di sekitar pilar tidak terjadi gerusan yang signifikan melainkan dasar sudah mulai terjadi keseimbangan, terutama disamping kanan dan kiri pilar.

h. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_3X_1 untuk $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$

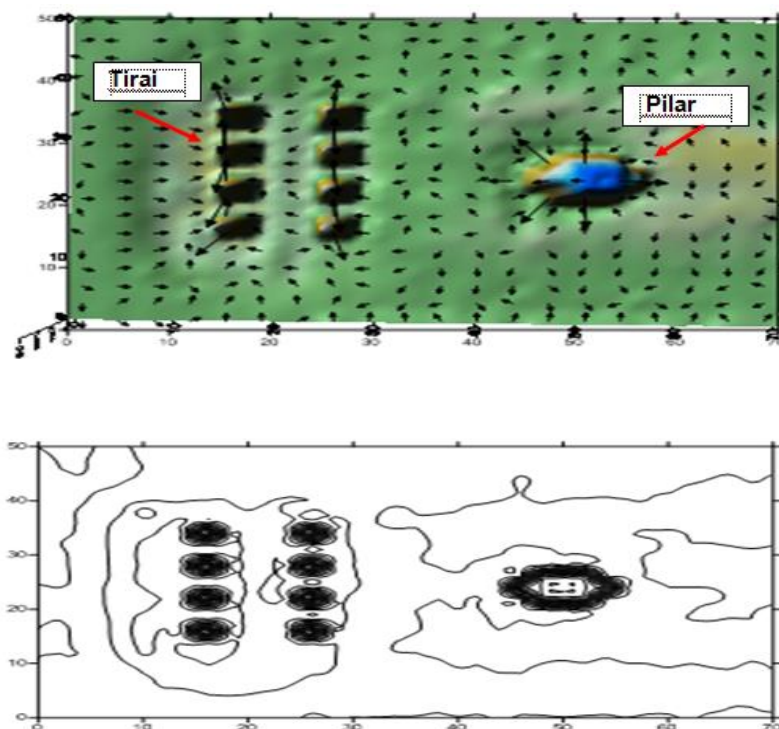


Gambar 132. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_3X_1 untuk $Q_2 : 0,0044\text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada gambar 132, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai proses gerusan terjadi pada jarak $0,14\text{ m}$ sampai dengan $0,32\text{ m}$., walaupun gerusan yang terjadi lebih panjang dibandingkan dengan

dengan model tirai yang lain, namun gerusan yang terjadi tidak begitu besar. Proses gerusan agak besar pada jarak $0,34\text{ m}$ sampai dengan $0,44\text{ m}$. Disekitar pilar proses gerusan lebih dominan dibagian kanan pilar yaitu pada jarak $0,46\text{ m}$ sampai dengan $0,56\text{ m}$. Diasumsikan bahwa perubahan dasar ditinjau dari bentuk kontur di sekitar pilar tidak terjadi gerusan yang signifikan melainkan dasar sudah mulai terjadi keseimbangan, terutama disamping kanan dan kiri pilar.

i. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_3X_2 untuk $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$



Gambar 133. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_3X_2 untuk $Q_1 : 0,00244\text{ m}^3/\text{dt}$.

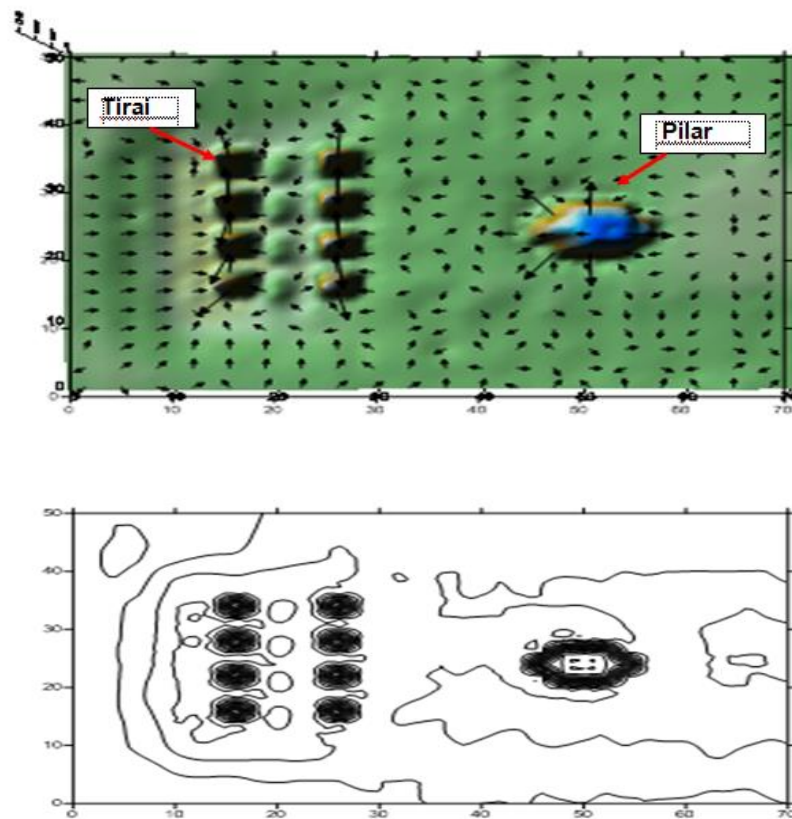
Pada Gambar 133, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan tertinggi terjadi dengan jarak $0,16\text{ m}$ dari hulu. Gerusan yang terjadi di mulai dari hulu tirai, menuju ke tengah dan hilir. Gerusan

maksimum terjadi ditengah tirai. Faktor penyempitan penampang saluran sangat berpengaruh terhadap pola aliran dan gerusan yang terjadi. Aliran yang membentur tirai akan menyebabkan terjadinya pusaran terutama di bagian hulu tirai, masing-masing pusaran memiliki pola yang berbeda.

Arah vektor dan kontur pola gerusan di sekitar pilar gerusan yang tertinggi terjadi di depan pilar yaitu pada jarak $0,46 m$ dari hulu bahagian tengah, lebih dominan terjadi endapan disamping pilar karena terjadi arus balik kerana kecepatan aliran semakin kecil setelah melewati tirai tersebut. Berdasarkan gambar 133, dapat diasumsikan bahwa dasar suatu bentuk kontur di sekitar pilar tidak terjadi gerusan yang signifikan melainkan terjadi proses endapan disamping kiri dan kanan pilar.

j. Pola Deformasi Dasar Model Tirai BL_3X_2 untuk $Q_2 : 0,0044 m^3/dt$

Pada Gambar 134, arah vektor dan kontur pola gerusan disekitar tirai gerusan dengan jarak $0,18 m$ sampai $0,36 m$. Gerusan yang terjadi di mulai dari hulu tirai, menuju ke tengah dan hilir. Gerusan maksimum terjadi ditengah tirai. Faktor penyempitan penampang saluran sangat berpengaruh terhadap pola aliran dan gerusan yang terjadi. Aliran yang membentur tirai akan menyebabkan terjadinya pusaran terutama di bagian hulu tirai, masing-masing pusaran memiliki pola yang berbeda.



Gambar 134. Arah Vektor dan Kontur Perubahan Dasar Model Tirai BL_3X_2 untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Arah vektor dan kontur pola gerusan di sekitar pilar, gerusan yang terjadi lebih dominan disekitar pilar yaitu pada jarak $0,46 \text{ m}$ sampai dengan $0,54 \text{ m}$ dari bagian hulu sampai ke tengah pilar. Proses endapan lebih dominan terjadi dibagian hilir pilar karena terjadi arus balik. Dapat diasumsikan bahwa dasar suatu bentuk kontur di sekitar pilar terjadi proses gerusan yang signifikan, selain itu proses pengendapan dominan disisi hilir pilar, walaupun tidak begitu besar.

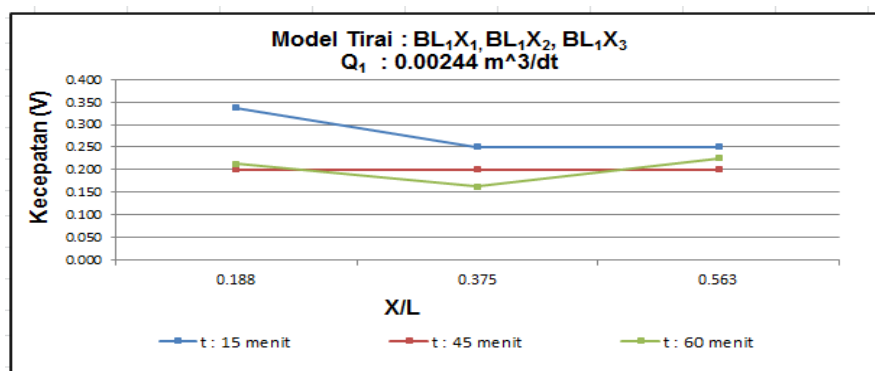
10. Pengaruh Jarak Baris Tirai (X/L) terhadap Kecepatan (V)

Berdasarkan hasil pengamatan tentang jarak baris tirai (X/L) terhadap kecepatan (V) (Lampiran 7). Titik-titik pengamatan untuk variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 untuk debit (Q_1) dan (Q_2) dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

a. Pengaruh Jarak Baris Tirai (X/L) terhadap Kecepatan (V) Model

Tirai BL_1X_1 , BL_1X_2 , dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 135 pengaruh parameter X/L terhadap kecepatan aliran untuk debit (Q_1), untuk t : 15 menit kecepatan aliran cenderung menurun kemudian kecepatan aliran cenderung sama pada setiap titik pengamatan.

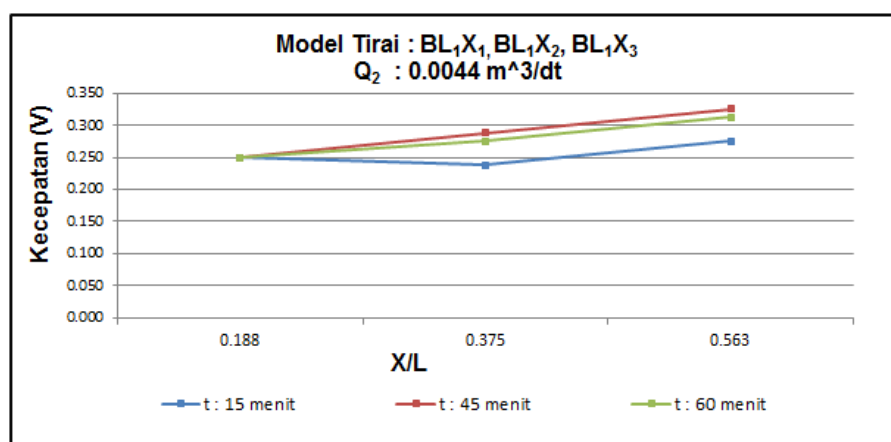


Gambar 135. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai BL_1X_1 , BL_1X_2 , dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_1)

Pada t : 45 menit, kecepatan aliran cenderung seragam, dan untuk t : 60 menit kecepatan aliran terjadi penurunan kecepatan aliran kemudian cenderung meningkat pada akhir pengaliran. Asumsi dari grafik tersebut bahwa parameter dari X/L tergantung dari besarnya kecepatan aliran dan

waktu pengaliran dalam hal ini semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung semakin lambat.

Untuk debit (Q_2) pada gambar 136 terjadi peningkatan kecepatan aliran, dari $t : 15 \text{ menit}$ kemudian kecepatan aliran meningkat pada $t : 45 \text{ menit}$, dan pada saat $t : 60 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung menurun.



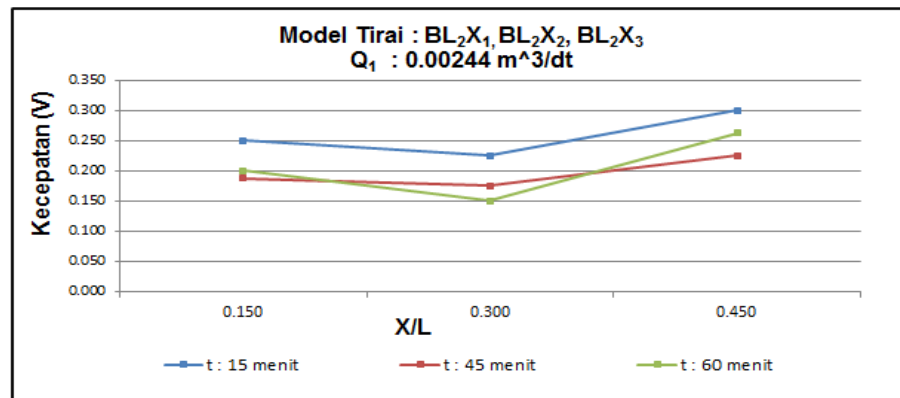
Gambar 136. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai BL_1X_1, BL_1X_2 , dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_2)

Asumsi dari gambar grafik 136 menyatakan bahwa semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung semakin meningkat.

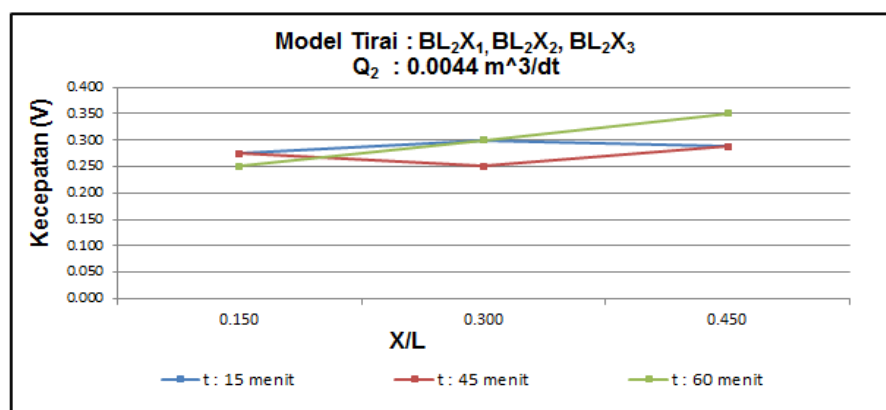
b. Pengaruh Jarak Baris Tirai (X/L) terhadap Kecepatan (V) Model Tirai BL_2X_1, BL_2X_2 , dan BL_2X_3 untuk debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 137 pengaruh parameter X/L terhadap kecepatan aliran untuk debit (Q_1), untuk $t : 15 \text{ menit}$ kecepatan aliran meningkat hingga pada $t : 45 \text{ menit}$, kecepatan aliran cenderung menurun setelah $t : 60 \text{ menit}$ kemudian meningkat karena dipengaruhi oleh perubahan dasar saluran. Asumsi dari grafik

tersebut semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung meningkat walaupun tidak signifikan.



Gambar 137. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai $BL_2X_1, BL_2X_2,$ dan BL_2X_3 untuk Debit (Q_1)



Gambar 138. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai $BL_2X_1, BL_2X_2,$ dan BL_2X_3 untuk Debit (Q_2)

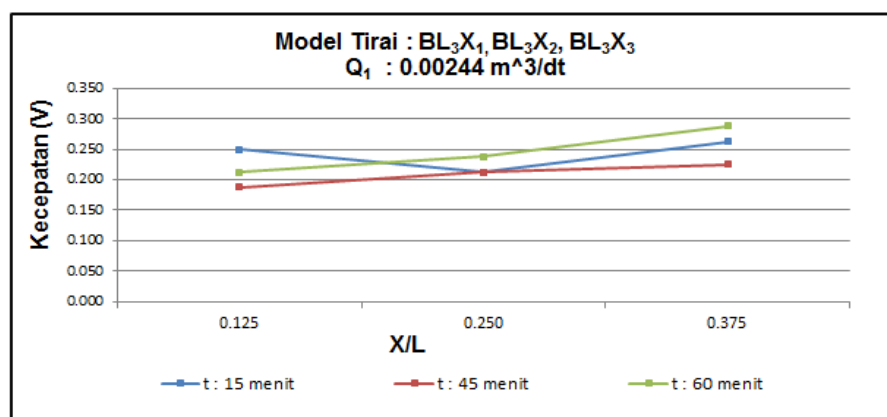
Pada Gambar 137 untuk debit (Q_2), menunjukkan bahwa kecepatan aliran pada $t : 15$ menit tidak jauh berbeda pada saat $t : 45$ menit pada titik-titik tertentu kecepatan cenderung sama. dan pada saat $t : 60$ menit

kecepatan aliran cenderung meningkat kembali. Asumsi dari grafik tersebut semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung berkurang.

c. Pengaruh Jarak Baris Tirai (X/L) terhadap Kecepatan (V) Model

Tirai BL_3X_1 , BL_3X_2 , dan BL_3X_3 untuk debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

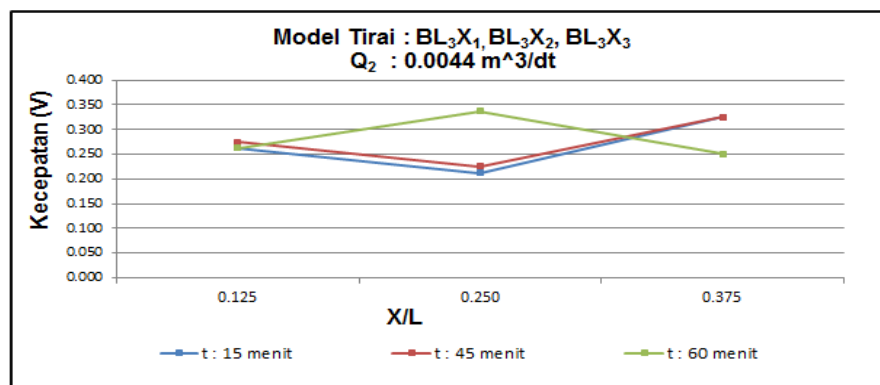
Berdasarkan hasil pengamatan pada Gambar 139 pengaruh parameter X/L terhadap kecepatan aliran untuk debit (Q_1), untuk $t : 15$ menit terjadi penurunan kecepatan kemudian cenderung kecepatan aliran cenderung meningkat. Untuk $t : 45$ menit kecepatan aliran semakin lama kecepatan aliran cenderung meningkat. Untuk $t : 60$ menit kecepatan aliran meningkat kemudian menurun seiring dengan lamanya pengaliran.



Gambar 139. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai BL_3X_1 , BL_3X_2 , dan BL_3X_3 untuk Debit (Q_1)

Untuk debit (Q_2) gambar 140, untuk $t : 15$ menit dan $t : 45$ menit menunjukkan semakin lama pengaliran, kecepatan aliran semakin menurun, kemudian meningkat kembali. Untuk $t : 60$ menit kecepatan

aliran cenderung meningkat, kemudian terjadi penurunan kecepatan aliran.



Gambar 140. Pengaruh Parameter X/L terhadap Kecepatan (V) Model Tirai $BL_3X_1, BL_3X_2,$ dan BL_3X_3 untuk Debit (Q_2)

11. Pengaruh Jarak Antar Tirai (X/B) terhadap Angka Froude (Fr)

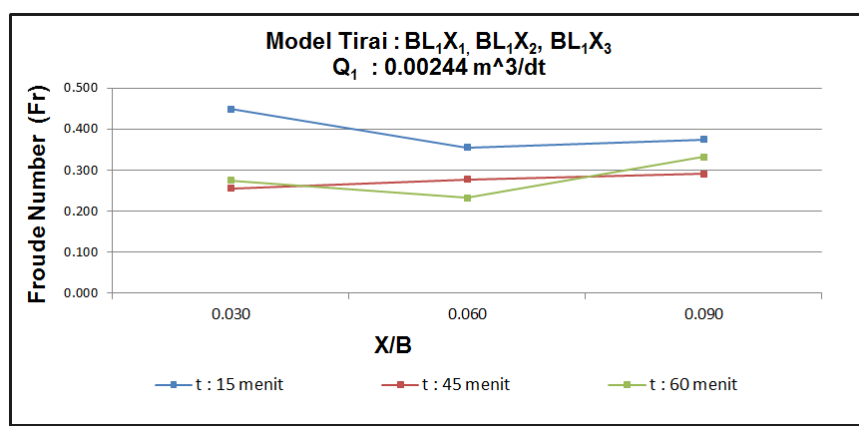
Kecepatan aliran salah satunya adalah tergantung dari kondisi aliran, dalam hal ini dibedakan menjadi aliran sub kritis, kritis dan super kritis. Berdasarkan hasil pengamatan tentang jarak Antar tirai (X/B) terhadap Angka *Froude* (Fr) (Lampiran 7). Titik-titik pengamatan untuk variasi waktu t_1 , t_2 dan t_3 untuk debit (Q_1) dan (Q_2) dapat dilihat pada grafik dibawah ini.

a. Pengaruh Jarak Antar Tirai (X/B) terhadap Angka Froude (Fr)

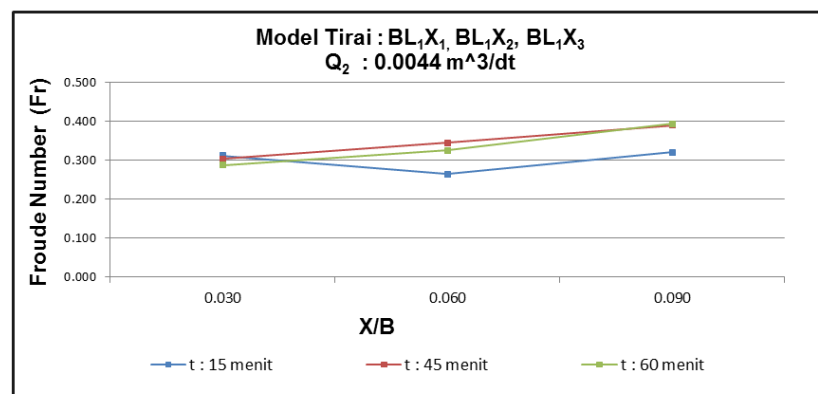
Model Tirai $BL_1X_1, BL_1X_2,$ dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 141 pengaruh parameter X/B terhadap *Froude Number* (Fr) untuk debit (Q_1), untuk $t : 15$ menit pada awal pengaliran kecepatan aliran cenderung meningkat hingga

mencapai kritis, dengan adanya pengaruh waktu kecepatan aliran menurun ke sub kritis dan kecepatan aliran hampir seragam pada setiap titik pengamatan. Untuk $t : 45 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung meningkat. Untuk $t : 60 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung menurun kemudian meningkat, namun masih dalam kategori sub kritis.



Gambar 141. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai $BL_1X_1, BL_1X_2,$ dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_1)



Gambar 142. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai $BL_1X_1, BL_1X_2,$ dan BL_1X_3 untuk Debit (Q_2)

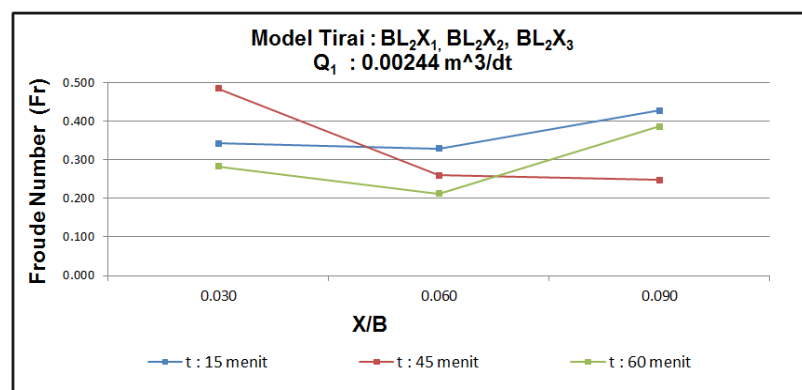
Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 142 pengaruh parameter X/B terhadap Froude Number (Fr) untuk debit (Q_2), untuk $t : 15$

menit terjadi penurunan kecepatan kemudian kecepatan aliran cenderung meningkat tetapi masih dalam kategori sub kritis. Untuk $t : 45 \text{ menit}$ kecepatan aliran semakin lama cenderung semakin meningkat mencapai kritis. Untuk $t : 60 \text{ menit}$ kecepatan aliran terus meningkat menghampiri kritis.

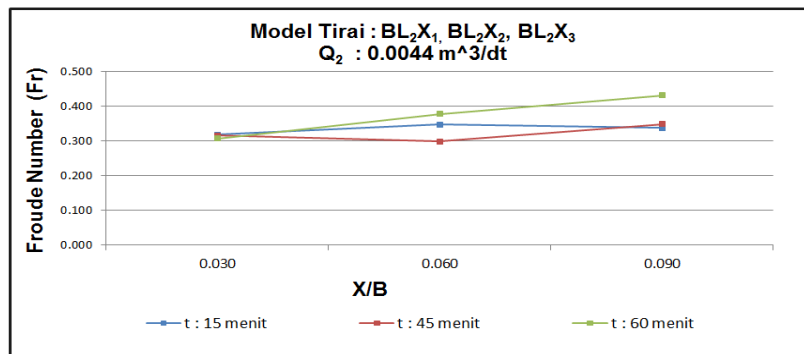
b. Pengaruh Jarak Antar Tirai (X/B) terhadap Angka Froude (Fr)

Model Tirai BL_2X_1, BL_2X_2 , dan BL_2X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 143 pengaruh pengaruh parameter X/B terhadap *Froude Number* (Fr) untuk debit (Q_1), untuk $t : 15 \text{ menit}$ pada awal pengaliran kecepatan aliran cenderung meningkat hingga menghampiri kritis. Untuk $t : 45 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung meningkat menghampiri kritis, namun kemudian lambat laun kecepatan aliran menurun hingga mencapai sub kritis. Untuk $t : 60 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung menurun kemudian meningkat, namun masih dalam kategori sub kritis.



