

SKRIPSI

ANALISIS KENAIKAN MUKA AIR TIBA – TIBA (*ABRUPT RISE*)
DENGAN PENGGUNAAN *BUFFLE BLOCK* UNTUK MEREDUKSI
GERUSAN DI HILIR USBR TIPE IV (EKSPERIMENTAL)



Oleh:

REYNALDI SEPTIADI PRATAMA
105 81 2532 15

LILI NUR INDAH SARI
105 81 2511 15

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2020

08/01/2020

1 exp
Smb. Alauddin

P/041/SIP/2009
PRA
a'

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Afauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.comWebsite : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Reynaldi Septiadi Pratama dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2532 15 dan Lili Nur Indah Sari dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2511 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0003/SK-Y/22201/091004/2020, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 22 Februari 2020.

Makassar, 28 Jumadil Akhir 1441 H
22 Februari 2020 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Abdul Rahman Rehim, SE., MM

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji :

a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Farouk Manicar, MT

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

3. Anggota: 1. Dr. Ir. Hj. Feuty Daud S, MT

2. Amrullah Mansifa, ST., MT., IPM

3. Ir. Andi Rahmat, MT

Mengetahui :

Pembimbing I


Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPM.

Pembimbing II


Lutfi Harif Djupur, ST., MT.

Dekan


Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

NBM : 855 500



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : ANALISIS KENAIKAN MUKA AIR TIBA-TIBA (*ABRUPT RISE*)
DENGAN PENGGUNAAN *BUFFLE BLOCK* UNTUK
MEREDUKSI GERUSAN DI HILIR USBR TIPE IV

Nama : REYNALDI SEPTIADI PRATAMA

LILI NUR INDAH SARI

Stambuk : 105 81 2532 15

105 81 2511 15

Makassar, 22 Februari 2020

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, ST., MT., IPM.

Pembimbing II

Lutfi Hair Djunur, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Pengairan

Jurusan Teknik Sipil



Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

NBM : 1183 084

ANALISIS KENAIKAN MUKA AIR TIBA-TIBA (*ABRUPT RISE*) DENGAN PENGGUNAAN *BUFFLE BLOCK* UNTUK MEREDUKSI GERUSAN DI HILIR USBR TIPE IV

Reynaldi Septiadi Pratama¹⁾, Lili Nur Indah Sari²⁾, Abd. Rakhim
Nanda³⁾, dan Luthfi Hair Djunur⁴⁾

Program Studi Teknik Pengairan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Makassar

E-mail: Lindahsari905@gmail.com

ABSTRAK

Peredam energi USBR tipe IV belum efektif dalam mereduksi gerusan dihilir spillway sehingga mengakibatkan terjadinya *Abrupt Rise*. Untuk meningkatkan efektivitas dari peredam energi serta mengurangi terjadinya gerusan dihilir USBR maka dibenkan *Baffle Block* atau blok halang. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan *Baffle Block* terhadap perubahan penampang saluran, pola gerusan, volume gerusan, serta parameter aliran. Penelitian ini dilakukan dengan uji model fisik terdistorsi dengan beberapa percobaan alternatif pada model Laboratorium Hidraulika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Alternatif yang dipakai pada penelitian ini yaitu mencoba memodifikasi peredam energi dengan menambahkan *Baffle Block* pada struktur USBR tipe IV. Variasi *Baffle Block* yang digunakan yaitu dengan kemiringan 1 : 1, 1 : 3, dan 1 : 5. Penelitian ini menggunakan 3 variasi debit dan 3 variasi waktu simulasi pengaliran. Didapatkan dari hasil penelitian bahwa variasi struktur USBR tipe IV dengan *Baffle Block* kemiringan 1 : 1 menghasilkan redaman dengan efisiensi tertinggi. Hal ini dapat dilihat dari perubahan penampang saluran dan pola gerusan. Persentase volume gerusan menunjukkan paling sedikit terjadi gerusan terjadi pada variasi *Baffle Block* 1 : 1 yaitu sebesar 2.45 %. Sedangkan pengaruh parameter aliran terhadap besarnya gerusan tidak terlalu signifikan hal ini sesuai dengan konsep lapis batas.

Kata kunci : *USBR tipe IV*, *Abrupt Rise*, *Baffle Block*, Gerusan

ABSTRACT

USBR type IV energy absorbers have not been effective in reducing the scouring downstream of the spillway, resulting in *Abrupt rise*. To increase the effectiveness of the energy absorbers and reduce the occurrence of scouring in the USBR, a *Baffle block* is given. The purpose of this study was to determine the effect of using *Baffle Block* on changes in channel cross section, scour pattern, scour volume, and flow parameters. This research was conducted with a distorted physical model test with several alternative experiments on the Hydraulic Laboratory Model of the Faculty of Engineering, Muhammadiyah University of Makassar. The alternative used is trying to modify the energy damper by adding a *Baffle Block* to the USBR type IV structure, the variation of the *Baffle block* used is by slope 1 : 1, 1 : 3, and 1 : 5. The study uses 3 variations of discharge and 3 variation of simulation time of drainage. From the results of the analysis of this study. It can be seen that variations in the structure of USBR type IV with a 1 : 1 slope *Baffle Block* produce the highest damping efficiency. It can be seen from change of channel cross section and the movement pattern. The percentage of scour volume shows that the least scouring occurs in the *Baffle block* 1 : 1 variation, which is 2.45%. While the effect of flow parameters on the scour size is not too significant, this is in accordance with the boundary layer concept.

Keywords : USBR type IV, Abrupt Rise, Baffle Block, Scour

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, karena rahmat dan hidayah-Nya yang tiada henti diberikan kepada hamba-Nya. Shalawat serta salam tak lupa penulis kirimkan kepada Rasulullah Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam. Beserta keluarga, sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman. Adapun judul tugas kami adalah "**Analisis Kenaikan Muka Air Tiba – Tiba (*Abrupt Rise*) dengan Penggunaan *Baffle Block* Untuk Mereduksi Gerusan Di hilir USBR Tipe IV**".

Tugas ini merupakan salah satu persyaratan kami dalam menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Prodi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, arahan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Maka dari itu penghargaan yang setinggi-tingginya dan terimakasih banyak kami haturkan dengan hormat kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Abd. Rahman Rahim, S.E., M.M. Sebagai Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, S.T., M.T. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Andi Makbul Syamsuri, S.T., M.T. Sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Bapak Dr. Ir. H. Abd. Rakhim Nanda, M.T. Selaku Pembimbing I dan Bapak Lutfi Hair Djunur, S.T., M.T. Selaku Pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Administrasi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
6. Saudara/saudari kami di Fakultas Teknik, REAKSI 2015 yang selalu belajar dan berjuang bersama dengan rasa persaudaraan yang tinggi banyak membantu serta memberi dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Kedua orangtua kami yang tercinta, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-sebesarnya atas segala limpahan kasih sayang, doa dan dukungan baik secara moril maupun materi.

Akhir kata, penulis mengharapkan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang Teknik Pengairan. Aamin.

"Billehi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat"

Makassar, 24 Februari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	4
D. Manfaat Penelitian.....	4
E. Batasan Masalah.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Pengertian Bendungan.....	7
B. Bangunan Pelimpah (<i>Spillway</i>).....	7
C. Klasifikasi Aliran.....	9
1. Jenis Aliran.....	9
2. Sifat Aliran.....	9

D. Debit Pengaliran	11
E. Gerusan dan Endapan.....	12
F. Mekanisme Gerusan dan Endapan.....	15
G. Transport Sedimen	17
1. Angkutan Dasar	18
2. Angkutan Sedimen Melayang	19
H. Peredam Energi	20
I. Abrupt Rise (Kenaikan Air Muka Tiba-tiba)	23
J. Baffle Block (Blok Halang)	25
K. Model Terdistorsi	26
L. Analisis SPSS	27
M. Lapisan Batas (Boundary Layer)	28
BAB III METODE PENELITIAN	29
A. Lokasi Dan Waktu Penelitian	29
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data	29
C. Bahan dan Alat	30
D. Variabel yang Diteliti	31
E. Perancangan Model	32
F. Langkah – Langkah Penelitian	34
G. Penentuan Konfigurasi Dasar Sungai	35
H. Pencatatan Data	35
I. Kalibrasi Alat Ukur Debit Thompson	38
J. Kalibrasi Kedalaman Air	39

5. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Volume Gerusan.....	90
BAB V PENUTUP.....	94
A. Kesimpulan.....	94
B. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96
DAFTAR LAMPIRAN.....	98
Lampiran 1 Grafik Analisa Saringan.....	98
Lampiran 2 Grafik Shield.....	99
Lampiran 3 Grafik Perubahan Penampang Saluran.....	101
Lampiran 4 Gambar Kontur dan Perspektif Kontur Gerusan.....	125
Lampiran 5 Gambar Penampang Jarak Melintang Dari Pusat (Hilir USBR).....	137
Lampiran 6 Kekentalan Kinematis.....	144
Lampiran 7 Variabel SPSS.....	145
Lampiran 8 Dokumentasi Penelitian.....	146

K. Kecepatan Aliran Air	39
L. Waktu Running	39
M. Simulasi Penelitian	39
N. Analisis Data	42
1. Program SPSS	42
2. Program Surfer	43
O. Diagram ALir Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Data Hasil Penelitian	46
1. Umum	46
2. Debit Aliran	46
3. Kedalaman Aliran	47
4. Kecepatan Aliran	49
B. Analisa Hasil Penelitian	52
1. Klasifikasi Aliran	52
2. Perubahan Penampang Saluran	54
3. Kontur Gerusan dan Perspektif Kontur Gerusan	61
4. Volume Gerusan	68
C. Pembahasan Hasil Penelitian	78
1. Pengaruh Kedalaman Aliran Terhadap Gerusan	78
2. Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan	81
3. Pengaruh Lama Waktu Pengaliran Terhadap Gerusan	84
4. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Gerusan	87

DAFTAR GAMBAR

No. Gambar		Halaman
Gambar 1	Diagram Shield.....	15
Gambar 2	Kolam Olak USBR Tipe IV.....	22
Gambar 3	Pengaruh Abrupt Rise Pada Perubahan Kemiringan Saluran.....	24
Gambar 4	Pengaruh Abrupt Rise Pada Perubahan Lebar Saluran.....	24
Gambar 5	Pengaruh Abrupt Rise Pada Perubahan Dasar Saluran.....	24
Gambar 6	Buffie Block at Yeoman Hey Reservoir.....	25
Gambar 7	Buffie Block at Salauli Dam.....	26
Gambar 8	Boundan Layer.....	29
Gambar 9	Kolam Olakan USBR Tipe IV Dengan Skaia Terdistorsi.....	32
Gambar 10	Tampak Atas Model Fisik Didalam Flume.....	33
Gambar 11	Perspektif Model Fisik Didalam Flume.....	33
Gambar 12	Parameter Aliran Pada Model Fisik Penelitian.....	34
Gambar 13	Kondisi Awal Saluran.....	36
Gambar 14	Pengukuran Debit.....	36
Gambar 15	Pengukuran Elevasi Muka Air.....	37
Gambar 16	Pengambilan Data Saat Pengaliran.....	37
Gambar 17	Pengambilan Data Setelah Pengaliran.....	38
Gambar 18	Model Peredam Energi.....	40

Gambar 19	Variasi Baffle Block	40
Gambar 20	Material Pasir yang Digunakan.....	40
Gambar 21	Pengamatan Karakteristik aliran menggunakan pias-pias 49	41
Gambar 22	Pengukuran kedalaman gerusan dan endapan	42
Gambar 23	Contoh Penggunaan Program SPSS.....	43
Gambar 24	Contoh Hasil Pengolahan Data Menggunakan Program Surfer.....	44
Gambar 25	Hubungan elevasi dasar saluran dengan jarak antar titik pias Tanpa Menggunakan <i>Baffle Block</i>	55
Gambar 26	Hubungan elevasi dasar saluran dengan jarak antar titik pias Menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	57
Gambar 27	Hubungan elevasi dasar saluran dengan jarak antar titik pias Menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	58
Gambar 28	Hubungan elevasi dasar saluran dengan jarak antar titik pias Menggunakan <i>Baffle Block</i> 1:5	60
Gambar 29	Kontur hasil gerusan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk	61
Gambar 30	Perspektif hasil gerusan $t = 5$ menit dengan $Q =$ $1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$	62
Gambar 31	Kontur hasil gerusan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk	63
Gambar 32	Perspektif hasil gerusan $t = 5$ menit dengan $Q =$	

	1405,42 cm ³ /dtk	63
Gambar 33	Kontur hasil gerusan t = 5 menit dengan Q =1405,42 cm ³ /dtk	64
Gambar 34	Perspektif hasil gerusan t = 5 menit dengan Q = 1405,42 cm ³ /dtk	65
Gambar 35	Kontur hasil gerusan t = 5 menit dengan Q =1405,42 cm ³ /dtk	66
Gambar 36	Gambar hasil gerusan t = 5 menit dengan Q = 1405,42 cm ³ /dtk	67
Gambar 37	Sketsa bentuk titik pengamatan di hilir USBR tipe IV ...	68
Gambar 38	Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang tanpa <i>Baffle</i> <i>Block</i>	71
Gambar 39	Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang pada <i>Baffle Block</i> 1 : 1	71
Gambar 40	Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang pada <i>Baffle Block</i> 1 : 3	72
Gambar 41	Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang tanpa <i>Baffle Block</i> 1 : 5	72
Gambar 42	Grafik Persentase volume gerusan pada variasi	

	struktur USBR tipe IV	78
Gambar 43	Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa <i>Baffle Block</i>	79
Gambar 44	Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	79
Gambar 45	Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	80
Gambar 46	Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	80
Gambar 47	Gabungan grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan	81
Gambar 48	Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa <i>Baffle Block</i>	82
Gambar 49	Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	82
Gambar 50	Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur	

	USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	83
Gambar 51	Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	83
Gambar 52	Gabungan grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan.....	84
Gambar 53	Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa <i>Baffle Block</i>	85
Gambar 54	Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1.....	85
Gambar 55	Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	86
Gambar 56	Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	86
Gambar 57	Gabungan grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan.....	87
Gambar 58	Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa <i>Baffle Block</i>	88

Gambar 59	Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	88
Gambar 60	Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	89
Gambar 61	Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	89
Gambar 62	Gabungan grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan	90
Gambar 63	Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa <i>Baffle Block</i>	91
Gambar 64	Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	91
Gambar 65	Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	92
Gambar 66	Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	92
Gambar 62	Gabungan grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan	93

DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 1	Proses Penggerusan dan Pengendapan	13
Tabel 2	Hasil Perhitungan Debit Aliran	46
Tabel 3	Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran Tanpa <i>Baffle Block</i>	47
Tabel 4	Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1:1	48
Tabel 5	Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1:3	48
Tabel 6	Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1:5	49
Tabel 7	Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Tanpa <i>Baffle Block</i>	50
Tabel 8	Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	50
Tabel 9	Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	51
Tabel 10	Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	51
Tabel 11	Hasil Perhitungan Bilangan Reynold dan Angka Froud dengan Tanpa <i>Baffle Block</i>	52

Tabel 12	Hasil Perhitungan Bilangan Reynold dan Angka Froud dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 1	52
Tabel 13	Hasil Perhitungan Bilangan Reynold dan Angka Froud dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 3	53
Tabel 14	Hasil Perhitungan Bilangan Reynold dan Angka Froud dengan <i>Baffle Block</i> 1 : 5	53
Tabel 15	Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$	54
Tabel 16	Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$	56
Tabel 17	Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$	57
Tabel 18	Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$	59
Tabel 19	Persentase volume gerusan dengan variasi struktur USBR tipe IV	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangunan bendungan adalah salah satu wujud dari usaha untuk memenuhi kebutuhan air dengan membendung air atau menampung air dalam skala yang cukup besar. Pembuatan bendungan harus dilakukan lebih cermat dengan meminimumkan efek negatif yang terjadi. Bendungan berfungsi sebagai pembangkit listrik tenaga air, pengendali banjir, kebutuhan air irigasi, dan kebutuhan air baku. Untuk mengairi areal pertanian dan kebutuhan suplay air tersebut dibangun bangunan air salah satunya adalah bangunan *spillway*.

Bangunan *spillway* merupakan struktur hidraulik yang dibangun untuk melepaskan kelebihan (surplus) air atau debit banjir yang tidak dapat ditampung didalam bendungan. Salah satu fungsi dari bangunan *spillway* yaitu untuk pengamanan terhadap bahaya air banjir yang melimpas diatas bendungan (*overtopping*).

Adanya bangunan *spillway* dapat menyebabkan perubahan karakteristik aliran atau turbulensi sehingga menimbulkan perubahan transportasi sedimen dan terjadinya gerusan serta perubahan pola aliran sungai. Pembendungan aliran akan menyebabkan perbedaan elevasi muka air antara hulu dan hilir bendungan sehingga mengakibatkan adanya terjunan dan terjadi

perubahan energi yang cukup besar ketika air melewati mercu. Akibatnya, aliran akan mengalami kejut-normal atau loncatan hidraulik yaitu suatu aliran yang mengalami perubahan dari suatu aliran superkritis menjadi sub kritis.

Gerusan dan endapan terjadi akibat erosi terhadap aliran air pada dasar saluran. Gerusan didefinisikan sebagai pemindahan material yang disebabkan oleh gerakan fluida akibat pembesaran dari suatu aliran. Gerusan merupakan suatu proses alamiah yang terjadi disungai akibat pengaruh morfologi sungai dan bisa juga karena adanya bangunan air (Hydraulic Structure).

Untuk melindungi bangunan *spillway* dari bahaya gerusan tersebut maka dapat diminimalkan dengan membangun peredam energi yang berfungsi merubah aliran superkritis menjadi aliran subkritis sebelum dialirkan kesungai. Terdapat beberapa model peredam energi yang dapat digunakan dalam menangani bahaya gerusan menurut *United States Bureau of Reclamation (USBR)*, salah satunya yaitu USBR tipe IV dengan angka Froude antara 2,5-4,5. Pemilihan peredam energi untuk menangani gerusan yang terjadi pada hilir bendung tergantung pada jenis aliran yang terjadi pada saluran. Walaupun menggunakan peredam energi USBR yang dapat meredam energi akan tetapi kenyataannya masih terjadi gerusan pada dasar saluran disebelah hilir *spillway*. Untuk meningkatkan efektivitas dari bangunan peredam energi biasanya diberi *buffle block* atau blok halang.

Pemasangan blok halang bersifat mereduksi momentum aliran yang akan mengurangi kecepatan setelah terjadi loncatan air. Oleh karena itu diharapkan dengan pemasangan blok halang pada Struktur USBR IV dapat menjadi suatu alternatif yang memberikan keamanan dari gerusan yang membahayakan.

Berdasarkan permasalahan di atas, kami mengangkat judul tentang "Analisis Kenaikan Muka Air Tiba – tiba (*Abrupt Rise*) dengan Penggunaan *Baffle Block* Untuk Mereduksi Gerusan Di Hilir USBR Tipe IV". Penelitian ini dilakukan dengan uji model fisik terdistorsi dan beberapa percobaan alternatif pada model laboratorium Hidraulika. Alternatif yang dipakai dengan mencoba memodifikasi peredam energi yaitu dengan penggunaan *baffle block* (blok halang). Kondisi ini tentunya akan mengakibatkan perubahan karakteristik aliran dan morfologi sungai di hilir USBR sehingga didapatkan solusi yang paling optimal untuk keamanan desain peredam energi.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh perubahan penampang saluran di hilir USBR dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV ?
2. Bagaimana pengaruh pola gerusan dan pola kontur di hilir USBR dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV ?

3. Bagaimana pengaruh volume gerusan dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV di hilir USBR ?
4. Bagaimana pengaruh perubahan parameter aliran dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV terhadap gerusan di hilir USBR ?

C. Tujuan Studi Perencanaan

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang diuraikan di atas, maka tujuan studi perencanaan sebagai berikut :

1. Analisis pengaruh perubahan penampang di hilir USBR akibat kenaikan muka air tiba-tiba (*Abrupt Rise*) dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV .
2. Analisis pola gerusan dan pola kontur di hilir USBR dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV.
3. Analisis pola volume gerusan di hilir USBR dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV.
4. Analisis kondisi perubahan parameter aliran dengan variasi *Baffle Block* pada USBR tipe IV.

D. Manfaat Studi Perencanaan

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah dengan mengetahui kombinasi desain peredam energi pada USBR tipe IV yang efektif dalam mereduksi aliran superkritis dari saluran pelimpah dan tidak menimbulkan gerusan yang membahayakan di hilir USBR, maka dapat diperoleh informasi yang akurat guna memperbaiki hidrolika apabila suatu

saat terdapat perencanaan peredam energi dengan konfigurasi bangunan dan kondisi yang hampir sama.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang luas serta memudahkan dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Model yang digunakan adalah pada model flume laboratorium hidraulika.
2. Data analisa menggunakan data primer dari hasil pengukuran di flume laboratorium hidraulika.
3. Membahas pola gerusan dan endapan di hilir USBR.
4. Penelitian dasar memfokuskan pada kedalaman gerusan dan endapan di hilir USBR dengan tanpa *Baffle Block*, slope *Baffle Block* 1 : 1, 1 : 3, dan 1 : 5
5. Tinggi bukaan pintu $h_1 = 3,5 \text{ cm}$; 4,0 cm; dan 4,5 cm
6. Durasi pengaliran $t = 5, 10, \text{ dan } 15 \text{ menit}$

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

Bab I, Dalam bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II, Menguraikan tentang teori umum dan teori khusus yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Bab III, Menguraikan tentang lokasi dan waktu studi, jenis penelitian dan sumber data, tahapan percobaan model fisik, analisis data, serta bagan alur studi penelitian.

Bab IV, Merupakan bab yang menguraikan tentang tahap penelitian yang dilaksanakan yaitu hasil percobaan model fisik, analisis hasil dan pembahasan.

Bab V, Merupakan bab yang berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian, serta saran-saran dari penulis yang berkaitan dengan faktor pendukung dan faktor penghambat yang dialami selama penelitian ini berlangsung, yang tentunya diharapkan agar penelitian ini berguna untuk ilmu aplikasi rekayasa khususnya bangunan air dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Bendungan

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010 tentang Bendungan (*dam*), bahwa bendungan adalah bangunan yang berupa urukan tanah, urukan batu, beton, dan atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat pula dibangun untuk menahan dan menampung limbah tambang (*tailing*), atau menampung lumpur sehingga terbentuk waduk.

Sebuah bendungan berfungsi menahan air dan menyimpan di musim hujan waktu air sungai mengalir dalam jumlah besar dan yang melebihi kebutuhan baik untuk keperluan, irigasi, air minum, industri atau yang lainnya. Dengan memiliki daya tampung tersebut sejumlah besar air sungai yang melebihi kebutuhan dapat disimpan dalam penampungan air seperti bendungan, waduk dan sebagainya. Kemudian dilepas mengalir ke dalam sungai lagi di hilirnya sesuai dengan kebutuhan pada saat diperlukan.

B. Bangunan Pelimpah (*Spillway*)

Bangunan pelimpah (*spillway*) adalah suatu struktur yang digunakan untuk mengontrol arus serta sebuah metode yang digunakan untuk mengendalikan pelepasan air dari bendungan yang menuju ke daerah hilir. *Spillway* berfungsi untuk melimpahkan debit air yang dianggap berlebihan

dan untuk menaggulangi bahaya *overtopping* terhadap beberapa jenis kelengkapan bangunan air, sehingga ketinggian air tidak melebihi batas yang ditetapkan lalu bisa merusak sebuah bendungan. Dengan adanya *spillway*, elevasi muka air di hulu didesain tidak akan melampaui batas maksimum berkaitan dengan debit banjir rencana.

Pada bendungan urugan, bangunan *spillway* harus terbuat dari beton dengan penempatan pada lokasi yang mempunyai daya dukung kuat, kemiringan yang lebih curam, jarak dengan alur sungai lebih pendek serta aliran yang searah dengan aliran *downstream* sungai sehingga saluran peluncur dan pelepasannya ke sungai tidak terlalu panjang serta mempunyai hidrolis yang baik. Sangat tidak diperkenankan untuk menempatkan *spillway* pada daerah timbunan bendungan. Dengan kata lain, penempatan *spillway* harus di luar as bendungan (Sosrodarsono, 1989).

Untuk bendungan beton cenderung membutuhkan *spillway* yang lebih sederhana. Biasanya menyatu dengan bendungan, berupa *spillway ski-jump*. Karena penggunaan *chute spillway* atau pelimpah peluncur pada bendungan beton membutuhkan biaya yang sangat tinggi. Disebabkan berbagai macam kondisi, baik yang berkaitan dengan struktur *spillway* itu sendiri maupun tinggi muka air di hilir, umumnya diperlukan model tes hidrolis untuk mendapatkan desain terbaik *spillway* (Susilo, 2015).

C. Klasifikasi Aliran

1. Jenis Aliran

Mengkaji suatu aliran pada saluran terbuka, haruslah dipahami tentang sifat dan jenis aliran itu sendiri. Adapun sifat utama aliran pada saluran terbuka yakni adanya suatu permukaan bebas yang berkaitan langsung dengan parameter-parameter aliran seperti kecepatan, kekentalan, gradient serta geometri saluran.

Aliran dalam saluran terbuka dapat digolongkan dalam berbagai jenis. Klasifikasi ini menyangkut perubahan kedalaman aliran menurut ruang dan waktu. Kriteria aliran dapat dibagi dalam:

a. Aliran Permanen (*Steady Flow*)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama interval waktu yang kita tinjau.

b. Aliran Non Permanen (*Unsteady Flow*)

Apabila karakteristik fisik aliran, terutama kedalaman aliran atau kecepatan aliran berubah atau dapat dianggap tidak konstan selama interval waktu yang kita tinjau.

2. Sifat Aliran

Menurut ilmu mekanika fluida aliran diklasifikasikan berdasarkan perbandingan antara gaya-gaya inersia (*inertial forces*) dan gaya-gaya

kekentalan (*viscous forces*) menjadi tiga, yaitu aliran laminar, aliran transisi dan aliran turbulen (French, 1980). Variabel yang dipakai adalah bilangan Reynolds yang didefinisikan sebagai berikut:

$$R_e = \frac{\mu R}{\nu}$$

Dimana:

μ = Kecepatan rata-rata (m/dtk)

R = Jari-jari hidraulik (m)

ν = Kekentalan kinematic (10^{-6} m²/dtk)

Klasifikasi aliran berdasarkan bilangan Reynolds dapat dibedakan menjadi tiga kategori seperti berikut:

1. $Re < 500$ aliran laminar
2. $500 < Re < 12.500$ aliran transisi
3. $Re > 12.500$ aliran turbulen

Apabila yang dipertimbangkan adalah besarnya perbandingan antara gaya-gaya kelembaman dan gaya gravitasi maka aliran dapat dibagi menjadi: aliran subkritis, kritis dan aliran superkritis.

Parameter tidak berdimensi yang membedakan tipe aliran tersebut adalah angka Froude (Fr) yaitu angka perbandingan antara gaya kelembaman dengan gaya gravitasi:

$$Fr = \frac{\bar{u}}{\sqrt{gD}}$$

Dimana:

\bar{u} = Kecepatan rata-rata penampang (m/det)

D = Kedalaman maksimum aliran (m)

g = Gaya gravitasi (m/det²)

Jika:

$Fr < 1$ aliran subkritis

$Fr = 1$ aliran kritis

$Fr > 1$ aliran superkritis

Umumnya aliran pada saluran terbuka mempunyai $Re > 12.500$ sehingga alirannya dalam kategori aliran turbulen (French, 1980; Rajaratnam, 1987).

D. Debit Pengaliran

Debit pengaliran pada saluran dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Bambang Triadmojo, 2003):

$$Q = V \cdot A$$

Dimana:

Q = Debit aliran (m³/det)

V = Kecepatan aliran (m/det)

A = Luas penampang aliran (m²)

E. Gerusan dan Endapan

Menurut (Setyono, 2007) Gerusan adalah perubahan dari suatu aliran yang disertai pemindahan material melalui aksi gerakan fluida atau dapat dikatakan juga bahwa gerusan adalah erosi pada dasar dan tebing saluran alluvial.

Bila dari satu penampang ke penampang berikutnya (penampang 1 → penampang 2) pada waktu tertentu kapasitas transport T meningkat, akan terjadi gerusan pada dasar untuk memenuhi kekurangannya. Jadi apabila:

$$dT/dx > 0 \rightarrow \text{gerusan}$$

Dimana x adalah jarak antara titik 1 dan titik 2.

Jadi bukan kecepatan yang besar yang menimbulkan gerusan, tetapi adanya perubahan kapasitas angkut sedimen.

Pada keadaan $dT/dx = 0$ akan terjadi kondisi setimbang, yang hanya terjadi pada aliran setimbang juga yaitu bila $h = h_e$, karena tidak terjadi perubahan-perubahan terhadap Q dan v atau I juga tetap nilainya. Walaupun rumus h_e tidak mengandung faktor sedimen, tetapi akan mencerminkan kesetimbangan:

Pada $h = h_e \rightarrow dT/dx = 0 \rightarrow$ tidak terjadi gerusan maupun pengendapan.

Secara analogi, apabila: $dT/dx < 0 \rightarrow$ akan terjadi kelebihan angkutan, sehingga sebagian akan diendapkan \rightarrow timbullah pengendapan.

Tabel 1 Proses penggerusan dan pengendapan

Perbandingan Jumlah T (Kapasitas transport)	Proses yang terjadi	
	Sedimen	Dasar
T1 = T2	Seimbang	Stabil
T1 < T2	Gerusan	Degradasi
T1 > T2	Pengendapan	Agradasi

Adapun faktor-faktor penentu angkutan sedimen (Gahyono, 2007), yaitu:

1. Sifat-sifat aliran (*flow characteristic*)
2. Sifat-sifat sedimen (*sedimen characteristic*)
3. Pengaruh timbal balik (*interaction*)

Untuk sedimen dasar pada aliran, tegangan geser dinyatakan dengan persamaan *Shield*, yaitu tegangan geser non dimensional yang merupakan fungsi dari angka *Reynold* dan diameter butiran.

$$\theta = \frac{\bar{\tau}_c}{\rho_w g \Delta d} = \frac{U_{*c}^2}{g \Delta d}$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

$$U_{*c} = \sqrt{\theta g \Delta d}$$

$$\tau_c = \theta \rho_w g \Delta d$$

$$\tau_0 = \rho_w g y_0 S$$

$$U_* = \left(\frac{\tau_0}{\rho_w} \right)^{1/2}$$

Dimana:

U_{*c} = Kecepatan geser kritis (m/det)

U_* = Kecepatan geser (m/det)

ρ_s = Rapat massa sedimen (kg/m^3)

ρ_w = Rapat massa air (kg/m^3)

d = Diameter butiran (m)

g = Percepatan gravitasi (m/det^2)

y_0 = Ketinggian aliran (m)

S = Kemiringan dasar saluran

θ = Parameter mobilisasi kritis

τ_0 = Tegangan geser dasar (N/m^2)

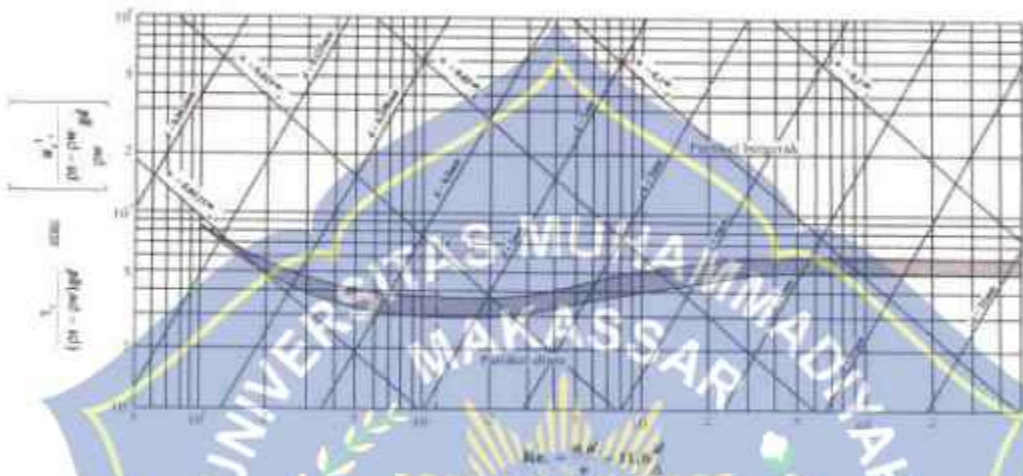
τ_c = Tegangan geser kritis (N/m^2)

Keterangan

$\tau_0 > \tau_c \rightarrow$ terjadi gerusan

$\tau_0 < \tau_c \rightarrow$ terjadi pengendapan

Dalam menganalisa tegangan geser dan variable-variabel di atas digunakan diagram *Shield*, yang menggambarkan hubungan antara parameter mobilitas kritis dengan bilangan *Reynold*, seperti pada gambar 1 berikut.



Gambar 1 Diagram *Shield* (Hubungan antara parameter mobilitas kritis dan bilangan *Reynold*).

F. Mekanisme Gerusan dan Endapan

Aliran yang terjadi pada sungai sering kali disertai dengan angkutan sedimen dan proses gerusan dan endapan. Proses gerusan dan endapan akan terbentuk secara alamiah karena pengaruh morfologi sungai atau karena adanya struktur yang menghalangi aliran sungai. Angkutan sedimen terjadi karena aliran air sungai mempunyai energi yang cukup besar untuk membawa sejumlah material.

Proses gerusan dan endapan dimulai pada saat partikel yang terbawa bergerak mengikuti pola aliran bagian hulu ke bagian hilir saluran. Pada kecepatan yang lebih tinggi maka partikel yang terbawa akan semakin banyak dan lubang gerusan akan semakin besar, baik ukuran maupun kedalamannya bahkan kedalaman kritis. Lebih jauh lagi ditegaskan bahwa kecepatan yang berhubungan dengan transport sedimen baik pada kondisi *equilibrium scour depth* (Chabert dan Engel Dinger, 1956 dalam Breuser dan Raudkiv, 1991).

Dalam Chatterje dkk (1994) dikatakan tentang mekanisme gerusan, debit yang mengalir membentuk suatu semburan (*jet*) di atas dasar *erodibel*. Kecepatan *jet* yang tinggi menimbulkan tegangan gesek yang besar melebihi tegangan gesek kritis butiran yang merupakan batas awal gerak butiran dan hal ini menyebabkan terbentuknya gerusan lokal di hilir. Lubang gerusan yang terbentuk menyebabkan peningkatan kedalaman aliran lokal (pada lubang gerusan tersebut) dan berakibat tegangan gesek di atas dasar menjadi kurang dan lebih kecil dibandingkan tegangan gesek kritis material dasar sehingga terjadi penurunan material yang terangkut dan akhirnya mencapai tahap keseimbangan dimana gerusan tidak bertambah lagi. Perkembangan gerusan sangat tergantung waktu, awalnya gerusan berkembang dengan cepat kemudian berkurang sampai mencapai tahap keseimbangan.

Vischer dkk (1995) mengatakan bahwa pada teknik hidraulik, *stilling basin* dan *baffle apron* merupakan contoh pemecah energi. Jika partikel air jatuh ke suatu basin maka akan terjadi peredaman energi yaitu disipasi energi hidraulik *Stilling Basin* jarang dirancang sesuai panjang loncat air yang terjadi karena tidak ekonomis (Hoffmans, 1997). Oleh karenanya perlengkapan tambahan seperti *baffle apron* biasanya dipasang untuk mengontrol loncatan. Tujuan utama pengaturan ini adalah untuk meminimalisir awal loncatan air.

Loncatan air yang terbentuk disebabkan hilir suatu bangunan air pada dasarnya dikendalikan atau diarahkan dengan suatu bangunan tertentu. Pengendali loncatan air tersebut dapat berbentuk macam – macam, salah satunya adalah balok penghalang (*baffle block*), suatu penurunan dan kenaikan mendadak pada lantai saluran atau membuat pelebaran pada ujung apron. Pembuatan ambang di akhir kolam olak dimaksudkan untuk mengendalikan agar loncat air terjadi di dalam kolam olak (Forster dan Skrinde dalam Chow, V T, (1959).

G. Transport Sedimen

Secara umum sedimen transport dapat diartikan sebagai proses perpindahan secara horizontal dari suatu tempat lainnya baik dalam bentuk campuran sedimen dengan fluida pengangkutnya (*river and coastal transport*) maupun aliran massa oleh fluida yang mengangkutnya (*massa flows*). Laju

sedimen transport adalah ukuran volume sedimen yang melintasi suatu penampang dalam satuan waktu.

1. Angkutan Dasar (*Bed Load Transport*)

Menurut Pallu (2007), angkutan dasar terjadi apabila gerakan partikel sedimen terguling, tergelincir atau kadang-kadang meloncat sepanjang dasar, hal ini disebut angkutan dasar (*bed load transport*). Pada umumnya, besar angkutan dasar pada sungai adalah berkisar 5 – 25% dari angkutan melayang. Material kasar tinggi persentasenya menjadi angkutan dasar.

Dalam studi gerakan awal sedimen, Shield menentukan besarnya angkutan sedimen dasar dengan rumus semi-empiris, sebagai berikut:

$$\frac{q_b \gamma_s}{q \gamma S} = 10 \frac{\tau - \tau_c}{(U_s - \gamma)d}$$

Dimana:

q_b dan q = Debit angkutan dasar dan air per satuan lebar saluran

τ = $\gamma D S$

D = Kedalaman air

S = Kemiringan saluran

D = Diameter partikel sedimen

γ_s dan γ = Berat jenis sedimen dan air

Kalinske mengasumsikan bahwa:

$$U_s = b(U - V_c)$$

Dimana:

U_s dan U = Kecepatan sedimen dan fluida

V_c = Kecepatan aliran kritis pada saat bergerak

b = Nilai konstan mendekati 1

Kalinske mendefinisikan gerakan angkutan dasar menjadi:

$$q_b = q\alpha PdU_s$$

Dimana:

q_b = Debit angkutan dasar per satuan lebar

P = Fraksi dasar dari partikel sedimen

d = Ukuran partikel sedimen medium

α = Faktor bentuk = 2/3 untuk bentuk seragam

2. Angkutan Sedimen Melayang (*Suspended Load Transport*)

Suspended Load merupakan sedimen yang didukung oleh kempenen yang cenderung ke atas dan suatu aliran turbulen dan tetap dalam keadaan melayang selama waktu tertentu. *Suspended Load* dapat didefinisikan secara matematis sebagai berikut (Pallu, 2007):

$$q_{sv} = \int_a^D ucdy$$

$$q_{sw} = \gamma_s \int_a^D ucdy$$

Dimana:

q_{sv} dan q_{sw} = Debit angkutan sedimen melayang dalam volume dan berat

u dan c = Kecepatan dan konsentrasi sedimen rata-rata dalam volume pada jarak diatas dasar

a = Ketebalan angkutan sedimen dasar

D = Kedalaman air

γ_s = Berat jenis sedimen

Angkutan sedimen di saluran juga dapat diselesaikan berdasarkan persamaan Exner (Baskoro, 2009), yaitu:

$$(1 - \lambda_p)B \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial Q_s}{\partial x}$$

Dimana:

B = Lebar saluran

η = Elevasi saluran

λ_p = Porositas lapisan akir

t = Waktu

x = Jarak

Q_s = Jumlah angkutan sedimen

H. Peredam Energi

Sebelum aliran air sungai yang masuk ke dalam pelimpah dikembalikan ke dalam sungai, maka aliran dalam kecepatan tinggi dalam kondisi super-kritis tersebut harus diperlambat dan diubah pada kondisi sub-kritis guna meredusir (meredam) kandungan energi yang tinggi (yang memiliki daya gerus yang tinggi) sehingga mencapai keadaan yang normal kembali dan

aliran tersebut masuk kedalam sungai kembali tanpa membahayakan kestabilan alur sungai tersebut. (Prastumi, 2009)

Untuk tujuan inilah maka di ujung hilir saluran peluncur biasanya dibuat suatu bangunan yang disebut peredam energi pencegah gerusan (*scour protection stiltng basin*).

Peredam energi adalah kelengkapan dari bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau meredam energi akibat kecepatan aliran yang tinggi. Sebagian besar kerusakan bangunan air di Indonesia disebabkan oleh penggerusan lokal (*Local Scouring*) yang terjadi di hilir faktor utama terjadinya penggerusan yang dalam pada bagian hilir adalah peredam energi yang belum berfungsi secara efektif.

Kustamar (2006) bangunan peredam energi yang dipakai biasanya adalah kolam olakan (*Stilling Basin*). Dimensi kolam olak sangat ditentukan oleh kondisi loncatan air. Beberapa penelitian telah mengkaji loncatan air pada aliran horizontal dan saluran yang mempunyai kemiringan. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh USBR (*United State Beureau Of Reclamation*). Penelitian yang telah dilakukan oleh USBR menghasilkan beberapa tipe kolam olak peredam energi yang mempunyai spesifikasi masing-masing. Salah satu tipe peredam energi yang ada yaitu peredam energi USBR Tipe IV.

Peredam energi USBR Tipe IV di rancang untuk mengatasi persoalan pada loncatan hidraulis yang berisolasi. Peredam energi USBR Tipe IV

hanya dapat di gunakan untuk penampang persegi panjang. Peredam energi USBR Tipe IV berfungsi memperkecil gelombang-gelombang yang terbentuk pada loncatan hidraulik yang tidak sempurna. Pada umumnya peredam energi USBR Tipe IV dipergunakan pada bangunan-bangunan pelimpah, bendungan urugan yang rendah, atau bangunan penyadap.

Kolam olakan datar tipe IV secara teoritis cocok untuk keadaan sebagai berikut :

1. Aliran dengan tekanan hidrostatik yang rendah ($P_w < 60 \text{ m}$).
2. Debit yang dialirkan kecil (debit spesifik $q < 18,5 \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}$).
3. Bilangan Froude di akhir saluran peluncur $2,5 < Fr < 4,50$



Gambar 2 Kolam olak USBR tipe IV

I. Abrupt Rise

Loncatan hidrolik terjadi apabila suatu aliran berubah dari kondisi superkritis (kecepatan tinggi) ke kondisi subkritis (kecepatan rendah) secara mendadak (*Abrupt Rise*). Terdapat suatu kenaikan yang tiba-tiba pada permukaan air dan kehilangan energi yang besar dalam loncatan hidrolik. Pusaran turbulen yang berukuran besar terbentuk pada awal loncatan. Pusaran ini menarik dari aliran utama dan pusaran terpecah-pecah menjadi bagian-bagian yang lebih kecil kemudian mengalir ke hilir (Subramaya, K. 1986).

Suatu loncatan hidrolik dapat terbentuk pada saluran apabila memenuhi persamaan sebagai berikut:

$$\frac{Y_0}{Y_1} = \frac{1}{2} (-1 + \sqrt{1 + 8F^2})$$

Dimana:

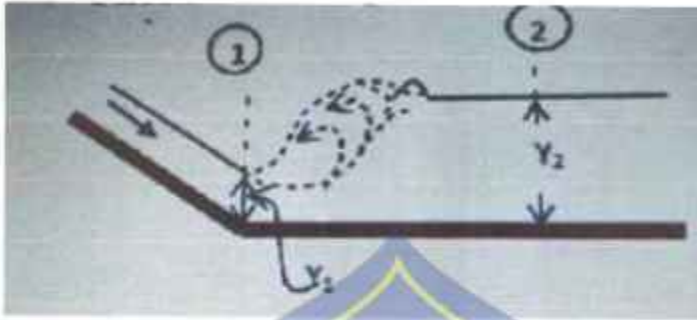
Y_0 = Tinggi muka air di hulu loncatan hidrolik (m)

Y_1 = Tinggi muka air di hilir loncatan hidrolik (m)

F = Bilangan Froude

Perubahan kecepatan dapat disebabkan oleh perubahan kemiringan saluran ($I_1 \rightarrow I_2$) atau terjadi penyempitan ($B_1 \rightarrow B_2$) atau peninggian dasar saluran.

1. Perubahan Kemiringan



Gambar 3 Pengaruh Abrupt Rise pada Perubahan Kemiringan saluran

2. Perubahan Lebar



Gambar 4 Pengaruh Abrupt Rise pada Perubahan lebar saluran

3. Perubahan Dasar



Gambar 5 Pengaruh Abrupt Rise pada Perubahan Dasar saluran

J. Baffle Block

Agnes (1999) melakukan penelitian dan menyimpulkan bahwa pemasangan *baffle block* sangat mempengaruhi loncatan hidraulik dan juga tata letak *baffle block* yang berbeda akan menghasilkan panjang kolam olakan yang berbeda pula. Sedangkan pada model pelimpah yang tidak memakai *baffle block* loncatan yang dihasilkan lebih panjang dibanding model yang memakai *baffle block*.

Fenomena perubahan kondisi pengaliran dari super kritis menjadi sub kritis yang menyebabkan terjadinya loncatan hidraulik (*hydraulic jump*) digunakan oleh peredam energi untuk mereduksi energi aliran. Tipe peredam energi yang paling sering digunakan adalah kolam olak yang dilengkapi dengan *baffle block*. *Baffle block* berfungsi untuk menimbulkan loncatan hidraulik. *Baffle Block* (Blok halang) bersifat mereduksi momentum aliran, yang akan menurunkan kecepatan setelah terjadi loncatan air.



Gambar 6 Baffle Block at Yeoman Hey Reservoir



Gambar 7 Euffle Block at Salauli Dam

K. Model Terdistorsi

Untuk pekerjaan-pekerjaan yang besar seperti sungai maupun bendungan pembuatan model dapat dilakukan dengan besaran yang tidak benar dengan prototipnya. Hal ini agar ruang dan biaya yang diinginkan menjadi lebih kecil. Tetapi dapat menyebabkan diperolehnya kedalaman air hanya beberapa milimeter saja demikian juga untuk kekasaran permukaan sehingga dapat menyebabkan kondisi terbuka tidak akan tercapai selain itu akan menyulitkan dalam pencatatan hasil percobaan karena besarnya terlalu kecil. Untuk itu dengan menggunakan skala tradisional, yaitu model dimana skala dimensi vertikal tidak sama dengan skala dimensi horizontal.

Dalam pembuatan model terdistorsi dikenal apa yang dinamakan faktor distorsi atau laju distorsi " n " yang menyatakan hubungan antara skala horizontal terhadap skala vertikal.

L. Analisis SPSS

1. Regresi Linear Sederhana

Regresi linear sederhana adalah hubungan secara linear antara satu variabel independen (X) dengan variabel dependen (Y). analisis ini digunakan untuk mengetahui arah hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen apakah positif atau negatif serta untuk memprediksi nilai dari variabel dependen apabila nilai variabel independen mengalami kenaikan atau penurunan nilai. Data yang digunakan biasanya berskala interval atau rasio.

Rumus dari analisis regresi linear sederhana adalah sebagai berikut :

$$Y' = a + Bx$$

Keterangan :

Y = subyek dalam variabel dependen yang diprediksi

a = harga Y ketika harga X = 0 (harga konstan)

b = angka arah atau koefisien regresi yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel dependen yang didasarkan pada perubahan variabel independen. Bila (+) arah garis naik, dan bila (-) maka arah garis turun.

X = subyek pada variabel independen yang mempunyai nilai tertentu.

Jika harga b merupakan fungsi dari koefisien korelasi. Bila koefisien korelasi tinggi, maka harga b juga besar, sebaliknya bila koefisien korelasi rendah maka harga b juga rendah (kecil). Selain itu bila koefisien korelasi

negatif maka harga b juga negatif., sebaliknya bila koefisien korelasi positif maka harga b juga positif.

2. Uji Determinasi (R^2)

Uji determinasi atau R^2 merupakan suatu ukuran yang menginformasikan besar pengaruh antara variabel x dan y . menurut Sugiyono (2007) pedoman untuk memberikan interpretasi koefisien relasi sebagai berikut:

0.00' – 0.199 = sangat rendah

0.20 – 0.399 = rendah

0.40 – 0.599 = sedang

0.60 – 0.799 = kuat

0.80 – 1.000 = sangat kuat

M. Lapisan Batas (Boundary Layer)

Pada setiap aliran udara yang melalui suatu benda akan mengalami gesekan dengan permukaan benda tersebut. Gesekan ini akan menimbulkan suatu hambatan / tahanan. Besar kecilnya tahanan ditentukan oleh :

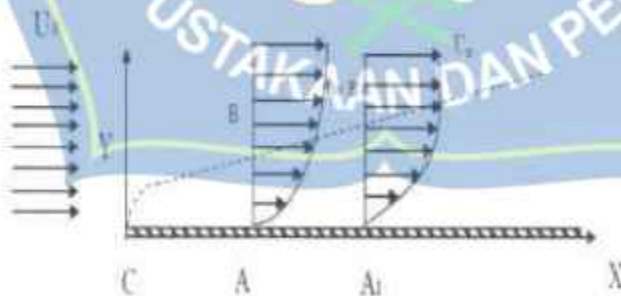
- Kekasaran permukaan benda
- Kecepatan udara yang mengalir
- Letak benda terhadap aliran udara

Dengan adanya gesekan permukaan (*skin friction*) maka pada setiap aliran udara yang mengalir melalui benda akan menyebabkan adanya perubahan kecepatan aliran udara dari yang paling kecil sampai dengan suatu daerah yang mempunyai kecepatan udara bebas, karena adanya

separasi aliran. Kecepatan tiap lapisan udara berbeda-beda sehingga tampak batas setiap lapisan.