Gambar 143. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai BL_2X_1, BL_2X_2 , dan BL_2X_3 untuk Debit (Q_1)

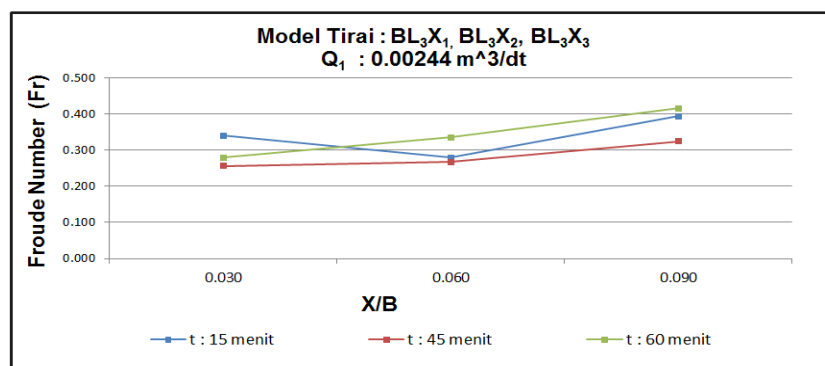


Gambar 144. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai $BL_2X_1, BL_2X_2,$ dan BL_2X_3 untuk Debit (Q_2)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 144 pengaruh parameter X/B terhadap *Froude Number* (Fr) untuk debit (Q_2), dari variasi waktu untuk $t : 15 \text{ menit}$, $t : 45 \text{ menit}$ dan $t : 60 \text{ menit}$ dari grafik tersebut untuk $t : 60 \text{ menit}$ kecepatan aliran cenderung meningkat dibandingkan dengan $t : 15 \text{ menit}$ dan $t : 45 \text{ menit}$, namun kecepatan aliran masih dalam kategori sub kritis.

c. Pengaruh Jarak Antar Tirai (X/B) terhadap Angka Froude (Fr)

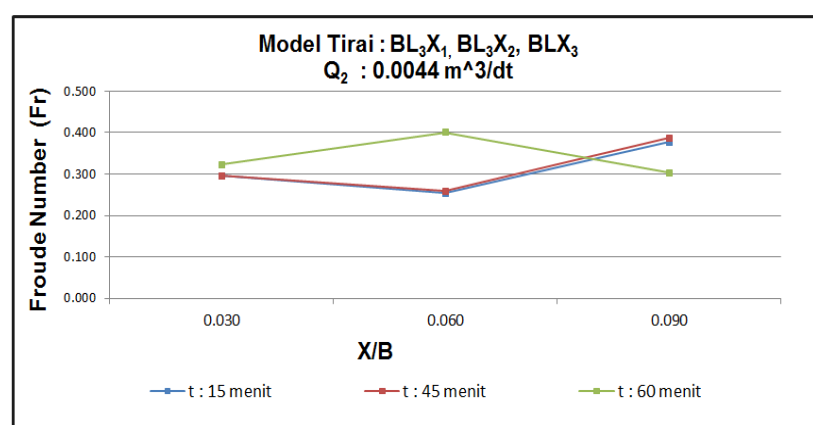
Model Tirai $BL_3X_1, BL_3X_2,$ dan BL_3X_3 untuk Debit (Q_1) dan Debit (Q_2)



Gambar 145. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai $BL_3X_1, BL_3X_2,$ dan BL_3X_3 untuk Debit (Q_1)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 145 pengaruh parameter X/B terhadap *Froude Number* (Fr) untuk debit (Q_1), untuk $t : 15$ menit pada awal pengaliran kecepatan aliran cenderung menurun kemudian meningkat tetapi masih dalam kategori sub kritis. Untuk $t : 45$ menit semakin lama pengaliran kecepatan aliran cenderung meningkat tetapi juga masih dalam kategori sub kritis. Untuk $t : 60$ menit kecepatan aliran semakin meningkat dengan lamanya pengaliran hingga cenderung mencapai kritis.

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 146 pengaruh parameter X/B terhadap *Froude Number* (Fr) untuk debit (Q_2), untuk $t : 15$ menit, $t : 45$ menit kecepatan aliran cenderung menurun kemudian meningkat tetapi masih dalam kategori sub kritis, untuk $t : 60$ menit kecepatan aliran cenderung meningkat kemudian kecepatan aliran cenderung menurun hingga mencapai sub kritis.

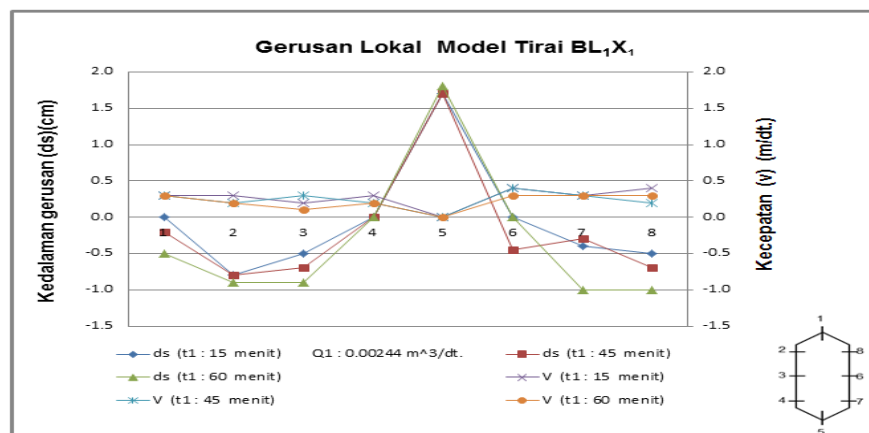


Gambar 146. Pengaruh Parameter X/B terhadap Angka Froude (Fr) Model Tirai BL_3X_1, BL_3X_2 , dan BL_3X_3 untuk Debit (Q_2)

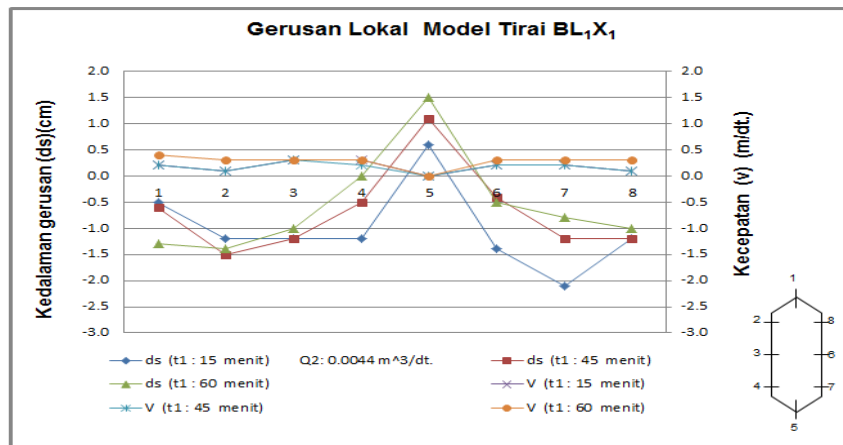
12. Gerusan Lokal disekitar Pilar Jembatan

Gerusan lokal yang terjadi disekitar pilar akan mempengaruhi kedalaman gerusan dan kecepatan. Pada pengujian ini hubungan kedalaman gerusan terhadap kecepatan pada pilar diamati setelah proses gerusan terjadi pada titik pengamatan di lokasi pilar, seperti pada gambar dibawah ini yang merupakan hasil evaluasi dari beberapa model tirai, yaitu model tirai BL_1X_1 , BL_2X_1 , BL_2X_2 , dan BL_2X_3 , untuk 2 (dua) variasi debit.

Pada Gambar 147 dan 148 dapat dilihat bahwa hubungan kedalaman gerusan lokal dengan kecepatan aliran disekitar pilar adalah sama untuk posisi pilar dengan arah aliran yang datang, yang berbeda adalah kedalaman gerusan dan kecepatan aliran seiring bertambahnya debit.

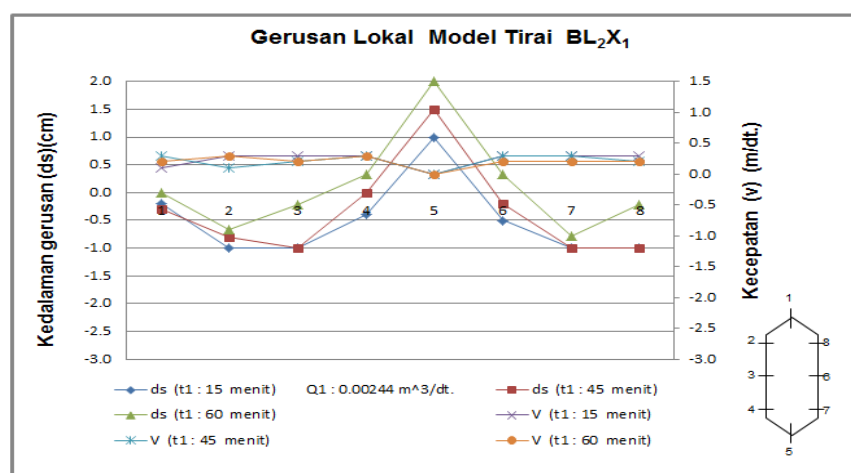


Gambar 147. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_1X_1 , untuk $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.

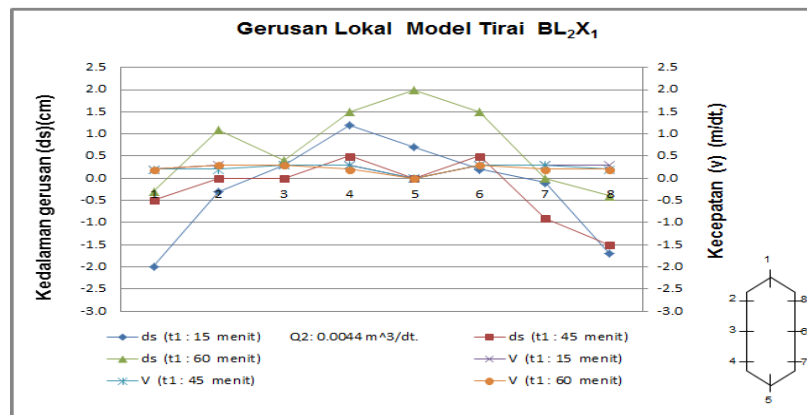


Gambar 148. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL₁X₁, untuk Q₂ : 0,0044 m³/dt.

Pada Gambar 147 gerusan lokal maksimum, pada titik 7 dan 8, yaitu 1,0 cm dan kecepatan aliran (V) : 0,30 m/dt. Proses pengendapan terbesar pada titik 5. Pada Gambar 148 gerusan lokal maksimum pada titik 2, yaitu 1,5 cm dan kecepatan aliran (V) : 0,2 m³/dt. Proses pengendapan mulai menurun dibelakang pilar.



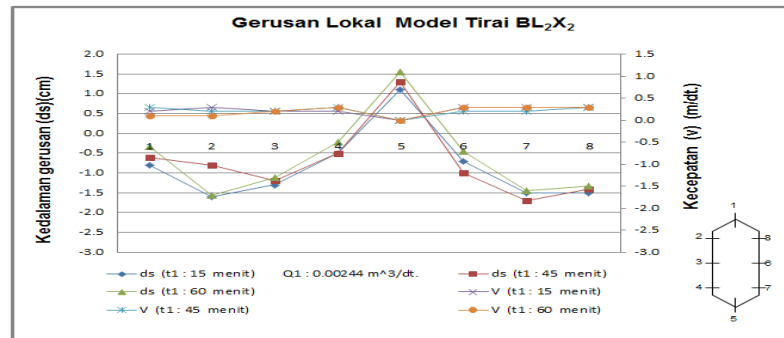
Gambar 149. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL₂X₁, untuk Q₁ : 0,00244 m³/dt.



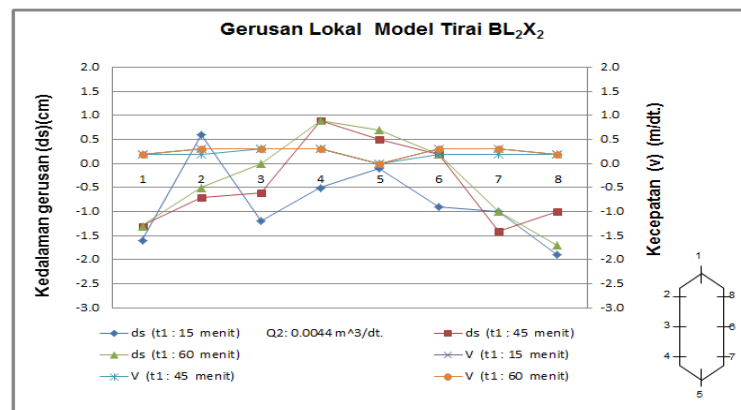
Gambar 150. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_2X_1 , untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 149 gerusan lokal terbesar pada titik 3, 7 dan 8, yaitu 1,0 cm dan kecepatan aliran (V) : 0,20 m/dt. Proses pengendapan tidak begitu besar pada titik 5. Pada Gambar 150 dominan terjadi proses pengendapan, gerusan lokal hanya terjadi pada titik 1, 7 dan 8, gerusan lokal cenderung menurun, kecuali pada titik 8 gerusan lokal mencapai 1,5 cm dengan kecepatan aliran (V) : 0,20 m/dt.

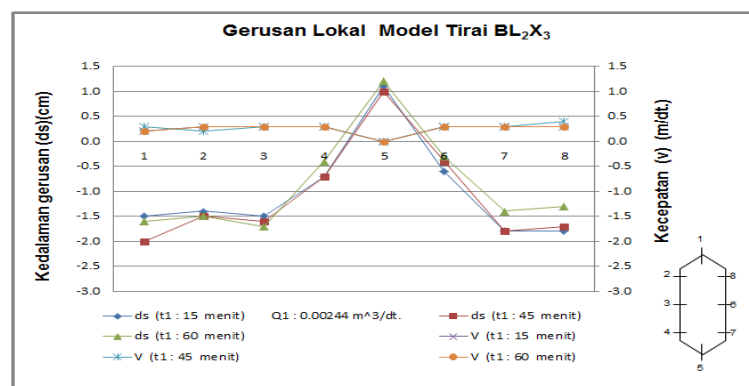
Pada Gambar 151 hampir pada setiap titik pengamatan terjadi gerusan lokal, kecuali pada titik 5, gerusan lokal maksimum pada titik 7 dengan elevasi kedalaman gerusan lokal (ds) : 1,7 cm, dan kecepatan aliran (V) : 0,20 m/dt. Pada Gambar 152 tidak semua titik pengamatan terjadi gerusan lokal disekitar pilar, gerusan local maksimum pada titik 1 dan titik 8, yaitu elevasi kedalaman gerusan (ds) : 1,3 cm dan 1,7 cm dengan kecepatan aliran (V) : 0,2 m/dt.



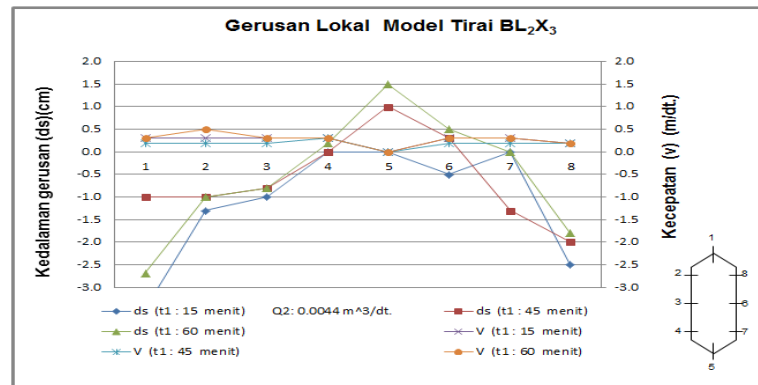
Gambar 151. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_2X_2 , untuk $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.



Gambar 152. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_2X_2 , untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.



Gambar 153. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_2X_3 , untuk $Q_1 : 0,00244 \text{ m}^3/\text{dt}$.



Gambar 154. Hubungan Kedalaman Gerusan Lokal Terhadap Kecepatan Aliran Model Tirai BL_2X_3 , untuk $Q_2 : 0,0044 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Pada Gambar 153 hampir dominan terjadi proses gerusan pada titik pengamatan, gerusan lokal terbesar pada titik 1, 7 dan 8 dengan elevasi kedalaman gerusan (ds) : $2,0 \text{ cm}$ dan $1,8 \text{ cm}$ dengan kecepatan aliran (V) : $0,20 \text{ m/dt}$. dan $0,30 \text{ m/dt}$. Pada Gambar 154 gerusan terbesar pada $t : 15 \text{ menit}$ dan untuk $t : 45 \text{ menit}$. Untuk $t : 60 \text{ menit}$ proses gerusan mulai menurun, gerusan lokal maksimum, yaitu pada titik 1, dengan elevasi kedalaman kedalaman gerusan lokal (ds) : $2,7 \text{ cm}$, dan kecepatan aliran (V) : $0,30 \text{ m/dt}$.

13. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan

Empiris

Data kedalaman gerusan hasil pengujian selanjutnya akan dievaluasi terhadap persamaan empiris yang digunakan oleh The Colorado State University (CSU), Froehlich, Garde dan Raju dengan membandingkan hasil uji model laboratorium. Adapun besarnya gerusan yang di hasilkan dapat dilihat pada Lampiran 7 dan Lampiran 8 dan

rekapitulasi hasil perhitungan kedalaman gerusan (ds) dapat dilihat pada

Tabel 6 dan Tabel 7 berikut ini.

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan Hasil Uji Model Laboratorium

No.	Variasi Model Tirai	Q1 (m ³ /dt.)	t (menit)	dz (m)	Hasil Uji Laboratorium		
					ds	ds/dz	% (gerusan)
1	Tanpa Tirai	0.00224	15	0.055	0.055	1.000	100.00
2	BL ₁ X ₁	0.00224	15	0.055	0.025	0.450	45.00
3	BL ₁ X ₂	0.00224	15	0.055	0.025	0.460	46.00
4	BL ₁ X ₃	0.00224	15	0.055	0.026	0.480	48.00
5	Tanpa Tirai	0.00224	45	0.050	0.050	1.000	100.00
6	BL ₁ X ₁	0.00224	45	0.050	0.021	0.410	41.00
7	BL ₁ X ₂	0.00224	45	0.050	0.022	0.449	44.90
8	BL ₁ X ₃	0.00224	45	0.050	0.024	0.472	47.20
9	Tanpa Tirai	0.00224	60	0.040	0.040	1.000	100.00
10	BL ₁ X ₁	0.00224	60	0.040	0.017	0.429	42.92
11	BL ₁ X ₂	0.00224	60	0.040	0.018	0.449	44.87
12	BL ₁ X ₃	0.00224	60	0.040	0.019	0.481	48.10
13	Tanpa Tirai	0.00224	15	0.055	0.055	1.000	100.00
14	BL ₂ X ₁	0.00224	15	0.055	0.026	0.464	46.40
15	BL ₂ X ₂	0.00224	15	0.055	0.025	0.455	45.50
16	BL ₂ X ₃	0.00224	15	0.055	0.026	0.464	46.40
17	Tanpa Tirai	0.00224	45	0.050	0.050	1.000	100.00
18	BL ₂ X ₁	0.00224	45	0.050	0.021	0.425	42.50
19	BL ₂ X ₂	0.00224	45	0.050	0.022	0.445	44.50
20	BL ₂ X ₃	0.00224	45	0.050	0.024	0.485	48.50
21	Tanpa Tirai	0.00224	60	0.040	0.040	1.000	100.00
22	BL ₂ X ₁	0.00224	60	0.040	0.018	0.450	45.00
23	BL ₂ X ₂	0.00224	60	0.040	0.019	0.465	46.50
24	BL ₂ X ₃	0.00224	60	0.040	0.020	0.500	50.00
25	Tanpa Tirai	0.00224	15	0.055	0.055	1.000	100.00
26	BL ₃ X ₁	0.00224	15	0.055	0.022	0.400	40.00
27	BL ₃ X ₂	0.00224	15	0.055	0.017	0.397	39.70
28	BL ₃ X ₃	0.00224	15	0.055	0.026	0.450	45.00
29	Tanpa Tirai	0.00224	45	0.050	0.050	0.450	45.00
30	BL ₃ X ₁	0.00224	45	0.050	0.021	0.410	41.00
31	BL ₃ X ₂	0.00224	45	0.050	0.023	0.450	45.00
32	BL ₃ X ₃	0.00224	45	0.050	0.023	0.469	46.90
33	Tanpa Tirai	0.00224	60	0.040	0.040	1.000	100.00
34	BL ₃ X ₁	0.00224	60	0.040	0.012	0.300	30.00
35	BL ₃ X ₂	0.00224	60	0.040	0.018	0.450	45.00
36	BL ₃ X ₃	0.00224	60	0.040	0.019	0.475	47.50

Lanjutan Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan Hasil Uji Model Laboratorium

No.	Formasi	Q2 (m ³ /dt.)	t (menit)	dz (m)	Hasil Uji Laboratorium		
					ds	ds/dz	% (gerusan)
1	Tanpa Tirai	0.0044	15	0.060	0.060	1.000	100.00
2	BL ₁ X ₁	0.0044	15	0.060	0.025	0.424	42.40
3	BL ₁ X ₂	0.0044	15	0.060	0.027	0.453	45.30
4	BL ₁ X ₃	0.0044	15	0.060	0.029	0.485	48.50
5	Tanpa Tirai	0.0044	45	0.070	0.070	1.000	100.00
6	BL ₁ X ₁	0.0044	45	0.070	0.030	0.422	42.20
7	BL ₁ X ₂	0.0044	45	0.070	0.032	0.452	45.20
8	BL ₁ X ₃	0.0044	45	0.070	0.034	0.483	48.31
9	Tanpa Tirai	0.0044	60	0.055	0.055	1.000	100.00
10	BL ₁ X ₁	0.0044	60	0.055	0.024	0.430	43.00
11	BL ₁ X ₂	0.0044	60	0.055	0.025	0.455	45.52
12	BL ₁ X ₃	0.0044	60	0.055	0.027	0.484	48.45
13	Tanpa Tirai	0.0044	15	0.060	0.060	1.000	100.00
14	BL ₂ X ₁	0.0044	15	0.060	0.028	0.460	46.00
15	BL ₂ X ₂	0.0044	15	0.060	0.028	0.463	46.30
16	BL ₂ X ₃	0.0044	15	0.060	0.029	0.475	47.50
17	Tanpa Tirai	0.0044	45	0.070	0.070	1.000	100.00
18	BL ₂ X ₁	0.0044	45	0.070	0.029	0.421	42.10
19	BL ₂ X ₂	0.0044	45	0.070	0.031	0.447	44.70
20	BL ₂ X ₃	0.0044	45	0.070	0.033	0.471	47.10
21	Tanpa Tirai	0.0044	60	0.055	0.055	1.000	100.00
22	BL ₂ X ₁	0.0044	60	0.055	0.023	0.419	41.90
23	BL ₂ X ₂	0.0044	60	0.055	0.024	0.443	44.30
24	BL ₂ X ₃	0.0044	60	0.055	0.026	0.475	47.50
25	Tanpa Tirai	0.0044	15	0.060	0.060	1.000	100.00
26	BL ₃ X ₁	0.0044	15	0.060	0.026	0.425	42.50
27	BL ₃ X ₂	0.0044	15	0.060	0.027	0.444	44.37
28	BL ₃ X ₃	0.0044	15	0.060	0.029	0.489	48.90
29	Tanpa Tirai	0.0044	45	0.070	0.070	1.000	100.00
30	BL ₃ X ₁	0.0044	45	0.070	0.029	0.418	41.80
31	BL ₃ X ₂	0.0044	45	0.070	0.031	0.444	44.40
32	BL ₃ X ₃	0.0044	45	0.070	0.033	0.470	47.00
33	Tanpa Tirai	0.0044	60	0.055	0.055	1.000	100.00
34	BL ₃ X ₁	0.0044	60	0.055	0.023	0.414	41.40
35	BL ₃ X ₂	0.0044	60	0.055	0.025	0.457	45.70
36	BL ₃ X ₃	0.0044	60	0.055	0.026	0.465	46.50

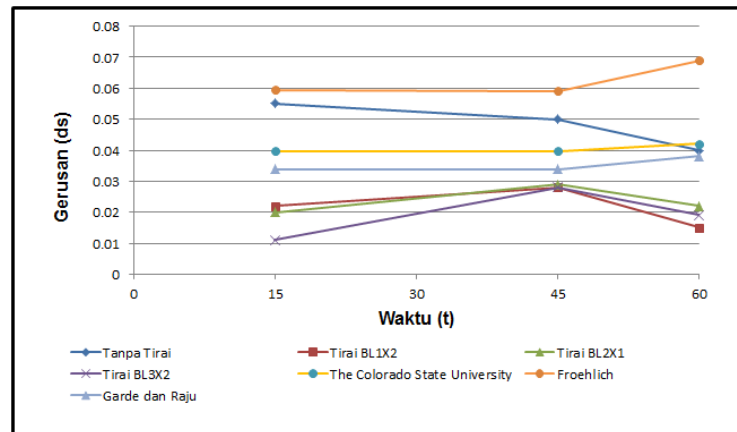
Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Kedalaman Gerusan dengan menggunakan Pendekatan Empiris

No.	Q1 (m ³ /dt.)	t (menit)	dz (m)	The Colorado State University		
				ds	ds/dz	% (gerusan)
1	0.00224	15	0.055	0.040	0.723	72.26
2	0.00224	45	0.050	0.040	0.794	79.36
3	0.00224	60	0.040	0.042	1.051	105.08
4	0.0044	15	0.060	0.046	2.416	241.62
5	0.0044	45	0.070	0.047	2.217	221.68
6	0.0044	60	0.055	0.040	2.337	233.69

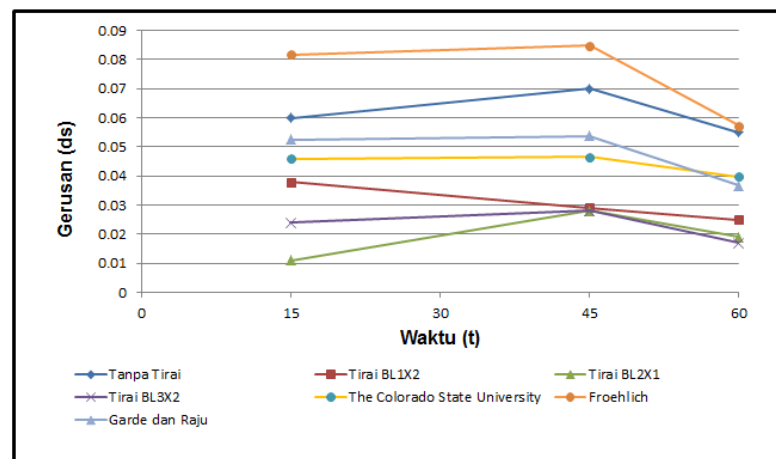
No.	Q1 (m ³ /dt.)	t (menit)	dz (m)	Froehlich		
				ds	ds/dz	% (gerusan)
1	0.00224	15	0.055	0.059	1.080	107.97
2	0.00224	45	0.050	0.059	1.183	118.27
3	0.00224	60	0.040	0.069	1.723	172.32
4	0.0044	15	0.060	0.082	1.361	136.13
5	0.0044	45	0.070	0.085	1.212	121.25
6	0.0044	60	0.055	0.057	1.040	104.00

No.	Q1 (m ³ /dt.)	t (menit)	dz (m)	Garde dan Raju		
				ds	ds/dz	% (gerusan)
1	0.00224	15	0.055	0.034	0.617	61.67
2	0.00224	45	0.050	0.034	0.676	67.63
3	0.00224	60	0.040	0.038	0.951	95.10
4	0.0044	15	0.060	0.052	0.874	87.36
5	0.0044	45	0.070	0.054	0.769	76.85
6	0.0044	60	0.055	0.037	0.666	66.59

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7 dapat dibuatkan grafik hubungan antara waktu pengaliran (t) terhadap gerusan (ds) dengan membandingkan hasil uji model laboratorium dengan beberapa pendekatan empiris, yaitu The Colorado State University (CSU), Froehlich, Garde dan Raju.