Apabila aliran udara mengalir pada suatu benda yang kemudian terjadi lapisan-lapisan aliran udara yang rata serta sejajar dengan permukaan benda tadi, maka aliran udara yang demikian disebut aliran udara laminar. Pada aliran udara laminar ini juga terjadi *boundary layer*, sehingga kecepatan lapisan udara yang dekat dengan permukaan benda akan lebih kecil dibandingkan dengan kecepatan lapisan udara yang di titik yang lebih jauh dari permukaan benda. Di dalam *boundary layer* pengaruh viskositas relatif besar sehingga profil kecepatan tidak uniform. Di luar *boundary layer*, tidak ada pengaruh viskositas sehingga aliran dapat diperlakukan sebagai *inviscid flow*.

Lapisan batas (*boundary layer*) adalah lapisan tipis pada permukaan padat (*solid surface*) tempat fluida mengalir dimana pengaruh viskositas relatif besar. 5



Gambar 8 *Boundary Layer*

Dari gambar 8, dapat dijelaskan bahwa fluida mengalir dengan kecepatan seragam sebesar U_∞ (kecepatan aliran bebas). Sewaktu melewati permukaan padat, terbentuklah *shear layer* yang menghasilkan profil kecepatan seperti yang tampak dalam gambar diatas. Pada titik A dan A', fluida memiliki kecepatan nol (disebut no-slip condition). Pada titik B dan B', fluida memiliki kecepatan sebesar U_∞ , dimana $y > \delta$. Pada $0 \leq y \leq \delta$ dan $0 \leq y \leq \delta$, besarnya kecepatan dinyatakan $0 \leq U \leq U_\infty$. pada $y > \delta$ dan $y > \delta$, harga $U = U_\infty$, ini berarti tidak ada gradien kecepatan, atau dengan kata lain gaya geser yang bekerja sama dengan nol.

Pada lapisan batas, efek viskositas masih terjadi atau gradien kecepatan pada arah vertikal masih terjadi. Di atas *boundary layer* fluida mengalir dengan kecepatan seragam sebesar U_∞ . *Boundary layer* merupakan keadaan yang dinyatakan sebagai lapisan dimana kecepatan aliran fluida sebesar $0,99 U_\infty$.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Sungai Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar dengan waktu penelitian dilakukan selama 3 bulan.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

1. Jenis Studi Perencanaan

Jenis penelitian yang digunakan adalah permodelan fisik dengan skala terdistorsi. Model fisik dipilih untuk dibuat atau dilakukan apabila fenomena fisik dari permasalahan yang ada diprototipe dapat dibuat dengan skala yang lebih kecil dengan kesebangunan yang cukup memadai. Agar pada proses pembuatan model tersebut terdapat kesaksamaan yang tinggi maka perlu adanya dua tahap pengecekan model.

Tahap pertama yaitu kalibrasi. Kalibrasi adalah pengaturan model agar supaya data-data yang ada di prototype sesuai dengan yang ada di model.

Tahap kedua yaitu verifikasi. Tahap verifikasi ini dilakukan setelah tahap pertama telah memenuhi syarat dari tahap pertama. Verifikasi adalah pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di prototype tanpa merubah atau mengatur model lagi. Data-data yang

dieperluan untuk verifikasi itu sama dengan data-data yang digunakan pada kalibrasi.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik dilaboratorium.
2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan dilaboratorium maupun dilakukan ditempat lain yang berkaitan dengan penelitian Analisis Kenaikan Muka Air Tiba – Tiba (*Abrupt Rise*) dengan Penggunaan *Baffle Block* Untuk Mereduksi Gerusan Di Hilir USBR Tipe IV.

C. Bahan dan Alat

Pada penelitian ini memakai model peredam energi USBR tipe IV dan *Baffle Block* (*blok halang*) dengan slope 1:1, 1:3, dan 1:5 serta penampang morfologi sungai. Bahan dan alat yang digunakan pada uji model fisik ini antara lain:

1. Pompa sentrifugal
2. Jaringan pipa PVC 3"
3. Stop kran
4. Bak penampungan air
5. Pintu ukur untuk mengatur debit yang dialirkan
6. Bak sirkulasi air dengan kapasitas 12m^3
7. Pasir sebagai bahan pembentuk dasar sungai

8. *Flow Watch* untuk mengukur kecepatan aliran

D. Variabel yang Diteliti

Berdasarkan maksud dan tujuan penelitian ini, pengujian model peredam energi dilaksanakan pada model saluran terbuka (flume) dengan kajian pada dasar sungai. Pelaksanaan penelitian dengan mengacu pada rancangan yang telah disetujui, guna mendapatkan data sebagai bahan kajian.

Model fisik ini dimaksudkan untuk mempelajari dan mengidentifikasi serta mengamati pola gerusan dan endapan pada dasar sungai dengan variasi tinggi aliran (h), durasi pengaliran (t), dan debit aliran (Q) serta pengamatan karakteristik aliran pada model peredam energi yang diberi variasi *buffie block* (*blok halang*).

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel, yaitu variabel independen (variabel X) dan variabel dependen (variabel Y). Adapun penjelasan dari kedua variabel tersebut adalah sebagai berikut ini.

a. Variabel independen (variabel X)

Variabel ini sering disebut sebagai variabel *stimulus*, *prediktor*, *antecedent*. Dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai **variabel bebas**. Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel dependen (terikat).

b. Variabel dependen (variabel Y)

Variabel ini sering disebut sebagai variabel *output*, *kriteria*, *konsekuensi*. Dalam bahasa Indonesia sering disebut sebagai **variabel terikat**. variabel terikat merupakan variabel yang di pengaruhi atau menjadi akibat, karena adanya variabel bebas.

Berdasarkan penjelasan di atas, variabel dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

1. Variabel bebas (X) : baffle block, saluran peluncur, ambang
2. Variabel terikat (Y) : abrupt rise dan gerusan.

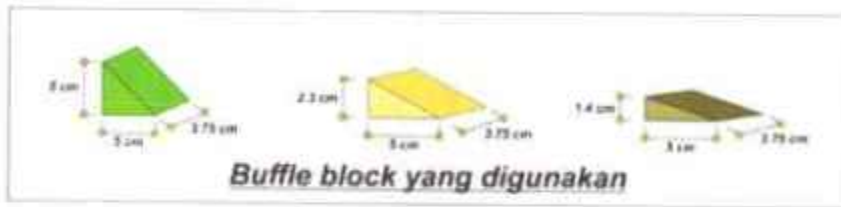
E. Perancangan Model

Rancangan model peredam energi dibuat dengan skala model terdistorsi, dimana skala horizontal tidak sama dengan skala vertikal. Rancangan model yang akan dibuat seperti pada gambar dibawah ini :

1. Kolam olakan USBR tipe IV



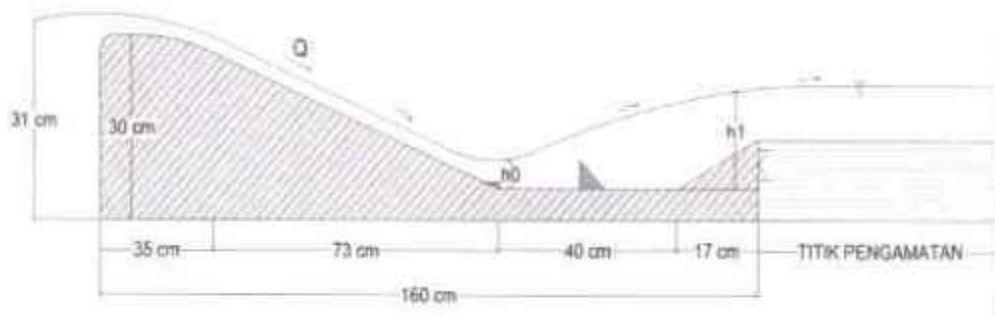
Gambar 9 Kolam Olakan USBR tipe IV dengan skala terdistorsi



Gambar 10 Variasi Baffle Block dan Tampak Atas Model Fisik Dalam Flume



Gambar 11 Tampak Samping Model Fisik Dalam Flume



Gambar 12 Parameter Aliran Pada Model Fisik Penelitian

F. Langkah-langkah Penelitian

1. Persiapan Bahan

- a. Pembuatan model peredam energi USBR tipe IV
- b. Persiapan bahan dasar sungai menggunakan pasir dengan diameter sesuai hasil analisa saringan.
- c. Model *Buffle block* (*plok halang*) menggunakan balok dengan slope 1:1, 1:3, dan 1:5
- d. Air bersih di bak penampang

2. Persiapan Alat Laboratorium

- a. Periksa alat pompa air dan dicoba
- b. Bak penampung dan peredam agar aliran seragam
- c. Bak ukur debit dikalibrasi
- d. Pengaturan waktu (*stopwatch*) dan gelas ukur
- e. Mistar
- f. *Flow Watch*

G. Penentuan Konfigurasi Dasar Sungai

Konfigurasi dasar saluran atau sungai ditentukan setelah dilaksanakan *running* dengan beberapa model. Pengamatan dilakukan setelah saluran dikosongkan air. Konfigurasi dasar sungai ditentukan dengan mengukur kedalaman dasar sungai pada daerah pengamatan dengan menggunakan "*mistar*". Titik-titik pengamatan berupa profil pengamatan yang hasilnya dapat digambarkan dalam satu bidang kontur ketinggian (*konfigurasi*) dasar sungai.

Material pembentuk dasar sungai adalah material tidak berkoheisi, dalam hal ini digunakan pasir sedang yang berdiameter sesuai hasil analisa saringan. Perlakuan terhadap pembentukan dasar sungai model dilakukan sedemikian rupa untuk memperoleh bentuk saluran dan tingkat kepadatan yang relatif sama untuk setiap simulasi.

H. Pencatatan Data

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

- a. Data yang diambil sebelum pengaliran
 - 1) Kondisi awal sungai, elevasi dan kemiringan sungai tiap seksi yang ditinjau.



Gambar 13 Kondisi awal saluran

- 2) Pantauan debit aliran melalui tinggi air pada pintu ukur debit.



Gambar 14 Pengukuran debit

- b. Data yang diambil saat pengaliran
 - 1) Karakteristik aliran pada USBR tipe IV
 - 2) Ketinggian aliran ditempat yang ditinjau



Gambar 15 Pengukuran elevasi muka air

- 3) Pengaturan kecepatan dengan alat *flow watch* pada tempat yang ditinjau.



Gambar 16 Pengambilan data saat pengaliran

- c. Data yang diambil setelah pengaliran
- 1) Untuk pengaliran selama 5, 10, dan 15 menit diambil data elevasi tiap tinjauan potongan melintang.



Gambar 17 Pengambilan data setelah pengaliran

I. Kalibrasi alat ukur debit

Kalibrasi terhadap alat ukur debit dimaksudkan untuk menentukan koefisien debit C_d berdasarkan rumus debit pada persamaan berikut:

$$Q = \left(\frac{b}{12}\right) \times C_d \times H^{2.5} \times \sqrt{(2 \times g)}$$

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/dt)

C_d = Koefisien Debit

g = Gravitasi bumi (m/dt^2)

H = Kedalaman air pada bak pengukur debit (m)

Untuk menentukan nilai C_d dari persamaan diatas, harus diketahui besarnya tinggi aliran (h_1) pada alat ukur debit. Agar diperoleh hasil C_d yang teliti maka dilakukan pengukuran tinggi h , dan Q yang berbeda-beda. Dari hasil pengkalibrasian diperoleh koefisien debit C_d rata-rata dan dipergunakan dalam penelitian ini.

Dimensi model dan kemampuan pompa dalam menentukan debit maksimum yang dapat dialirkan. Debit maksimum diperoleh pada tinggi air dipintu ukur. Dalam pengaliran ini dilakukan 3 variasi tinggi aliran h_r .

J. Kalibrasi kedalaman air (m)

Kalibrasi kedalaman aliran (h) dilakukan agar diperoleh kedalaman aliran. Kedalaman aliran diukur pada saat pengaliran air, untuk mendapatkan tinggi aliran rata-rata (h_r) yang terjadi dilakukan dengan menggunakan mistar.

K. Kecepatan aliran air (m/dt)

Kecepatan aliran (v) adalah kecepatan aliran air yang terjadi di sungai saat dilakukan pengujian. Kecepatan aliran diukur dengan alat pengukuran kecepatan aliran *flow watch*.

Pelaksanaan pengukuran kecepatan dilaksanakan di 3 (tiga) posisi yaitu: ditepi kiri, ditengah saluran dan ditepi kanan saluran.

L. Waktu running t (menit)

Waktu running diukur dengan menggunakan *stopwatch*. Pelaksanaan running dengan mengalirkan air ke model sungai menggunakan pompa. Pengaliran air melalui sungai sirkulasi ke bak penenang dan melalui alat ukur debit terus masuk ke sungai pengamatan.

M. Simulasi Penelitian

Prosedur perolehan data secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Melakukan kalibrasi terhadap alat percobaan
2. Memasang model peredam energi dan model *buffle block*.



Gambar 18 Model Peredam Energi



Gambar 19 Variasi baffle blok

3. Material dasar sungai dituang sepanjang saluran (flume) dan dipadatkan dengan ketebalan 10 cm. Selanjutnya pompa dihidupkan sampai waktu terjadi keseimbangan.



Gambar 20 Material pasir yang digunakan

4. Elevasi muka air diatur untuk memperoleh kedalaman aliran yang diinginkan yaitu $h_1=3,5$ cm, $h_2=4,0$ cm dan $h_3=4,5$ cm.
5. Mengalirkan debit dengan lama waktu yang telah ditentukan yaitu $t_1=5$ menit, $t_2=10$ menit dan $t_3=15$ menit.
6. Pengujian dengan variasi struktur USBR tipe IV yaitu adanya variasi pada slope *buffle block* (*blok halang*) 1:1, 1:2 dan 1:3 dengan tanpa adanya *buffle block* (*blok halang*).
7. Mengamati karakteristik aliran menggunakan pias-pias yang dipasang pada sebelum mercu, sebelum dan setelah buffle blok.



Gambar 21 pengamatan Karakteristik aliran menggunakan pias-pias

8. Mengamati dan mengukur kedalaman gerusan dan endapan yang terjadi pada dasar model morfologi sungai menggunakan pias-pias yang dipasang pada titik pengamatan kemudian dicatat.



Gambar 22 Pengukuran kedalaman gerusan dan endapan

9. Mengamati pola gerusan dan endapan yang terjadi pada dasar model morfologi hidrolika kemudian dicatat.
10. Air sisa/ kotor dikeluarkan dari flume melalui pipa pembuang
11. Prosedur 1-9 diulangi sebanyak 36 kali simulasi pada variasi waktu pengaliran (t), debit pengaliran (Q) dan tinggi pengaliran (h).

N. Analisis Data

Dalam menganalisa data hasil percobaan maka dilakukan langkah-langkah berikut:

1. Program SPSS

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) adalah sebuah software komputer yang salah satu fungsinya adalah untuk menghitung data statistik. Pada program ini analisis data yang dilakukan akan lebih efektif dan efisien karena berbagai fitur yang ada.

Dengan menggunakan Program SPSS ini maka akan diperoleh data statistik mengenai perbandingan-perbandingan hasil pengujian di laboratorium sehingga mendapatkan kesimpulan dari pengujian yang dilakukan.

Cara mengolah data dengan program SPSS

- a. Klik analyze > Descriptive Statistics > Descriptives.
- b. Pilih variable yang akan dianalisis.
- c. Klik options untuk memilih analisis statistika deskriptif yang akan dihitung.
- d. Klik OK pada jendela Descriptives.
- e. Hasil analisis ditampilkan pada jendela output



Gambar 23 Contoh Hasil Pengolahan Data Menggunakan Program SPSS

2. Program Surfer

Surfer adalah salah satu dari perangkat lunak yang diciptakan untuk kegunaan pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan grid yang ada dan mempermudah serta mempercepat aktivitas konversi data kedalam bentuk peta kontur dan plot permukaan. Salah satu contoh penggunaan aplikasi surfer yaitu pembuatan peta kontur batimetri. Dengan menggunakan software ini maka dapat diperoleh

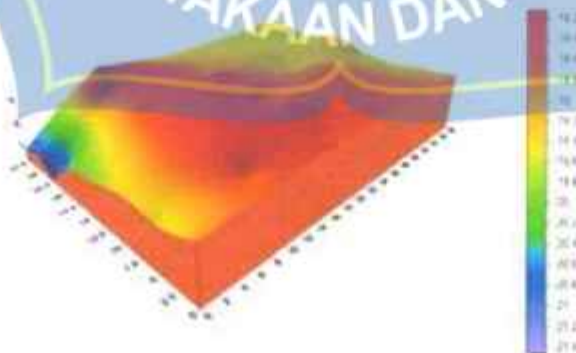
plot permukaan dasar sungai sehingga dapat diketahui besar gerusan dan endapan yang terjadi.

Secara umum langkah penggunaan Surfer :

- Input data base map, post map, dan contour map dari soal ke worksheet di Microsoft excel.
- Pindahkan data dalam format (.xls) ke program server 9,
- Mengolah data menjadi bentuk base map, post map, contour map, dan untuk hasil yang lebih padu dan baik, grafik yang dihasilkan dapat disatukan atau disajikan dalam bentuk 3D.

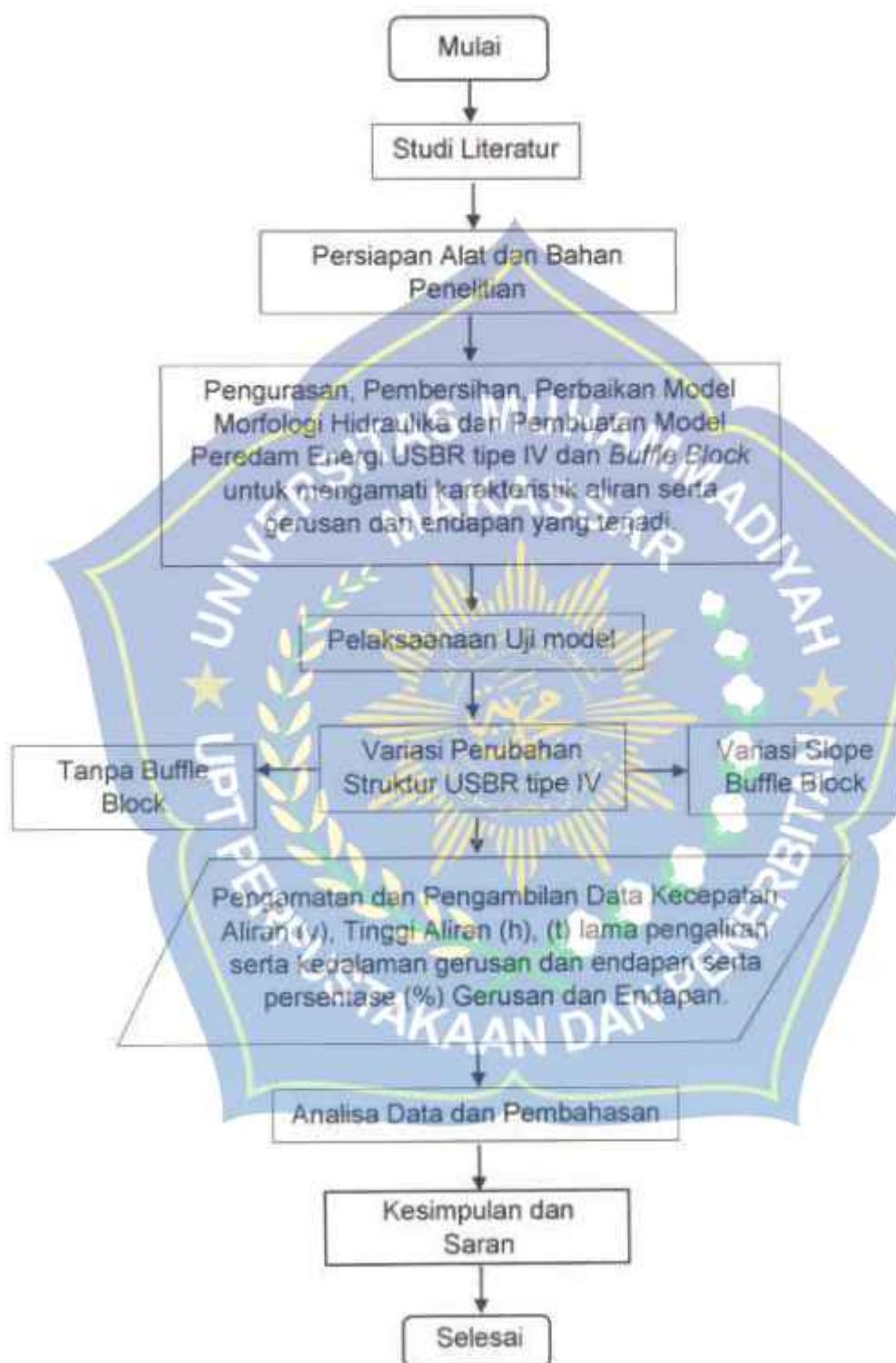
Berikut secara singkat langkah pemodelan kontur menjadi 3D :

- Masukkan data kontur yang telah dibuat.
- Kemudian akan keluar peta kontur yang telah dibuat sebelumnya dan silahkan ganti warna sesuka kalian.
- Kemudian kita akan membuat dalam bentuk 3D. klik map pada tool, kemudian klik New dan kemudian klik 3D Surface.
- Maka akan muncul model 3D dan kontur yang telah dibuat.



Gambar 24 Contoh Hasil Pengolahan Data Menggunakan Surfer

O. Diagram Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. DATA HASIL PENELITIAN

1. Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran, kedalaman serta presentase volume gerusan dan endapan di hilir USBR Tipe IV dengan menggunakan *Baffle Block* sebagai alternatif untuk mereduksi energi aliran. Informasi tersebut dapat diketahui melalui hasil pengukuran dari setiap proses simulasi yang dilakukan pada model USBR Tipe IV dan model dasar sungai pada flume hidrolika.

2. Debit Aliran

Perhitungan debit aliran diperoleh dengan menggunakan persamaan (3) dengan data hasil pengukuran kecepatan dan kedalaman aliran pada kalibrasi debit yang menggunakan tiga variasi bukaan pintu air yaitu 3 cm, 3,5 cm dan 4 cm dan tiga variasi waktu pengaliran yaitu 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Hasil pengukuran debit aliran disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2 Hasil Perhitungan Debit Aliran

No	Pintu (cm)	t	Raman (cm)			V (cm ³ /det)			Pras	v ₁ (cm/s)	v ₂	Q (cm ³ /det)	Q _{teor}	h	V	h ^{2.5}	Ce
1	3.0	5	1.50	1.00	2.50	30.0	36.7	30.0	1.87	46.67	32.2	1503.70	1405.42	1.54	32.58	2.85	0.202
		10	1.27	1.00	2.17	30.0	36.7	36.7	1.48	41.38	34.4	1425.23					
		15	1.20	1.07	2.17	26.7	30.0	36.7	1.48	41.38	31.1	1287.31					
2	3.5	5	1.40	1.23	2.83	20.0	50.0	33.3	1.76	46.16	34.4	1680.14	1726.78	1.66	37.41	3.53	0.207
		10	1.47	0.83	2.07	30.0	46.7	43.3	1.48	40.78	40.0	1630.22					
		15	1.50	1.27	2.50	30.0	50.0	33.3	1.76	46.16	37.8	1856.88					
3	4	5	1.33	1.17	2.77	33.3	50.0	36.7	1.76	46.16	40.0	1665.22	1681.19	1.70	39.63	3.75	0.213
		10	1.13	1.06	2.73	26.7	50.0	46.7	1.62	45.42	41.1	1667.36					
		15	1.23	1.17	2.73	26.7	50.0	36.7	1.71	47.91	37.8	1808.88					
Rata-rata													1.63	36.54	3.41	0.207	

Berdasarkan hasil perhitungan debit aliran, pintu air dengan kecepatan 32,59 cm/dtk mengalirkan debit sebesar 1405,42 cm³/dtk, kecepatan 37,41 cm/dtk sebesar 1726,78 cm³/dtk dan kecepatan 39,63 cm/dtk sebesar 1881,19 cm³/dtk. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan maka semakin besar pula debit alirannya.

3. Kedalaman Aliran

Kedalaman aliran diukur pada saat pengaliran air telah stabil. Penelitian ini menggunakan tiga variasi kedalaman aliran sesuai dengan tiga waktu pengaliran yang diberikan. Untuk memperoleh nilai kedalaman aliran yang terjadi, dilakukan pengukuran pada mercu, saluran peluncur, Lantai USBR Tipe IV (sebelum dan setelah *buffle block*), ambang (*end sill*), serta bagian hilir (model sungai). Dalam melakukan pengukuran dibagi menjadi tiga titik pengukuran yaitu bagian kanan, tengah dan kiri penampang. Berikut hasil pengukuran kedalaman aliran yang disajikan pada tabel 3, 4, 5 dan tabel 6.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan Tanpa Buffle Block

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kedalaman (h)			Rata-rata (cm)	h
				Kanan (cm)	Tengah (cm)	Kiri (cm)		
1		Mercu	5	0,60	0,90	1,00	0,83	0,92
			10	1,20	1,20	1,20	0,90	
			15	0,50	1,10	1,10	1,03	
2		Saluran Peluncur	5	0,40	0,90	1,20	0,63	0,70
			10	0,20	0,40	1,00	0,53	
			15	0,40	0,80	1,00	0,73	
3	Tanpa Buffle Block	Sebelum Gigi Pemancar	5	2,90	2,00	2,10	2,33	1,99
			10	1,90	1,90	1,90	1,90	
			15	1,50	1,90	1,80	1,73	
4		Lantai USBR Tipe IV	5	4,00	4,30	3,80	4,03	4,54
			10	4,50	4,50	5,00	4,67	
			15	4,60	5,00	5,20	4,93	
5		End Sill (Ambang)	5	1,20	1,00	1,20	1,13	0,90
			10	0,40	0,30	1,00	0,57	
			15	1,00	0,90	1,10	1,00	
6		Model Sungai (Hilir USBR)	5	1,40	2,00	2,60	2,00	2,22
			10	1,40	2,00	2,30	1,90	
			15	2,50	2,10	3,70	2,77	

Tabel 4 Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan Buffle Block 1:1

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t)	Kedalaman (h)			$h_{rata-rata}$	h (cm)
			(menit)	Kanan (cm)	Tengah (cm)	Kiri (cm)	(cm)	
1		Mercu	5	0.70	0.90	1.00	0.87	0.92
			10	0.70	1.00	1.10	0.93	
			15	0.80	1.00	1.10	0.97	
2		Saluran Peluncur	5	0.30	0.60	1.00	0.63	0.74
			10	0.70	0.80	1.00	0.83	
			15	0.50	0.80	1.00	0.77	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	2.00	2.10	2.00	2.03	1.84
			10	2.00	2.00	2.00	2.00	
			15	1.50	1.50	1.50	1.50	
4	Buffle Block 1:1	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Buffle Block)	5	5.20	5.50	5.60	5.43	5.16
			10	5.00	5.10	5.20	5.10	
			15	4.80	5.00	5.00	4.93	
5		Lantai USBR Tipe IV (Setelah Buffle Block)	5	5.20	5.50	5.60	5.43	5.16
			10	5.00	5.10	5.20	5.10	
			15	4.80	5.00	5.00	4.93	
6		End Sill (Ambang)	5	1.00	1.00	1.10	1.03	1.01
			10	0.70	1.10	1.00	0.93	
			15	1.00	1.10	1.10	1.07	
7		Model Sungai (Hilir USBR)	5	1.30	1.20	1.30	1.27	1.43
			10	1.50	1.80	1.60	1.57	
			15	1.40	1.50	1.50	1.47	

Tabel 5 Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan Buffle Block 1:3

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t)	Kedalaman (h)			$h_{rata-rata}$	h (cm)
			(menit)	Kanan (cm)	Tengah (cm)	Kiri (cm)	(cm)	
1		Mercu	5	0.60	0.90	1.00	0.83	0.94
			10	0.50	0.80	1.20	0.87	
			15	1.00	1.10	1.30	1.13	
2		Saluran Peluncur	5	0.40	0.50	1.00	0.63	0.70
			10	0.20	1.00	1.20	0.80	
			15	0.50	0.70	0.80	0.67	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	2.00	1.80	2.10	1.97	2.00
			10	1.90	2.10	2.00	1.97	
			15	1.90	2.20	2.00	2.03	
4	Buffle Block 1:3	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Buffle Block)	5	5.20	5.40	5.50	5.37	5.24
			10	5.00	5.20	5.30	5.17	
			15	5.00	5.00	5.60	5.20	
5		Lantai USBR Tipe IV (Setelah Buffle Block)	5	5.20	5.40	5.50	5.37	5.24
			10	5.00	5.20	5.30	5.17	
			15	5.00	5.00	5.80	5.20	
6		End Sill (Ambang)	5	1.30	1.30	1.40	1.33	0.92
			10	0.30	0.40	1.00	0.57	
			15	0.80	0.80	1.00	0.87	
7		Model Sungai (Hilir USBR)	5	1.30	1.20	1.00	1.17	1.69
			10	2.00	1.40	1.50	1.63	
			15	2.40	2.40	2.00	2.27	

Tabel 6 Hasil Pengukuran Kedalaman Aliran dengan Buffle Block 1:5

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kedalaman (h)			$h_{rata-rata}$ (cm)	h (cm)
				Kanan (cm)	Tengah (cm)	Kiri (cm)		
1		Mercu	5	0,80	1,00	1,20	1,00	0,60
			10	0,80	1,10	1,20	1,03	
			15	0,30	0,40	0,40	0,37	
2		Saluran Peluncur	5	0,50	1,90	1,10	1,17	0,86
			10	1,50	0,90	1,00	1,13	
			15	0,20	0,30	0,30	0,27	
3		Sebelum Gigi Pemandar	5	1,90	1,80	1,80	1,83	1,00
			10	1,80	1,80	1,80	1,80	
			15	1,30	1,10	1,10	1,17	
4	Buffle Block 1:5	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Buffle Block)	5	5,00	5,10	5,50	5,20	4,17
			10	5,00	5,20	5,30	5,17	
			15	2,10	2,30	2,00	2,13	
5		Lantai USBR Tipe IV (Setelah Buffle Block)	5	5,00	5,10	5,50	5,20	4,17
			10	5,00	5,20	5,30	5,17	
			15	2,10	2,30	2,00	2,13	
6		End Sill (Ambang)	5	1,00	1,00	1,20	1,07	0,83
			10	1,00	1,10	1,10	1,07	
			15	0,30	0,50	0,30	0,37	
7		Model Sungai (Hilir USBR)	5	2,00	1,20	1,20	1,57	1,45
			10	2,40	2,30	1,70	2,10	
			15	2,70	0,70		0,70	

Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman pada tabel 3, 4, 5 dan 6 dapat dinyatakan bahwa kedalaman aliran yang paling tinggi terdapat pada lantai USBR tipe IV dengan variasi *Buffle Block* 1 : 3 sebesar 5,24 cm, sedangkan kedalaman aliran paling rendah terdapat pada saluran peluncur dengan variasi tanpa *Buffle Block* dan *Buffle Block* 1 : 3 sebesar 0,70 cm.

4. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran diukur dengan menggunakan *Flow watch*. *Flow watch* memberikan data kecepatan secara otomatis terhadap aliran pada saluran untuk titik pengamatan yang ditentukan.

Titik-titik pengamatan kecepatan aliran yaitu pada mercu, saluran peluncur, Lantai USBR Tipe IV (sebelum dan setelah USBR), ambang (*end sill*), serta bagian hilir (model sungai). Untuk setiap pengamatan

dilakukan pengukuran pada bagian kanan, tengah dan kiri saluran. Data hasil pengukuran kecepatan aliran disajikan pada tabel berikut

Tabel 7 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Tanpa Baffle Block

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kecepatan (U_c)			U_c rata-rata (cm/dtk)	U_c (cm/dtk)
				Kanan (cm/dtk)	Tengah (cm/dtk)	Kiri (cm/dtk)		
1	Tanpa Baffle Block	Mercu	5	0	30	30	20.00	20.00
			10	0	30	30	20.00	
			15	0	30	30	20.00	
2		Saluran Peluncur	5	0	70	60	43.33	47.76
			10	10	60	90	53.33	
			15	0	60	80	46.67	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	10	70	170	83.33	63.33
			10	30	40	80	50.00	
			15	20	70	80	56.67	
4	Lantai USBR Tipe IV	5	40	40	100	60.00	43.33	
		10	10	10	50	23.33		
		15	30	20	90	46.67		
5	End Sill (Ambang)	5	0	50	50	26.67	35.56	
		10	30	40	40	35.67		
		15	40	40	50	43.33		
6	Model Sungai (Hilir USBR)	5	0	90	60	50.00	43.69	
		10	30	10	70	36.67		
		15	10	0	80	45.00		

Tabel 8 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Baffle Block 1 : 1

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kecepatan (U_c)			U_c rata-rata (cm/dtk)	U_c (cm/dtk)
				Kanan (cm/dtk)	Tengah (cm/dtk)	Kiri (cm/dtk)		
1	Baffle Block 1 : 1	Mercu	5	0	40	30	23.33	22.22
			10	0	40	30	23.33	
			15	0	30	30	20.00	
2		Saluran Peluncur	5	0	50	80	43.33	45.56
			10	0	60	80	46.67	
			15	10	50	70	46.67	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	10	60	140	86.67	76.67
			10	10	70	140	73.33	
			15	20	40	150	70.00	
4	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Baffle Block)	5	10	140	100	83.33	48.89	
		10	10	30	90	43.33		
		15	20	20	20	20.00		
5	Lantai USBR Tipe IV (Setelah Baffle Block)	5	0	10	30	13.33	16.67	
		10	0	10	30	13.33		
		15	0	10	60	23.33		
6	End Sill (Ambang)	5	0	20	30	16.67	23.33	
		10	0	30	40	23.33		
		15	30	30	30	30.00		
7	Model Sungai (Hilir USBR)	5	40	40	30	36.67	30.00	
		10	40	30	10	26.67		
		15	30	30	20	26.67		

Tabel 9 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Baffle Block 1 : 3

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kecepatan (U_0)			U_0 rata-rata (cm/dtk)	U_0 (cm/dtk)
				Kanan (cm/dtk)	Tengah (cm/dtk)	Kiri (cm/dtk)		
1	Baffle Block 1 : 3	Mercu	5	0	40	30	23.33	25.56
			10	0	40	40	26.67	
			15	0	40	40	26.67	
2		Saluran Peluncur	5	0	60	90	50.00	50.00
			10	10	60	70	46.67	
			15	10	60	90	53.33	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	0	60	130	63.33	73.33
			10	10	60	150	73.33	
			15	10	70	170	83.33	
4	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Baffle Block)	5	10	30	70	36.67	38.89	
		10	10	30	70	36.67		
		15	10	40	80	43.33		
5	Lantai USBR Tipe IV (Setelah Baffle Block)	5	0	10	50	20.00	22.22	
		10	10	20	40	23.33		
		15	10	20	40	23.33		
6	End Sill (Ambang)	5	0	10	50	20.00	32.22	
		10	0	40	60	33.33		
		15	0	40	50	43.33		
7	Model Sungai (Hilir USBR)	5	60	50	0	36.67	37.78	
		10	60	50	0	40.00		
		15	70	40	0	36.67		

Tabel 10 Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Baffle Block 1 : 5

No.	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Titik Pengukuran	Waktu (t) (menit)	Kecepatan (U_0)			U_0 rata-rata (cm/dtk)	U_0 (cm/dtk)
				Kanan (cm/dtk)	Tengah (cm/dtk)	Kiri (cm/dtk)		
1	Baffle Block 1 : 5	Mercu	5	0	40	30	26.67	27.78
			10	0	40	30	23.33	
			15	10	40	50	33.33	
2		Saluran Peluncur	5	20	50	50	40.00	53.33
			10	20	70	80	53.33	
			15	10	70	90	56.67	
3		Sebelum Gigi Pemancar	5	10	60	160	73.33	78.89
			10	30	40	140	70.00	
			15	90	70	120	90.00	
4	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Baffle Block)	5	20	40	50	50.00	45.56	
		10	10	40	50	43.33		
		15	20	30	30	43.33		
5	Lantai USBR Tipe IV (Setelah Baffle Block)	5	30	20	30	26.67	30.00	
		10	30	20	30	36.67		
		15	20	30	30	26.67		
6	End Sill (Ambang)	5	30	40	50	40.00	22.22	
		10	10	20	10	13.33		
		15	10	10	20	13.33		
7	Model Sungai (Hilir USBR)	5	60	30	0	40.00	33.33	
		10	40	30	0	23.33		
		15	60	50	0	36.67		

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan pada tabel 7,8,9, dan 10 dapat dinyatakan bahwa kecepatan aliran yang paling tinggi terdapat pada titik pengukuran sebelum gigi pemancar dengan variasi *Baffle Block* 1 : 5

sebesar 78,89 cm/dtk, sedangkan kecepatan aliran paling rendah terdapat pada lantai USBR tipe IV (setelah *Baffle Block*) dengan variasi *Baffle Block* 1 : 1 sebesar 16,67 cm/dtk.

B. ANALISA HASIL PENELITIAN

1. Klasifikasi Aliran

Aliran air pada saluran diklasifikasikan berdasarkan bilangan *Reynold* dan angka *Froude*. Hasil perhitungan bilangan *Reynold* dan angka *Froude* sebagaimana disajikan pada tabel berikut :

Tabel 11 Hasil Perhitungan Bilangan *Reynold* dan Angka *Froude* dengan Tanpa *Baffle Block*

NO	Tipe Pengukuran	Kedalaman Aliran (h)	Luas Perampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Panjang Karakteristik (R)	Kecepatan (U)	Kebentalan Kinetik (v)	$Re = \frac{(U \cdot R)}{\nu}$	$Fr = \frac{(U \cdot h)}{\sqrt{g \cdot h}}$
		(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/dtk)	(cm ² /dk)		
1	Mercu	0,92	25,82	29,84	0,67	22,22	0,00694	2156,70	0,07
2	Satuan Peluncur	0,74	20,84	29,49	0,71	45,56	0,00694	3601,63	0,16
3	Sebelum Gigi Pemancar	1,54	51,54	31,69	1,63	76,67	0,00694	13978,06	0,14
4	Lantai USBR Tipe IV	5,16	144,36	36,31	3,77	48,89	0,00694	20605,42	0,06
5	End SR (Arasang)	1,01	28,31	30,02	0,85	23,56	0,00694	3383,31	0,13
6	Model Sungai (Hal USBR)	1,43	40,13	30,87	1,30	42,86	0,00694	9415,34	0,08

Tabel 12 Hasil Perhitungan Bilangan *Reynold* dan Angka *Froude* dengan *Baffle Block* 1 : 1

NO	Tipe Pengukuran	Kedalaman Aliran (h)	Luas Perampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Panjang Karakteristik (R)	Kecepatan (U)	Kebentalan Kinetik (v)	$Re = \frac{(U \cdot R)}{\nu}$	$Fr = \frac{(U \cdot h)}{\sqrt{g \cdot h}}$
		(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/dtk)	(cm ² /dk)		
1	Mercu	0,92	25,82	29,84	0,67	22,22	0,00694	2156,70	0,07
2	Satuan Peluncur	0,74	20,84	29,49	0,71	45,56	0,00694	3601,63	0,17
3	Sebelum Gigi Pemancar Lantai USBR	1,54	51,54	31,69	1,63	76,67	0,00694	13978,06	0,18
4	Tipe IV (Sebelum <i>Baffle Block</i>) Lantai USBR	5,16	144,36	36,31	3,77	48,89	0,00694	20605,42	0,07
5	Tipe IV (Setelah <i>Baffle Block</i>) Lantai USBR	5,16	144,36	36,31	3,77	16,67	0,00694	7024,57	0,02
6	End SR (Arasang)	1,01	28,31	30,02	0,94	23,33	0,00694	2481,24	0,07
7	Model Sungai (Hal USBR)	1,43	40,13	30,87	1,30	30,00	0,00694	4363,14	0,06

Tabel 13 Hasil Perhitungan Bilangan *Reynold* dan Angka *Froude* dengan Buffle Block 1 : 3

NO	Titik Pengukuran	Kedalaman Aliran (h)	Luas Penampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Panjang Karakteristik (R)	Kecepatan (U_s)	Kekentalan Kinematis (ν)	$Re = \frac{(U_s \cdot R)}{\nu}$	$Fr = \frac{(U_s \cdot g \cdot h)^{0.5}}{\nu}$
		(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/dtk)	(cm ² /dtk)		
1	Mercu	0.94	26.44	29.89	0.88	25.56	0.00894	2829.14	0.08
2	Saluran Peluncur	0.70	19.60	29.40	0.67	50.00	0.00894	3728.56	0.19
3	Sebelum Gg Pemandar	2.00	56.00	32.00	1.75	73.33	0.00894	14354.96	0.17
4	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Buffle Block)	5.24	146.54	38.49	3.82	38.89	0.00894	16506.26	0.05
5	Lantai USBR Tipe IV (Setelah Buffle Block)	5.24	146.54	38.49	3.82	72.22	0.00894	9483.58	0.03
6	End Sill (Ambang)	0.92	25.82	29.84	0.87	32.22	0.00894	3118.52	0.11
7	Model Sungai (Hilir USBR)	1.89	47.29	31.38	1.51	31.78	0.00894	6366.48	0.09

Tabel 14 Hasil Perhitungan Bilangan *Reynold* dan Angka *Froude* dengan Buffle Block 1 : 5

NO	Titik Pengukuran	Kedalaman Aliran (h)	Luas Penampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Panjang Karakteristik (R)	Kecepatan (U_s)	Kekentalan Kinematis (ν)	$Re = \frac{(U_s \cdot R)}{\nu}$	$Fr = \frac{(U_s \cdot g \cdot h)^{0.5}}{\nu}$
		(cm)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/dtk)	(cm ² /dtk)		
1	Mercu	0.81	22.40	29.61	0.78	27.75	0.00894	2851.34	0.10
2	Saluran Peluncur	0.66	13.92	28.71	0.61	53.33	0.00894	4211.04	0.18
3	Sebelum Gg Pemandar	1.60	44.80	31.20	1.44	78.89	0.00894	16670.73	0.20
4	Lantai USBR Tipe IV (Sebelum Buffle Block)	4.17	118.87	35.33	3.21	45.56	0.00894	18362.34	0.07
5	Lantai USBR Tipe IV (Setelah Buffle Block)	4.17	118.87	35.33	3.21	30.00	0.00894	10775.20	0.05
6	End Sill (Ambang)	0.83	23.33	29.87	0.79	22.22	0.00894	1066.05	0.08
7	Model Sungai (Hilir USBR)	1.46	40.76	30.91	1.32	33.33	0.00894	4918.02	0.09

Berdasarkan hasil perhitungan bilangan *Reynold* dan Angka *Froude* pada tabel 11,12,13, dan 14 dapat dinyatakan bahwa aliran dikatakan aliran laminar apabila ($Re < 2000$), aliran transisi apabila ($2000 < Re <$

4000) dan aliran turbulen apabila ($Re > 4000$). Sedangkan dinyatakan bahwa aliran dikatakan aliran subkritis apabila ($Fr < 1$), aliran kritis apabila ($Fr = 1$), dan aliran superkritis apabila ($Fr > 1$).

2. Perubahan Penampang Saluran

Perubahan penampang yang dimaksud dalam hal ini adalah perubahan bentuk saluran dari bentuk saluran sebelum pengaliran, yang mana terjadi akibat adanya gerusan dan sedimentasi. Perubahan penampang untuk berbagai simulasi dijelaskan sebagai berikut.

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Blok*

Untuk saluran tanpa *baffle blok* dilakukan simulasi sebanyak sembilan kali dengan atau tanpa menggunakan *baffle blok*. Hasil pengamatan kondisi perubahan penampang untuk kondisi pengaliran dengan tanpa *baffle blok* diuraikan sebagai berikut, sedangkan hasil untuk kondisi simulasi yang lain disajikan pada lampiran 1.

Tabel 15 Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42$ m^3/dtk

Profil	Titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	19	19,4	19,6	19,5	19,5	19,7	19,9	20	20,5	21,5	20,8	21
p5	18,8	18,9	18,6	18,5	18,5	18,5	18,6	18,5	18,7	18,7	18,1	19
p10	18,8	18,8	18,6	18,5	18,8	18,8	18,7	18,9	19	19	19,1	19,3
p15	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	19,5	19,4	19,3	19,4	19,5	19,5
p20	19	19,2	19,3	19,5	19,5	19,5	19,2	19,2	19,6	19,7	19,5	19,5

Sumber: data hasil penelitian

Pengaliran air dengan ketinggian (h) = 3 cm di saluran selama $t = 5$ menit mengakibatkan perubahan dasar saluran. Pada profil P1 di bagian kiri terjadi gerusan 1,9 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 2,3 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 3,5 cm. Pada profil P5 di bagian kiri

terjadi gerusan 1,2 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,1 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 1,1 cm . Pada profil P10 di bagian kiri terjadi gerusan 1,2 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,2 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 1,6 cm. Pada profil P15 di bagian kiri terjadi gerusan 1,3 cm, bagian tengah terjadi gerusan 1,7 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 2 cm. Pada profil P20 di bagian kiri terjadi gerusan 1,8 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,9 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 2,1 cm.



Gambar 25 Hubungan Elevasi Dasar Saluran dengan Jarak antar Titik Pias Tanpa Menggunakan *Baffle Block*

Dari grafik perubahan penampang saluran tanpa menggunakan baffle block dapat dinyatakan bahwa gerusan terbesar terjadi pada P1 di titik 22,5 cm – 27,5 cm dengan kedalaman gerusan 3,6 cm dan gerusan terkecil terjadi pada P5 di titik 25 cm dengan kedalaman gerusan 0,6 cm.

b. Struktur USBR dengan *Baffle Blok* 1:1

Untuk saluran dengan *baffle blok* 1:1 dilakukan simulasi sebanyak sembilan kali dengan atau tanpa menggunakan *baffle blok* kemiringan 1:1. Hasil pengamatan kondisi perubahan penampang untuk kondisi pengaliran dengan *baffle blok* 1:1 diuraikan sebagai berikut, sedangkan hasil untuk kondisi simulasi yang lain disajikan pada lampiran 1.

Tabel 16 Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42$ m^3/dtk

PILAS	TITIK PENGAMATAN											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
P1	18	18	17,9	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,7
P5	18	18	17,9	17,8	17,5	17,7	17,8	17,7	17,7	17,8	17,8	17,9
P10	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,7	17,8	17,8	18
P15	17,4	17,5	17,5	17,4	17,4	17,4	17,5	17,5	17,5	17,8	17,8	17,8
P20	17,6	17,8	17,5	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5

Sumber: data hasil penelitian

Pengaliran air dengan ketinggian (h) = 3 cm di saluran selama $t = 5$ menit mengakibatkan perubahan dasar saluran. Pada profil P1 di bagian kiri terjadi gerusan 0,4 cm, pada bagian tengah tidak terjadi gerusan maupun endapan dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,1 cm. Pada profil P5 di bagian kiri terjadi gerusan 0,4 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,3 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,3 cm. Pada profil P10 di bagian kiri tidak terjadi gerusan maupun endapan, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,1 cm, dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,4 cm. Pada profil P15 di bagian kiri terjadi endapan 0,1 cm, pada bagian tengah terjadi endapan 0,1 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,2 cm. Pada profil P20 di bagian kiri terjadi gerusan 0,1 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,1 cm dan pada bagian kanan tidak terjadi gerusan maupun endapan.



Gambar 26 Hubungan Elevasi Dasar Saluran dengan Jarak antar Titik Pias Menggunakan *Baffle Block* 1 : 1

Dari grafik perubahan penampang saluran menggunakan *baffle block* 1 : 1 dapat dinyalakan bahwa gerusan terbesar terjadi pada P5 di titik 0 cm – 8 cm dengan kedalaman gerusan 0,5 cm dan terjadi endapan pada P1 di titik 7,5 cm 15 cm dengan kedalaman endapan 0,1 cm.

c. Struktur USBR dengan *Baffle Blok* 1:3

Untuk saluran dengan *baffle blok* 1:3 dilakukan simulasi sebanyak sembilan kali dengan atau tanpa menggunakan *baffle blok* kemiringan 1:3. Hasil pengamatan kondisi perubahan penampang untuk kondisi pengaliran dengan *baffle blok* 1:3 diuraikan sebagai berikut, sedangkan hasil untuk kondisi simulasi yang lain disajikan pada lampiran 1.