Gambar 155. Grafik Hubungan waktu pengaliran (t) dengan kedalaman gerusan (ds) untuk debit Q_1



Gambar 156. Grafik Hubungan waktu pengaliran (t) dengan kedalaman gerusan (ds) untuk debit Q_2

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 7 yang disajikan dalam gambar 155 dan 156 terlihat bahwa perbandingan hasil perhitungan kedalaman gerusan dengan membandingkan dengan menggunakan pendekatan empiris, menunjukkan hasil yang lebih optimal pada penggunaan tirai bersisi cekung sebelum pilar jembatan.

Dari hasil uji model laboratorium menunjukkan terjadi pengurangan gerusan disekitar pilar jembatan dengan membandingkan hasil gerusan (ds), dengan beberapa pendekatan. Dari beberapa pendekatan yang digunakan, maka pendekatan Garde dan Raju yang menghampiri hasil uji model laboratorium, namun pada pendekatan Froehlich diperoleh perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan beberapa faktor, antara lain adalah pengaruh dari parameter-parameter yang digunakan yaitu kecepatan aliran, kedalaman aliran, bentuk dan ukuran pilar serta jarak antara tirai dan pilar.

B. Analisis Hubungan Antar Parameter

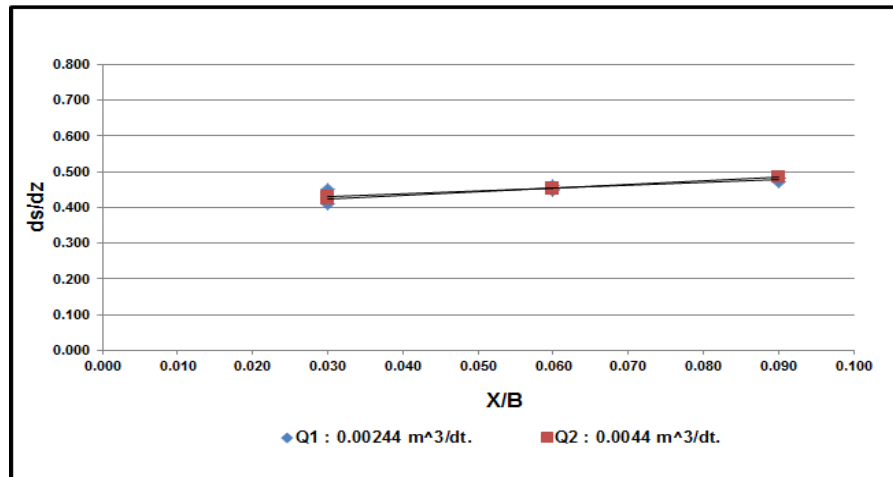
1. Pengaruh $\frac{X}{B}$ Terhadap $\frac{ds}{dz}$

Untuk menganalisis hasil penelitian langkah pertama dalam eksperimen adalah menentukan beberapa variable atau parameter yang berpengaruh. Untuk mendapatkan hubungan dan pengaruh antar parameter, maka dalam eksperimen dilakukan simulasi dengan memvariasikan nilai beberapa parameter yang berpengaruh.

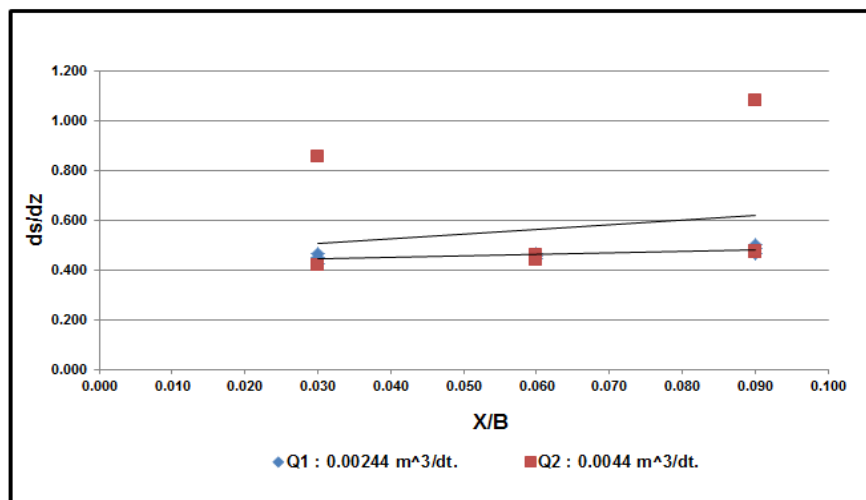
Dalam penelitian ini beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kedalaman gerusan relatif ($\frac{ds}{dz}$) adalah jarak antar tirai ($\frac{X}{B}$), jarak baris tirai ($\frac{X}{L}$), Indeks Angka Froude (I_{Fr}).

Pengaruh bilangan tak berdimensi ($\frac{X}{B}$) terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) disajikan dalam Gambar 155, Gambar 156 dan Gambar 157

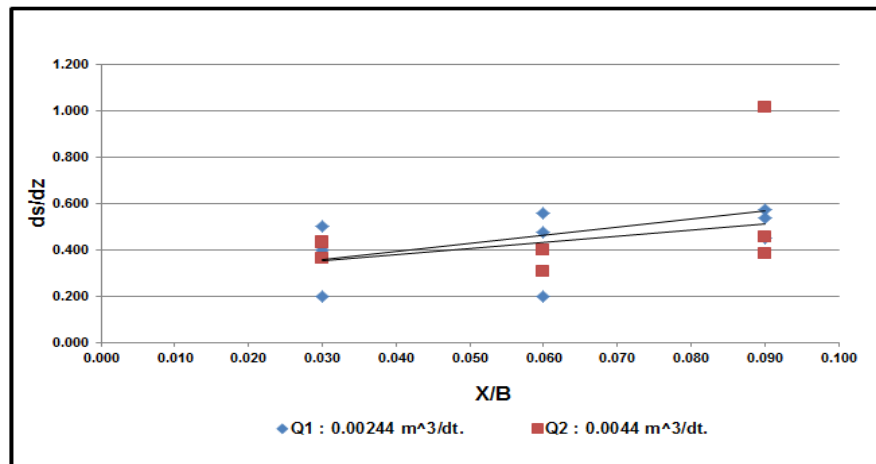
dengan jarak baris masing –masing $L_1 : 0,08 \text{ m}$, $L_2 : 0,10 \text{ m}$ dan $L_3 : 0,12 \text{ m}$.



Gambar 157. Pengaruh jarak antara tirai ($\frac{X}{B}$) terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) pada jarak baris L_1



Gambar 158. Pengaruh jarak antara tirai ($\frac{X}{B}$) terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) pada jarak baris L_2



Gambar 159. Pengaruh jarak antara tirai ($\frac{X}{B}$) terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) pada jarak baris L_3

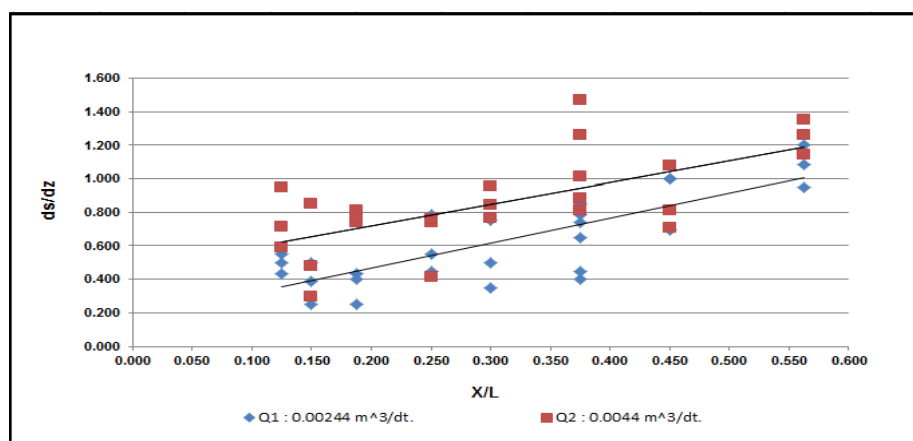
Berdasarkan Gambar 157, menunjukkan bahwa jarak relatif tirai terhadap lebar saluran ($\frac{X}{B}$) cukup berpengaruh terhadap kedalaman gerusan relatif. ($\frac{ds}{dz}$), dimana semakin besar ($\frac{X}{B}$) maka gerusan yang terjadi semakin besar, karena dipengaruhi oleh jarak baris tirai (L_1). Pada Gambar 158, menunjukkan bahwa pengaruh ($\frac{X}{B}$) terhadap ($\frac{ds}{dz}$) untuk jarak baris (L_2) kedalaman gerusan cenderung mengalami penurunan gerusan disekitar pilar. Pada Gambar 159, menunjukkan bahwa pengaruh ($\frac{X}{B}$) terhadap ($\frac{ds}{dz}$) untuk jarak baris (L_3), kedalaman gerusan mengalami penurunan yang cukup signifikan disekitar pilar.

Dari ketiga gambar tersebut, yaitu Gambar 157, 158 dan 159 dapat disimpulkan bahwa, semakin besar jarak antar tirai, semakin besar gerusan yang terjadi disekitar pilar, dimana gerusan maksimum akan

terjadi pada jarak baris tirai (L_1). sedangkan untuk jarak baris tirai (L_2) dan jarak baris tirai (L_3) gerusan cenderung semakin kecil. Begitu pula untuk debit Q_1 dan Q_2 , sangat mempengaruhi gerusan yang terjadi, dimana semakin besar debit, maka gerusan yang terjadi juga semakin besar.

2. Pengaruh $\frac{X}{L}$ Terhadap $\frac{ds}{dz}$

Pengaruh jarak baris tirai $\frac{X}{L}$ terhadap $\frac{ds}{dz}$ disajikan pada Gambar 158.



Gambar 160. Pengaruh Baris antara tirai $\frac{X}{L}$ terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$)

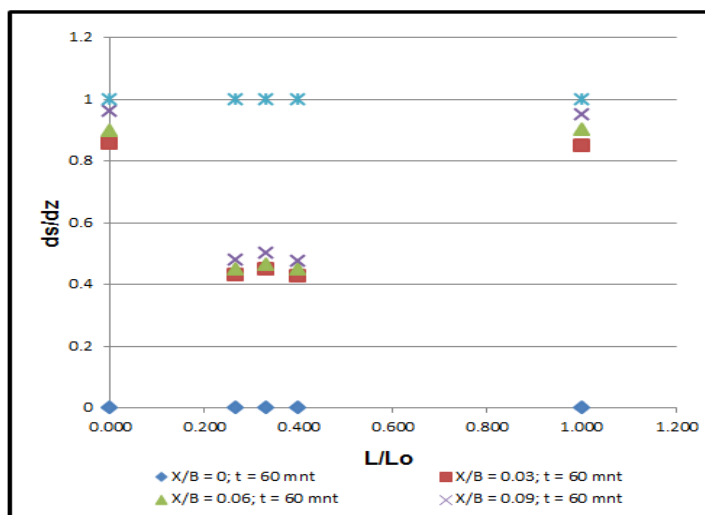
. Berdasarkan Gambar 160, maka parameter $\frac{X}{L}$ terlihat cukup berpengaruh terhadap $\frac{ds}{dz}$ dimana semakin kecil nilai L , maka semakin besar nilai $\frac{ds}{dz}$ pada 2 (dua) nilai Q yang berbeda.

Sama halnya dengan perbandingan debit Q_1 dan Q_2 pada hubungan antara $\left(\frac{X}{L}\right)$ dan $\left(\frac{ds}{dz}\right)$, dimana semakin besar debit, maka gerusan yang terjadi juga semakin besar.

3. Pengaruh $\frac{L}{L_0}$ Terhadap $\frac{ds}{dz}$

Pengaruh $\frac{L}{L_0}$ terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) disajikan pada

Gambar 161.



Gambar 161. Pengaruh $\frac{L}{L_0}$ terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$)

Pengaruh $\frac{L}{L_0}$ juga sangat berpengaruh terhadap kedalaman gerusan ($\frac{ds}{dz}$) yang terjadi disekitar pilar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 161, dimana semakin besar $\frac{L}{L_0}$ maka kedalaman gerusan relatif ($\frac{ds}{dz}$) cenderung meningkat. Untuk $X/B = 0$ tidak terjadi gerusan disekitar pilar, disebabkan dibagian hulu tirai tertutup (terhalang model tirai yang rapat). Untuk $X/B = 1$ gerusan disekitar pilar cukup besar, karena tidak ada proteksi tirai di hulu pilar.

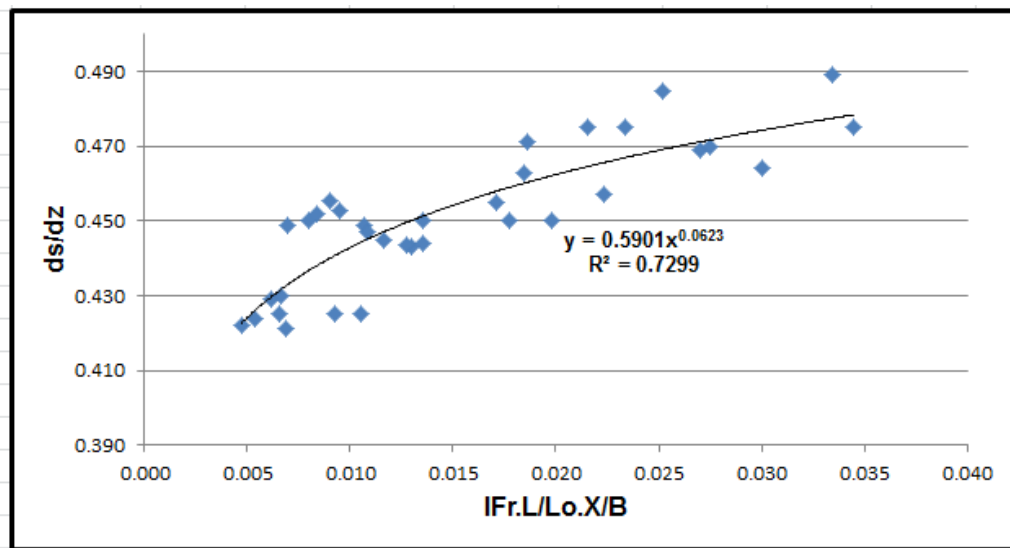
Kurva yang dihasilkan pada Gambar 161 juga memberikan nilai $\left(\frac{ds}{dz}\right)$ yang terkecil yang terletak pada nilai L/L_0 berkisar 0,200 sampai dengan 0,400. Dalam hal ini pengaruh jarak (L/L_0) tidak begitu besar pengaruhnya terhadap elevasi gerusan (ds/dz) karena semakin panjang jarak (L/L_0) antara tirai dan pilar maka semakin kecil pengaruhnya terhadap elevasi gerusan (ds/dz).

4. Penentuan Koefisien (Kn)

Dalam penentuan koefisien model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi cekung sebagai kebaruan penelitian ini, berdasarkan pada perhitungan dari dimensi variabel yang terkait, besaran fisik dapat diberikan dalam bentuk dimensi dasar dengan mengurangi dari beberapa variabel yang terkait seperti pada gambar 162 merupakan kombinasi variabel tak berdimensi.

Agar supaya pengaruh tirai terhadap kedalaman gerusan di zona pilar bisa terukur dan dapat digunakan dalam rekayasa di lapangan, maka perlu dihasilkan rumusan hubungan parameter tak berdimensi yang melibatkan variabel yang ditinjau, baik variabel yang mempresentasikan dimensi rangkaian tirai, maupun kondisi kinematika yang terjadi.

Gambar 162 menyajikan kesemua hubungan parameter tak berdimensi $I_{Fr} \cdot \frac{L}{L_0} \cdot \frac{X}{B}$ yang mempretasikan pengaruh perubahan kecepatan aliran yang terjadi antara hulu tirai dan hilir tirai pada zona dekat pilar dan dimensi setelah tirai.



Gambar 162. Pengaruh $I_{Fr} \cdot \frac{L}{L_o} \cdot \frac{X}{B}$ terhadap kedalaman gerusan (ds/dz)

Dari Gambar 162 terlihat bahwa parameter $I_{Fr} \cdot \frac{L}{L_o} \cdot \frac{X}{B}$ cukup signifikan berpengaruh terhadap kedalaman gerusan $\frac{ds}{dz}$ secara non linear, dimana nilai $\frac{ds}{dz}$ meningkat dengan meningkatnya nilai $I_{Fr} \cdot \frac{L}{L_o} \cdot \frac{X}{B}$

Dari hubungan tersebut dapat diturunkan persamaan empirik yang diuraikan sebagai berikut :

$$\frac{ds}{dz} = m \left(I_{Fr} \cdot \frac{L}{L_o} \cdot \frac{X}{B} \right)^{0,06} \quad \text{dimana } m : 0,60$$

$$\frac{ds}{dz} = m \cdot \left(I_{Fr} \cdot \frac{L \cdot X}{L_o \cdot B} \right)^{0,06}$$

$$ds = K_n \cdot dz$$

$$\text{dimana } K_n = m \cdot \left(I_{Fr} \cdot \frac{L \cdot X}{L_o \cdot B} \right)^{0,06}$$

$$\text{Untuk Nilai } I_{Fr} = \frac{Fr'}{Fr} \text{ berkisar } 0,4 - 1,7$$

$$\text{Untuk nilai } K_n = 0 - 1$$

Akhirnya diperoleh koefisien yang dinamakan koefisien K_n yang menjadi koefisien pengurangan kedalaman gerusan oleh adanya rangkaian tirai (ds) dari kedalaman gerusan tanpa tirai (dz).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kecepatan aliran dan perubahan kedalaman gerusan (ds) di zona pilar cenderung mengalami penurunan setelah melewati model tirai.
2. Berdasarkan potensi gerusan lokal, elevasi kedalaman gerusan maksimum pada titik 7 dan 8 (sisi kanan pilar) dan tingkat reduksi gerusan mencapai 30 % setelah menggunakan variasi tirai.
3. Berdasarkan analisa tak berdimensi, diperoleh persamaan regresi linear dengan simulasi beberapa parameter yang berpengaruh untuk hubungan antara parameter, maka didapatkan suatu koefisien model proteksi gerusan pada pilar dengan tirai bersisi cekung sebagai kebaruaran penelitian ini, yaitu nilai $Kn : 0 - 1$ dan untuk nilai Indeks Angka Froude (I_{Fr}) : $0,4 - 1,7$

B. SARAN

1. Perlu dikaji kembali pengaruh tirai dan pilar terhadap pola aliran dan gerusan pada tebing saluran.
2. Perlu dikaji kembali pola aliran dan gerusan pada aliran debris.
3. Perlu dikaji kembali untuk formasi tirai yang berbeda.
4. Perlu dikaji kembali penempatan tirai di hilir pilar jembatan.


DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus,1993, *Panduan Pemeriksaan Jembatan Sistem Manajemen Jembatan*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anggrahini.1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, CV. Citra Media. Surabaya.
- Anwar, S. 2009, *Pengelolaan Sumber Daya Air*, PT. Mediatama Saptakarya Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ariyanto,A. *Analisis Bentuk Pilar Jembatan terhadap Potensi Gerusan Lokal (Studi Kasus Model Pilar Penampang Persegi Panjang dan Ellips)* Jurnal APTEK Vol. 1 No. 1 – Juli 2009
- Barbhuiya, Karim,A. and Subhasish. *Vortex Flow Field In A Scour Hole Around Abutments* International Journal of Sediment Research, Vol. 18, No. 4, 2003, pp. 310-325
- Breuser,H.N.C and Raudviki, AJ.1991, *Scouring IAHR Hydraulic Structure Design Manual*, Rotterdam, AA.Balkema.
- Dewandaru, Dimas. 2013, *Mewujudkan Konstruksi Jembatan Bentang Panjang yang Handal*, Majalah Litbang Pekerjaan Umum, Edisi April – Juni 2013,
- Hidayat, W & Ikhsan, J. *Pengaruh Bentuk Pilar Jembatan Terhadap Potensi Gerusan Lokal*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Vol. 124 9, No. 2, 2006: 124 – 132,
- Ikhsan,C. *Analisis Susunan Tirai Optimal Sebagai Proteksi Pada Pilar Jembatan Dari Gerusan Lokal* Media Teknik Sipil/ Juli 2008/87
- Istiarto, 2011, *Problematika Jembatan di Sungai* <http://istiarto.staff.ugm.ac.id/index.php/2011/05/problematika-jembatan/>
- Julien Y. Pierre. 2002, *River Mechanics*, Cambridge University Press.
- Kandasamy,K.J,. Melville, W.B. *Maximum local scour depth at bridge piers and abutments* Journal of Hydraulic Research - J HYDRAUL RES , vol. 36, no. 2, pp. 183-198, 1998
- Khwairakpam,P, Mazumdar,A. *Local Scour Around Hydraulic Structures* International Journal of Recent Trends in Engineering, Vol. 1, No. 6, May 2009

- Kodoatie, J.R. 2009, *Hidrolika Terapan Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kodoatie, J.R., Sjarief, R. 2009, *Tata Ruang Air*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Kothyari, C.U., Raju, R.G.K. *Scour around spur dikes and bridge abutments Affouillement autour des digues en épi et des butées de pont*, Journal Of Hydraulic Research, Vol. 39, 2001, No. 4
- Link, O. Pfleger, F. & Zanke, U. *Characteristics of developing scour-holes at a sand-embedded cylinder* Journal: International Journal Of Sediment Research - Int J Sediment Res , vol. 23, no. 3, pp. 258-266, 2008
- Maryono, A. 2007, *Restorasi Sungai*, Gadjadara University Press, Yogyakarta.
- Miller Jr, W. 2003, *Model For The Time Rate Of Local Sediment Scour At A Cylindrical Structure*, University Florida.
- Mulyanto, H.R. 2006, *Sungai Fungsi dan Sifat-Sifatnya*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Munson, R.B., Young, F.D, Okiishi, H.T., 2003, *Fundamentals of Fluids Mechanic Jilid 1*, Erlangga. Jakarta.
- Munson, R.B., Young, F.D, Okiishi, H.T., 2003, *Fundamentals of Fluids Mechanic Jilid 2*, Erlangga. Jakarta.
- Okky, M.W. 2007, *Pengaruh Arah Aliran Terhadap Gerusan Lokal Di Sekitar Pilar Jembatan*, Tugas Akhir, Universitas Negeri Semarang.
- Pagliara, S. & Carnacina, L. *Temporal scour evolution at bridge piers: effect of wood debris roughness and porosity*, Journal of Hydraulic Research - J hydraul res , vol. 48, no. 1, pp. 3-13, 2010
- Qudus, N. *Mekanisme Perilaku Gerusan Lokal Pada Pilar Tunggal Dengan Variasi Diameter*, Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 2 Volume 9 – Juli 2007, Hal: 133 – 144
- Rakhidin. 2011, *Mengendalikan Gerusan Lokal dan Degradasi Dasar Sungai*. MediaTren Konstruksi Edisi Oktober-November, www.Trenkonstruksi.com

- Richardson, JR, and Richardson,E.V.1993, *Discussion of Lokal Scour at Bridge Abutments*, Journal Hydraulic Engineering, ASCE,119 (9), 1067 -1071,
- Rukiyati. *Kajian Degradasi Dasar Sungai dan Penanggulangannya untuk Pengamanan Bangunan Sungai. Teknologi Sumber Daya Air*, Volume 4 Nomor 3 – September 2007.
- Sucipto. *Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan Lokal pada Pilar Jembatan dengan Perlindungan Groundsill* dalam : Laursen,E.M and Toch,A. *Scour Around Bridge Piers and Abutments*, Bull. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan, Nomor 1 Volume 13 – januari 2011, hal 51-60
- Supriyadi,B., Muntohor, S.A, 2007, *Jembatan*, Yogyakarta.
- Supriyad,A. *Perbandingan Tingkat Efektifitas Penanganan Gerusan Pada Pilar Silinder Antara Tirai Dengan Plat (Kajian Model Fisik Pada Aliran Kritik)* Volume 2 Nomor 1- April 2006
- Supriyad,A. *Pola Gerusan Di Sekitar Pilar Silinder (Kajian Model Fisik Pada Aliran Clear Water)*.Volume 2 Nomor 2, Agustus 2006.
- Triatmodjo, B. 2008, *Hidraulika I*. Yogyakarta. Beta Offset.
- Triatmodjo, B. 2008, *Hidraulika II*. Yogyakarta. Beta Offset.
- Wibowo,M.O,. *Pengaruh Arah Aliran Terhadap Gerusan Lokal Disekitar Pilar Jembatan* , Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang 2007
- Wiyono, A. dkk. *Perbandingan Beberapa Formula Perhitungan Gerusan di Sekitar Pilar (Kajian Laboratorium)*, Jurnal Teknik Sipil Vol. 13 No. 1 Januari 2006.
- Yang,C.T. 1996, *Sediment Transport Theory and Practice*, The McGraw-Hill Companies,Inc, Singapura.
- Yunar, A. *Karakteristik Gerusan Pilar Segi Empat Ujung Bulat Pada Kondisi Terjadi Penurunan Dasar Sungai Dengan Proteksi Tirai* , Jurnal SMARTek, Vol. 4, No. 3, Agustus 2006: 146 – 155

Lampiran 1. Uji Laboratorium Material Pasir Sungai Jeneberang



LABORATORIUM STRUKTUR BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245 TELP. (0411) 580 373, FAX. (0411) 580 505
e-mail: civil@unhas.ac.id

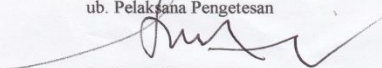
PENENTUAN SPECIFIC GRAVITY PASIR
ASTM C - 128

Nomor contoh : 01
Dikirim oleh :
Tgl, Terima : 12 Desember 2013
Sumber contoh : Ex Bili - bili
Macam Contoh : Pasir Alam
Pekerjaan : PENELITIAN DISERTASI

No.Flask	Sampel	I	II	Rata-rata	
A. Berat flask kosong	=	156,0	178,0	167	gram
B. Berat Contoh SSD diudara	=	500,0	500,0	500	gram
C. Berat flask +air + contoh SSD	=	1077,5	1079,5	1078,5	gram
D. Berat flask + air (standar C)	=	776,0	777,0	776,5	gram
E. Berat contoh kering	=	485,5	483,5	484,5	gram
Apparent specific gravity	$\frac{E}{E + D - C}$ =	2,64	2,67	2,65	
Bulk spesifik gravity on dry basik	$\frac{E}{B + D - C}$ =	2,45	2,45	2,45	
Bulk spesifik gravity SSD basik	$\frac{B}{B + D - C}$ =	2,52	2,53	2,53	
% Water absorption	$\frac{B - E}{E}$ 100 % =	2,99	3,41	3,20	%

Catatan

Makassar 18 Desember 2013
Kepala Laboratorium,
ub. Pelaksana Pengetesan



Sudirman Sitang, ST
NIP. 19600327198103 1 002

Lanjutan Lampiran 1. Uji Laboratorium Material Pasir Sungai Jeneberang



LABORATORIUM STRUKTUR BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN

Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245 Telp. (0411) 580 373, Fax. (0411) 580 505
 e-mail: civil@unhas.ac.id

PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR
LEWAT SARINGAN No. 200 (0,075 mm)
ASTM C - 117 - 95

Nomor contoh : 01
 Dikirim oleh :
 Tgl, Terima : 12 Desember 2013
 Sumber contoh : Ex Bili - bili
 Macam Contoh : Pasir Alam
 Pekerjaan : PENELITIAN DISERTASI

I. A. Berat kering sebelum dicuci = 700,0 gram
 B. Berat kering setelah dicuci = 673,0 gram

Kadar Lumpur $\frac{A - B}{B} \times 100 \%$ = 4,01 %

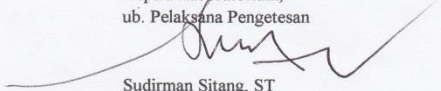
II. A. Berat kering sebelum dicuci = 500,0 gram
 B. Berat kering setelah dicuci = 483,5 gram

Kadar Lumpur $\frac{A - B}{B} \times 100 \%$ = 3,41 %

Kadar Lumpur rata - rata $\frac{I + II}{2}$ = 3,71 %

Catatan :

Makassar 18 Desember 2013
 Kepala Laboratorium,
 ub. Pelaksana Pengetesan


 Sudirman Sitang, ST
 NIP. 19600327198103 1 002

Lanjutan Lampiran 1. Uji Laboratorium Material Pasir Sungai Jeneberang



LABORATORIUM STRUKTUR BAHAN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN SIPIL
UNIVERSITAS HASANUDDIN

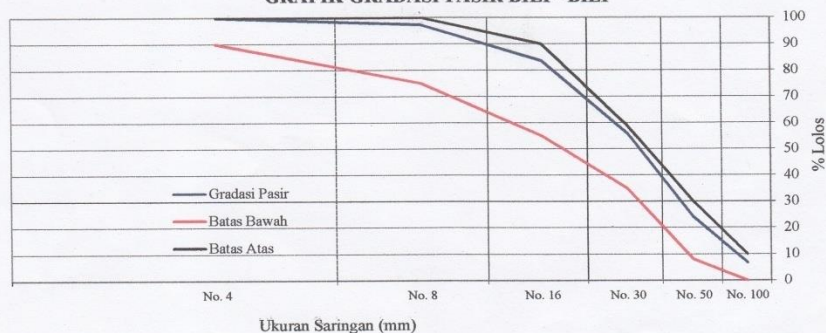
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245 Telp. (0411) 580 373, Fax. (0411) 580 505
 e-mail: civil@unhas.ac.id

TEST KONDISI AYAKAN PASIR

Nomor contoh : 01
 Dikirim oleh :
 Tgl. Terima : 12 Desember 2013
 Sumber contoh : Ex Bili - bili
 Macam Contoh : Pasir Alam
 Pekerjaan : PENELITIAN DISERTASI

Lubang ayakan	Pasir alam	1500		Pasir alam 1500,0			Jumlah Tertahan	% lolos
		Tertahan	Tertahan	% Tertahan				
Inc	mm	gram	gram	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata	∑ %	
No. 4	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
No. 8	2,4	51,21	32,00	3,41	2,13	2,77	2,77	97,23
No. 16	1,20	184,16	222,50	12,28	14,83	13,56	16,33	83,67
No. 30	0,6	407,41	418,70	27,16	27,91	27,54	43,87	56,13
No. 50	0,3	504,87	455,30	33,66	30,35	32,01	75,87	24,13
No. 100	0,15	245,33	275,30	16,36	18,35	17,35	93,23	6,77
No. 200	0,075	83,2	75,10	5,55	5,01	5,28	98,50	1,50
Pan		23,82	21,10	1,59	1,41	1,50	100,00	0,00
JUMLAH		1500,00	1500,0	100,00	100,00	100,00	232,07	
Modulus kehalusan Pasir =							2,321	

GRAFIK GRADASI PASIR BILI - BILI



Makassar 18 Desember 2013
 Kepala Laboratorium,
 ub. Pelaksana Pengetesan

Sudirman Sitang, ST
 NIP. 19600327198103 1 002

Lampiran 2. Kecepatan Aliran Profil Memanjang dengan Variasi Waktu Tanpa Model Tirai

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.400	0.400	0.500	0.600	0.600	0.300
10	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400	0.400
20	0.300	0.400	0.400	0.300	0.500	0.300
30	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400	0.300
40	0.200	0.400	0.300	0.400	0.400	0.300
50	0.200	0.200	0.400	0.300	0.400	0.300
60	0.200	0.200	0.400	0.400	0.500	0.300
70	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.300

Model BL1X1

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.200	0.300	0.200	0.300	0.400	0.300
10	0.100	0.100	0.200	0.300	0.300	0.300
20	0.100	0.200	0.100	0.100	0.100	0.300
30	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
40	0.200	0.100	0.100	0.100	0.100	0.200
50	0.100	0.100	0.200	0.100	0.140	0.300
60	0.300	0.200	0.100	0.200	0.200	0.200
70	0.300	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300

Model BL1X2

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.300	0.400	0.400	0.500	0.500
10	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400
20	0.010	0.200	0.100	0.400	0.500	0.400
30	0.200	0.200	0.100	0.200	0.200	0.200
40	0.200	0.100	0.100	0.200	0.100	0.200
50	0.200	0.100	0.200	0.300	0.200	0.300
60	0.300	0.200	0.200	0.100	0.200	0.300
70	0.300	0.200	0.200	0.200	0.300	0.300

Model BL1X3

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400
10	0.300	0.200	0.300	0.300	0.400	0.400
20	0.300	0.100	0.300	0.200	0.300	0.300
30	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
40	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
50	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
60	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
70	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.300

Lanjutan Lampiran 2. Kecepatan Aliran Profil Memanjang dengan Variasi Waktu Model BL2X1

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400
10	0.100	0.200	0.200	0.200	0.300	0.300
20	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.300
30	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
40	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.100
50	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
60	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.200
70	0.300	0.200	0.100	0.300	0.100	0.200

Model BL2X2

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.300	0.300	0.300	0.500	0.500
10	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400
20	0.300	0.300	0.300	0.200	0.200	0.400
30	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
40	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
50	0.200	0.100	0.100	0.300	0.200	0.200
60	0.100	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300
70	0.100	0.200	0.200	0.300	0.300	0.300

Lanjutan Lampiran 2. Kecepatan Aliran Profil Memanjang dengan Variasi Waktu Model BL2X3

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.300	0.300	0.400	0.500	0.500
10	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400	0.500
20	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200	0.300
30	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.300
40	0.200	0.100	0.200	0.200	0.200	0.200
50	0.300	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300
60	0.300	0.200	0.100	0.300	0.300	0.300
70	0.300	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300

Lanjutan Lampiran 2. Kecepatan Aliran Profil Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL3X1

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.200	0.200	0.200	0.400	0.500
10	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.300
20	0.200	0.100	0.100	0.300	0.200	0.200
30	0.100	0.100	0.100	0.200	0.100	0.200
40	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200	0.100
50	0.100	0.100	0.200	0.300	0.200	0.300
60	0.200	0.200	0.200	0.300	0.100	0.200
70	0.200	0.200	0.200	0.300	0.200	0.200

Model BL3X2

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.300
10	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
20	0.100	0.100	0.100	0.400	0.400	0.200
30	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200
40	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.300
50	0.300	0.100	0.100	0.300	0.300	0.200
60	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.300
70	0.300	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300

Model BL3X3

Titik	Debit (Q2)					
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
1	0.300	0.300	0.300	0.400	0.500	0.400
10	0.200	0.200	0.300	0.300	0.300	0.300
20	0.200	0.300	0.200	0.300	0.300	0.300
30	0.200	0.100	0.200	0.100	0.200	0.100
40	0.200	0.100	0.200	0.300	0.200	0.100
50	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.200
60	0.100	0.100	0.100	0.300	0.200	0.300
70	0.200	0.200	0.100	0.300	0.300	0.200

Lampiran 3. Kecepatan Aliran Profil Melintang dengan Variasi Waktu Tanpa Model Tirai

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.400	0.500	0.500	0.400	0.300
13	0.400	0.300	0.400	0.400	0.300	0.300
19	0.400	0.300	0.400	0.300	0.500	0.400
25	0.300	0.400	0.300	0.500	0.300	0.300
32	0.200	0.400	0.300	0.300	0.400	0.300
38	0.300	0.300	0.300	0.400	0.500	0.200
44	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400	0.200
50	0.300	0.300	0.500	0.300	0.300	0.300

Model : BL1X1

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400
13	0.400	0.200	0.200	0.300	0.300	0.300
19	0.300	0.100	0.200	0.300	0.300	0.300
25	0.100	0.100	0.200	0.100	0.100	0.300
32	0.300	0.200	0.200	0.100	0.100	0.400
38	0.300	0.200	0.200	0.300	0.300	0.400
44	0.400	0.200	0.200	0.300	0.300	0.400
50	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Model : BL1X2

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.300	0.400	0.300	0.400	0.500
13	0.300	0.200	0.200	0.300	0.400	0.300
19	0.300	0.200	0.200	0.300	0.400	0.300
25	0.200	0.100	0.200	0.300	0.200	0.300
32	0.200	0.100	0.200	0.300	0.300	0.400
38	0.300	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400
44	0.200	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Model : BL1X3

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400
13	0.300	0.200	0.300	0.200	0.400	0.300
19	0.300	0.200	0.300	0.200	0.400	0.300
25	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
32	0.200	0.200	0.200	0.300	0.400	0.200
38	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
44	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Lanjutan Lampiran 3. Kecepatan Aliran Profil Melintang dengan Variasi Waktu
Model : BL2X1

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.200	0.300	0.300	0.400	0.400
13	0.300	0.100	0.300	0.200	0.300	0.300
19	0.300	0.100	0.300	0.200	0.300	0.300
25	0.200	0.100	0.100	0.100	0.200	0.200
32	0.200	0.100	0.100	0.200	0.200	0.200
38	0.300	0.300	0.200	0.200	0.300	0.400
44	0.300	0.300	0.200	0.300	0.300	0.400
50	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Model : BL2X2

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400
13	0.300	0.200	0.100	0.300	0.300	0.300
19	0.300	0.200	0.100	0.300	0.300	0.300
25	0.200	0.100	0.100	0.300	0.200	0.200
32	0.200	0.100	0.100	0.300	0.200	0.200
38	0.300	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400
44	0.300	0.200	0.300	0.300	0.300	0.400
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400

Model : BL2X3

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.400	0.400	0.300	0.400	0.400	0.400
13	0.300	0.300	0.300	0.300	0.200	0.300
19	0.300	0.300	0.300	0.300	0.200	0.300
25	0.300	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300
32	0.300	0.200	0.300	0.300	0.200	0.300
38	0.300	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400
44	0.300	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400
50	0.400	0.300	0.300	0.400	0.400	0.300

Lanjutan Lampiran 3. Kecepatan Aliran Profil Melintang dengan Variasi Waktu
Model : BL3X1

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.300	0.300	0.300	0.300	0.400	0.500
13	0.200	0.200	0.100	0.300	0.300	0.300
19	0.200	0.200	0.100	0.300	0.300	0.300
25	0.100	0.100	0.200	0.300	0.200	0.300
32	0.300	0.300	0.200	0.300	0.200	0.300
38	0.300	0.300	0.200	0.400	0.200	0.300
44	0.300	0.300	0.200	0.400	0.200	0.300
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Model : BL3X2

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.500
13	0.200	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300
19	0.200	0.200	0.200	0.300	0.200	0.300
25	0.100	0.200	0.100	0.300	0.300	0.200
32	0.300	0.300	0.200	0.300	0.300	0.200
38	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
44	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.500

Model : BL3X3

No	Debit (Q1)			Debit (Q2)		
	t1	t2	t3	t1	t2	t3
6	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400	0.400
13	0.200	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
19	0.200	0.300	0.300	0.300	0.300	0.300
25	0.200	0.200	0.100	0.300	0.200	0.200
32	0.300	0.300	0.200	0.300	0.200	0.200
38	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
44	0.300	0.300	0.200	0.300	0.400	0.400
50	0.300	0.300	0.300	0.400	0.400	0.400

Lampiran 4. Klasifikasi Aliran (Angka Froude dan Bilangan Reynold)

No.	Formasi	Waktu (menit)			Kecepatan (m/dtk)	TMA (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang Basah (m ²)		Keliling Basah (m)	Jari2 hidrolis (m)	Froude	Reynold	Keterangan
		t	Q	V				A	P					
1	Tanpa Tirai	t1 : 15'	0.00244	0.334	0.049	0.50	0.027	0.640	0.042	0.480	15896.162	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.330	0.048	0.50	0.027	0.637	0.042	0.478	15388.591			
		t3 : 60'		0.405	0.057	0.50	0.032	0.661	0.048	0.541	22064.248			
2	Tanpa Tirai	t1 : 15'	0.0044	0.402	0.081	0.50	0.047	0.728	0.064	0.452	28906.769	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.416	0.080	0.50	0.047	0.727	0.064	0.468	29811.729			
		t3 : 60'		0.336	0.075	0.50	0.043	0.713	0.061	0.391	22863.286			
No.	Formasi	Waktu (menit)			Kecepatan (m/dtk)	TMA (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang Basah (m ²)		Keliling Basah (m)	Jari2 hidrolis (m)	Froude	Reynold	Keterangan
		t	Q	V				A	P					
1	B ₁ L ₁ ξ ₁	t1 : 15'	0.00244	0.260	0.058	0.50	0.032	0.663	0.048	0.346	14085.119	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.245	0.063	0.50	0.035	0.677	0.052	0.313	14276.087			
		t3 : 60'		0.230	0.061	0.50	0.034	0.671	0.051	0.298	13027.653			
2	B ₁ L ₁ ξ ₂	t1 : 15'	0.00244	0.263	0.049	0.50	0.027	0.638	0.042	0.379	12355.334	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.263	0.053	0.50	0.029	0.649	0.045	0.365	13186.087			
		t3 : 60'		0.260	0.050	0.50	0.027	0.641	0.043	0.372	12412.098			
3	B ₁ L ₁ ξ ₃	t1 : 15'	0.00244	0.280	0.046	0.50	0.025	0.629	0.040	0.419	12390.616	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.260	0.048	0.50	0.026	0.636	0.041	0.378	12079.017			
		t3 : 60'		0.270	0.047	0.50	0.026	0.632	0.040	0.399	12229.587			
4	B ₁ L ₂ ξ ₁	t1 : 15'	0.00244	0.275	0.055	0.50	0.030	0.655	0.047	0.375	14327.873	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.245	0.054	0.50	0.030	0.652	0.046	0.337	12528.962			
		t3 : 60'		0.230	0.051	0.50	0.028	0.646	0.044	0.324	11325.035			
5	B ₁ L ₂ ξ ₂	t1 : 15'	0.00244	0.258	0.048	0.50	0.026	0.636	0.042	0.374	11979.152	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.255	0.051	0.50	0.028	0.643	0.043	0.362	12381.047			
		t3 : 60'		0.248	0.051	0.50	0.028	0.644	0.044	0.350	12089.024			
6	B ₁ L ₂ ξ ₃	t1 : 15'	0.00244	0.293	0.051	0.50	0.028	0.644	0.044	0.413	14299.194	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.278	0.048	0.50	0.026	0.635	0.041	0.406	12774.915			
		t3 : 60'		0.278	0.047	0.50	0.026	0.634	0.041	0.408	12669.276			
7	B ₁ L ₃ ξ ₁	t1 : 15'	0.00244	0.260	0.056	0.50	0.031	0.659	0.047	0.350	13795.359	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.208	0.055	0.50	0.031	0.657	0.047	0.281	10895.722			
		t3 : 60'		0.225	0.061	0.50	0.034	0.671	0.051	0.292	12730.984			
8	B ₁ L ₃ ξ ₂	t1 : 15'	0.00244	0.258	0.060	0.50	0.033	0.669	0.050	0.337	14394.985	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.258	0.063	0.50	0.036	0.679	0.053	0.327	15156.910			
		t3 : 60'		0.230	0.051	0.50	0.028	0.645	0.044	0.324	11274.620			
9	B ₁ L ₃ ξ ₃	t1 : 15'	0.00244	0.260	0.046	0.50	0.025	0.629	0.039	0.389	11500.024	Sub Kritis /Turbulen		
		t2 : 40'		0.265	0.049	0.50	0.027	0.639	0.042	0.382	12495.263			
		t3 : 60'		0.268	0.048	0.50	0.026	0.636	0.042	0.389	12449.997			

Lanjutan Lampiran 4. Klasifikasi Aliran (Angka Froude dan Bilangan Reynold)

No.	Formasi	Waktu (menit)	Debit (m ³ /dt.)	Kecepatan (m/dtk)	TMA (m)	Lebar Saluran (m)	Luas Penampang	Keliling Basah (m)	Jari2 hidrolis (m)	Froude	Reynold	Keterangan
		t	Q	V	h	b	A	P	R	Fr	Re	
1	B ₁ L ₁ ξ ₁	t1 : 15'	0.0044	0.305	0.065	0.50	0.037	0.684	0.054	0.382	18318.288	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.308	0.069	0.50	0.039	0.695	0.056	0.374	19418.128	
		t3 : 60'		0.298	0.077	0.50	0.044	0.717	0.062	0.343	20592.999	
2	B ₁ L ₁ ξ ₂	t1 : 15'	0.0044	0.325	0.085	0.50	0.050	0.740	0.067	0.356	24400.355	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.338	0.070	0.50	0.040	0.697	0.057	0.409	21474.969	
		t3 : 60'		0.368	0.072	0.50	0.041	0.704	0.058	0.437	24072.841	
3	B ₁ L ₁ ξ ₃	t1 : 15'	0.0044	0.313	0.074	0.50	0.043	0.710	0.060	0.367	20973.786	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.360	0.071	0.50	0.040	0.701	0.058	0.432	23299.976	
		t3 : 60'		0.355	0.063	0.50	0.036	0.679	0.053	0.450	20895.934	
4	B ₁ L ₂ ξ ₁	t1 : 15'	0.0044	0.301	0.077	0.50	0.044	0.717	0.062	0.347	20789.856	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.328	0.077	0.50	0.044	0.717	0.062	0.378	22608.372	
		t3 : 60'		0.330	0.068	0.50	0.039	0.692	0.056	0.404	20628.774	
5	B ₁ L ₂ ξ ₂	t1 : 15'	0.0044	0.313	0.076	0.50	0.044	0.715	0.061	0.362	21408.988	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.330	0.071	0.50	0.040	0.700	0.058	0.396	21288.885	
		t3 : 60'		0.365	0.065	0.50	0.036	0.683	0.053	0.459	21832.491	
6	B ₁ L ₂ ξ ₃	t1 : 15'	0.0044	0.348	0.074	0.50	0.042	0.708	0.060	0.409	23191.471	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.358	0.069	0.50	0.039	0.695	0.057	0.434	22623.754	
		t3 : 60'		0.385	0.067	0.50	0.038	0.688	0.055	0.476	23641.424	
7	B ₁ L ₃ ξ ₁	t1 : 15'	0.0044	0.308	0.080	0.50	0.047	0.727	0.064	0.347	22056.197	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.298	0.086	0.50	0.050	0.744	0.068	0.324	22621.421	
		t3 : 60'		0.340	0.067	0.50	0.038	0.688	0.055	0.421	20851.692	
8	B ₁ L ₃ ξ ₂	t1 : 15'	0.0044	0.330	0.072	0.50	0.041	0.703	0.058	0.393	21566.145	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.338	0.077	0.50	0.044	0.717	0.062	0.389	23330.262	
		t3 : 60'		0.348	0.072	0.50	0.041	0.704	0.059	0.413	22802.441	
9	B ₁ L ₃ ξ ₃	t1 : 15'	0.0044	0.318	0.075	0.50	0.043	0.712	0.060	0.370	21500.951	Sub Kritis /Turbulen
		t2 : 40'		0.345	0.072	0.50	0.041	0.703	0.058	0.411	22579.285	
		t3 : 60'		0.338	0.069	0.50	0.039	0.695	0.056	0.410	21345.090	

Lampiran 5. Perubahan Dasar Arah Melintang dengan Variasi Waktu untuk debit (Q_1) : 0.00244 m³/dt.