Tabel 17 Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42$ m^3/dtk

Pias	TITIK-TITIK PENGAMATAN											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
P1	17,8	17,4	17,2	17,5	17,5	17,5	17,5	17,9	17,8	17,8	17,6	17,8
P5	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,8	17,6	17,7	17,8	17,8	17,7	18,0
P10	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,9	17,9	17,9	17,8	17,8	17,8	17,9
P15	17,8	17,8	17,7	17,7	17,8	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,6	17,7
P20	18,4	18,3	18,1	18,2	18,1	18,1	18,0	18,0	17,8	17,7	17,6	17,3

Sumber: Data hasil penelitian

Pengaliran air dengan ketinggian (h) = 3 cm di saluran selama $t = 5$ menit mengakibatkan perubahan dasar saluran. Pada profil P1 di bagian kiri terjadi endapan 0,3 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,1 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,3 cm. Pada profil P5 di bagian kiri terjadi gerusan 0,1 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,2 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,3 cm. Pada profil P10 di bagian kiri terjadi gerusan 0,3 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,4 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,3 cm. Pada profil P15 di bagian kiri terjadi gerusan 0,3 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,2 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 0,2 cm. Pada profil P20 di bagian kiri terjadi gerusan 0,3 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 0,6 cm dan pada bagian kanan terjadi endapan 0,1 cm.



Gambar 27 Hubungan Elevasi Dasar Saluran dengan Jarak antar Titik Pias Menggunakan *Baffle Block* 1 : 3

Dari grafik perubahan penampang saluran menggunakan *baffle block* 1 : 1 dapat dinyatakan bahwa gerusan terbesar terjadi pada P20 di titik 0

cm – 10 cm dengan kedalaman gerusan 0,72 cm dan terjadi endapan pada P1 di titik 1 dengan kedalaman endapan 0,3 cm.

d. Struktur USBR dengan *Baffle Blok* 1:5

Untuk saluran dengan *baffle blok* 1:5 dilakukan simulasi sebanyak sembilan kali dengan atau tanpa menggunakan *baffle blok* kemiringan 1:5. Hasil pengamatan kondisi perubahan penampang untuk kondisi pengaliran dengan *baffle blok* 1:5 diuraikan sebagai berikut, sedangkan hasil untuk kondisi simulasi yang lain disajikan pada lampiran 1.

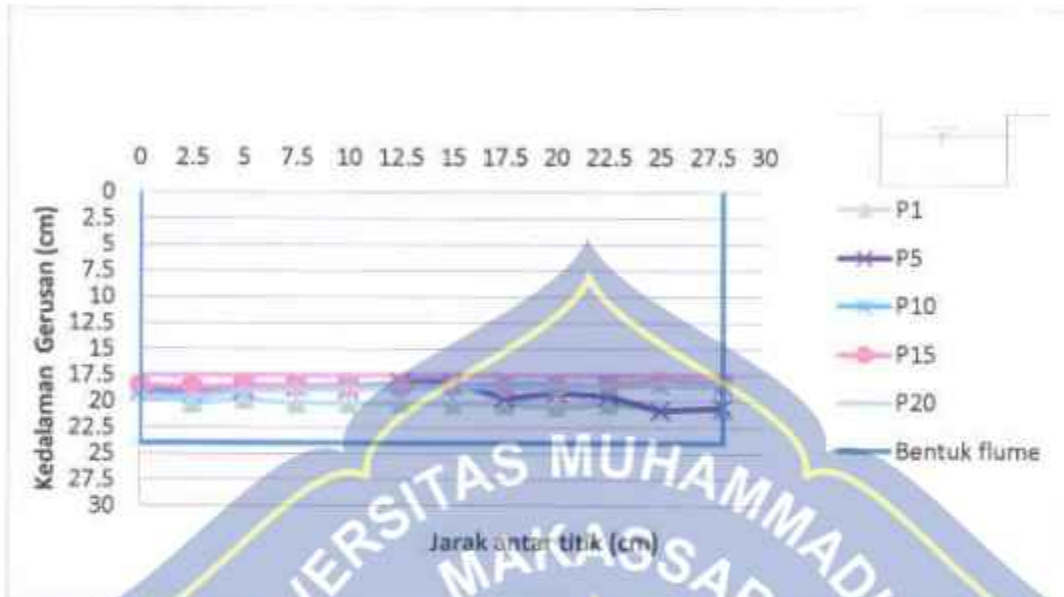
Tabel 18 Perubahan Penampang untuk $t = 5$ menit dan $Q = 1405,42$ m³/dtk

PIAS	Tinggi air (cm)											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
P1	28,9	20,3	19,6	20,2	20,2	20,2	20,3	20,3	20,6	20,3	20,7	20,8
P5	19,2	19	19,6	18,7	18,9	18,2	18,2	19,7	19,2	19,4	20,9	21,6
P10	19,2	18,3	17,7	18,3	18,3	18,4	18,5	18,4	18,4	18,5	18,5	18,5
P15	18,5	18,7	18,6	18,9	18,7	18,6	18,6	18,7	18,6	18,4	18,1	18,2
P20	19,6	19,7	19	18,9	18,7	18,7	18,7	18,7	18,6	18,6	18,4	18,4

Sumber: Data hasil penelitian

Pengaliran air dengan ketinggian (h) = 3 cm di saluran selama $t = 5$ menit mengakibatkan perubahan dasar saluran. Pada profil P1 di bagian kiri terjadi gerusan 2,3 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 2,8 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 3,1 cm. Pada profil P5 di bagian kiri terjadi gerusan 1,5 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,3 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 2,6 cm. Pada profil P10 di bagian kiri terjadi gerusan 1,5 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1 cm dan pada bagian kanan terjadi gerusan 1 cm. Pada profil P15 di bagian kiri terjadi gerusan 1,1 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,2 cm dan pada bagian terjadi gerusan 0,8 cm. Pada profil P20 di bagian kiri terjadi

gerusan 1,8 cm, pada bagian tengah terjadi gerusan 1,3 cm dan pada bagian kiri terjadi gerusan 1 cm.



Gambar 28 Hubungan Elevasi Dasar Saluran dengan Jarak antar Titik Pias Menggunakan *Baffle Block* 1:5.

Dari grafik perubahan penampang saluran menggunakan *baffle block* 1 : 5 dapat dinyatakan bahwa gerusan terbesar terjadi pada P5 di titik 0 cm – 10 cm dengan kedalaman gerusan 2,73 cm dan gerusan terkecil terjadi pada P15 di titik 25 cm dengan kedalaman gerusan 0,6 cm.

Berdasarkan hasil analisa gerusan dari grafik penampang saluran 25,26 27, dan 28 di dapatkan besar gerusan dengan struktur USBR tanpa *baffle blok* sedalam 3,6 cm, pada *baffle blok* 1 : 1 sedalam 0,5 cm, pada *baffle blok* 1 : 3 sedalam 0,72 cm dan pada *baffle blok* 1 : 5 sedalam 2,73 cm. Dapat disimpulkan bahwa gerusan yang paling dalam terjadi pada variasi struktur USBR dengan tanpa *baffle blok* dengan kedalaman gerusan tertinggi adalah 3,6 cm, sedangkan yang paling efektif dalam

mereduksi gerusan adalah kontur pada *buffle Blok* 1 : 1 dengan kedalaman gerusan 0,5 cm.

3. Kontur Gerusan dan Prespektif Kontur Gerusan

a. Struktur USBR tanpa *Buffle Blok*

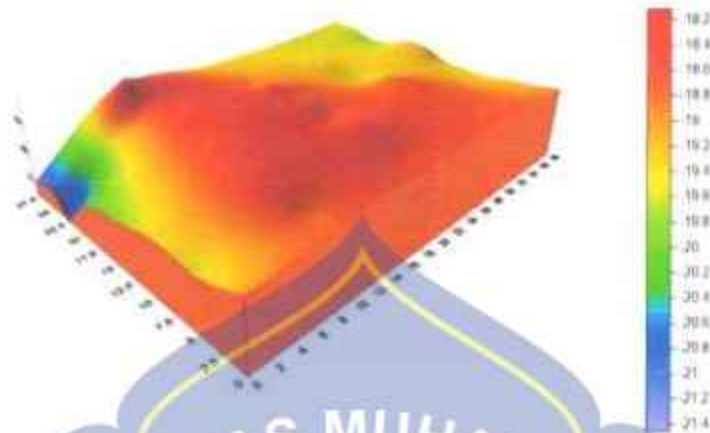
Pengukuran gerusan pada model saluran dengan menggunakan mistar menghasilkan titik kedalaman gerusan (arah Z) tiap arah koordinat arah X dan Y diatas permukaan material. Hasil pengukuran kedalaman gerusan ditampilkan sebagai kontur gerusan pada gambar 29 sedangkan perspektif kontur gerusan ditampilkan pada gambar 30.



Gambar 29 Kontur gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Bentuk kontur pada gambar diatas cenderung rapat dapat dilihat di awal titik pengamatan pada P1 jarak 0 cm sampai 8 cm dengan titik 9 cm sampai 12 cm. Hal ini disebabkan oleh perubahan aliran air yang terjadi dihilir USBR mengalami loncatan secara tiba-tiba. Sedangkan pada titik tengah pengamatan sampai titik akhir pengamatan terlihat bentuk kontur lebih stabil hal ini terjadi pada P5 sampai P20 jarak 12 cm sampai 38 cm

dengan titik 1 cm sampai 12 cm. perubahan aliran air sangat berpengaruh terhadap pola gerusan diakhir pengamatan.

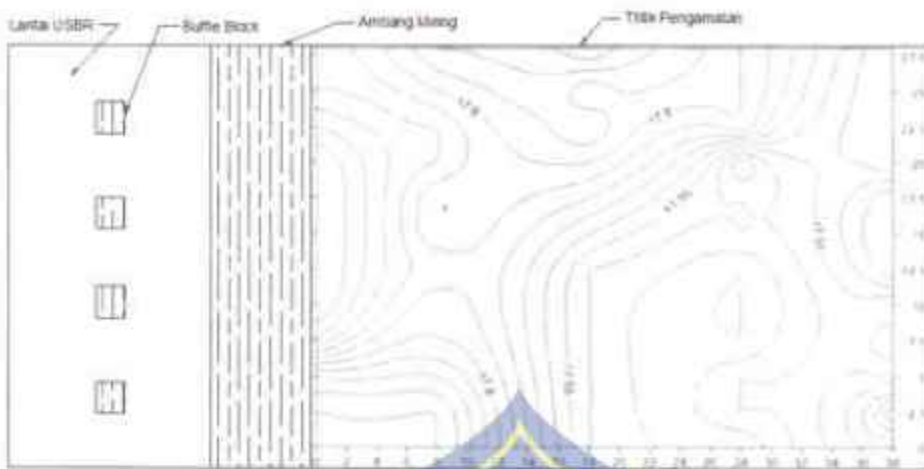


Gambar 30 Pola gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Dari gambar perspektif kontur diatas dapat dinyatakan bahwa pada jarak 0 cm sampai 4 cm dari pusat (hilir USBR) dititik ke 22,5 cm sampai 27,5 cm terjadi gerusan yang cukup dalam. Gerusan yang terjadi mempunyai kedalaman 3,6 cm yang merupakan rata-rata dari kedalaman gerusan dititik 22,5 cm sampai 27,5 cm. Sedangkan pada jarak 6 cm sampai 38 cm juga terjadi gerusan namun gerusan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

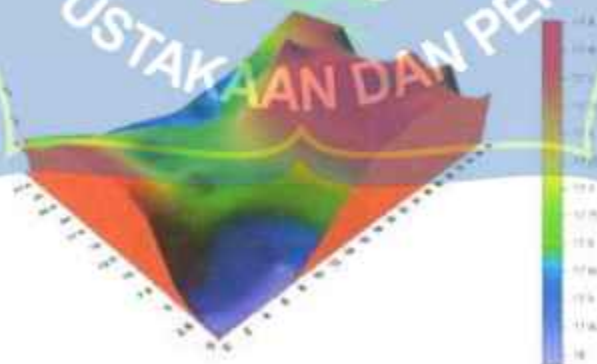
b. Struktur USBR dengan *Baffle Blok 1 : 1*

Pengukuran gerusan pada model saluran dengan menggunakan mistar menghasilkan titik kedalaman gerusan (arah Z) tiap arah koordinat arah X dan Y diatas permukaan material. Hasil pengukuran kedalaman gerusan ditampilkan sebagai kontur gerusan pada gambar 31 sedangkan perspektif kontur gerusan ditampilkan pada gambar 32.



Gambar 31 Kontur I gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Pada gambar diatas dapat dilihat bentuk kontur pada awal titik pengamatan sampai pada titik tengah pengamatan cenderung rapat dapat dilihat pada P1 sampai P5 jarak 0 cm sampai 18 cm dengan titik 1 cm sampai 10 cm. Hal ini disebabkan oleh perubahan aliran air yang terjadi dihilir USBR mengalami loncatan secara tiba-tiba. Sedangkan pada akhir titik pengamatan bentuk kontur lebih stabil dapat dilihat pada P10 sampai P20 jarak 20 cm sampai 38 cm dengan titik 1 cm sampai 9 cm, perubahan aliran air sangat berpengaruh terhadap pola gerusan diakhir pengamatan.



Gambar 32 Pola gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$

Dari gambar perspektif kontur diatas dapat dinyatakan bahwa pada jarak 0 cm sampai 12 cm dari pusat (hilir USBR) dititik ke 1 cm sampai 2 cm terjadi gerusan yang cukup dalam. Gerusan yang terjadi mempunyai kedalaman 0,5 cm yang merupakan rata-rata dari kedalaman gerusan dititik 0 cm sampai 2,5 cm. Sedangkan pada jarak 14 cm sampai 38 cm dititik 7,5 cm sampai 27,5 cm juga terjadi gerusan namun gerusan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

c. Struktur USBR dengan *Baffle Blok 1 : 3*

Pengukuran gerusan pada model saluran dengan menggunakan mistar menghasilkan titik kedalaman gerusan (arah Z) tiap arah koordinat arah X dan Y diatas permukaan material. Hasil pengukuran kedalaman gerusan ditampilkan sebagai kontur gerusan pada gambar 33 sedangkan perspektif kontur gerusan ditampilkan pada gambar 34.



Gambar 33 Kontur gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk

Pada gambar diatas bentuk kontur pada awal titik pengamatan cenderung rapat dapat dilihat pada P1 jarak 0 cm sampai 8 cm dengan titik 0 cm sampai 7,5 cm. Hal ini disebabkan oleh perubahan aliran air yang terjadi dihilir USBR mengalami loncatan secara tiba-tiba. Sedangkan pada tengah titik pengamatan dan akhir titik pengamatan bentuk kontur lebih stabil dapat dilihat pada P5 sampai P20 jarak 10 cm sampai 38 cm dengan titik 1 cm sampai 12 cm. Hal ini dikarenakan oleh aliran air yang sudah stabil. perubahan aliran air sangat berpengaruh terhadap pola gerusan diakhir pengamatan.



Gambar 34 Pola gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk

Dari gambar perspektif kontur diatas dapat dinyatakan bahwa pada jarak 34 cm sampai 38 cm dititik ke 1 cm sampai 5 cm terjadi gerusan yang sangat dalam. Gerusan yang terjadi mempunyai kedalaman 0,72 cm yang merupakan rata-rata dari kedalaman gerusan dititik 0 cm sampai 10 cm. Sedangkan pada jarak 0 cm sampai 36 cm dititik 5 cm sampai 27,5

cm juga terjadi gerusan namun gerusan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

d. Struktur USBR dengan *Buffle Blok* 1 : 5

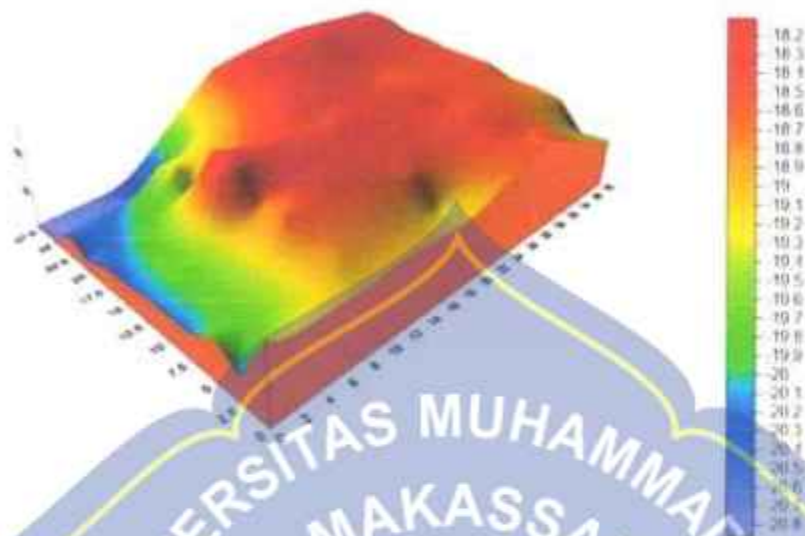
Pengukuran gerusan pada model saluran dengan menggunakan mistar menghasilkan titik kedalaman gerusan (arah Z) tiap arah koordinat arah X dan Y diatas permukaan material. Hasil pengukuran kedalaman gerusan ditampilkan sebagai kontur gerusan pada gambar 35 sedangkan perspektif kontur gerusan ditampilkan pada gambar 36.



Gambar 35 Kontur gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk

Bentuk kontur pada gambar diatas cenderung rapat dapat dilihat di awal titik pengamatan pada P1 sampai P5 jarak 0 cm sampai 18 cm dengan titik 1 cm sampai 12 cm. Hal ini disebabkan oleh perubahan aliran air yang terjadi dihilir USBR mengalami loncatan secara tiba-tiba. Sedangkan pada titik tengah pengamatan sampai titik akhir pengamatan terlihat bentuk kontur lebih stabil hal ini terjadi pada P10 sampai P20 jarak

20 cm sampai 38 cm dengan titik 1 cm sampai 12 cm. perubahan aliran air sangat berpengaruh terhadap pola gerusan diakhir pengamatan.



Gambar 36 Pola gerusan atau endapan $t = 5$ menit dengan $Q = 1405,42$ cm^3/dtk

Dari gambar perspektif kontur diatas dapat dinyatakan bahwa pada jarak 0 cm sampai 10 cm dari pusat hilir USBR dititik ke 5 cm sampai 12 cm terjadi gerusan yang sangat dalam. Gerusan yang terjadi mempunyai kedalaman 2,93 cm yang merupakan rata-rata dari kedalaman gerusan dititik 10 cm sampai 27,5 cm. Sedangkan pada jarak 12 cm sampai 38 cm dititik 3 cm sampai 12 cm juga terjadi gerusan namun gerusan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

Berdasarkan hasil analisa kontur dan perspektif kontur gerusan dari gambar 30,32,32,33,34,35,36 dan 37 di dapatkan besar gerusan pada variasi struktur USBR tanpa *buffle blok* sedalam 3,6 cm, pada *buffle blok* 1 : 1 sedalam 0,5 cm, pada *buffle blok* 1 : 3 sedalam 0,72 cm dan pada *buffle blok* 1 : 5 sedalam 2,93 cm.

Dapat disimpulkan bahwa gerusan yang paling dalam terjadi pada kontur dengan tanpa *buffle blok* dengan kedalaman gerusan tertinggi adalah 3,6 cm, sedangkan yang paling efektif dalam mereduksi gerusan adalah kontur pada *buffle Blok 1 : 1* dengan kedalaman gerusan 0,5 cm.

4. Volume Gerusan

Volume gerusan diketahui berdasarkan perubahan luas penampang saluran dari bentuk sebelum dilakukan pengaliran sepanjang area pengamatan. Pada penelitian ini difokuskan pada gerusan dasar dengan ketebalan material dasar saluran 6,5 cm.



Gambar 37 sketsa bentuk titik pengamatan di hilir USBR tipe IV

Untuk memperoleh volume gerusan atau endapan pada titik pengamatan dilakukan dengan cara menghitung luas penampang melintang dari jarak pusat kemudian dikalikan dengan jarak antar

penampang melintang. Contoh perhitungan volume gerusan diuraikan sebagai berikut:

$$\text{Vol. gerusan 1} = \frac{a+b}{2} \times 8 \text{ (jarak antar penampang melintang)}$$

$$\text{Vol. gerusan 2} = \frac{b+c}{2} \times 10 \text{ (jarak antar penampang melintang)}$$

$$\text{Vol. gerusan 3} = \frac{c+d}{2} \times 10 \text{ (jarak antar penampang melintang)}$$

$$\text{Vol. gerusan 4} = \frac{d+e}{2} \times 10 \text{ (jarak antar penampang melintang)}$$

Untuk hasil perhitungan volume gerusan disajikan pada tabel 19. Berikut analisis penampang melintang dan jarak pusat (hilir USBR) untuk setiap variasi struktur USBR tipe IV.

a. Pengaruh Jarak Melintang dari Pusat terhadap Gerusan

1) Struktur USBR Tipe IV tanpa *Baffle Block*.

Pengaliran dengan debit $Q_1 = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ selama 5 menit dengan jarak melintang dari pusat $x_1 = 0 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $71,45 \text{ cm}^2$, untuk $x_2 = 8 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $30,78 \text{ cm}^2$, untuk $x_3 = 18 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $56,48 \text{ cm}^2$, untuk $x_4 = 28 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $45,50 \text{ cm}^2$, dan $x_5 = 38 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $53,38 \text{ cm}^2$.

Pengaruh jarak melintang dari pusat terhadap gerusan tanpa *Baffle Block* disajikan pada grafik 38.

2) Struktur USBR Tipe IV dengan *Baffle Block* 1 : 1.

Pengaliran dengan debit $Q_1 = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ selama 5 menit dengan jarak melintang dari pusat $x_1 = 0 \text{ cm}$ terjadi gerusan sebesar $4,23 \text{ cm}^2$.

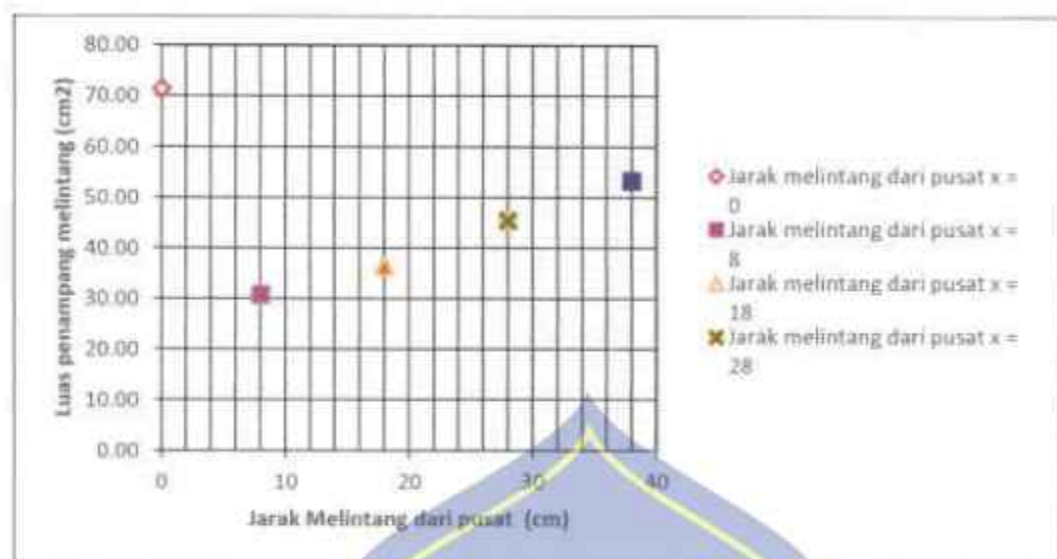
untuk $x_2 = 8$ cm terjadi gerusan sebesar $8,80 \text{ cm}^2$, untuk $x_3 = 18$ cm terjadi gerusan sebesar $4,08 \text{ cm}^2$, untuk $x_4 = 28$ cm terjadi gerusan sebesar $1,93 \text{ cm}^2$, dan $x_5 = 38$ cm terjadi gerusan sebesar $2,63 \text{ cm}^2$. Pengaruh jarak melintang dari pusat terhadap gerusan dengan *Baffle Block* 1 : 1 disajikan pada grafik 39.

3) Struktur USBR Tipe IV dengan *Baffle Block* 1 : 3

Pengaliran dengan debit $Q_1 = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ selama 5 menit dengan jarak melintang dari pusat $x_1 = 0$ cm terjadi gerusan sebesar $3,51 \text{ cm}^2$, untuk $x_2 = 8$ cm terjadi gerusan sebesar $5,30 \text{ cm}^2$, untuk $x_3 = 18$ cm terjadi gerusan sebesar $9,30 \text{ cm}^2$, untuk $x_4 = 28$ cm terjadi gerusan sebesar $5,95 \text{ cm}^2$, dan $x_5 = 38$ cm terjadi gerusan sebesar $13,3 \text{ cm}^2$. Pengaruh jarak melintang dari pusat terhadap gerusan dengan *Baffle Block* 1 : 3 disajikan pada grafik 40.