No	Model	Waktu	Elevasi Titik (cm) Kedalaman Gerusan																									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
1	Tanpa Tirai	t ₁ : 15 menit	-1.4	-1.4	-1.6	-1.6	-1.6	-1.7	-1.5	-1.6	-1.5	-1.6	-1.7	PILAR	-1.9	-1.9	-2.0	-2.0	-2.0	-2.1	-2.0	-1.9	-1.7	-1.5	-1.4	-1.4		
		t ₂ : 45 menit	-1.4	-1.4	-1.4	-1.5	-1.6	-1.9	-1.7	-1.8	-2	-2	-2.1	PILAR	-2.2	-2.2	-2.1	-2.1	-2.2	-2.2	-2.2	-2.3	-2	-1.7	-1.7	-1.7		
		t ₃ : 60 menit	-1.3	-1.3	-1.2	-1.3	-1.3	-1.2	-1.4	-1.5	-1.6	-1.6	-1.6	PILAR	-1.6	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.8	-1.9	-2	-1.7	-1.5	-1.5	-1.5		
2	B ₁ L ₁ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.2	0.0	1.0	1.6	1.5	1.0	0.0	PILAR	-0.3	0.7	2.0	2.2	1.7	1.0	0.0	-0.5	-1.0	-1.2	-1.0	-0.1		
		t ₂ : 45 menit	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.5	-0.2	0.2	0.7	1.0	0.7	0.2	PILAR	0.3	0.7	1.3	1.2	0.7	1.0	-0.4	-1.0	-1.0	-1.3	-1.0	-1.0		
		t ₃ : 60 menit	0.5	0.5	0.3	-0.3	-0.6	-0.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.3	PILAR	-0.6	0.9	1.3	1.0	0.5	-0.4	-0.3	-1.0	-0.5	-1.0	-1.4	-1.4		
3	B ₁ L ₁ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.6	0.1	0.5	-0.5	0.4	0.0	0.0	0.5	0.5	-0.2	-0.2	PILAR	-0.2	-1.2	-0.3	1.5	1.5	1.9	1.2	-0.2	-0.5	-0.6	-0.6	-1.0		
		t ₂ : 45 menit	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.2	0.0	0.6	0.4	0.5	-0.2	PILAR	-1.0	-0.9	-0.5	-0.5	1.0	1.0	1.0	0.0	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0		
		t ₃ : 60 menit	0.7	-0.2	-0.8	-0.8	-0.2	-0.1	0.2	0.7	0.7	0.4	0.0	PILAR	-0.9	-0.8	0.1	1.0	1.0	1.0	0.3	-0.2	-0.8	-0.8	-0.9	-1.0		
4	B ₁ L ₁ ξ ₃ h	t ₁ : 15 menit	0.4	0.0	-0.2	-0.2	-0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	-0.2	PILAR	-1.0	-0.8	0.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.5	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
		t ₂ : 45 menit	0.0	-0.3	-0.7	-0.5	-0.4	-0.3	0.0	0.2	0.2	0.2	-0.3	PILAR	-0.3	-0.5	0.3	1.0	0.7	0.5	0.5	-0.4	-0.7	-0.6	-0.8	-0.9		
		t ₃ : 60 menit	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	0.0	0.0	0.2	0.0	-0.5	PILAR	-1.5	-0.5	0.5	1.0	0.8	0.5	0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.8	-0.5		
5	B ₁ L ₂ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	0.1	0.3	0.7	0.8	0.5	0.0	PILAR	-0.5	-1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.4	-0.5		
		t ₂ : 45 menit	0.2	-0.2	-0.7	-0.3	-0.4	-0.1	0.1	0.4	0.4	0.0	-0.5	PILAR	-0.9	0.0	1.0	1.1	0.5	0.0	-0.5	-0.4	-0.3	-0.7	-0.7	-0.7		
		t ₃ : 60 menit	0.0	-0.5	-0.8	-1.0	-0.8	-1.0	-0.7	0.2	0.2	0.2	0.0	PILAR	0.0	-0.5	0.5	1.5	1.0	0.0	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0		
6	B ₁ L ₂ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.0	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	1.5	0.7	PILAR	-0.5	-1.0	0.5	0.5	1.5	1.1	0.6	0.1	0.0	-0.5	-0.7	-1.0		
		t ₂ : 45 menit	0.0	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	1.5	0.7	PILAR	-0.5	-1.0	0.5	0.5	1.5	1.1	0.6	0.1	0.0	-0.5	-0.7	-1.0		
		t ₃ : 60 menit	0.0	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	0.0	0.5	1.0	1.5	1.5	0.7	PILAR	-0.5	-1.0	0.5	0.5	1.5	1.1	0.6	0.1	0.0	-0.5	-0.7	-1.0		
7	B ₁ L ₂ ξ ₃ h	t ₁ : 15 menit	-0.5	-0.3	-0.5	-0.5	-0.2	0.5	0.8	0.7	0.3	0.0	0.0	PILAR	-1.0	-1.0	0.0	0.7	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	-0.7	-1.0	-0.7		
		t ₂ : 45 menit	0.2	0.2	-1.0	-0.6	-0.3	-0.4	-0.4	0.0	0.4	0.8	0.3	PILAR	-0.5	-1.5	0.0	0.5	0.3	-0.3	-0.5	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.9		
		t ₃ : 60 menit	0.2	-0.3	-0.7	-0.8	-1.0	-0.8	0.0	0.2	0.2	0.5	0.2	PILAR	0.0	-0.7	-0.3	-0.3	1.2	0.8	0.2	-0.3	-0.2	-0.7	-1.0	-1.0		
8	B ₁ L ₃ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.3	0.1	-0.5	-0.5	-0.2	0.0	0.2	0.4	0.8	0.8	0.8	PILAR	0.2	-1.1	0.1	0.9	1.3	1.1	0.9	0.0	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6		
		t ₂ : 45 menit	0.1	0.2	-0.2	-0.7	-0.6	-0.6	-0.5	0.2	0.7	1.0	1.0	PILAR	0.4	-0.5	-0.3	0.3	0.9	1.0	0.5	-0.1	-0.6	-0.7	-0.7	-1.1		
		t ₃ : 60 menit	0.0	-0.1	-0.5	-0.8	-0.8	-0.7	-0.6	-0.2	0.4	0.8	0.8	PILAR	0.5	-0.5	0.0	0.9	1.0	0.7	0.0	-0.4	-0.6	-1.0	-1.1	-1.2		
9	B ₁ L ₃ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.0	-0.7	-0.9	-0.6	-0.2	-0.6	0.0	1.6	1.5	0.0	-0.9	PILAR	-0.2	-0.7	0.4	1.0	1.1	1.3	0.8	1.0	0.9	0.7	-2.0	-1.1		
		t ₂ : 45 menit	0.1	-1.2	-0.8	-0.8	-0.6	-0.2	0.5	0.8	1.0	0.3	-0.5	PILAR	-0.8	0.5	0.4	1.2	1.5	1.0	0.1	-0.4	-0.8	-0.9	-1.0	-1.4		
		t ₃ : 60 menit	0.5	0.0	-1.4	-0.8	-0.5	-0.4	0.0	0.8	1.0	0.7	0.0	PILAR	-0.6	-0.9	-0.4	0.5	1.0	0.6	0.2	-0.5	-1.0	-1.1	-1.4	-1.4		
10	B ₁ L ₃ ξ ₃ h	t ₁ : 15 menit	0.0	-0.4	-0.5	-0.5	0.0	0.0	0.7	1.0	1.2	0.6	-0.3	PILAR	-1.0	-1.5	-0.2	1.0	1.0	0.7	0.2	0.0	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0		
		t ₂ : 45 menit	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0	0.5	0.7	0.8	0.8	0.3	PILAR	0.3	-0.5	0.5	1.5	1.5	1.3	1.0	0.0	-0.2	-0.2	-1.0	-1.4		
		t ₃ : 60 menit	0.1	-0.5	-0.8	-0.7	-0.4	0.0	0.6	0.7	1.0	0.7	0.3	PILAR	0.3	-0.5	0.5	1.0	1.0	1.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0		

Lanjutan Lampiran 5. Perubahan Dasar Arah Melintang dengan Variasi Waktu untuk debit (Q_2) : 0.0044 m³/dt.

No	Model	Waktu	Elevasi Titik (cm) Kedalaman Gerusan																							
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Tanpa Tirai	t ₁ : 15 menit	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.1	-1.2	-1.5	-1.5	PILAR	-1.4	-1.5	-1.5	-1.6	-1.5	-1.4	-1.4	-1.5	-1.5	-1.6	-1.4	-1.2
		t ₂ : 45 menit	-1.1	-1.1	-1.2	-1.2	-1.3	-1.4	-1.4	-1.5	-1.5	-1.4	-1.4	PILAR	-1.8	-1.9	-2.0	-1.9	-1.8	-1.7	-1.7	-1.6	-1.6	-1.4	-1.3	-1.3
		t ₃ : 60 menit	-1.1	-1.0	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.1	-1.2	PILAR	-1.3	-1.1	-1.1	-1.2	-1.4	-1.4	-1.6	-1.5	-1.5	-1.3	-1.3	-1.2
2	B ₁ L ₁ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.0	0.0	-1.0	-1.0	-0.3	-0.8	-0.8	-0.5	0.0	0.7	0.0	PILAR	-1.4	-1.0	0.0	0.5	0.5	0.0	-0.7	-0.1	-1.5	-1.4	-0.8	-1.5
		t ₂ : 45 menit	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.2	PILAR	-0.4	-1.0	0.0	1.0	0.0	0.2	-0.3	-0.5	-0.5	-0.7	-1.0	-1.5
		t ₃ : 60 menit	0.0	0.0	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	0.5	0.7	0.5	PILAR	0.0	-0.5	0.0	1.0	1.2	0.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
3	B ₁ L ₁ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.3	0.1	-0.4	-0.6	-0.7	-0.5	0.0	0.5	0.3	0.0	-0.5	PILAR	-2.4	-1.7	-1.5	-0.3	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.7	-1.0	-1.2	-1.0
		t ₂ : 45 menit	0.1	-0.4	-0.2	0.0	5.1	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.5	-1.0	PILAR	-1.5	-1.2	-1.9	-0.7	0.0	-0.1	0.5	0.0	-0.2	-0.2	-1.0	-1.2
		t ₃ : 60 menit	0.3	-0.5	-0.6	-0.6	-0.4	0.0	0.3	0.2	-0.5	-0.5	-1.8	PILAR	-1.0	-1.0	-0.8	-1.7	0.5	0.8	0.9	0.9	0.9	0.7	0.8	0.5
4	B ₁ L ₁ ξ ₃ h	t ₁ : 15 menit	0.0	0.0	-1.0	-0.8	-0.4	-0.4	0.0	0.2	0.0	-0.5	-0.8	PILAR	-1.0	-1.0	-0.5	0.3	0.5	0.0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.7	-0.5	-0.6
		t ₂ : 45 menit	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.5	0.0	-0.8	-1.0	PILAR	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5	-0.7	-0.3	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	-0.4
		t ₃ : 60 menit	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.5	0.3	0.0	-0.5	-0.8	PILAR	-1.0	-1.0	-0.2	0.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.6	0.3	0.7
5	B ₁ L ₂ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.2	0.2	-1	-0.6	-0.6	-0.3	-0.4	0	0.4	0.8	0.3	PILAR	-0.1	-1.5	0	0.5	0.3	-0.3	-0.5	-0.8	-0.4	-0.8	-0.8	-0.9
		t ₂ : 45 menit	0	-0.3	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.7	-0.5	0	0.2	0	PILAR	-0.9	-1.3	-1	0.5	0	-0.7	-1	-1	-1.2	-1.2	-1.1	-1.3
		t ₃ : 60 menit	1	0.4	0.1	0.4	0.4	0.5	1	1	1.8	0.8	0.4	PILAR	0	-0.2	0.5	0.9	0.5	0.8	0.4	0.5	0.5	0.7	0.4	0
6	B ₁ L ₂ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.2	-0.7	-0.6	-0.6	-0.3	-0.1	0.1	0.5	0.3	-0.2	-1.2	PILAR	-1	-2	-0.3	0.5	0.8	0.2	0	0	0	0	-2.5	-2.6
		t ₂ : 45 menit	0.8	0.45	0.3	0.4	0.5	0.4	0.9	1.6	1.1	0.1	-0.6	PILAR	-1.4	-1.2	-0.5	0.6	1	0.9	0.1	-0.4	-0.3	-0.1	-0.6	-0.7
		t ₃ : 60 menit	0	0	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0	PILAR	-1	-1	-0.5	0.5	1.2	1.5	1.2	0.6	0.5	0.5	0.2	0
7	B ₁ L ₂ ξ ₃ h	t ₁ : 15 menit	-0.2	-0.5	-0.4	-0.4	-0.5	0	0.2	0.2	0	-0.3	-1	PILAR	0	-1	-1	-0.5	0	0.1	0	0	-0.3	-0.3	-0.5	-0.7
		t ₂ : 45 menit	0	0	0	0	0	0.3	0.4	0.3	-0.2	-0.5	-0.8	PILAR	-1.3	-1	-0.4	0	0.5	0.5	0.3	0	0	-0.2	-0.3	-0.3
		t ₃ : 60 menit	0	0	0	0	0.3	0.5	0.5	0.5	0	-0.3	-0.8	PILAR	0	-1	0	0.7	1	1	0.5	0.5	0.5	0.3	0	-0.5
8	B ₁ L ₃ ξ ₁ h	t ₁ : 15 menit	0.3	0.1	-0.6	-0.6	-0.6	-0.5	-0.4	0	1	1.3	1.1	PILAR	0.5	-1.2	-0.9	0	1	0.7	0	-0.5	-0.6	-0.6	-0.6	-0.2
		t ₂ : 45 menit	0.2	0	-0.8	-0.6	-0.8	-0.7	-0.8	-0.7	-0.2	0.5	0.7	PILAR	-0.1	-1.2	-1.2	-0.3	0.5	-0.1	-0.7	-1.1	-1.4	-1.3	-1.3	-1.2
		t ₃ : 60 menit	0	-0.1	-0.5	-0.2	-0.1	0.1	0.5	0.9	1	1	0.7	PILAR	-0.1	-1.2	-1	-0.4	0.4	0.7	0.5	1.5	1.1	1	0.9	0.6
9	B ₁ L ₃ ξ ₂ h	t ₁ : 15 menit	0.3	-0.3	-0.8	-0.5	-0.4	0	0.4	1	1	0	-0.5	PILAR	-1.4	-1.2	-0.5	0.7	1	0.8	0	-0.4	-0.5	-0.2	-0.2	-1
		t ₂ : 45 menit	0	-0.4	-0.5	-0.3	-0.3	-0.2	0.3	0.3	0.5	0	-0.2	PILAR	-1	-0.5	-0.7	0	0.2	0.2	-0.3	-1	-1	-1	-1	-1.3
		t ₃ : 60 menit	0.7	0.1	-0.3	0	0.1	0.4	0.5	1	1.4	1	0.4	PILAR	-0.6	-1.2	0	1.4	1.3	1.2	0.8	0.4	0.3	0.1	-0.2	-0.5
10	B ₁ L ₃ ξ ₃ h ₂	t ₁ : 15 menit	0.4	-0.1	-0.5	-0.5	-0.5	0	0.2	0.4	0.1	-0.1	-0.6	PILAR	-0.3	-1.5	-1	-0.2	0.1	0.2	0	0	-0.5	-0.5	-1	-1
		t ₂ : 45 menit	0.3	-0.2	-0.3	-0.3	0	0	0	0.2	0.6	0.2	-0.2	PILAR	-0.3	-0.5	0.5	1	1	1	0.7	0.2	0	-0.3	-0.5	-1
		t ₃ : 60 menit	0	-1	-0.1	-0.6	-0.5	0	0.2	0.5	0.5	0.3	0	PILAR	-0.5	-0.5	0.5	1.5	1.5	1.2	1.6	0	0	0	0	-0.5

Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Tanpa Model Tirai

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	-1.4	-1.5	-1.7	-1.7	-1.5	-1.2
2	-1.3	-1.5	-1.5	-1.5	-1.3	-1.1
4	-1.5	-1.3	-1.6	-1.8	-1.5	-1.3
6	-1.4	-1.3	-1.6	-1.5	-1.7	-1.2
8	-1.4	-1.3	-1.5	-1.6	-1.5	-1.3
10	-1.4	-1.5	-1.6	-1.8	-1.8	-1.4
12	-1.3	-1.5	-1.5	-1.5	-1.8	-1.3
14	-1.5	-1.6	-1.7	-1.7	-1.9	-1.5
16	-1.5	-1.5	-1.7	-1.7	-2	-1.5
18	-1.5	-1.4	-1.5	-1.5	-1.9	-1.5
20	-1.7	-1.6	-1.5	-1.7	-2	-1.5
22	-1.9	-1.6	-1.5	-1.6	-1.9	-1.5
24	-1.9	-1.8	-1.6	-1.5	-1.9	-1.6
26	-1.9	-1.8	-1.5	-1.6	-2	-1.8
28	-1.8	-2.1	-1.7	-1.7	-1.9	-1.7
30	-1.8	-2	-1.5	-1.6	-1.9	-1.6
32	-1.8	-1.7	-1.6	-1.6	-1.7	-1.5
34	-1.9	-1.8	-1.4	-1.5	-1.7	-1.6
36	-1.8	-2	-1.5	-1.6	-1.9	-1.7
38	-1.7	-2	-1.7	-1.6	-1.9	-1.6
40	-1.8	-2	-1.5	-1.5	-1.7	-1.6
42	-1.8	-2	-1.8	-1.5	-1.7	-1.8
44	-1.8	-2	-1.6	-1.6	-1.6	-1.6
46	0	0	0	0	0	0
48	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0
56	-1.8	-2	-1.5	-1.3	-1.7	-1.6
58	-1.8	-2	-1.7	-1.3	-1.6	-1

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu

Model BL1X1

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.3	0.8	0.5	0.0	1.0	2.0
2	0.5	0.7	0.5	-0.1	0.5	0.5
4	0.6	0.6	0.8	-0.2	-1.3	-0.6
6	0.4	-1.0	-0.5	-1.5	-2.0	-1.6
8	-1.0	-2.3	-1.5	-3.4	-3.4	-2.6
10	-1.6	-4.1	-3.0	-5.0	-4.7	-3.5
12	-3.7	-0.8	-2.0	-6.0	-5.6	-5.0
14	-0.5	-1.5	-2.0	-6.3	-5.5	-5.7
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-2.2	-2.0	-5.2	-5.6	-5.2	-5.0
20	-3.9	-3.5	-4.4	-3.9	-3.8	-3.9
22	-4.0	-3.6	-3.6	-3.4	-3.0	-3.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	-3.6	-3.7	-3.8	-3.2	-2.2	-2.7
28	-3.1	-3.5	-3.5	-3.1	-2.3	-1.9
30	-0.7	-1.0	-1.4	2.3	-1.3	-1.5
32	0.5	-0.4	-0.5	2.2	-0.5	-0.7
34	1.2	0.0	0.0	2.2	-0.3	-0.5
36	1.5	0.2	0.8	2.2	0.0	-0.3
38	2.1	1.3	0.9	1.1	0.3	0.0
40	1.0	0.5	0.9	2.0	0.0	0.3
42	0.3	-0.4	-0.5	2.0	-0.3	-0.8
44	-0.4	-0.8	-1.0	1.0	-1.7	-1.3
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	2.0	2.2	2.0	0.2	0.2	1.3
58	2.0	2.3	2.3	0.5	0.7	2.4
60	2.0	2.2	0.1	0.0	2.2	2.5
62	2.0	2.2	2.3	0.6	2.6	2.5
64	2.2	2.4	2.3	0.5	2.5	3.0
66	1.7	2.3	2.3	0.0	2.6	3.0
68	1.4	2.2	2.3	-0.7	2.5	3.0
70	2.4	2.3	2.2	-1.5	2.6	3.0

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL1X2

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	-0.3	0.4	1.1	0.0	1.4	1.6
2	0.0	0.4	1.1	0.0	1.5	1.7
4	0.2	0.5	1.4	0.2	1.5	1.9
6	0.0	0.5	1.0	0.0	0.2	1.5
8	-1.0	-0.1	0.0	-0.6	-1.8	0.5
10	-2.8	-2.5	-2.0	-2.5	-2.5	-1.0
12	-3.7	-3.5	-3.6	-2.7	-3.0	-3.2
14	-3.6	-4.2	-3.2	-2.4	0.0	-2.4
16	-3.5	-2.5	-3.1	-4.0	-4.0	-3.5
18	-3.0	-3.0	-3.0	-4.5	-4.0	-3.7
20	-3.0	-2.5	-4.0	-4.5	-3.6	-3.5
22	-3.0	-2.5	-3.0	-4.0	-3.0	-2.6
24	-2.5	-3.2	-3.1	-3.6	-2.8	-2.7
26	-2.3	-3.0	-2.7	-3.2	-2.0	-2.5
28	-1.5	-2.7	-2.5	-3.5	-2.0	-2.0
30	-0.5	-1.7	-2.0	-2.4	-1.5	-1.0
32	-0.2	-1.0	-1.6	-2.0	-1.0	-0.2
34	0.0	-1.4	-1.4	-2.3	-0.7	-0.3
36	-0.2	-1.0	-1.1	-1.7	-0.9	-0.5
38	0.0	-1.0	-0.6	-2.0	-0.3	-0.4
40	-0.3	-1.0	-0.5	-1.5	-1.0	-0.8
42	-0.6	-1.3	-0.3	-1.7	-1.7	-1.5
44	-1.0	-1.5	-0.8	-1.5	-1.7	-1.7
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	1.0	0.7	1.0	0.0	1.0	0.0
58	1.8	1.2	1.8	0.5	1.1	0.0
60	1.6	1.6	1.9	0.8	1.1	1.0
62	2.0	1.8	1.9	1.0	1.5	1.5
64	2.0	2.0	1.7	1.6	1.8	1.7
66	2.1	1.7	1.7	1.8	1.5	1.7
68	2.0	1.7	1.6	1.8	1.6	1.6
70	2.0	1.8	1.9	1.9	1.6	1.8

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu

Model BL1X3

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.6	0.5	0.1	0.1	1.5	1.6
2	0.8	0.4	0.5	0.4	1.4	1.5
4	0.6	0.1	0.5	0.4	1.5	1.6
6	0.4	0.5	0.1	0.3	1.4	1.5
8	-1.4	0.3	-0.3	-0.3	1.0	0.9
10	-2.0	-1.2	-1.5	-1.8	-0.2	0.5
12	-2.8	-3.0	-3.0	-3.0	-0.1	-2.5
14	-3.0	-3.5	-3.4	-4.0	-1.5	-3.3
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-3.2	-4.0	-3.0	-4.0	-4.0	-3.5
20	-1.8	-1.5	-3.0	-3.2	-2.5	-2.3
22	-1.7	-2.0	-2.1	-3.1	-1.8	-3.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	-1.4	-2.0	-2.0	-2.0	-1.3	-2.0
28	-1.0	-1.0	-1.5	-2.5	-0.8	-1.7
30	0.0	-1.0	-0.8	-1.0	-0.5	-1.3
32	0.2	-0.6	0.0	-0.9	0.0	-1.0
34	0.0	-0.7	-0.8	-0.5	-0.3	-1.0
36	0.0	0.6	-0.8	-0.9	-0.3	-0.8
38	0.0	-0.4	-0.5	-0.7	-0.3	-0.8
40	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0	-1.0	-0.8
42	-1.6	-1.5	-2.0	-2.0	-1.5	-0.7
44	0.0	-2.5	-2.2	-1.5	-1.7	-0.8
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	1.4	1.2	0.8	0.1	-0.5	1.6
58	1.9	1.7	1.5	0.0	-0.3	0.7
60	2.0	1.8	1.7	0.2	0.0	1.7
62	2.0	2.0	1.7	0.7	0.5	1.7
64	2.0	2.2	2.0	1.1	0.5	1.7
66	2.0	2.2	2.0	1.3	1.0	1.7
68	2.0	2.1	1.7	1.5	1.0	1.7
70	2.2	2.2	2.0	1.7	1.3	1.8