4) Struktur USBR Tipe IV dengan *Baffle Block* 1 : 5

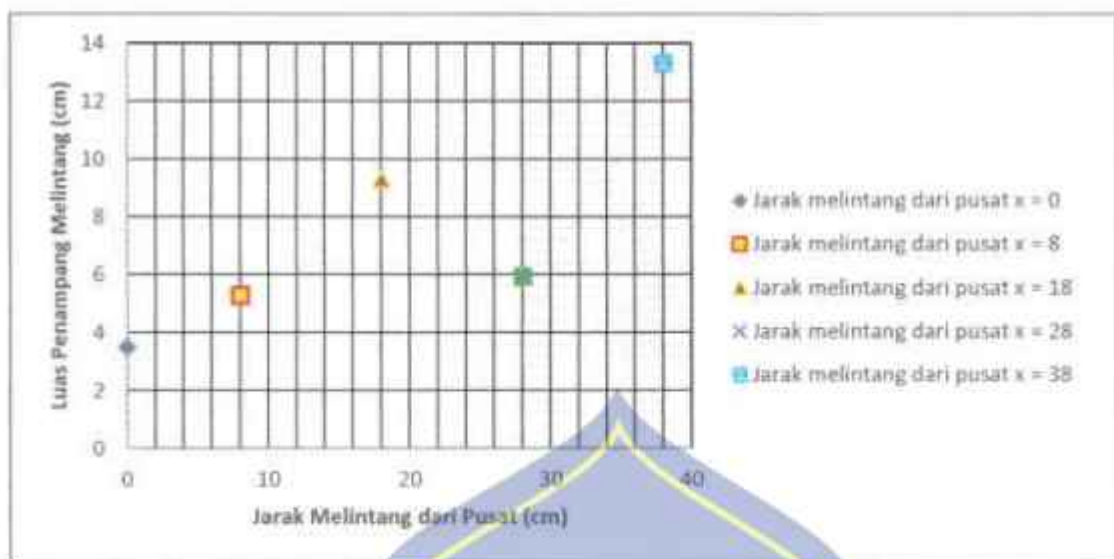
Pengaliran dengan debit $Q_1 = 1405,42 \text{ cm}^3/\text{dtk}$ selama 5 menit dengan jarak melintang dari pusat $x_1 = 0$ cm terjadi gerusan sebesar $77,00 \text{ cm}^2$, untuk $x_2 = 8$ cm terjadi gerusan sebesar $48,13 \text{ cm}^2$, untuk $x_3 = 18$ cm terjadi gerusan sebesar $30,88 \text{ cm}^2$, untuk $x_4 = 28$ cm terjadi gerusan sebesar $28,95 \text{ cm}^2$, dan $x_5 = 38$ cm terjadi gerusan sebesar $37,20 \text{ cm}^2$. Pengaruh jarak melintang dari pusat terhadap gerusan dengan *Baffle Block* 1 : 5 disajikan pada grafik 41.



Grafik 38 Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang tanpa *Baffle Block*.



Grafik 39 Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang pada *Baffle Block* 1 : 1



Grafik 40 Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang pada *Baffle Block 1-3*



Grafik 41 Grafik hubungan antara jarak melintang dari pusat dengan luas penampang melintang tanpa *Baffle Block 1-5*

Dari grafik 38,39,40, dan 41 dapat dinyatakan bahwa pada awal titik pengamatan (hilir USBR) yaitu 0 cm dari pusat terjadi gerusan yang lebih besar dibandingkan dengan jarak melintang yang lain. Hal ini disebabkan oleh loncatan air tiba-tiba (*Abrupt Rise*) pada hilir USBR. Semakin kehilir

maka gerusan yang terjadi semakin berkurang pula karena air yang mengalir semakin stabil sehingga gerusan yang terjadi tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan gerusan pada awal titik pengamatan.

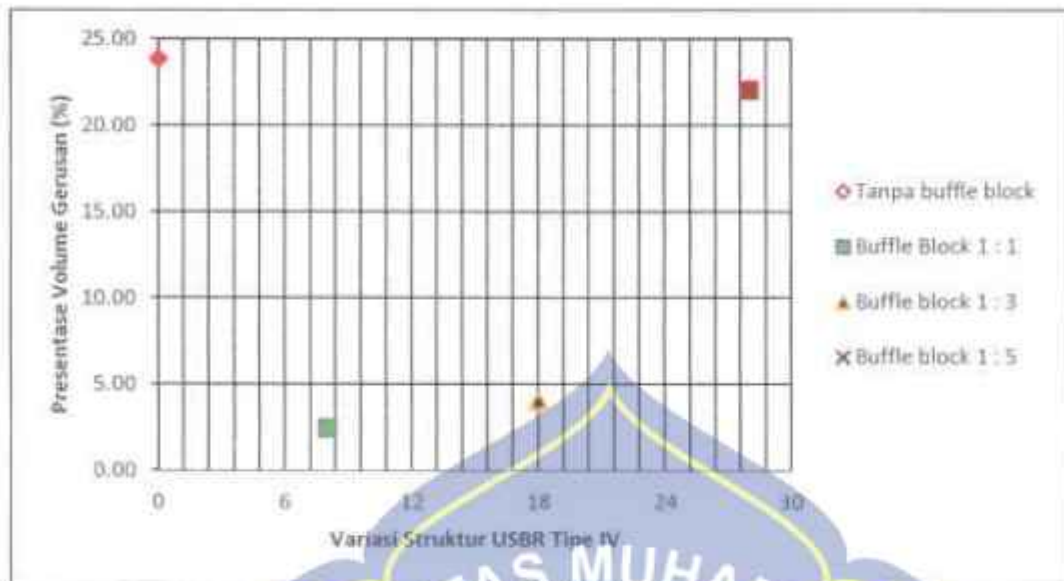
b. Persentase Volume Gerusan (%)

Persentase gerusan dihitung berdasarkan banyaknya gerusan yang terjadi pada setiap simulasi yang dilakukan dengan berbagai variasi struktur USBR tipe IV. Tujuan perhitungan Persentase gerusan ini untuk mengetahui besarnya gerusan yang terjadi di hilir USBR (titik pengamatan) pada setiap variasi struktur USBR yaitu tanpa menggunakan Baffle Block, dengan Baffle Block 1 : 1, dengan Baffle Block 1 : 3 dan Baffle Block 1 : 5. Hal ini dapat memberikan informasi mengenai variasi struktur USBR yang paling efektif dalam mereduksi energi aliran sehingga tidak terjadi gerusan yang signifikan. Berikut gambar penampang melintang dari jarak pusat (hilir USBR) dan tabel hasil perhitungan Persentase volume gerusan untuk setiap variasi struktur USBR tipe IV.

Berdasarkan gambar penampang melintang diatas dapat diketahui bahwa elevasi dasar saluran yaitu 24 cm, elevasi awal material sebelum terjadi gerusan yaitu 17,5 cm sedangkan untuk elevasi setelah terjadi gerusan variatif.

Tabel 19 Persentase volume gerusan dengan variasi struktur USBR tipe IV

No	Variasi Struktur USBR Tipe IV	Jarak Melintang dari Pusat (dari USBR)		Volume Sisa Gerusan		Volume Gerusan		Volume Endapan		Volume Gerusan Total (cm ³)	Volume Material Sebelum terjadi Gerusan (cm ³)	Presentasi Gerusan (%)
		(cm)	(cm)	Luas (cm ²)	Vol. sisa (cm ³)	Luas (cm ²)	Vol. gerusan (cm ³)	Luas (cm ²)	Vol. endapan (cm ³)			
1	Tanpa Baffle Block	0		110.55	1047.12	71.45	406.92	0	0			
		8		151.23	1493.6	30.78	335.5	0	0			
		18		145.53	1410.15	36.48	408.9	0	0	1648.52	6916	23.85
		28		139.5	1329.65	45.5	484.4	0	0			
		38		128.93	1229.85	53.38	494.4	0	0			
2	Baffle Block 1 : 1	0		158.78	1515.92	4.23	52.12	0	0			
		8		173.2	1715.65	8.8	84.4	0	0			
		18		177.93	1780	4.08	30.66	0	5.2	169.37	6916	2.45
		28		180.97	1797.25	1.93	22.4	1.04	5.2			
		38		179.34	1797.25	2.63	22.4	0	0			
3	Baffle Block 1 : 3	0		176.49	1720.28	1.31	35.24	0.91	3.64			
		8		176.58	1746.3	5.3	73	0	0			
		18		172.7	1743.38	9.3	76.25	0	0	280.74	6916	4.06
		28		176.05	1723.75	6.95	96.25	0	1			
		38		168.7	1687.77	13.3	133	0.2	0			
4	Baffle Block 1 : 5	0		105	955.92	77	500.52	0	0			
		8		133.88	1425.05	48.13	398.05	0	0			
		18		151.13	1520.9	30.88	298.15	0	0	1525.47	6916	22.06
		28		153.05	1489.25	28.95	330.75	0	0			
		38		144.8		37.2		0	0			



Gambar 42 Grafik Persentase volume gerusan pada variasi struktur USBR tipe IV

Dari gambar 42 dapat dinyatakan bahwa *Baffle Block* dengan kemiringan 1 : 1 memiliki persentase volume gerusan yang paling sedikit dibandingkan dengan variasi struktur USBR yang lain yaitu 2,45 % sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur USBR tipe IV dengan *Baffle Block* kemiringan 1 : 1 paling efektif dalam mereduksi gerusan yang membahayakan di hilir USBR tipe IV.

C. Pembahasan Hasil Penelitian

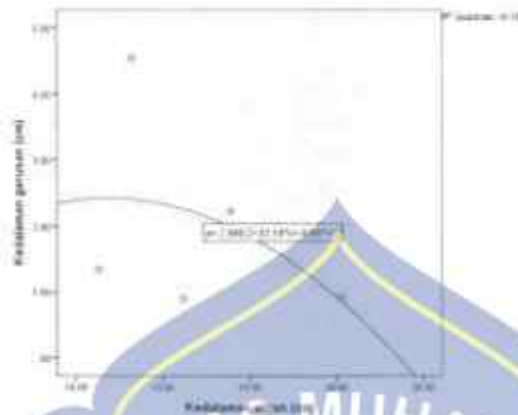
Dari hasil penelitian, melalui pengamatan perilaku air dan material pembentukan sungai serta data pengukuran setiap proses pengujian dapat digambarkan sebagai berikut:

1. Pengaruh Kedalaman Aliran Terhadap Gerusan

Untuk mengetahui pengaruh kedalaman aliran terhadap gerusan yang terjadi di hilir USBR tipe IV maka dilakukan analisis statistik menggunakan

program SPSS. Olah data menggunakan program SPSS disajikan sebagai berikut :

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Block*



Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 43 Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa *Baffle Block*

Dari gambar 43 diketahui nilai $R^2 = 0.182$ artinya hubungan antara variabel *x* (kedalaman aliran) dengan variabel *y* (kedalaman gerusan) sangat rendah.

b. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 1

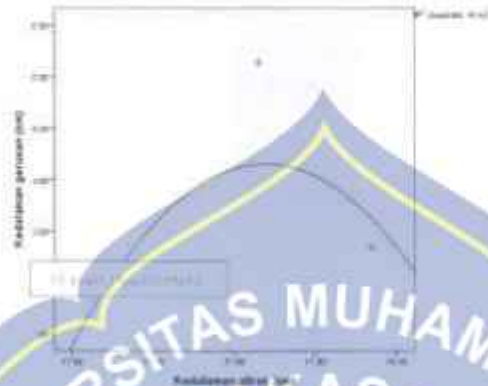


Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 44 Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block*

Dari gambar 44 diketahui nilai $R^2 = 0.054$ artinya hubungan antara variabel x (kedalaman aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat rendah.

c. Struktur USBR dengan *Buffle Block* 1 : 3



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 45 Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Buffle Block*

1:3

Dari gambar 45 diketahui nilai $R^2 = 0.421$ artinya hubungan antara variabel x (kedalaman aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sedang.

d. Struktur USBR dengan *Buffle Block* 1 : 5



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 46 Grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Buffle Block*

1:5

Dari gambar 46 diketahui nilai $R^2 = 0.193$ artinya hubungan antara variabel x (kedalaman aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat rendah.



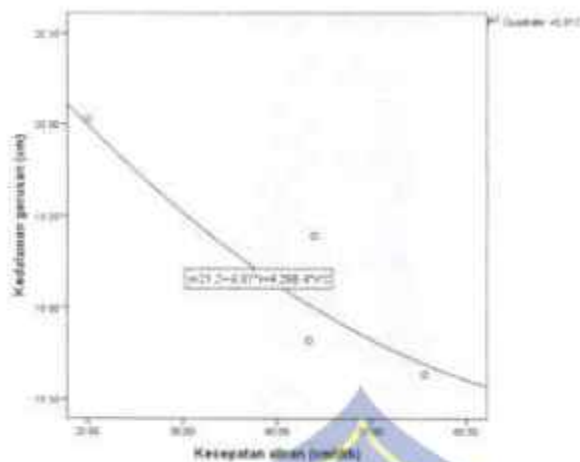
Gambar 47. Gabungan grafik pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan persamaan regresi dan uji determinasi dapat dinyatakan bahwa pengaruh kedalaman aliran terhadap kedalaman gerusan tidak terlalu berpengaruh.

2. Pengaruh Kecepatan Aliran Terhadap Gerusan

Untuk mengetahui pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan yang terjadi di hilir USBR tipe IV maka dilakukan analisis statistik menggunakan program SPSS sebagai berikut:

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Block*



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 48 Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa *Buffle Block*

Dari gambar 48 diketahui nilai $R^2 = 0.812$ artinya hubungan antara variabel x (kecepatan aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat kuat.

b. Struktur USBR dengan *Buffle Block* 1 : 1

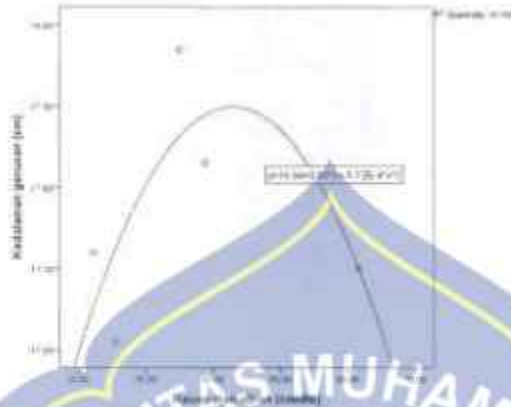


Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 49 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Buffle Block*

Dari gambar 49 diketahui nilai $R^2 = 0.747$ artinya hubungan antara variabel x (kecepatan aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) kuat.

c. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 3



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 50 Grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1:3

Dari gambar 50 diketahui nilai $R^2 = 0.569$ artinya hubungan antara variabel x (kecepatan aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sedang.

d. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 5



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 51 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1:5

Dari gambar 51 diketahui nilai $R^2 = 0.247$ artinya hubungan antara variabel x (kecepatan aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) rendah.



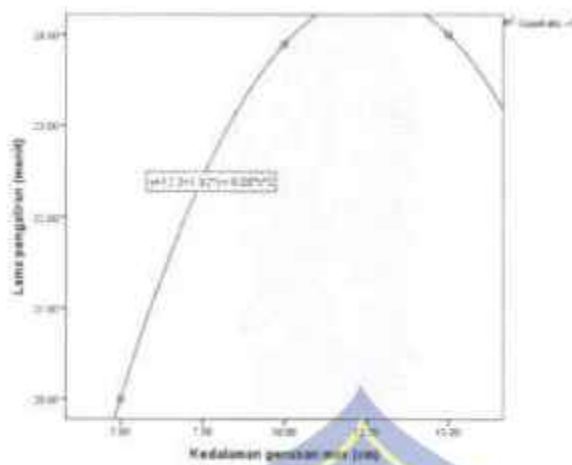
Gambar 52. Gabungan grafik pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan persamaan regresi dan uji determinasi dapat dinyatakan bahwa pengaruh kecepatan aliran terhadap kedalaman gerusan tidak terlalu berpengaruh.

3. Pengaruh Lama Waktu Pengaliran Terhadap Gerusan

Untuk mengetahui pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan yang terjadi di hilir USBR tipe IV maka dilakukan analisis statistik menggunakan program SPSS sebagai berikut:

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Block*



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 53 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa *Baffle Block*

Dari gambar 53 diketahui nilai $R^2 = 1$ artinya hubungan antara variabel x (lama waktu pengaliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat kuat.

b. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 1



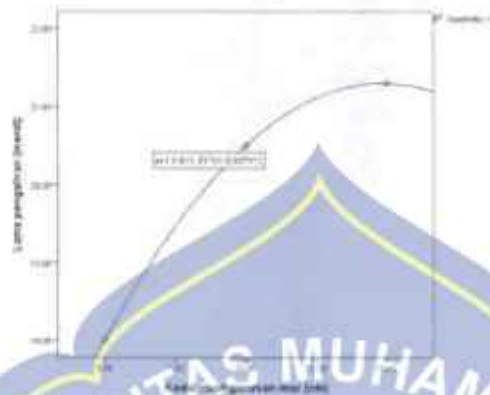
Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 54 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block*

1:1

Dari gambar 54 diketahui nilai $R^2 = 1$ artinya hubungan antara variabel x (lama waktu pengaliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat kuat.

c. Struktur USBR dengan *Buffle Block* 1 : 3



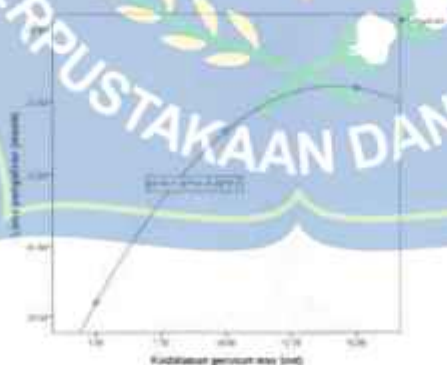
Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 55 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Buffle Block*

1:3

Dari gambar 55 diketahui nilai $R^2 = 1$ artinya hubungan antara variabel x (lama waktu pengaliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat kuat.

d. Struktur USBR dengan *Buffle Block* 1 : 5

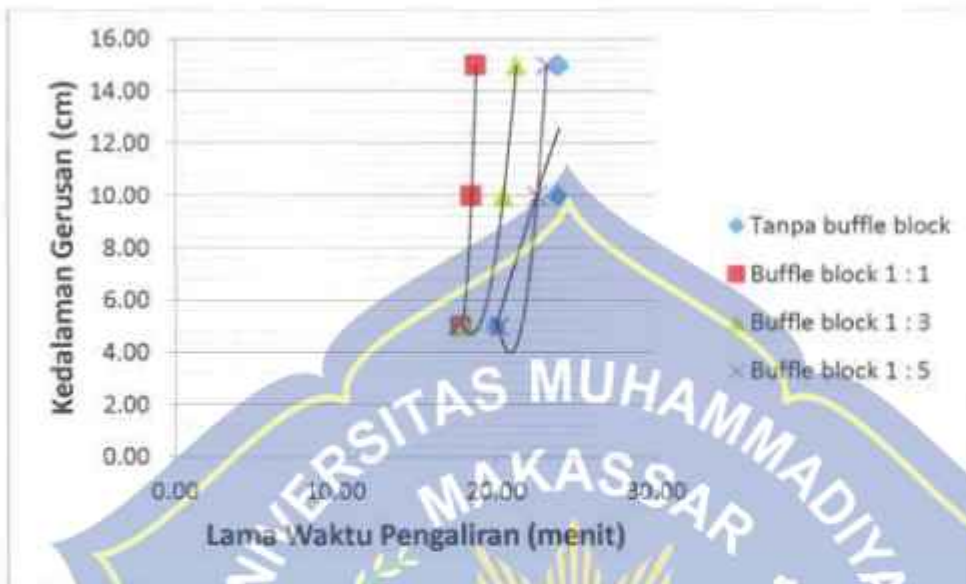


Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 56 Grafik pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Buffle Block*

1:5

Dari gambar 56 diketahui nilai $R^2 = 1$ artinya hubungan antara variabel x (lama waktu pengaliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat kuat.



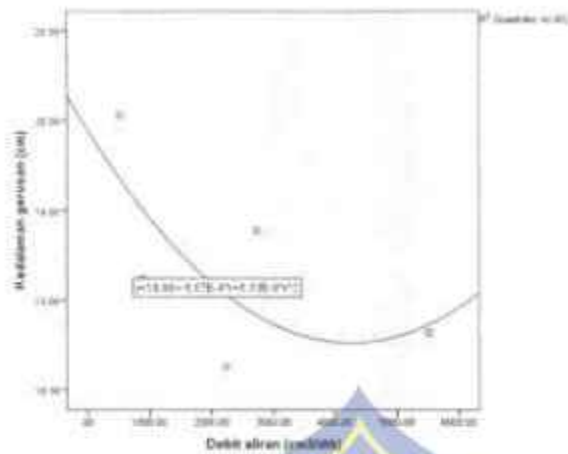
Gambar 57 Gabungan grafik pengaruh lama pengaliran terhadap kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil analisis persamaan regresi dan uji determinasi maka dapat dinyatakan bahwa pengaruh antara lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan sangat berpengaruh.

4. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Gerusan

Untuk mengetahui pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan yang terjadi di hilir USBR tipe IV maka dilakukan analisis statistik menggunakan program SPSS sebagai berikut:

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Block*



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 58 Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR tanpa *Baffle Block*

Dari gambar 58 diketahui nilai $R^2 = 0.452$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sedang.

b. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 1

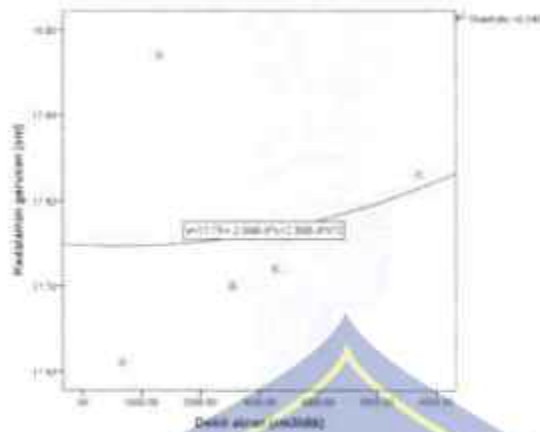


Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 59 Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1:1

Dari gambar 59 diketahui nilai $R^2 = 0.033$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat rendah.

c. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 3

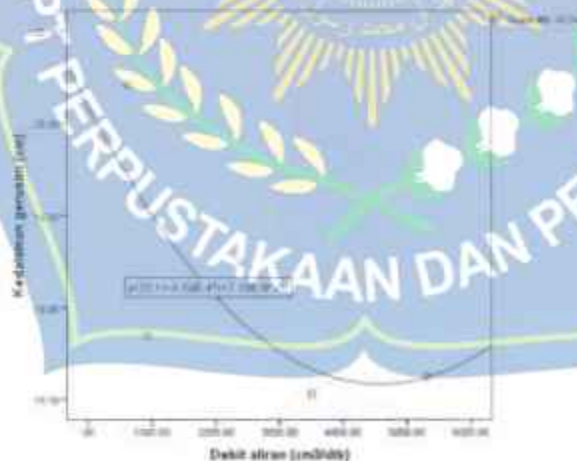


Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 60 Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1:3

Dari gambar 60 diketahui nilai $R^2 = 0.040$ artinya hubungan antara variabel *x* (debit aliran) dengan variabel *y* (kedalaman gerusan) sangat rendah.

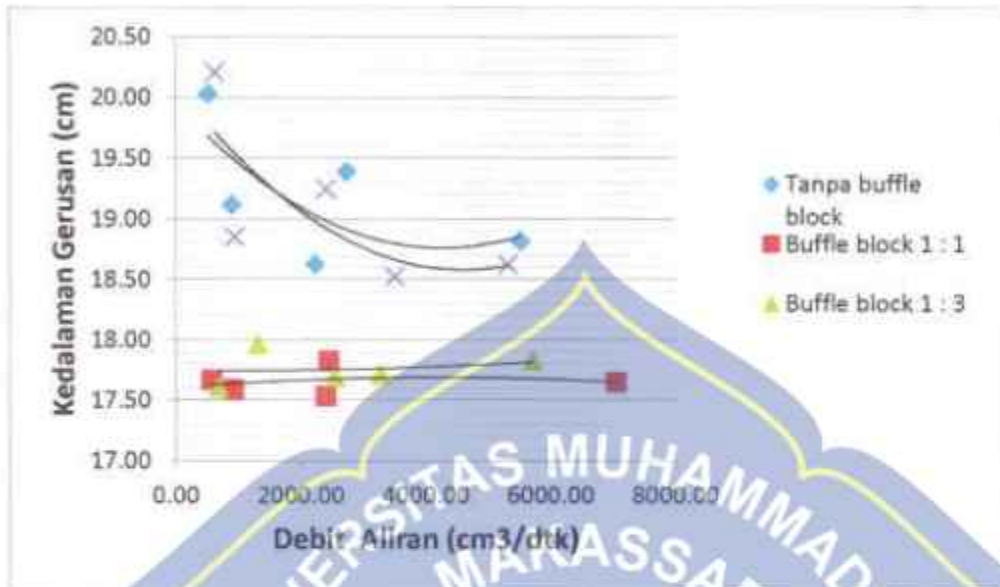
d. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 5



Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 61 Grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1 : 5

Dari gambar 61 diketahui nilai $R^2 = 0.545$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sedang.