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL2X1

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.7	0.5	0.8	0.5	1.8	1.8
2	-0.6	-0.3	-0.5	0.0	1.4	1.5
4	-1.0	-1.7	-1.9	-1.0	0.4	0.5
6	-2.5	-3.2	-2.8	-0.2	-0.8	-1.0
8	-3.7	-4.3	-3.2	-3.6	-1.5	-2.6
10	-4.1	-4.8	-3.8	-5.3	-4.0	-4.2
12	-4.6	-5.7	-5.0	-5.5	-5.0	-4.8
14	-3.6	-5.5	-4.6	-6.0	-5.6	-5.1
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-4.8	-6.0	-4.0	-6.4	-3.4	-5.7
20	-3.2	-2.5	-3.5	-2.7	-2.0	-6.0
22	-2.0	-3.2	-3.3	-2.6	-2.5	-2.0
24	-1.9	-2.5	-2.5	-2.2	-1.0	-1.3
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	-1.0	-2.3	-2.2	-1.9	-0.8	-1.0
30	0.2	-0.5	-0.5	0.2	-0.7	-1.0
32	0.5	0.2	0.5	0.5	0.0	0.5
34	0.7	1.3	1.0	0.7	-0.8	-0.9
36	1.5	1.5	1.3	1.2	0.5	-0.3
38	2.0	1.5	1.6	1.5	0.7	0.2
40	2.7	1.5	1.7	0.5	1.2	0.2
42	0.4	1.0	0.0	0.0	-0.8	1.0
44	0.0	-0.5	0.0	-2.0	-0.5	-0.3
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	0.5	1.4	1.9	0.7	0.0	2.0
58	1.5	1.7	1.6	1.5	1.5	2.4
60	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	2.5
62	1.6	1.6	1.6	1.5	2.0	2.6
64	1.5	1.6	1.5	2.0	2.0	3.0
66	1.0	1.5	1.6	2.1	2.5	2.9
68	1.5	1.3	1.3	2.0	2.2	3.0
70	1.0	1.0	1.2	2.0	2.3	2.8

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL2X2

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.9	0.9	0.9	0.5	1.3	1.5
2	1.0	1.0	1.0	0.7	1.3	1.5
4	0.0	0.2	0.8	0.5	1.5	0.8
6	-1.5	-1.4	-0.5	-0.6	0.3	0.0
8	-3.1	-2.3	-2.9	-1.8	-0.8	-0.7
10	-3.6	-4.1	-3.5	-3.6	-2.8	-3.2
12	-2.0	-3.3	-4.0	-3.6	-4.2	-4.0
14	-2.5	-2.5	-3.4	-3.4	-4.5	-3.7
16	-3.1	-3.5	-3.1	-3.4	-4.6	-2.6
18	-3.0	-3.6	-3.1	-3.2	-3.7	-3.1
20	-1.5	-3.0	-2.6	-3.2	-3.8	-2.2
22	-1.5	-3.0	-2.7	-2.4	-3.0	-2.0
24	-1.0	-1.1	-2.0	-2.2	-2.1	-2.0
26	-1.0	-1.1	-1.9	-2.3	-1.5	-1.5
28	-0.6	-1.6	-2.1	-2.2	-1.1	-1.0
30	0.0	-1.0	-1.2	-1.8	-0.1	-0.2
32	0.0	-1.0	-0.7	-1.0	0.1	-0.2
34	0.3	0.2	-0.5	-1.0	0.9	0.0
36	0.5	0.1	0.2	-0.7	0.5	0.1
38	0.7	0.8	0.5	-0.1	0.8	0.1
40	1.0	0.9	0.6	-0.5	0.1	-0.3
42	1.0	0.7	-0.3	-1.5	-0.6	-1.2
44	0.0	-0.7	-1.0	-1.6	-1.3	-1.3
46	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	0.0	1.5	1.2	-0.1	0.5	0.7
58	1.0	1.7	1.5	0.5	0.7	1.5
60	1.2	1.9	1.6	1.3	1.8	2.0
62	1.5	2.0	1.7	1.2	2.4	2.0
64	1.6	2.0	1.8	1.9	2.5	2.2
66	1.7	2.5	1.7	2.0	2.5	2.2
68	1.7	1.5	1.7	1.6	2.5	2.2
70	1.6	2.0	1.7	1.9	2.5	2.3

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu

Model BL2X3

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	1.0	0.5	0.8	0.6	1.5	1.5
2	0.6	0.8	0.9	0.6	1.4	1.5
4	0.9	1.0	1.3	0.8	1.5	0.5
6	0.7	0.2	0.5	0.0	1.0	0.2
8	-0.2	0.0	-0.2	-0.8	-0.5	-1.6
10	-2.2	-2.6	-1.8	-2.6	-2.2	-2.5
12	-4.0	-4.0	-2.5	-3.0	-2.4	-2.1
14	-3.5	-3.2	-3.7	-3.1	-2.5	-2.5
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-3.5	-3.6	-4.0	-3.2	-3.7	-2.2
20	-1.7	-3.2	-2.1	0.0	-0.5	-0.4
22	-2.1	-1.9	-2.5	-2.5	-1.6	-1.2
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	-1.6	-2.0	-2.0	-2.3	-1.1	-1.0
28	-1.1	-1.5	-1.5	-2.2	-0.2	-0.8
30	-0.8	0.2	-1.4	-1.3	0.0	-0.8
32	-0.3	0.5	-1.2	-1.3	-0.5	-0.5
34	-0.4	0.7	-1.2	-1.0	-0.3	-0.7
36	-0.3	1.2	-1.0	-1.3	-0.3	-0.5
38	0.0	1.5	-0.3	-1.2	-0.5	-0.3
40	-0.3	0.5	-0.7	-1.0	-1.8	-1.0
42	-0.7	-1.0	-1.9	-1.9	-1.5	-2.5
44	-1.8	-1.6	-2.0	-3.5	-1.0	-2.7
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	1.6	0.7	1.6	0.0	1.0	1.5
58	1.8	1.5	1.7	0.1	1.2	1.5
60	2.2	1.6	1.5	0.5	1.7	1.8
62	2.2	1.5	2.0	1.0	1.8	2.1
64	2.2	2.0	2.0	1.2	1.7	2.3
66	2.2	2.1	2.0	1.3	1.7	2.3
68	2.0	2.0	2.0	1.6	1.7	2.2
70	2.2	2.0	2.0	1.8	1.7	2.2

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL3X1

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.2	0.4	0.6	1.0	0.1	1.5
2	-0.1	-0.5	-1.0	-0.4	0.5	1.0
4	-0.9	-2.1	-2.3	-0.8	-0.5	-0.1
6	-2.2	-2.5	-2.9	-2.5	-1.1	-0.4
8	-3.7	-4.8	-4.5	-4.3	-3.0	-2.0
10	-5.5	-5.4	-4.3	-4.5	-3.1	-3.5
12	-4.6	-5.8	-4.6	-5.5	-4.8	-4.3
14	-3.2	-4.6	-4.2	-5.2	-5.0	-5.3
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	-4.2	-5.1	-4.0	-5.2	-5.0	-4.9
20	-4.0	-5.2	-4.6	-4.6	-3.5	-4.0
22	-4.8	-4.6	-2.1	-2.7	-2.2	-1.7
24	-1.0	-2.0	-2.5	-1.5	-1.0	-0.9
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	-1.0	-1.8	-1.7	-1.2	-1.0	0.0
30	-0.5	0.4	0.0	0.0	-0.4	-0.1
32	0.8	1.1	0.6	0.9	0.5	0.5
34	1.2	1.3	1.0	1.0	0.9	0.7
36	1.4	1.4	1.6	1.5	1.3	0.8
38	1.6	1.8	1.8	1.5	1.5	0.9
40	1.5	1.7	1.0	-1.1	1.4	0.9
42	0.4	-0.5	-0.3	-1.5	0.1	-0.3
44	-1.1	-1.0	-1.0	-1.8	-1.5	-1.0
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	1.1	1.5	1.8	0.9	0.8	1.0
58	1.7	1.8	2.1	1.4	1.4	1.5
60	1.8	1.8	2.2	1.1	1.5	1.8
62	1.9	1.7	1.8	1.8	1.4	1.9
64	2.0	1.8	1.8	1.8	1.6	2.0
66	1.9	1.5	1.5	1.7	1.7	2.0
68	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	2.0
70	1.7	1.5	0.5	1.5	0.8	2.0

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu
Model BL3X2

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.0	-0.1	0.0	0.8	1.9	1.8
2	0.0	0.0	0.2	0.4	1.2	1.5
4	-0.1	-0.2	-0.4	-0.4	0.5	1.0
6	-1.3	-1.8	-1.5	-1.6	-1.0	-0.2
8	-3.5	-3.4	-3.6	-2.2	-2.0	-1.7
10	-4.0	-4.0	-2.4	-3.9	-4.3	-3.5
12	-5.5	-5.3	-3.2	-4.5	-4.5	-3.4
14	-3.5	-5.1	-2.5	-3.6	-4.0	-2.7
16	-3.1	-4.3	-3.2	-3.6	-3.7	-2.6
18	-2.1	-4.9	-3.9	-3.7	-4.1	-2.6
20	-2.9	-3.6	-3.5	-5.0	-4.1	-3.6
22	-2.9	-4.2	-4.5	-4.2	-3.6	-3.0
24	-1.5	-2.7	-2.6	-2.2	-2.7	-2.0
26	-2.5	-3.5	-3.8	-3.2	-2.0	-1.6
28	-2.5	-3.5	-3.8	-2.9	-1.7	-1.6
30	-0.9	-2.3	-2.1	-1.5	-0.5	-0.2
32	-1.0	-1.3	-1.4	-0.5	-0.3	0.7
34	-1.0	-1.1	-1.2	-0.8	-0.4	-0.2
36	-0.7	-0.7	-0.8	-0.7	0.0	0.1
38	-0.3	-0.4	-0.6	-0.3	-0.3	0.6
40	-0.1	-0.4	-0.2	-0.3	0.0	1.0
42	-0.1	-0.9	-0.8	-1.0	-0.2	0.3
44	-1.0	-1.4	0.1	-1.4	-1.5	-0.7
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	0.4	1.5	1.1	0.2	1.0	0.5
58	1.7	1.5	1.6	0.7	1.3	1.3
60	2.0	2.0	1.8	1.3	1.7	2.4
62	2.3	2.0	1.8	1.8	2.0	2.9
64	2.2	2.0	2.0	2.2	2.0	2.9
66	2.2	2.2	2.0	2.3	2.0	2.9
68	2.2	2.2	2.0	2.5	2.0	2.7
70	2.2	2.5	2.1	2.5	2.0	2.9

Lanjutan Lampiran 6. Perubahan Dasar Saluran Arah Memanjang dengan Variasi Waktu

Model BL3X3

	Q1 : 0.00244 m ³ /dt.			Q2 : 0.0044 m ³ /dt.		
	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit	t : 15 menit	t : 45 menit	t : 60 menit
0	0.3	1.2	0.9	-0.2	1.6	1.3
2	0.3	0.4	0.5	-0.2	1.3	1.5
4	-0.3	-0.2	0.5	0.0	1.0	1.5
6	-2.7	-1.5	-0.6	-1.0	-0.5	0.0
8	-2.0	-3.0	-1.7	-3.0	-1.0	-2.1
10	0.0	0.0	0.0	-4.6	-2.6	-3.0
12	-2.1	-3.2	-2.2	-4.3	-3.3	-3.2
14	-2.1	-2.0	-3.4	-4.2	-3.4	-3.5
16	-2.1	-2.7	-3.2	0.0	0.0	0.0
18	-1.9	-2.2	-3.0	-4.4	-3.4	-3.0
20	0.0	0.0	0.0	-3.5	-1.0	-2.2
22	-2.0	-2.0	-2.1	-2.5	-2.0	-2.0
24	-1.6	-1.4	-2.0	-2.5	-1.1	-1.9
26	-1.4	-1.5	-1.0	0.0	0.0	0.0
28	-0.9	-1.1	-1.0	-2.0	-0.7	-1.0
30	-0.4	-0.4	-1.0	-1.5	-1.0	-1.2
32	0.0	0.2	-0.7	-1.0	-0.5	-0.9
34	0.1	0.3	-0.5	-0.8	-0.8	-0.8
36	0.0	0.5	0.1	-1.3	-0.7	-0.7
38	0.0	0.6	0.2	-0.8	-0.4	0.1
40	-0.8	0.5	-0.5	-0.8	-1.0	-0.3
42	-1.5	-1.4	-0.8	-1.3	-1.0	-1.0
44	-2.3	-1.7	-1.3	-1.7	-2.5	-2.0
46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
56	0.5	1.8	1.3	0.1	1.7	2.3
58	1.0	2.1	1.6	0.5	2.2	2.5
60	1.2	2.2	1.7	0.8	2.6	1.6
62	1.3	2.2	1.8	1.1	2.6	2.5
64	1.6	2.3	2.0	1.5	2.7	2.5
66	1.6	2.0	2.0	1.6	2.3	2.5
68	1.5	2.0	1.9	1.6	2.5	2.5
70	1.6	2.1	2.0	1.9	2.6	2.5

Lampiran 7. Hasil Penelitian Uji Laboratorium

Hasil Penelitian Uji Laboratorium	Q1,Q2	: Debit Pengaliran (m ³ /dt)	ds	: Kedalaman gerusan (m)
	B	: Lebar Saluran (m)	dz	: Kedalaman gerusan (tanpa tirai) (m)
	X	: Jarak antar tirai (X1, X2, X3) (m)	ζ	: $\left(\frac{X}{B}\right)$: Bilangan tak berdimensi
	L	: Panjang antar tirai (L1, L2, L3) (m)	Vo	: Kecepatan awal sebelum model tirai
	h	: Kedalaman air (m)	V1	: Kecepatan aliran setelah model tirai (depan pilar)

No.	Variasi Model Tirai	Q1 (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	ζ (X/B)	Vo (m/dt.)	V1 (m/dt.)	dz (m)	ds (m)	ds/dz
1	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049		0.388	0.325	0.055	0.055	1.000
2	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	15	0.058	0.030	0.200	0.338	0.055	0.025	0.455
3	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	15	0.050	0.060	0.250	0.250	0.055	0.022	0.400
4	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	15	0.045	0.090	0.300	0.250	0.055	0.029	0.527
5	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049		0.350	0.338	0.050	0.050	1.000
6	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	45	0.063	0.030	0.325	0.200	0.050	0.020	0.400
7	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	45	0.053	0.060	0.300	0.200	0.050	0.028	0.560
8	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	45	0.048	0.090	0.325	0.200	0.050	0.025	0.500
9	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050		0.450	0.388	0.040	0.040	1.000
10	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	60	0.061	0.030	0.275	0.213	0.040	0.018	0.450
11	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	60	0.050	0.060	0.375	0.163	0.040	0.015	0.375
12	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	60	0.047	0.090	0.300	0.225	0.040	0.024	0.600
13	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049		0.388	0.325	0.055	0.055	1.000
14	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	15	0.054	0.030	0.250	0.250	0.055	0.020	0.364
15	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	15	0.048	0.060	0.263	0.225	0.055	0.025	0.455
16	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	15	0.050	0.090	0.300	0.300	0.055	0.020	0.364
17	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049		0.350	0.338	0.050	0.050	1.000
18	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	45	0.053	0.030	0.288	0.188	0.050	0.029	0.580
19	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	45	0.051	0.060	0.300	0.175	0.050	0.018	0.360
20	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	45	0.047	0.090	0.300	0.225	0.050	0.026	0.520
21	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050		0.450	0.388	0.040	0.040	1.000
22	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	60	0.051	0.030	0.250	0.200	0.040	0.022	0.550
23	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	60	0.051	0.060	0.300	0.150	0.040	0.029	0.725
24	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	60	0.047	0.090	0.338	0.263	0.040	0.025	0.625

Lanjutan Lampiran 7. Hasil Penelitian Uji Laboratorium

No.	Variasi Model Tirai	Q1 (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	ζ (X/B)	Vo (m/dt.)	V1 (m/dt.)	dz (m)	ds (m)	ds/dz
25	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049		0.388	0.325	0.055	0.055	1.000
26	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	15	0.055	0.030	0.275	0.250	0.055	0.022	0.400
27	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	15	0.059	0.060	0.288	0.213	0.055	0.022	0.397
28	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	15	0.045	0.090	0.300	0.263	0.055	0.026	0.450
29	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049		0.350	0.338	0.050	0.050	0.450
30	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	45	0.054	0.030	0.238	0.188	0.050	0.021	0.410
31	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	45	0.064	0.060	0.288	0.213	0.050	0.023	0.450
32	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	45	0.049	0.090	0.300	0.225	0.050	0.023	0.469
33	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050		0.450	0.388	0.040	0.040	1.000
34	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	60	0.059	0.030	0.275	0.213	0.040	0.017	0.425
35	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	60	0.051	0.060	0.288	0.238	0.040	0.018	0.450
36	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	60	0.049	0.090	0.300	0.288	0.040	0.019	0.475

No.	Variasi Model Tirai	Q2 (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	ζ (X/B)	Vo (m/dt.)	V1 (m/dt.)	dz (m)	ds (m)	ds/dz
1	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080		0.600	0.413	0.060	0.060	1.000
2	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	15	0.065	0.030	0.375	0.250	0.060	0.025	0.424
3	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	15	0.082	0.060	0.400	0.238	0.060	0.027	0.453
4	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	15	0.075	0.090	0.325	0.275	0.060	0.029	0.485
5	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080		0.600	0.450	0.070	0.070	1.000
6	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	45	0.069	0.030	0.425	0.250	0.070	0.030	0.422
7	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	45	0.070	0.060	0.055	0.288	0.070	0.032	0.452
8	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	45	0.071	0.090	0.438	0.325	0.070	0.034	0.483
9	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064		0.300	0.413	0.055	0.055	1.000
10	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	60	0.077	0.030	0.300	0.250	0.055	0.024	0.430
11	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	60	0.073	0.060	0.488	0.275	0.055	0.025	0.455
12	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	60	0.064	0.090	0.400	0.313	0.055	0.027	0.484

Lanjutan Lampiran 7. Hasil Penelitian Uji Laboratorium

13	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080		0.600	0.413	0.060	0.060	1.000
14	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	15	0.076	0.030	0.300	0.275	0.060	0.030	0.500
15	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	15	0.076	0.060	0.325	0.300	0.060	0.026	0.433
16	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	15	0.074	0.090	0.400	0.288	0.060	0.035	0.583
17	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080		0.600	0.450	0.070	0.070	1.000
18	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	45	0.077	0.030	0.400	0.275	0.070	0.035	0.500
19	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	45	0.071	0.060	0.463	0.250	0.070	0.030	0.429
20	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	45	0.069	0.090	0.463	0.288	0.070	0.027	0.386
21	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064		0.300	0.413	0.055	0.055	1.000
22	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	60	0.068	0.030	0.400	0.250	0.055	0.025	0.455
23	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	60	0.064	0.060	0.463	0.300	0.055	0.033	0.600
24	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	60	0.067	0.090	0.450	0.350	0.055	0.025	0.455
25	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080		0.600	0.413	0.060	0.060	1.000
26	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	15	0.080	0.030	0.300	0.263	0.060	0.026	0.433
27	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	15	0.072	0.060	0.400	0.213	0.060	0.024	0.400
28	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	15	0.075	0.090	0.350	0.325	0.060	0.035	0.583
29	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080		0.600	0.450	0.070	0.070	1.000
30	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	45	0.088	0.030	0.363	0.275	0.070	0.030	0.429
31	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	45	0.077	0.060	0.400	0.225	0.070	0.028	0.400
32	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	45	0.072	0.090	0.425	0.325	0.070	0.027	0.386
33	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064		0.300	0.413	0.055	0.055	1.000
34	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	60	0.067	0.030	0.425	0.263	0.055	0.020	0.364
35	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	60	0.072	0.060	0.363	0.338	0.055	0.017	0.309
36	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	60	0.069	0.090	0.400	0.250	0.055	0.025	0.455

Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

The Colorado State University (CSU)

$$\frac{\Delta z}{h} = 2.0 K_1 K_2 \left(\frac{a}{h}\right)^{0.65} Fr^{0.43}$$

- Δz : Kedalaman gerusan (m)
- h : Tinggi Muka Air (m)
- a : Lebar pilar (m)
- K_1, K_2 : Koefisien
- dz : Kedalaman gerusan (tanpa tirai) (m)
- X : Jarak antar tirai (X1, X2, X3)
- B : Lebar Saluran
- L : Panjang antar tirai (L1, L2, L3)

No.	Variasi Model Tirai	Q1 (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai) (m)	K ₁	K ₂	a	(a/h) ^{0.65}	Fr ^{0.43}	Δz	Δz/dz
1	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.000	1.094	0.050	1.007	0.729	0.040	0.723
2	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	15	0.058	0.055	1.000	1.094	0.050	0.913	0.634	0.036	0.662
3	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	15	0.050	0.055	1.000	1.094	0.050	0.996	0.659	0.036	0.657
4	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	15	0.045	0.055	1.000	1.094	0.050	1.065	0.688	0.036	0.661
5	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.000	1.094	0.050	1.007	0.728	0.040	0.794
6	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	45	0.063	0.050	1.000	1.094	0.050	0.865	0.607	0.036	0.718
7	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	45	0.053	0.050	1.000	1.094	0.050	0.963	0.648	0.036	0.724
8	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	45	0.048	0.050	1.000	1.094	0.050	1.027	0.658	0.035	0.710
9	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.000	1.094	0.050	0.999	0.768	0.042	1.051
10	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	60	0.061	0.040	1.000	1.094	0.050	0.882	0.594	0.035	0.870
11	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	60	0.050	0.040	1.000	1.094	0.050	1.002	0.654	0.036	0.893
12	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	60	0.047	0.040	1.000	1.094	0.050	1.046	0.673	0.036	0.899
13	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.000	1.094	0.050	1.007	0.729	0.040	0.723
14	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	15	0.054	0.055	1.000	1.094	0.050	0.950	0.656	0.037	0.670
15	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	15	0.048	0.055	1.000	1.094	0.050	1.033	0.655	0.035	0.640
16	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	15	0.050	0.055	1.000	1.094	0.050	0.998	0.684	0.037	0.681
17	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.000	1.094	0.050	1.007	0.728	0.040	0.794
18	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	45	0.053	0.050	1.000	1.094	0.050	0.965	0.627	0.035	0.699
19	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	45	0.051	0.050	1.000	1.094	0.050	0.992	0.646	0.035	0.710
20	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	45	0.047	0.050	1.000	1.094	0.050	1.038	0.679	0.036	0.728
21	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.000	1.094	0.050	0.999	0.768	0.042	1.051
22	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	60	0.051	0.040	1.000	1.094	0.050	0.989	0.616	0.034	0.847
23	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	60	0.051	0.040	1.000	1.094	0.050	0.987	0.637	0.035	0.877
24	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	60	0.047	0.040	1.000	1.094	0.050	1.040	0.680	0.036	0.910

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

25	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.000	1.094	0.050	1.007	0.729	0.040	0.723
26	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	15	0.055	0.055	1.000	1.094	0.050	0.938	0.637	0.036	0.656
27	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	15	0.059	0.055	1.000	1.094	0.050	0.897	0.626	0.036	0.660
28	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	15	0.045	0.055	1.000	1.094	0.050	1.067	0.666	0.035	0.640
29	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.000	1.094	0.050	1.007	0.728	0.040	0.794
30	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	45	0.054	0.050	1.000	1.094	0.050	0.946	0.580	0.033	0.653
31	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	45	0.064	0.050	1.000	1.094	0.050	0.851	0.618	0.037	0.738
32	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	45	0.049	0.050	1.000	1.094	0.050	1.014	0.661	0.036	0.718
33	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.000	1.094	0.050	0.999	0.768	0.042	1.051
34	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	60	0.059	0.040	1.000	1.094	0.050	0.897	0.589	0.034	0.854
35	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	60	0.051	0.040	1.000	1.094	0.050	0.986	0.616	0.034	0.849
36	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	60	0.049	0.040	1.000	1.094	0.050	1.018	0.666	0.036	0.902

No.	Variasi Model Tirai	Q2 (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai) (m)	K ₁	K ₂	a	(a/h) ^{0.65}	Fr ^{0.43}	Δz	Δz/dz
1	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.000	1.094	0.050	0.734	0.710	0.046	0.765
2	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	15	0.065	0.060	1.000	1.094	0.050	0.839	0.661	0.040	0.663
3	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	15	0.082	0.060	1.000	1.094	0.050	0.726	0.642	0.042	0.695
4	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	15	0.075	0.060	1.000	1.094	0.050	0.769	0.650	0.041	0.682
5	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.000	1.094	0.050	0.736	0.722	0.047	0.665
6	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	45	0.069	0.070	1.000	1.094	0.050	0.808	0.655	0.040	0.574
7	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	45	0.070	0.070	1.000	1.094	0.050	0.800	0.681	0.042	0.600
8	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	45	0.071	0.070	1.000	1.094	0.050	0.798	0.697	0.043	0.615
9	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.000	1.094	0.050	0.855	0.668	0.040	0.722
10	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	60	0.077	0.055	1.000	1.094	0.050	0.757	0.631	0.040	0.729
11	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	60	0.073	0.055	1.000	1.094	0.050	0.785	0.701	0.044	0.794
12	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	60	0.064	0.055	1.000	1.094	0.050	0.850	0.710	0.042	0.770

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

13	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.000	1.094	0.050	0.734	0.710	0.046	0.765
14	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	15	0.076	0.060	1.000	1.094	0.050	0.760	0.634	0.040	0.670
15	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	15	0.076	0.060	1.000	1.094	0.050	0.759	0.646	0.041	0.683
16	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	15	0.074	0.060	1.000	1.094	0.050	0.777	0.727	0.046	0.759
17	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.000	1.094	0.050	0.736	0.722	0.047	0.665
18	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	45	0.077	0.070	1.000	1.094	0.050	0.754	0.658	0.042	0.598
19	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	45	0.071	0.070	1.000	1.094	0.050	0.795	0.672	0.042	0.594
20	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	45	0.069	0.070	1.000	1.094	0.050	0.809	0.699	0.043	0.612
21	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.000	1.094	0.050	0.855	0.668	0.040	0.722
22	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	60	0.068	0.055	1.000	1.094	0.050	0.822	0.677	0.041	0.749
23	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	60	0.064	0.055	1.000	1.094	0.050	0.849	0.715	0.043	0.777
24	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	60	0.067	0.055	1.000	1.094	0.050	0.825	0.727	0.044	0.802
25	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.000	1.094	0.050	0.734	0.710	0.046	0.765
26	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	15	0.080	0.060	1.000	1.094	0.050	0.737	0.634	0.041	0.681
27	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	15	0.072	0.060	1.000	1.094	0.050	0.791	0.669	0.042	0.692
28	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	15	0.075	0.060	1.000	1.094	0.050	0.766	0.652	0.041	0.687
29	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.000	1.094	0.050	0.736	0.722	0.047	0.665
30	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	45	0.088	0.070	1.000	1.094	0.050	0.690	0.616	0.041	0.587
31	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	45	0.077	0.070	1.000	1.094	0.050	0.755	0.666	0.042	0.606
32	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	45	0.072	0.070	1.000	1.094	0.050	0.788	0.682	0.042	0.606
33	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.000	1.094	0.050	0.855	0.668	0.040	0.722
34	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	60	0.067	0.055	1.000	1.094	0.050	0.824	0.689	0.042	0.761
35	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	60	0.072	0.055	1.000	1.094	0.050	0.787	0.684	0.043	0.774
36	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	60	0.069	0.055	1.000	1.094	0.050	0.811	0.682	0.042	0.759

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

Garde dan Raju

$$\frac{d_{sm}}{h} = \frac{4.0}{\alpha} \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \left(\frac{V}{\sqrt{gh}} \right)^{n^*}$$

- dsm : Kedalaman gerusan maksimum (m)
- h : tinggi muka air (m)
- V : Kecepatan aliran (m/dt)
- α : Perbandingan bukaan (B-L)/B
- n* : Eksponen, fungsi ukuran sedimen dan geometri halangan
- η₁η₂η₃η₄ : Koefisien
- dz : Kedalaman gerusan (tanpa tirai) (m)
- X : Jarak antar tirai (X₁, X₂, X₃)
- B : Labar Saluran
- L : Panjang antar tirai (L₁, L₂, L₃)

No.	Variasi Model Tirai	Q (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai) (m)	η ₁	η ₂	η ₃	η ₄	n*	α	Fr ^{0.85}	dsm (m)	dsm/dz
1	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.536	0.034	0.617
2	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	15	0.058	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.406	0.030	0.543
3	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	15	0.050	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.438	0.028	0.513
4	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	15	0.045	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.477	0.028	0.504
5	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.534	0.034	0.676
6	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	45	0.063	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.372	0.030	0.596
7	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	45	0.053	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.425	0.029	0.576
8	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	45	0.048	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.438	0.027	0.538
9	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.593	0.038	0.951
10	BL ₁ X ₁	0.00224	0.500	0.080	0.015	60	0.061	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.358	0.028	0.694
11	BL ₁ X ₂	0.00224	0.500	0.080	0.030	60	0.050	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.432	0.028	0.688
12	BL ₁ X ₃	0.00224	0.500	0.080	0.045	60	0.047	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.458	0.027	0.683
13	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.536	0.034	0.617
14	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	15	0.054	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.434	0.030	0.546
15	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	15	0.048	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.434	0.026	0.480
16	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	15	0.050	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.472	0.030	0.551
17	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.534	0.034	0.676
18	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	45	0.053	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.397	0.027	0.537
19	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	45	0.051	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.421	0.027	0.546
20	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	45	0.047	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.465	0.028	0.561
21	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.593	0.038	0.951
22	BL ₂ X ₁	0.00224	0.500	0.100	0.015	60	0.051	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.383	0.025	0.624
23	BL ₂ X ₂	0.00224	0.500	0.100	0.030	60	0.051	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.410	0.027	0.668
24	BL ₂ X ₃	0.00224	0.500	0.100	0.045	60	0.047	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.467	0.028	0.702

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

25	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.536	0.034	0.617
26	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	15	0.055	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.410	0.029	0.526
27	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	15	0.059	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.396	0.030	0.545
28	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	15	0.045	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.448	0.026	0.472
29	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.534	0.034	0.676
30	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	45	0.054	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.340	0.024	0.474
31	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	45	0.064	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.386	0.032	0.634
32	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.442	0.028	0.553
33	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.593	0.038	0.951
34	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	60	0.059	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.351	0.027	0.664
35	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	60	0.051	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.384	0.025	0.628
36	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	60	0.049	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.448	0.028	0.698

No.	Variasi Model Tirai	Q (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai (m))	η_1	η_2	η_3	η_4	n*	α	$F_T^{0.85}$	dsm (m)	dsm/dz
1	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.509	0.052	0.874
2	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	15	0.065	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.442	0.037	0.617
3	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	15	0.082	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.416	0.044	0.727
4	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	15	0.075	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.426	0.041	0.681
5	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.525	0.054	0.769
6	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	45	0.069	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.434	0.039	0.550
7	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	45	0.070	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.467	0.042	0.602
8	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	45	0.071	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.490	0.044	0.633
9	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.450	0.037	0.666
10	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	60	0.077	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.402	0.040	0.718
11	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	60	0.073	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.495	0.046	0.836
12	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.507	0.042	0.758

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

13	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.509	0.052	0.874
14	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	15	0.076	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.406	0.040	0.662
15	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	15	0.076	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.422	0.041	0.687
16	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	15	0.074	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.468	0.044	0.736
17	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.525	0.054	0.769
18	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	45	0.077	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.437	0.043	0.617
19	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	45	0.071	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.455	0.041	0.592
20	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	45	0.069	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.492	0.044	0.624
21	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.450	0.037	0.666
22	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	60	0.068	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.463	0.040	0.728
23	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.515	0.042	0.772
24	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	60	0.067	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.532	0.046	0.832
25	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.509	0.052	0.874
26	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	15	0.080	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.406	0.042	0.693
27	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	15	0.072	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.452	0.042	0.692
28	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	15	0.075	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.430	0.041	0.692
29	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.525	0.054	0.769
30	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	45	0.088	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.383	0.043	0.620
31	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	45	0.077	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.448	0.044	0.632
32	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	45	0.072	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.470	0.043	0.619
33	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.450	0.037	0.666
34	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	60	0.067	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.479	0.041	0.752
35	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	60	0.072	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.472	0.044	0.794
36	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	60	0.069	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.469	0.041	0.754

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

25	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.536	0.034	0.617
26	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	15	0.055	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.410	0.029	0.526
27	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	15	0.059	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.396	0.030	0.545
28	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	15	0.045	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.448	0.026	0.472
29	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.534	0.034	0.676
30	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	45	0.054	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.340	0.024	0.474
31	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	45	0.064	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.386	0.032	0.634
32	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	45	0.049	0.050	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.442	0.028	0.553
33	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.593	0.038	0.951
34	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	60	0.059	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.351	0.027	0.664
35	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	60	0.051	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.384	0.025	0.628
36	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	60	0.049	0.040	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.448	0.028	0.698

No.	Variasi Model Tirai	Q (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai (m)	η_1	η_2	η_3	η_4	n'	α	$Fr^{0.85}$	dsm (m)	dsm/dz
1	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.509	0.052	0.874
2	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	15	0.065	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.442	0.037	0.617
3	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	15	0.082	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.416	0.044	0.727
4	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	15	0.075	0.060	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.426	0.041	0.681
5	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.525	0.054	0.769
6	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	45	0.069	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.434	0.039	0.550
7	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	45	0.070	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.467	0.042	0.602
8	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	45	0.071	0.070	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.490	0.044	0.633
9	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.450	0.037	0.666
10	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	60	0.077	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.402	0.040	0.718
11	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	60	0.073	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.495	0.046	0.836
12	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	60	0.064	0.055	1.300	1.000	1.094	1.000	0.850	0.900	0.507	0.042	0.758

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

Froehlich
$$\frac{d_s}{d_o} = 0.78K_1K_2 \left(\frac{L_A}{h}\right)^{0.63} Fr^{1.16} \left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{0.43} \sigma^{-1.87}$$

- ds : Kedalaman gerusan (m)
- do : Kedalaman aliran (m)
- K1,K2 : Koefisien
- LA : Diameter pilar (m)
- Fr : Angka Froude
- σ : $\left(\frac{d_{84}}{d_{16}}\right)^{0.5}$: Standar deviasi geometri material dasar
- dz : Kedalaman gerusan (tanpa tirai) (m)
- X : Jarak antar tirai (X1, X2, X3)
- B : Labar Saluran
- L : Panjang antar tirai (L1, L2, L3)

No.	Variasi Model Tirai	Q (m³/dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai (m)	LA	$\left(\frac{L_A}{h}\right)^{0.63}$	Fr ^{1.16}	σ ^{-1.87}	K1	K2	d50	$\left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{0.43}$	ds (m)	ds/dz
1	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	0.050	1.007	0.427	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.080
2	BL1X1	0.00224	0.500	0.080	0.015	15	0.058	0.055	0.050	0.915	0.292	0.662	1.000	1.094	0.001	5.281	0.046	0.834
3	BL1X2	0.00224	0.500	0.080	0.030	15	0.050	0.055	0.050	0.996	0.325	0.662	1.000	1.094	0.001	4.984	0.046	0.832
4	BL1X3	0.00224	0.500	0.080	0.045	15	0.045	0.055	0.050	1.063	0.364	0.662	1.000	1.094	0.001	4.769	0.047	0.861
5	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	0.050	1.007	0.425	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.183
6	BL1X1	0.00224	0.500	0.080	0.015	45	0.063	0.050	0.050	0.869	0.260	0.662	1.000	1.094	0.001	5.474	0.044	0.871
7	BL1X2	0.00224	0.500	0.080	0.030	45	0.053	0.050	0.050	0.964	0.311	0.662	1.000	1.094	0.001	5.099	0.046	0.914
8	BL1X3	0.00224	0.500	0.080	0.045	45	0.048	0.050	0.050	1.026	0.351	0.662	1.000	1.094	0.001	4.885	0.048	0.954
9	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	0.050	0.999	0.490	0.662	1.000	1.094	0.001	4.976	0.069	1.723
10	BL1X1	0.00224	0.500	0.080	0.015	60	0.061	0.040	0.050	0.886	0.246	0.662	1.000	1.094	0.001	5.401	0.040	1.006
11	BL1X2	0.00224	0.500	0.080	0.030	60	0.050	0.040	0.050	1.002	0.318	0.662	1.000	1.094	0.001	4.964	0.044	1.112
12	BL1X3	0.00224	0.500	0.080	0.045	60	0.047	0.040	0.050	1.044	0.344	0.662	1.000	1.094	0.001	4.827	0.046	1.142
13	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	0.050	1.007	0.427	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.080
14	BL2X1	0.00224	0.500	0.100	0.015	15	0.054	0.055	0.050	0.952	0.320	0.662	1.000	1.094	0.001	5.142	0.048	0.870
15	BL2X2	0.00224	0.500	0.100	0.030	15	0.048	0.055	0.050	1.032	0.320	0.662	1.000	1.094	0.001	4.865	0.043	0.784
16	BL2X3	0.00224	0.500	0.100	0.045	15	0.050	0.055	0.050	0.998	0.359	0.662	1.000	1.094	0.001	4.978	0.050	0.918
17	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	0.050	1.007	0.425	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.183
18	BL2X1	0.00224	0.500	0.100	0.015	45	0.053	0.050	0.050	0.966	0.320	0.662	1.000	1.094	0.001	5.089	0.047	0.938
19	BL2X2	0.00224	0.500	0.100	0.030	45	0.051	0.050	0.050	0.992	0.320	0.662	1.000	1.094	0.001	4.999	0.045	0.907
20	BL2X3	0.00224	0.500	0.100	0.045	45	0.047	0.050	0.050	1.037	0.359	0.662	1.000	1.094	0.001	4.850	0.048	0.962
21	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	0.050	0.999	0.490	0.662	1.000	1.094	0.001	4.976	0.069	1.723
22	BL2X1	0.00224	0.500	0.100	0.015	60	0.051	0.040	0.050	0.989	0.270	0.662	1.000	1.094	0.001	5.010	0.038	0.962
23	BL2X2	0.00224	0.500	0.100	0.030	60	0.051	0.040	0.050	0.988	0.296	0.662	1.000	1.094	0.001	5.014	0.042	1.054
24	BL2X3	0.00224	0.500	0.100	0.045	60	0.047	0.040	0.050	1.039	0.353	0.662	1.000	1.094	0.001	4.843	0.047	1.181

Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

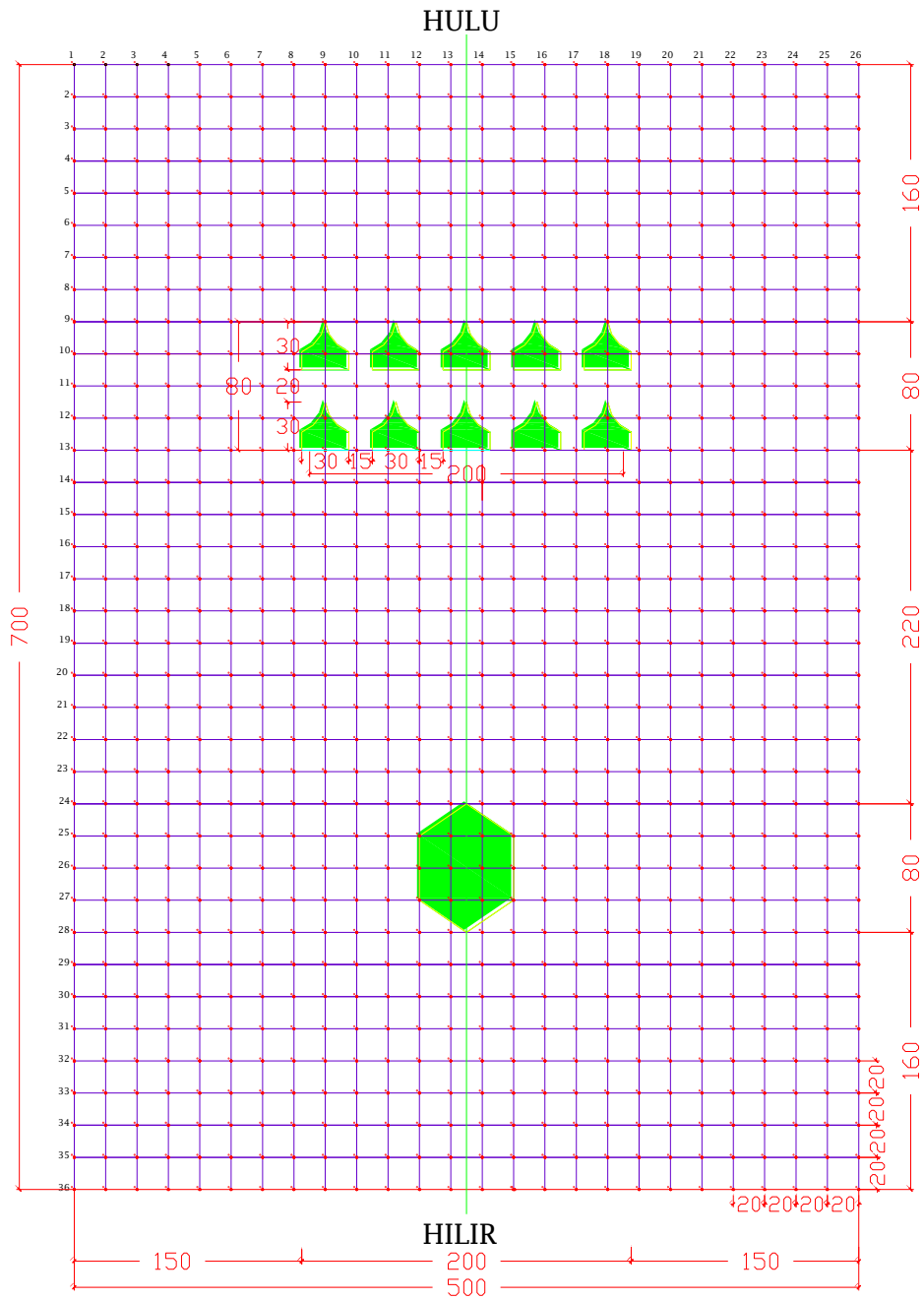
25	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	15	0.049	0.055	0.050	1.007	0.427	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.080
26	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	15	0.055	0.055	0.050	0.940	0.296	0.662	1.000	1.094	0.001	5.186	0.045	0.818
27	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	15	0.059	0.055	0.050	0.900	0.283	0.662	1.000	1.094	0.001	5.342	0.045	0.825
28	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	15	0.045	0.055	0.050	1.065	0.335	0.662	1.000	1.094	0.001	4.763	0.043	0.788
29	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	45	0.049	0.050	0.050	1.007	0.425	0.662	1.000	1.094	0.001	4.948	0.059	1.183
30	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	45	0.054	0.050	0.050	0.948	0.230	0.662	1.000	1.094	0.001	5.158	0.035	0.690
31	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	45	0.064	0.050	0.050	0.855	0.273	0.662	1.000	1.094	0.001	5.532	0.047	0.935
32	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	45	0.049	0.050	0.050	1.014	0.328	0.662	1.000	1.094	0.001	4.926	0.045	0.904
33	Tanpa Tirai	0.00224	0.500	0.000	0.000	60	0.050	0.040	0.050	0.999	0.490	0.662	1.000	1.094	0.001	4.976	0.069	1.723
34	BL ₃ X ₁	0.00224	0.500	0.120	0.015	60	0.059	0.040	0.050	0.900	0.240	0.662	1.000	1.094	0.001	5.341	0.038	0.962
35	BL ₃ X ₂	0.00224	0.500	0.120	0.030	60	0.051	0.040	0.050	0.986	0.271	0.662	1.000	1.094	0.001	5.019	0.039	0.968
36	BL ₃ X ₃	0.00224	0.500	0.120	0.045	60	0.049	0.040	0.050	1.017	0.334	0.662	1.000	1.094	0.001	4.915	0.046	1.148

No.	Variasi Model Tirai	Q (m ³ /dt.)	B (m)	L (m)	X (m)	t (menit)	h (m)	dz (tanpa tirai) (m)	L _A	$\left(\frac{L_A}{h}\right)^{0.63}$	FR ^{1.16}	σ ^Λ ·1.87	K ₁	K ₂	d ₅₀	$\left(\frac{h}{d_{50}}\right)^{0.43}$	ds (m)	ds/dz
1	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	0.050	0.741	0.398	0.662	1.000	1.094	0.001	6.101	0.082	1.361
2	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	15	0.065	0.060	0.050	0.844	0.328	0.662	1.000	1.094	0.001	5.583	0.057	0.951
3	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	15	0.082	0.060	0.050	0.733	0.302	0.662	1.000	1.094	0.001	6.147	0.063	1.048
4	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	15	0.075	0.060	0.050	0.775	0.312	0.662	1.000	1.094	0.001	5.917	0.061	1.009
5	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	0.050	0.743	0.415	0.662	1.000	1.094	0.001	6.088	0.085	1.212
6	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	45	0.069	0.070	0.050	0.813	0.320	0.662	1.000	1.094	0.001	5.725	0.058	0.833
7	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	45	0.070	0.070	0.050	0.806	0.354	0.662	1.000	1.094	0.001	5.762	0.065	0.935
8	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	45	0.071	0.070	0.050	0.804	0.377	0.662	1.000	1.094	0.001	5.770	0.070	0.998
9	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	0.050	0.859	0.336	0.662	1.000	1.094	0.001	5.513	0.057	1.040
10	BL ₁ X ₁	0.0044	0.500	0.080	0.015	60	0.077	0.055	0.050	0.764	0.289	0.662	1.000	1.094	0.001	5.977	0.057	1.037
11	BL ₁ X ₂	0.0044	0.500	0.080	0.030	60	0.073	0.055	0.050	0.791	0.383	0.662	1.000	1.094	0.001	5.834	0.072	1.317
12	BL ₁ X ₃	0.0044	0.500	0.080	0.045	60	0.064	0.055	0.050	0.854	0.396	0.662	1.000	1.094	0.001	5.537	0.068	1.235

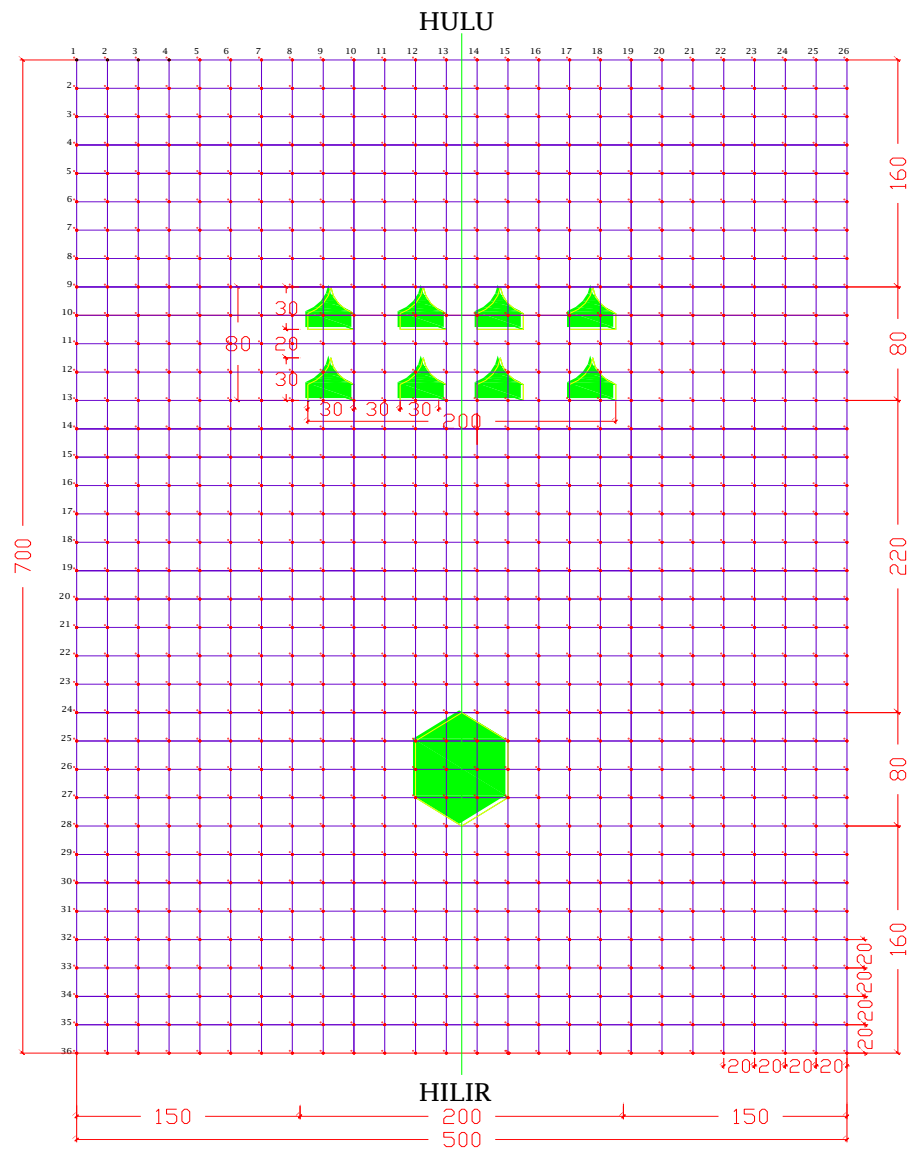
Lanjutan Lampiran 8. Perhitungan Kedalaman Gerusan (ds) dengan Pendekatan Empiris

13	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	0.050	0.741	0.398	0.662	1.000	1.094	0.001	6.101	0.082	1.361
14	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	15	0.076	0.060	0.050	0.766	0.293	0.662	1.000	1.094	0.001	5.964	0.058	0.960
15	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	15	0.076	0.060	0.050	0.766	0.308	0.662	1.000	1.094	0.001	5.965	0.061	1.010
16	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	15	0.074	0.060	0.050	0.783	0.355	0.662	1.000	1.094	0.001	5.875	0.068	1.131
17	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	0.050	0.743	0.415	0.662	1.000	1.094	0.001	6.088	0.085	1.212
18	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	45	0.077	0.070	0.050	0.761	0.323	0.662	1.000	1.094	0.001	5.991	0.064	0.917
19	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	45	0.071	0.070	0.050	0.801	0.342	0.662	1.000	1.094	0.001	5.786	0.064	0.909
20	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	45	0.069	0.070	0.050	0.814	0.380	0.662	1.000	1.094	0.001	5.720	0.069	0.989
21	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	0.050	0.859	0.336	0.662	1.000	1.094	0.001	5.513	0.057	1.040
22	BL ₂ X ₁	0.0044	0.500	0.100	0.015	60	0.068	0.055	0.050	0.827	0.349	0.662	1.000	1.094	0.001	5.662	0.062	1.135
23	BL ₂ X ₂	0.0044	0.500	0.100	0.030	60	0.064	0.055	0.050	0.853	0.405	0.662	1.000	1.094	0.001	5.542	0.070	1.264
24	BL ₂ X ₃	0.0044	0.500	0.100	0.045	60	0.067	0.055	0.050	0.830	0.366	0.662	1.000	1.094	0.001	5.645	0.065	1.184
25	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	15	0.080	0.060	0.050	0.741	0.398	0.662	1.000	1.094	0.001	6.101	0.082	1.361
26	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	15	0.080	0.060	0.050	0.744	0.293	0.662	1.000	1.094	0.001	6.083	0.060	0.996
27	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	15	0.072	0.060	0.050	0.797	0.339	0.662	1.000	1.094	0.001	5.806	0.063	1.058
28	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	15	0.075	0.060	0.050	0.772	0.316	0.662	1.000	1.094	0.001	5.932	0.062	1.027
29	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	45	0.080	0.070	0.050	0.743	0.415	0.662	1.000	1.094	0.001	6.088	0.085	1.212
30	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	45	0.088	0.070	0.050	0.698	0.270	0.662	1.000	1.094	0.001	6.353	0.060	0.855
31	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	45	0.077	0.070	0.050	0.761	0.334	0.662	1.000	1.094	0.001	5.990	0.066	0.948
32	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	45	0.072	0.070	0.050	0.794	0.356	0.662	1.000	1.094	0.001	5.820	0.067	0.958
33	Tanpa Tirai	0.0044	0.500	0.000	0.000	60	0.064	0.055	0.050	0.859	0.336	0.662	1.000	1.094	0.001	5.513	0.057	1.040
34	BL ₃ X ₁	0.0044	0.500	0.120	0.015	60	0.067	0.055	0.050	0.828	0.366	0.662	1.000	1.094	0.001	5.653	0.065	1.187
35	BL ₃ X ₂	0.0044	0.500	0.120	0.030	60	0.072	0.055	0.050	0.792	0.359	0.662	1.000	1.094	0.001	5.828	0.068	1.230
36	BL ₃ X ₃	0.0044	0.500	0.120	0.045	60	0.069	0.055	0.050	0.816	0.356	0.662	1.000	1.094	0.001	5.713	0.065	1.175

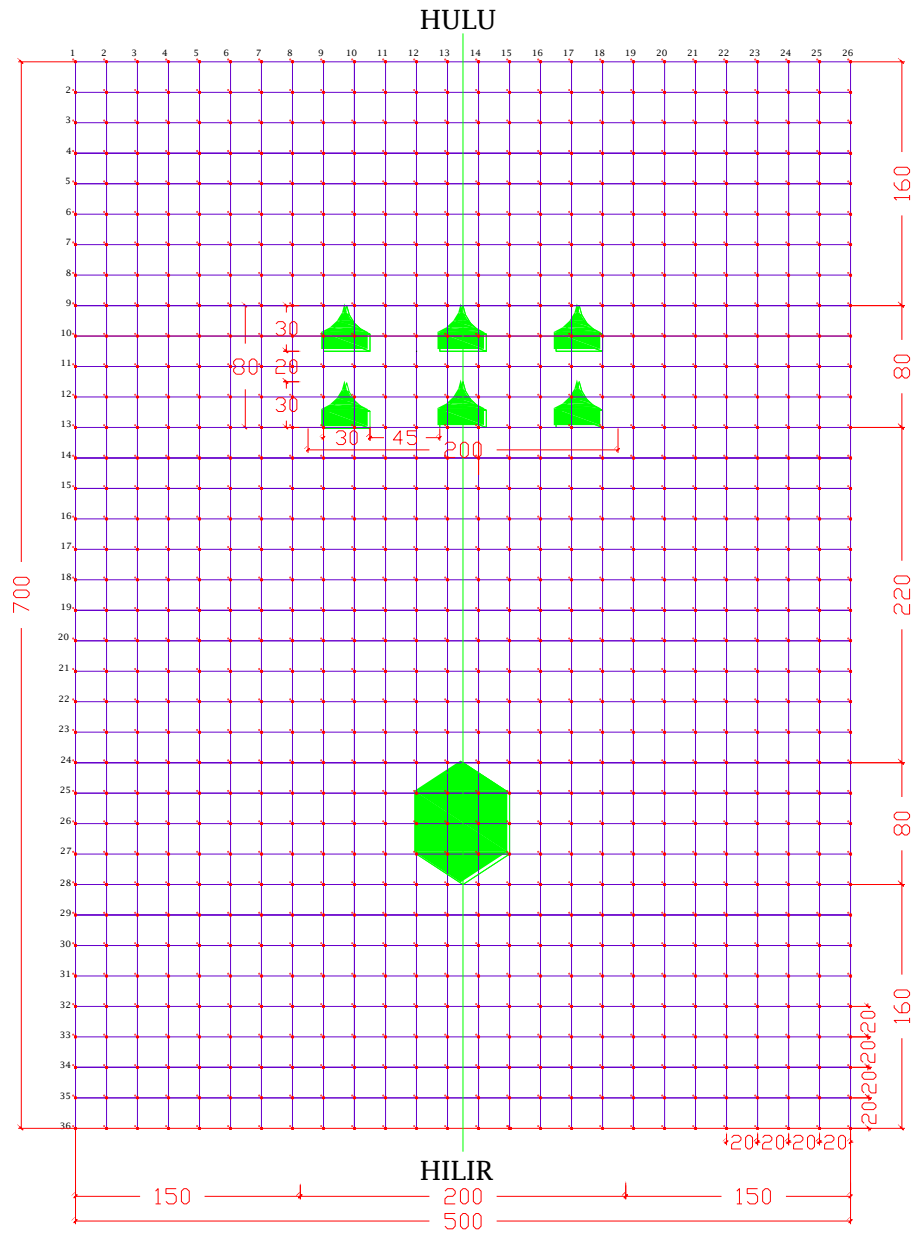
FORMASI : BL_1X_1



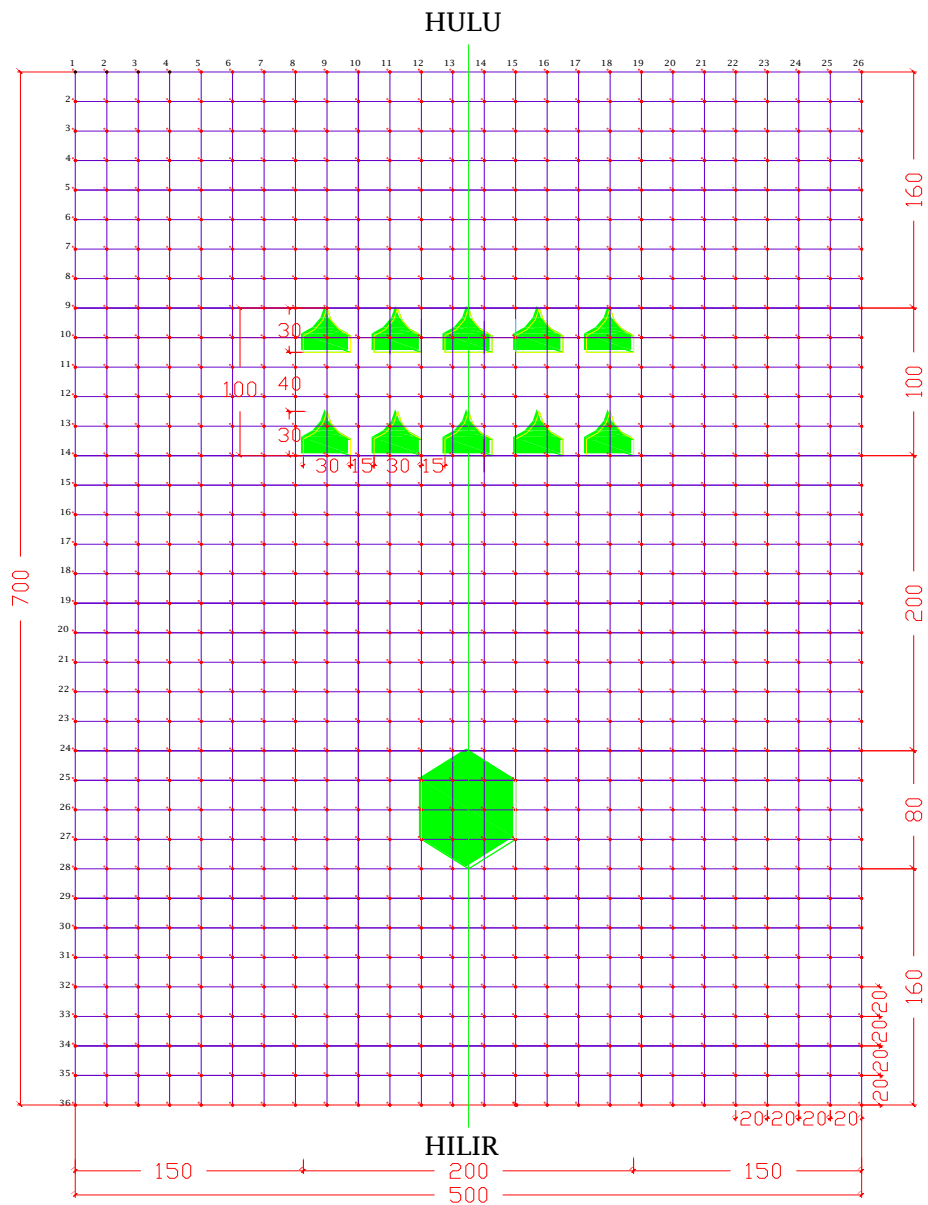
FORMASI : BL_1X_2



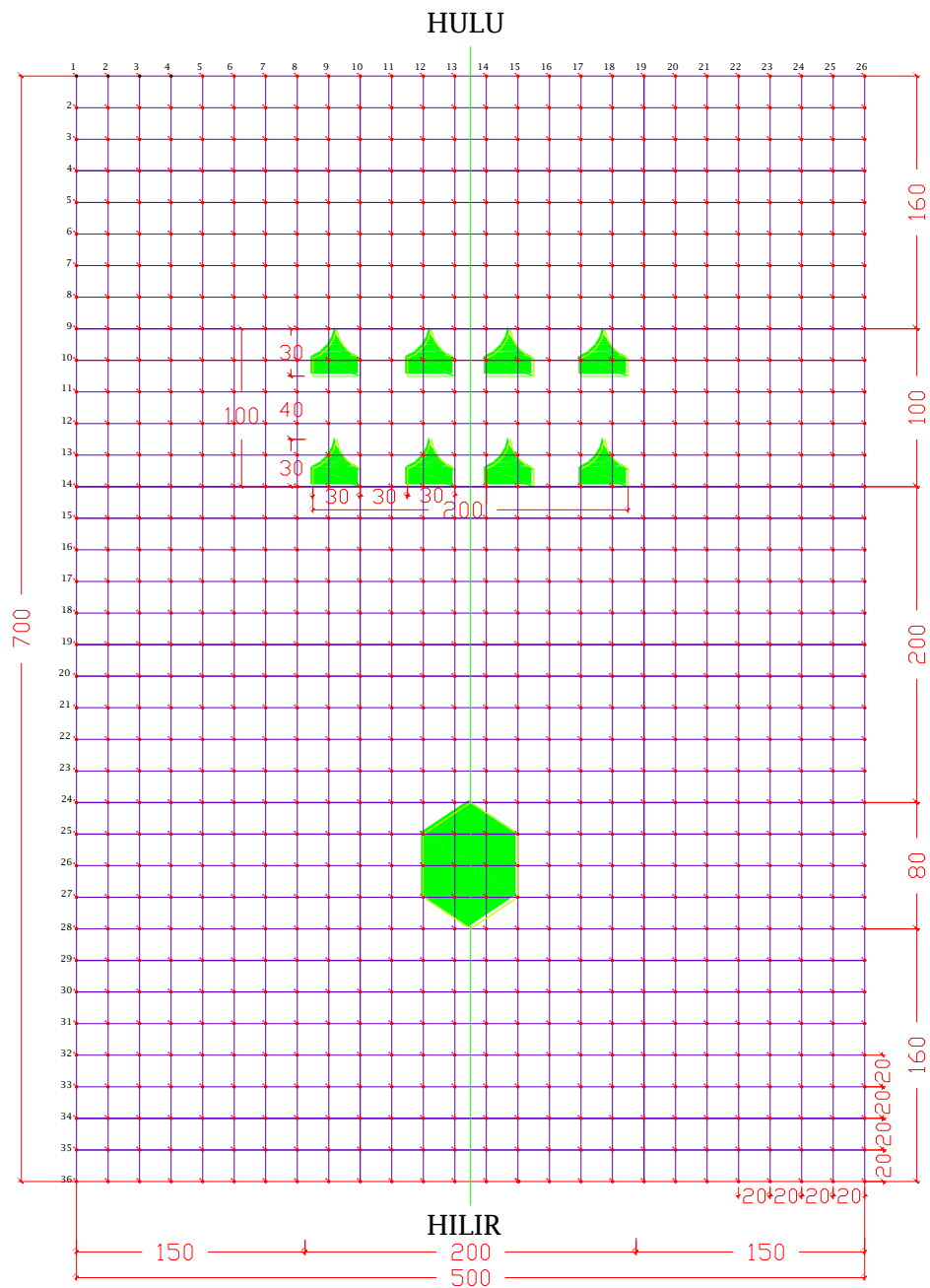
FORMASI : BL_1X_3



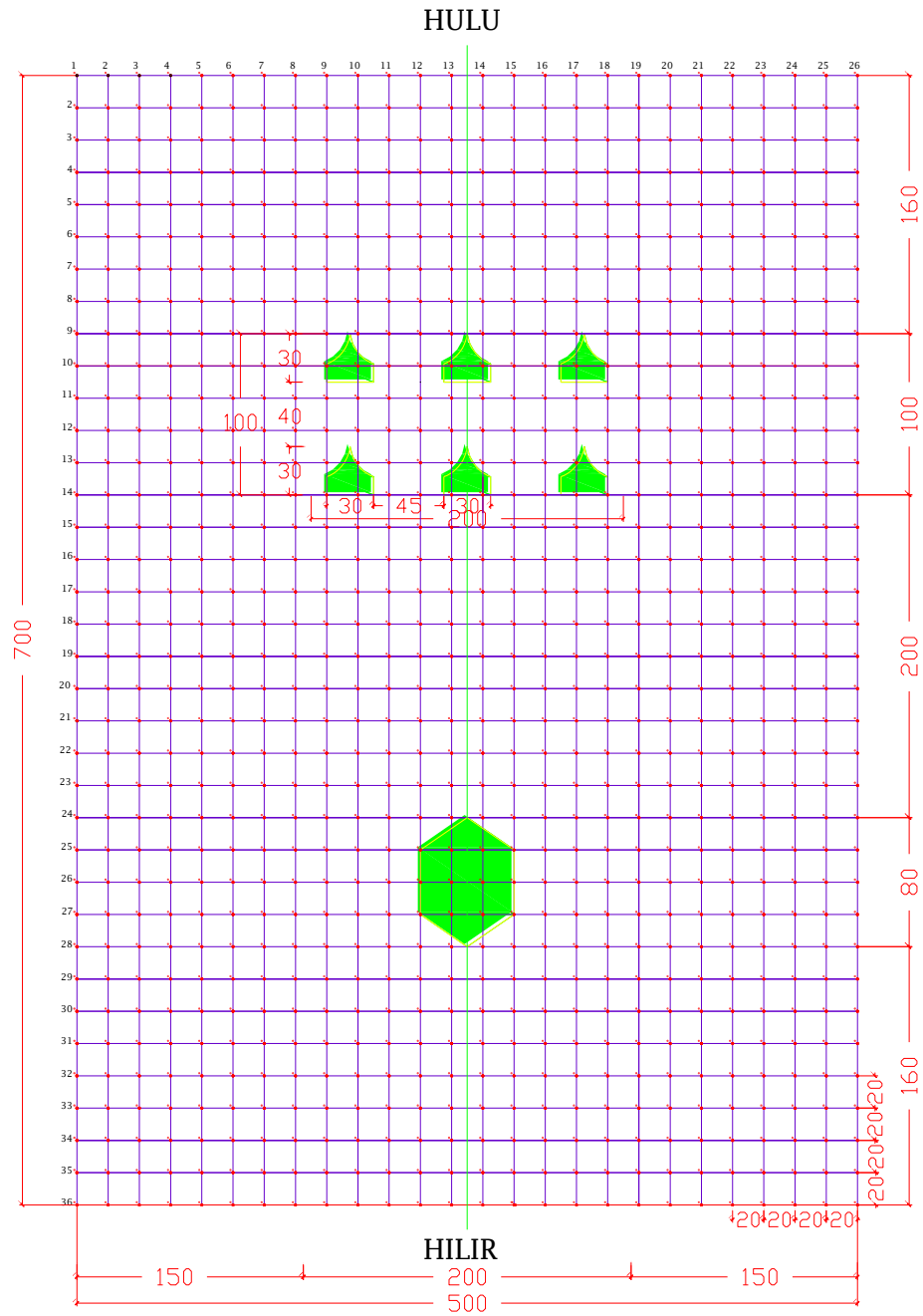
FORMASI : BL_2X_1



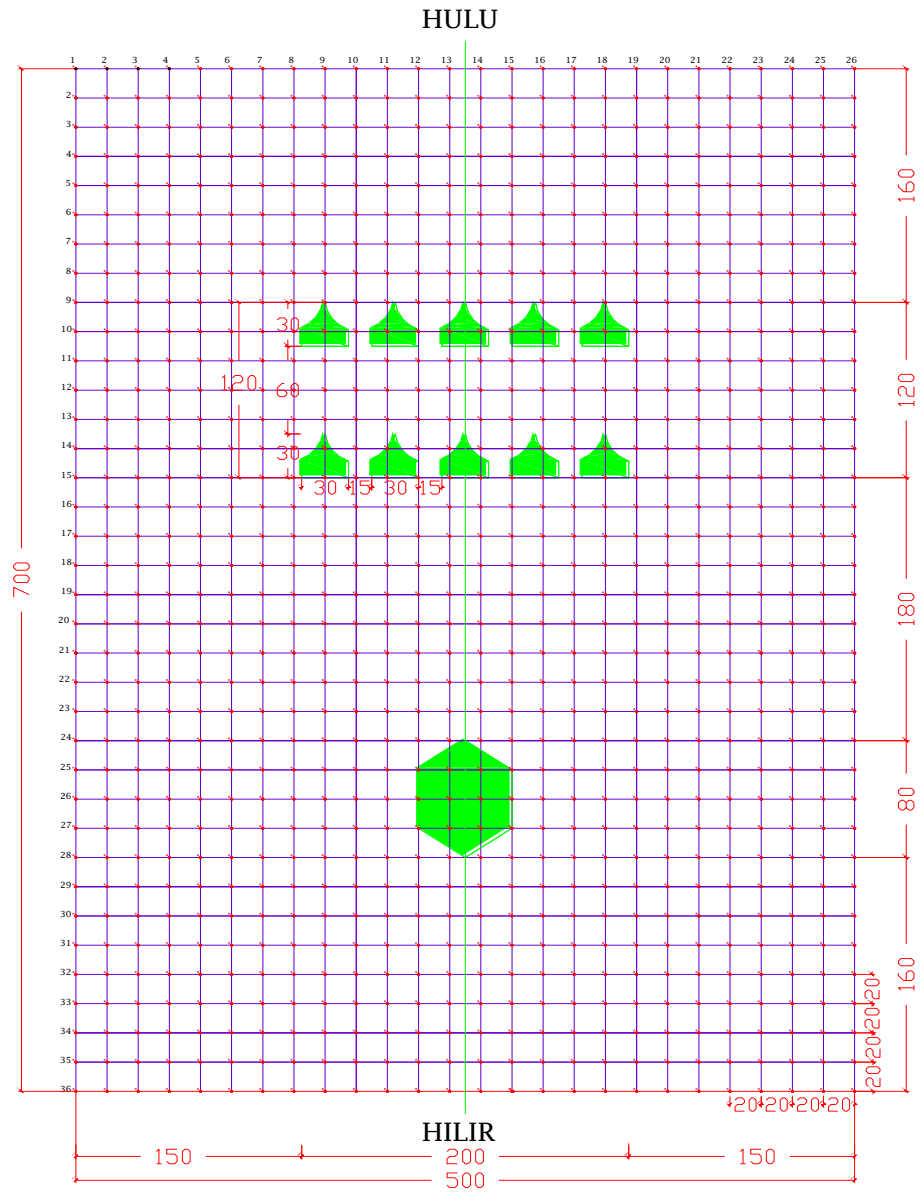
FORMASI : BL_2X_2

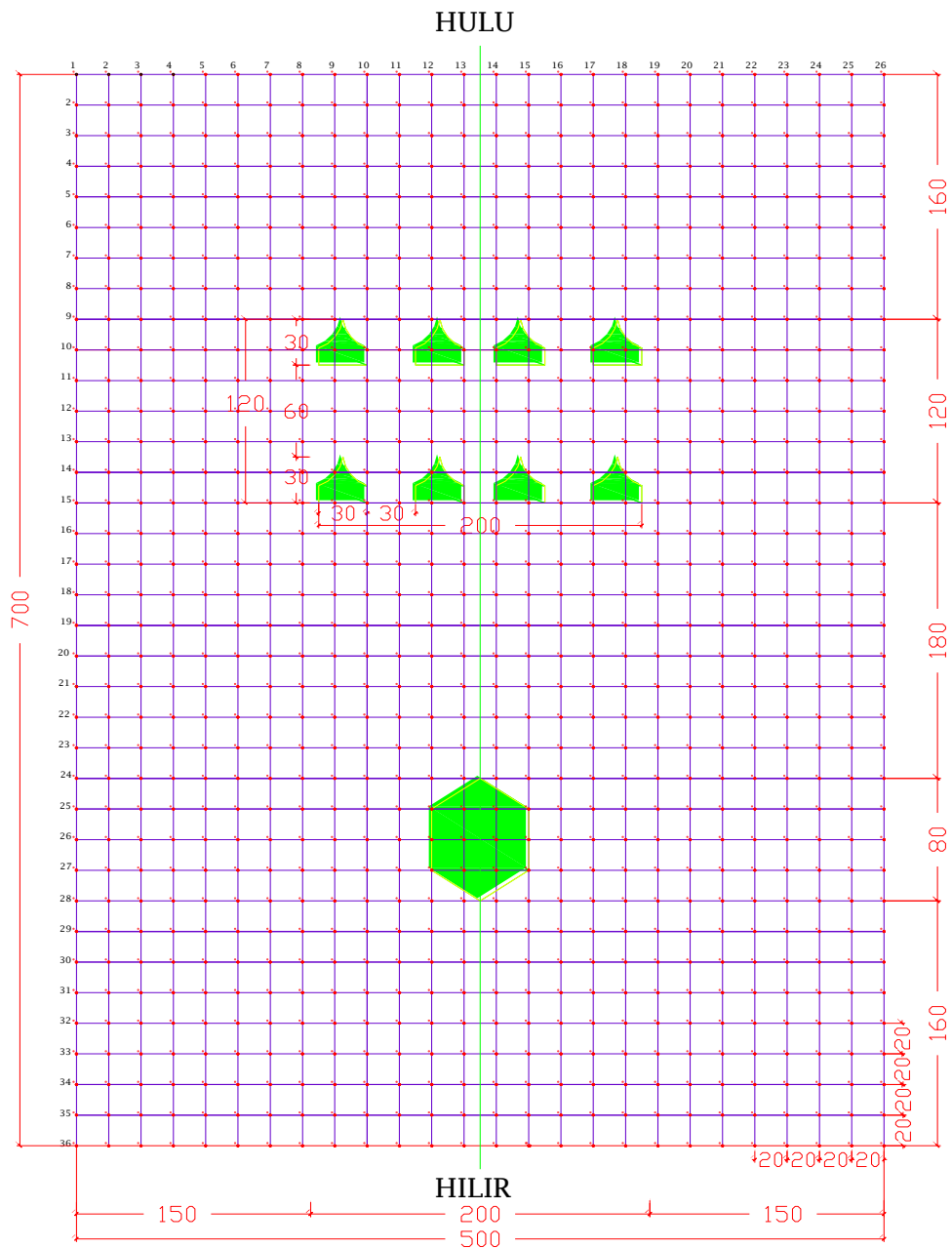


FORMASI : BL_2X_3



FORMASI : BL_3X_1



FORMASI : BL_3X_2 

FORMASI : BL_3X_3