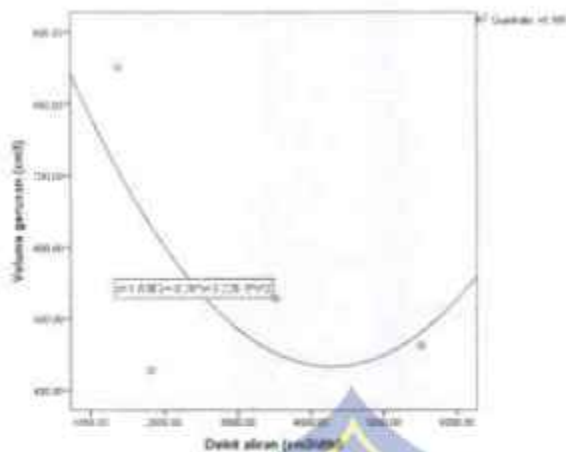
Gambar 62. Gabungan grafik pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan

Berdasarkan hasil analisis persamaan regresi dan uji determinasi dapat dinyatakan bahwa pengaruh debit aliran terhadap kedalaman gerusan tidak terlalu berpengaruh.

5. Pengaruh Debit Aliran Terhadap Volume Gerusan

Untuk mengetahui pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan yang terjadi di hilir USBR tipe IV, maka dilakukan analisis statistik menggunakan program SPSS sebagai berikut:

a. Struktur USBR tanpa *Baffle Block*



Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 63 Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan tanpa *Baffle Block*

Dari gambar 63 diketahui nilai $R^2 = 0.395$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) rendah.

b. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 1

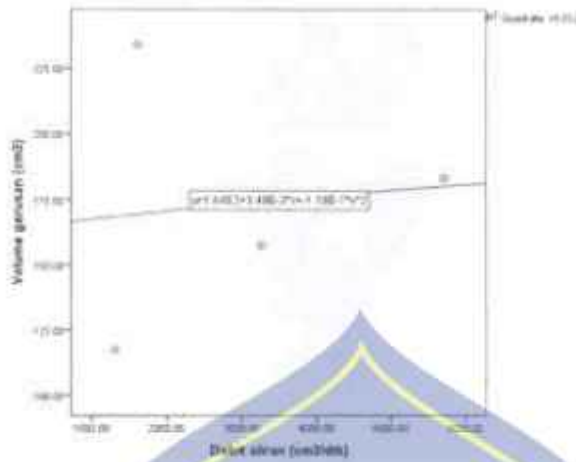


Sumber data variable x dan y terdapat pada lampiran 7

Gambar 64 Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1 : 1

Dari gambar 64 diketahui nilai $R^2 = 0.020$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat rendah.

c. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 3



Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 65 Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1 : 3

Dari gambar 65 diketahui nilai $R^2 = 0.012$ artinya hubungan antara variabel *x* (debit aliran) dengan variabel *y* (kedalaman gerusan) sangat rendah.

d. Struktur USBR dengan *Baffle Block* 1 : 5



Sumber data variable *x* dan *y* terdapat pada lampiran 7

Gambar 66 Grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan dengan SPSS pada struktur USBR menggunakan *Baffle Block* 1 : 5

Dari gambar 66 diketahui nilai $R^2 = 0,019$ artinya hubungan antara variabel x (debit aliran) dengan variabel y (kedalaman gerusan) sangat rendah.



Gambar 67 gabungan grafik pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan

Berdasarkan hasil analisis persamaan regresi dan uji determinasi dapat dinyatakan bahwa pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan tidak terlalu berpengaruh.

Dari analisis uji determinasi terhadap parameter aliran dapat dinyatakan bahwa pada pengaliran dengan durasi waktu yang lama akan mengakibatkan perubahan dasar saluran cenderung besar dan pada pengaliran dengan muka air tinggi perubahan dasar saluran cenderung kecil. Dimana hal ini sesuai dengan konsep lapis batas bahwa semakin tinggi muka air dan kecepatan aliran didasar saluran maka akan semakin berkurang dan tidak mampu mengangkat material dasar saluran.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Dari grafik perubahan penampang Variasi struktur USBR tipe IV dengan menggunakan *Buffle Block* 1 : 1 adalah yang paling efektif dalam mereduksi gerusan.
2. Pola kontur gerusan di hilir USBR cenderung lebih rapat dibandingkan dengan pola kontur dititik pertengahan dan akhir pengamatan, hal ini dipengaruhi oleh loncatan air tiba-tiba (*abrupt rise*) pada ambang USBR.
3. Persentase volume gerusan paling dominan terjadi pada struktur USBR dengan Tanpa *Buffle Block* 1 : 5 yaitu sebesar 23.85 % sedangkan yang paling sedikit terjadi gerusan terjadi pada variasi *Buffle Block* 1: 1 yaitu sebesar 2.45 % sehingga *buffle block* dengan kemiringan 1 : 1 paling efektif dalam mereduksi gerusan pada ujung hilir *spillway*.
4. Pengaruh parameter aliran terhadap perubahan dasar saluran cenderung kecil, hal ini sesuai dengan konsep lapis batas. Sedangkan pada pengairan dengan durasi waktu yang lama akan mengakibatkan perubahan dasar saluran cenderung besar.

B. Saran

1. Untuk penambahan alternatif media dalam mereduksi gerusan pada hilir USBR tipe IV, kami menyarankan untuk menggunakan variasi *Buffle Block* dengan kemiringan 1 : 1, karena dalam penelitian yang kami lakukan telah terbukti bahwa variasi *Buffle Block* dengan kemiringan 1 : 1 paling efektif dalam mereduksi gerusan dihilir USBR.
2. Dari hasil penelitian ini diharapkan selanjutnya dapat mengkaji bagian hilir USBR yaitu dengan menambahkan media sehingga dapat mengurangi kedalaman gerusan serta menggunakan variasi tinggi dan kemiringan *Buffle Block* selain yang digunakan pada penelitian ini sehingga dapat melihat perbandingan tingkat keefektifan dalam mereduksi gerusan dihilir USBR tipe IV.
3. Untuk perbaikan penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat dilakukan dengan waktu yang lebih lama agar mencapai keseimbangan gerusan atau sampai pada titik jenuh, serta memperhatikan kapasitas flume dan alat lainya sehingga kondisi aliran yang dilapangan dapat disesuaikan dengan kondisi aliran pada model penelitian laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes. (1999). *Pengaruh Tata Letak Baffle Block Pada Kolam Olakan USBR Tipe IV Lantai Miring*. Universitas Sebelas Maret: Surakarta.
- Baskoro, W. (2009). *Kajian Pengaruh Pembangunan Jetty Terhadap Kapasitas Sungai Muara Way Kuripan Kota Bandar Lampung*. Tesis. Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro: Semarang.
- Breuser, H., & Raudkiv, A. (1991). *Scouring*. IAHR Hydraulic Structure Design Manual, Rotterdam: AA Balkema.
- Budiarsyad, Gadang. 2018. "Pengaruh Penempatan Baffle Block Tipe V Terhadap Reduksi Panjang Loncatan Air Dan Energi Aliran Pada Pengalir Bendung Tipe Ogee". Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Chatterje, M., Chatterje, S., & Gosh, S. (1994). Local Scour Due To Submerged Horizontal. *Journal of Hydraulic Engineering* Vol. 120 No.8, 973-991.
- Chow, V. T. (1959). *Open Channel Hydraulic*. Mc Graw Hill Kogakusha: Ltd.
- Craig, I. P., Bundschuh, J., & Thorpe, D. (2015). Pesticide Sustainable Management Paratice (SMP) Including Porous Biochar/ Geopolymer Structures For Contaminated Water Remediation. *int.j. of GEOMATE Des.*, 2015, Vol. 9, No.2 (S1 No. 18), pp. 1523-1527 *Geotech., Const Mat. and Env.*, ISSN : 2186-2982 (P), 2136-299-(O), Japan.
- Dimple.com. (2017). Salauli Dam-Concrete Baffle Block. Retrieved Oktober 28, 2019. From Dimple Chemicals & Service PVT. LTD: www.dimplechem.com/portfolio/salauli-dam-go/
- Djunur, Lutfi Hair. 2013. "Study Konfigurasi Dasar Sungai dengan Material Dasar Kerikil pada Tikungan dengan Model Fisik". Fakultas Teknik. Universitas Hasanuddin. Gowa.
- Evi J. W Pamungkas. 2014. Analisis Gerusan Dihilir Bendung Tipe IV. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* Vol.2.No.3 Universitas Sriwijaya.

- French, R. H. (1980). *Open Channel Hydraulic*. McGraw Hill Book Company: New York.
- Marturiawan Kristanto, Dwi Priyantoro. 2012. Alternatif Penggunaan *Abrupt Rise* Pada USBR Tipe III Untuk Mengurangi Gejala *Pulsating Waves*. *Jurnal Teknik Pengairan Universitas Brawijaya*.
- Pallu, S. (2007). *Diktat Sediment Transport*. Teknik Sipil Universitas Hasanuddin: Makassar.
- Peraturan Pemerintah Nomor 37 Pasal 1 Tahun 2010*. (n.d.).
- Pudyono, S. (2013). Penentuan Kedalaman Dan Pola Gerusan Akibat Aliran Superkritik Di Hilir Pintu Air Menggunakan End Sill dan Baffle Block Dengan Simulasi Model Integrasi Numerik. *Jurnal Rekayasa Sipil/Volume 7, No.2 - 2013 ISSN 1978-5658*, 118-131.
- Rajaratnam, N. (1987). *Engineering Fluid Mechanics*. Civil Eng. Dept. Faculty Of Engineering, Alberta Edmonton Canada.
- Sosrodarsono, S., & Takeda, K. (1989). *Bendungan Type Urugan*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta
- Subramaya, K. (1986). *Flow In Open Channel Hydraulic, First Revied Edition*. Tala Mc Graw Hill Book Publishing Company Limited: New Delhi.
- Sutyono, E. (2007). Jurnal Krib Impermeabel Sebagai Pelindung Pasca Belokan Sungai (Kasus Belokan Sungai Brantas Di Depan Lab. Sipil UMM). *Media Teknik Sipil Vol 5 No. 1 Universitas Muhammadiyah Malang*.
- Triatmojo, B. (1992). *Mekanika Fluida Dan Hidrolik*. Universitas Gajah Mada: Yogyakarta.
- Vischer, D., & Hager, W. (1995). *Energy Dissipators*. IAHR Hydraulic Structure Design Manual, Rotterdam: AA Balkema.

LAMPIRAN 1 : Tabel dan Grafik Analisa Saringan

1. Tabel Analisa Saringan

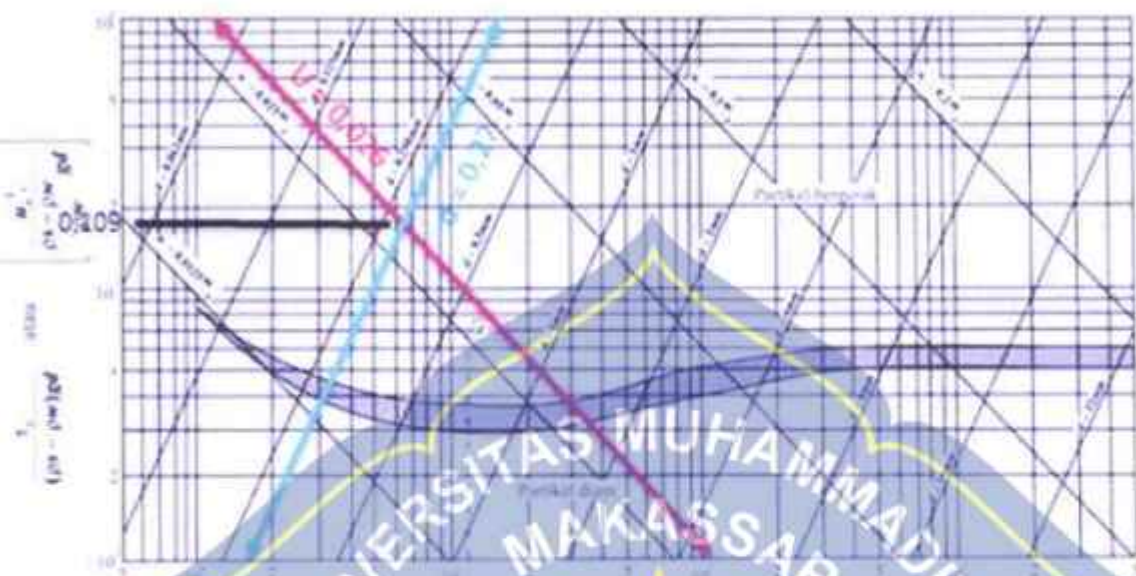
No Saringan	Diameter (mm)	Berat Saringan (gram)	Berat Tertahan (gram)	Berat Saringan + Berat Tertahan (gram)	Σ Berat Tertahan Kumulatif	Persentase	
						Berat Tertahan (%)	Lolos (%)
1	2	3	4	5 = (3+4)	6	7	8
8	2	406	9	415	9	1,08	98,92
16	0,82	400	7	407	16	1,92	98,08
40	0,41	387	11	418	47	5,63	94,37
50	0,27	374	107	481	154	18,44	81,56
100	0,16	374	274	618	328	47,08	52,92
200	0,075	247	1,0	357	508	70,84	29,16
Pan		327	327	654	835	100	0

2. Grafik Analisa Saringan

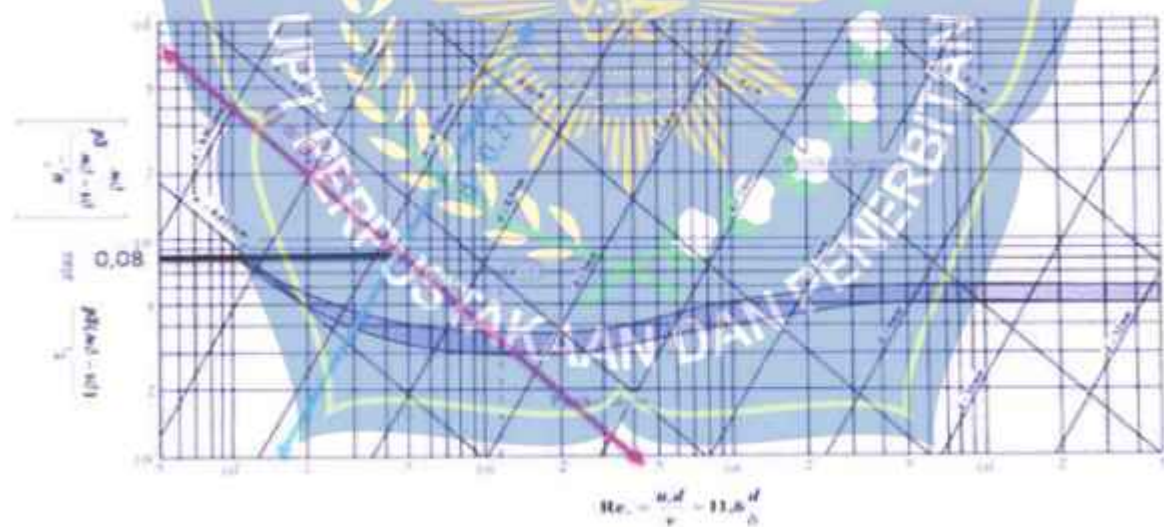


AMPIRAN 2 : Grafik Shield

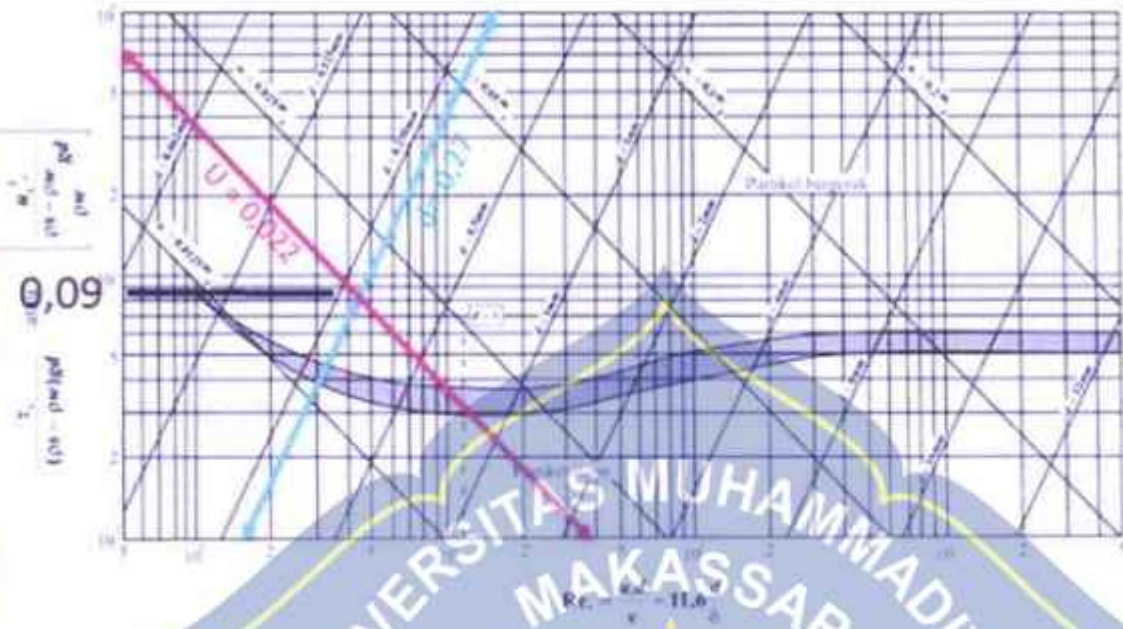
Grafik Shield Tanpa Baffle Block



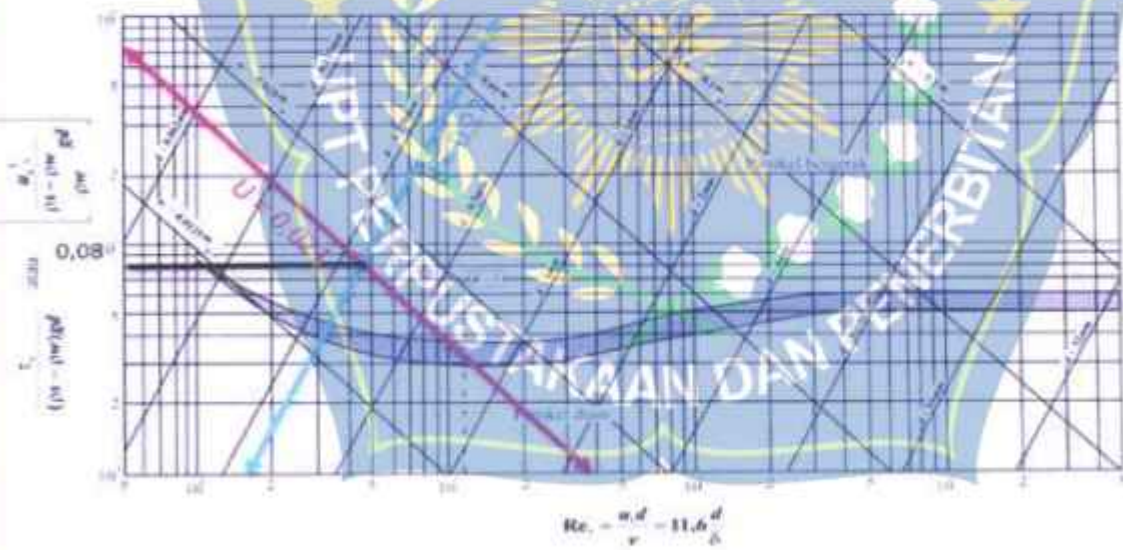
Grafik Shield Baffle Block 1 : 1



Grafik Shield Baffle Block 1 : 3



Grafik Shield Baffle Block 1 : 5



LAMPIRAN 3: Tabel dan Grafik Perubahan Penampang Saluran

a. Saluran dengan tanpa *Baffle Blok*

1. Tabel dan Grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 5$ menit

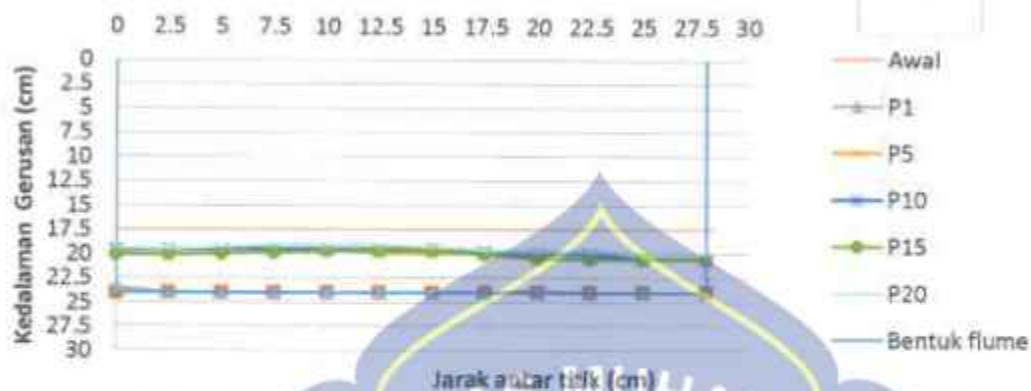
Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	19	19,4	19,6	19,5	19,5	19,7	19,9	20	20,3	21,5	20,8	21
p5	18,8	18,9	18,6	18,5	18,5	18,5	18,6	18,6	18,7	18,7	18,1	19
p10	18,8	18,8	19,6	18,5	18,8	18,6	18,7	18,6	19	19	19,1	19,3
p15	18,7	18,8	18,8	18,8	18,8	18,9	19,5	19,4	19,3	19,4	19,5	19,5
p20	19	19,2	19,3	19,3	19,3	19,5	19,2	19,2	19,6	19,7	19,5	19,5



2. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	23,5	24	24	24	24	24	24	24	23,6	24	24	24
p5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	20	20	20	20,5	20,5	20,5	20,5
p10	19,6	19,6	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,7	20	20	20,5	20,6
p15	20,1	20,1	20	19,9	19,7	19,7	19,7	20,1	20,4	20,5	20,6	20,6
p20	19,4	19,5	19,3	19	19	19	19,3	19,6	19,8	19,8	19,9	20

**Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle
Block dengan $t = 10$ menit**



3. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $n = 3$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
p5	20,8	21	20,8	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
p10	19,5	19,4	19,3	19,5	19,7	19,9	20,3	20,5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
p15	19,7	19,5	19,4	19,3	19,5	19,8	20,1	20,5	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
p20	20,5	20	20	19,5	20	20,2	20,6	21,3	21,5	21,8	21,8	21,8	21,8

**Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle
Block dengan $t = 15$ menit**



4. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 5$ menit

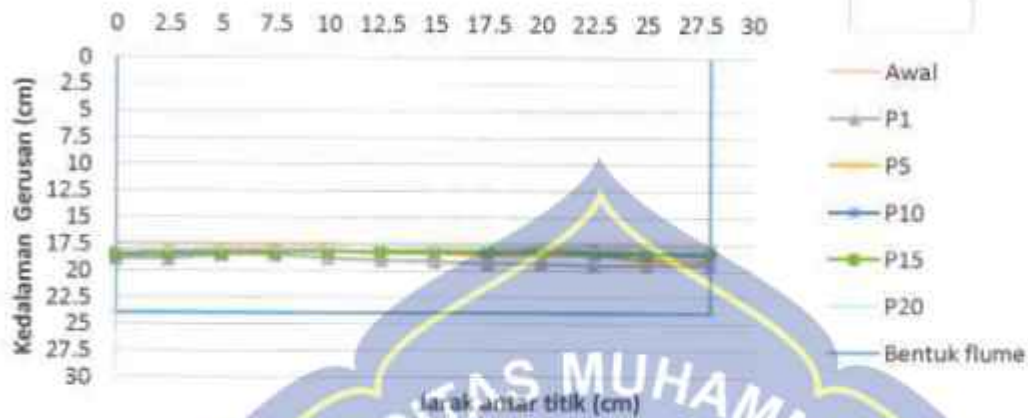
Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18	17,9	17,9	17,9	17,6	18,2	18,2	18,4	18,3	18,4	18,8	18
p5	18	17,9	17,6	17,7	17,8	17,9	17,8	17,6	17,7	18	18,2	18,2
p10	18	18,7	18	18,2	18	18,1	18,9	18	18,1	17,9	18	18,1
p15	18	18,2	18,2	18,3	18,2	18	18,9	18	17,9	18,9	17,6	17,6
p20	17,8	17,7	17,9	17,9	17,9	17,9	17,6	17,7	17,8	17,9	17,9	17,9



5. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,9	18,9	18,5	18,5	18,8	19	19,1	19,3	19,3	19,5	19,5	19,5
p5	18,4	18,3	18,1	18,1	18,1	18,3	18,5	18,5	18,5	18,5	19	19,1
p10	18,5	18,4	18,3	18,7	18,2	18,2	18,7	18,2	18	18,4	18,4	18,5
p15	18,4	18,1	18,3	18,2	18,2	18,1	18,1	18,1	18,1	18,1	18,3	18,3
p20	18	18	17,9	17,9	17,8	17,5	17,7	17,6	17,7	17,8	17,8	17,9

Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle Block dengan $t = 10$ menit



6. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 15$ menit

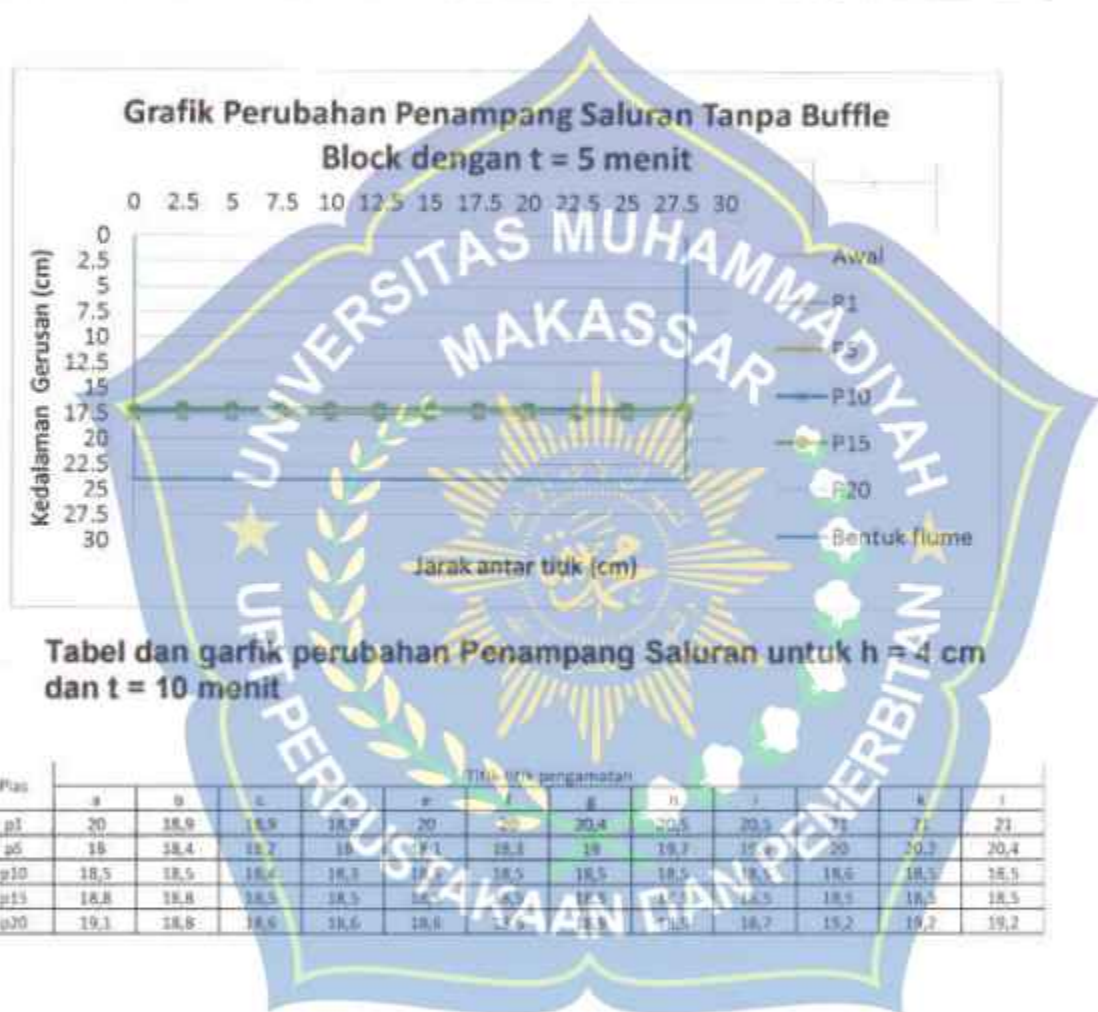
Pias	titik ukur pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	19,5	19	18	19	19,5	19,7	19,7	19	20,2	20,3	20,3	20,1
p5	19	19	18,5	19,4	19,4	18,4	18,1	18,8	18,5	18,5	18,5	19
p10	18,9	18,9	18,5	18	18,1	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3	18,5
p15	19	18,6	18,8	18,3	18,3	18,3	18,7	18,3	18,1	18,5	18,5	18,5
p20	18,5	18,7	18,8	18,3	18	17,9	17,9	17,5	18	17,9	18	18,4

Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle Block dengan $t = 15$ menit



7. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 5$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	
p5	17,6	17,7	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	17,5	
p10	17,3	17,1	17,1	17,1	17	17,1	17,1	17	17	17	17	17	
p15	17,1	17	17	17	17	17	17	17	17	17,4	17	16,9	
p20	17,7	17,7	17,5	17,4	17,3	17,3	17,4	17,4	17,2	17,4	17,5	17,5	



8. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	20	18,9	18,9	18,9	20	20	20,4	20,5	20,5	21	21	21	
p5	18	18,4	18,2	18	19,1	18,1	19	19,7	19	20	20,3	20,4	
p10	18,5	18,5	18,4	18,3	18	18,5	18,5	18,5	18,5	18,6	18,5	18,5	
p15	18,8	18,8	18,5	18,5	18	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	
p20	19,1	18,8	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,7	18,7	18,7	18,7	19,2	

**Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle
Block dengan $t = 10$ menit**



9. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 15$ menit

Puis	Titik ukur pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	23	23.3	23.5	23.5	23.8	24	24	24	24	24	24	24	24
p5	19.5	19.2	19.2	19.2	19.5	20	20.5	20.5	20.5	20.4	20.5	20.5	20.5
p10	19.5	19.5	19.8	19	20	20	20	20.2	20.4	20.4	20.5	20.5	20.4
p15	19.6	19.6	19.6	19.9	19.9	20	20	20	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4
p20	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.6	19.6	19	20.1	20.1	20.2	20.2	20

**Grafik Perubahan Penampang Saluran Tanpa Baffle
Block dengan $t = 15$ menit**



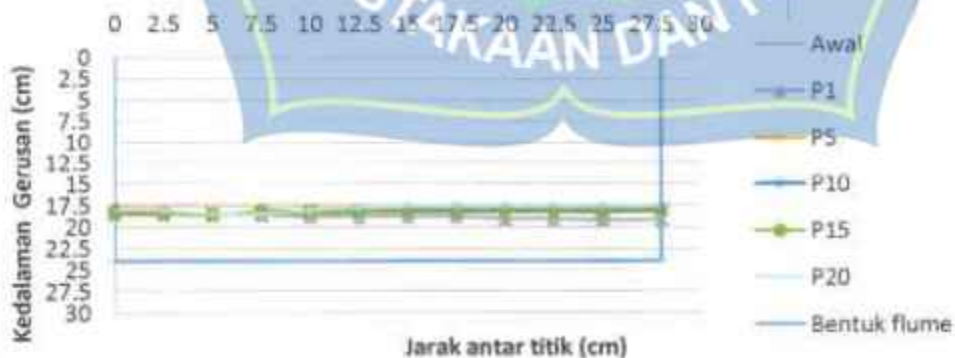
Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 1 dengan $t = 10$ menit



3. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Jarak titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	18,3	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
p5	18,6	18,5	18,5	18,5	18,4	18,2	18,3	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
p10	18,3	18,5	18,5	18,5	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2	18,2
p15	18,1	18,2	18,2	18,1	18,1	18,1	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
p20	18,0	18,0	18,5	18,5	18,0	17,7	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block 1 : 1 dengan $t = 15$ menit



4. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 5$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,4	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,4	18,5	18,4	18,6
p5	17,5	17,5	17,4	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	17,6	17,6	18,0	18,0
p10	17,4	17,3	17,2	17,2	17,3	17,4	17,3	17,3	17,3	17,5	17,7	17,7
p15	17,2	17,1	17,1	17,0	17,1	17,0	17,0	17,0	17,6	18,0	17,2	17,2
p20	17,4	17,4	17,4	17,4	17,3	17,5	17,5	17,5	17,4	17,4	17,5	17,5

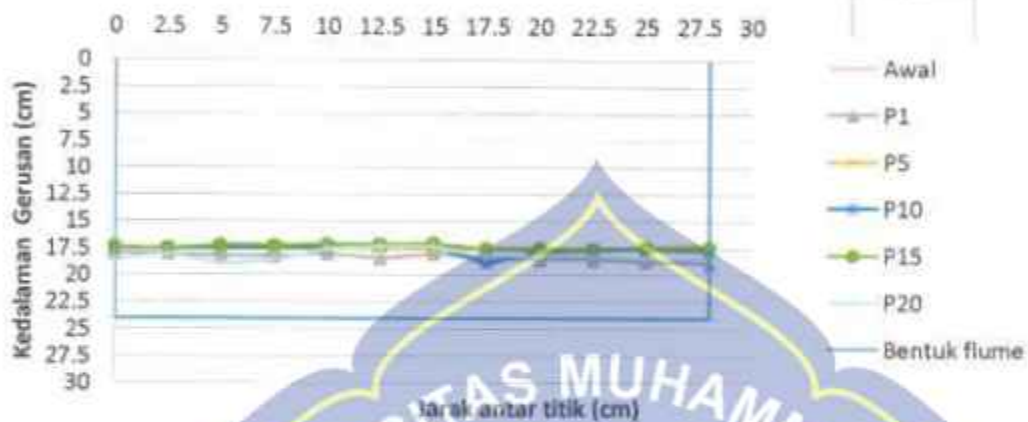
Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block 1 : 1 dengan $t = 5$ menit



5. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,0	18,0	18,2	18,0	18,0	17,4	18,0	18,4	18,5	18,5	18,7	18,9
p5	17,4	17,5	17,4	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,7	17,5	17,6	17,2
p10	17,5	17,5	17,5	17,4	17,4	17,2	17,2	18,5	17,8	17,5	17,5	17,7
p15	17,4	17,5	17,2	17,2	17,5	17,3	17,0	17,5	17,5	17,6	17,5	17,5
p20	18,5	18,0	18,3	18,6	17,5	17,3	17,5	18,2	18,2	18,2	18,5	18,5

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block 1 : 1 dengan t = 10 menit



6. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3.5$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik titik pengukuran											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	19,4	18,4	18,8	18,5	18,4	18,5	18,5	18,6	18,6	18,2	18,6	18,2
p5	17,8	17,7	17,5	17,6	17,8	17,8	17,8	18,0	18,1	18,5	18,3	18,8
p10	17,9	17,5	17,5	17,6	17,5	17,6	18,0	18,0	18,0	17,7	17,7	17,8
p15	17,5	17,6	18,4	17,5	17,6	17,5	17,5	17,8	18,0	17,7	17,6	17,9
p20	18,5	18,5	17,8	17,7	17,0	16,5	17,0	17,0	18,0	18,4	17,7	17,5

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block 1 : 1 dengan t = 15 menit



7. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 5$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	17,8	17,7	17,7	17,7	17,8	18,0	17,9	17,7	17,8	17,8	17,8	17,9
p5	17,5	17,6	17,6	17,4	17,4	17,4	17,4	17,5	17,6	17,5	17,6	17,9
p10	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3	17,3	17,2	17,2	17,2	17,4	17,4	17,5
p15	17,3	17,2	17,3	17,3	17,2	17,2	17,2	17,0	17,1	17,0	17,2	17,3
p20	17,0	17,1	17,0	17,0	16,9	17,0	17,8	16,8	16,8	16,7	16,9	16,5

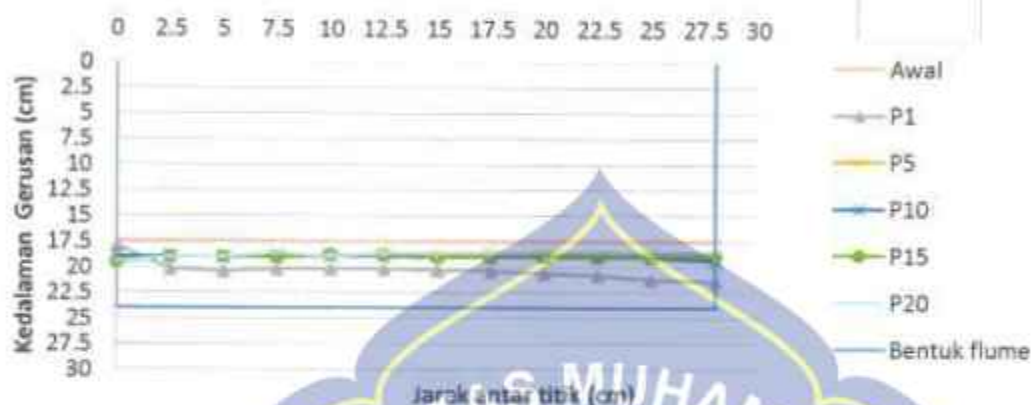
Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block 1 : 1 dengan $t = 5$ menit



8. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	17,9	20,2	20,4	20,7	20,7	20,3	20,3	20,6	20,6	20,7	21,2	21,4
p5	19,0	19,0	19,0	19,0	18,9	18,9	19,0	18,7	18,9	18,8	18,2	18,8
p10	19,0	19,0	19,0	18,9	18,7	18,9	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,3
p15	19,3	19,0	19,0	19,0	18,9	18,8	19,0	18,7	19,0	19,0	19,0	19,0
p20	19,4	19,0	19,0	18,8	18,9	18,9	18,9	18,5	18,5	18,3	18,5	18,5

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 1 dengan $t = 10$ menit



9. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	21,8	22,5	19,7	19,5	21,0	21,3	21,5	21,5	21,5	22,5	22,8	23,5
p5	20,5	20,5	19,8	19,5	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
p10	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,6	19,5	19,5	19,6	19,5	19,5	19,6
p15	19,5	19,7	19,8	19,7	19,7	19,8	19,8	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
p20	20,0	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,4

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 1 dengan $t = 15$ menit



c. Saluran dengan *Buffe Blok* 1 : 3

1. Tabel dan garfik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 5$ menit

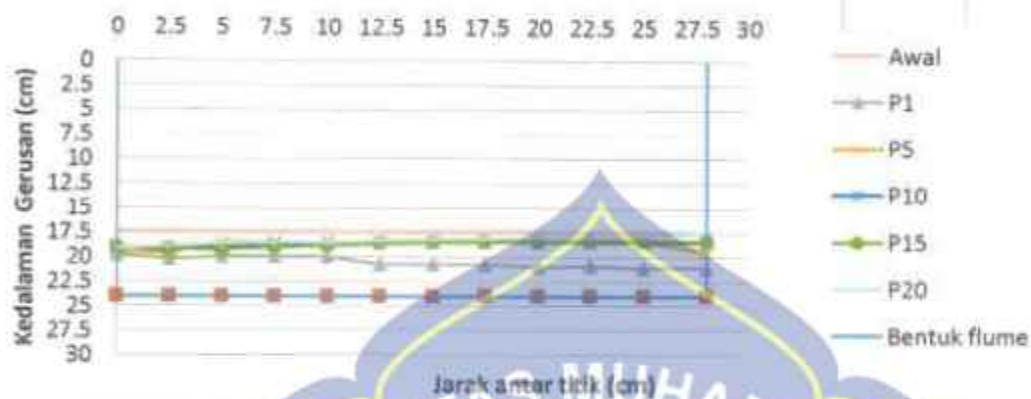
Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	17,8	17,4	17,2	17,3	17,5	17,5	17,5	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
p5	17,8	17,6	17,6	17,6	17,6	17,8	17,6	17,7	17,8	17,8	17,7	18,0	
p10	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,9	17,8	17,9	17,8	17,8	17,8	17,9	
p15	17,8	17,8	17,7	17,7	17,8	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	
p20	18,4	18,3	18,1	18,2	18,1	18,1	18,0	18,0	17,8	17,7	17,8	17,3	



2. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	19,8	20,2	20,0	20,0	20,0	20,7	20,7	20,7	21,0	20,9	21,1	21,1	
p5	19,5	19,6	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	
p10	19,0	19,3	19,0	18,7	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,4	18,5	
p15	19,0	19,2	19,3	19,0	18,8	18,8	18,3	18,5	18,5	18,4	18,4	18,4	
p20	19,2	18,9	18,6	18,5	18,5	18,3	18,2	18,1	18,0	18,0	17,9	17,5	

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 10$ menit



3. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Time dan pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	21,5	21,5	21,6	21,9	21,0	22,0	21,7	21,5	21,5	21,5	21,5	21,5
p5	20,4	20,4	19,4	19,0	19,0	19,0	19,5	19,8	20,0	20,5	20,5	20,5
p10	19,0	19,0	18,0	18,5	18,6	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
p15	18,8	18,8	18,6	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5	18,4
p20	19,1	18,7	19,1	18,5	18,2	18,2	18,0	18,0	18,5	17,8	17,8	17,9

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 15$ menit



4. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 5$ menit

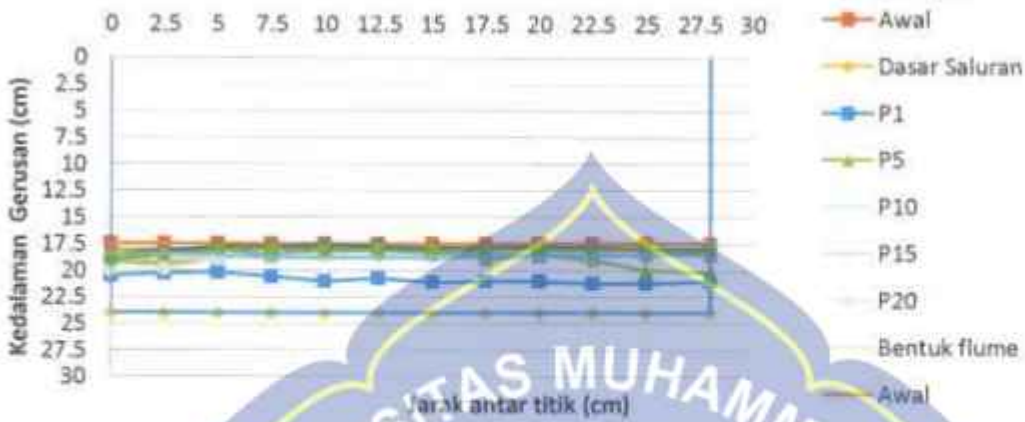
Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,1	18,0	18,0	18,5	18,0	18,0	18,4	18,5	18,5	18,5	18,5	18,5
p5	18,1	18,1	17,8	17,8	17,7	17,7	17,8	17,8	17,8	17,9	17,9	18,6
p10	18,5	18,2	17,8	17,8	17,6	17,7	17,9	17,9	17,9	17,9	18,0	18,0
p15	19,0	18,5	18,0	18,0	18,1	18,1	18,2	18,0	18,0	18,0	18,0	18,1
p20	18,5	18,5	18,5	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7	18,6	18,5	18,5	18,5



5. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	20,5	20,3	20,2	20,2	21,0	20,7	21,1	21,6	21,0	21,2	21,2	21,0
p5	19,2	19,4	18,9	18,7	18,1	18,1	18,0	18,9	18,9	19,0	20,0	20,2
p10	18,9	19,0	18,2	18,5	18,5	18,4	18,3	18,4	18,5	18,5	18,5	17,8
p15	19,0	19,0	18,9	18,8	18,5	18,5	18,7	18,1	18,5	18,8	18,5	18,4
p20	20,0	19,9	19,0	18,7	18,6	18,6	18,6	18,6	18,7	18,7	18,6	18,6

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 5$ menit



6. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik ukur pengamatan											
	4	0	8	8	16	16	24	24	32	32	40	40
p1	22,4	23,0	22,8	22,5	23,0	23,0	23,2	23,0	23,1	22,9	23,1	23,0
p5	19,4	19,3	19,5	19,4	19,4	19,2	19,4	19,4	19,5	19,3	19,0	19,4
p10	19,8	19,5	19,4	19,4	19,5	19,5	19,5	19,4	19,3	19,4	19,0	19,0
p15	20,1	19,7	19,4	19,4	19,4	19,0	19,0	19,0	19,1	19,0	19,1	19,2
p20	20,5	20,0	19,8	19,5	19,4	19,0	19,0	19,1	19,1	19,0	19,2	19,6

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 15$ menit



7. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 5$ menit

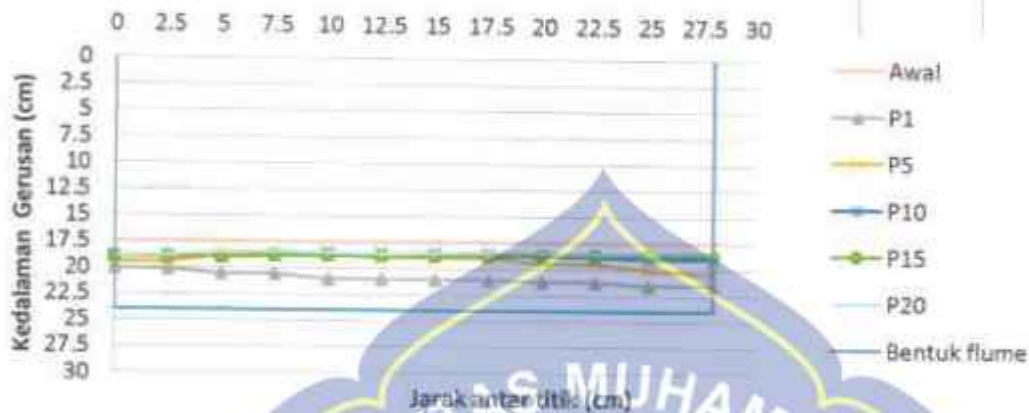
Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p3	17,8	17,5	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,8
p5	17,5	17,4	17,4	17,5	17,5	17,5	17,7	17,7	17,8	18,1	18,1	18,1	18,1
p10	17,9	17,7	17,8	17,8	17,6	17,7	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
p15	17,7	17,6	17,7	17,6	17,6	17,6	17,6	17,6	17,8	17,8	17,8	17,8	17,8
p20	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0



8. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p3	20,0	20,1	20,5	21,0	21,0	21,0	21,0	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7	21,7
p5	19,5	19,5	19,8	19,8	19,7	19,0	19,0	19,0	19,5	19,5	20,0	20,5	20,5
p10	18,0	18,9	19,0	19,5	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	19,8	19,9	19,9	19,9
p15	19,0	19,0	19,0	19,5	19,8	19,8	19,8	19,8	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
p20	18,9	18,8	18,5	18,4	18,4	18,5	18,5	18,5	18,4	18,5	18,4	18,3	18,3

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 10$ menit



9. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $b = 4$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik pengukuran											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
p1	23,4	23,0	22,6	22,2	22,1	22,1	21,2	21,1	22,6	23,1	23,0	23,0
p5	20,0	20,0	19,8	19,8	20,0	20,0	19,5	20,0	21,0	21,0	21,8	21,8
p10	19,1	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0
p15	19,2	19,2	19,0	19,0	19,0	19,2	19,0	19,0	19,0	19,0	19,1	19,1
p20	19,7	19,7	19,7	19,4	19,4	19,7	19,4	19,4	19,4	19,4	19,7	19,7

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 3 dengan $t = 15$ menit



d. Saluran dengan *Baffle Blok* 1 : 5

1. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 5$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,9	20,2	19,8	20,2	20,2	20,2	20,3	20,3	20,6	20,3	20,7	20,8
p5	19,2	19	18,9	18,7	18,9	18,2	18,2	19,7	18,2	19,5	20,9	20,6
p10	19,2	19,3	18,7	18,6	18,5	18,4	18,5	18,4	18,4	18,5	18,5	18,5
p15	18,5	18,7	18,6	18,6	18,7	18,6	18,5	18,7	18,6	18,4	18,1	18,2
p20	19,6	19,7	19	18,9	18,9	18,7	18,7	18,7	18,6	18,6	18,4	18,4



2. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	22,5	22,5	22,5	22,5	22,6	23,0	22,5	22,5	22,5	22,9	22,5	22,5
p5	19,5	19,9	19,6	19,4	19,1	19,4	19,2	19,5	20,2	20,1	20,3	20,5
p10	19,0	19,0	18,8	18,9	18,8	18,8	18,8	18,6	18,8	18,8	18,8	18,6
p15	19,0	19,0	19,0	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	18,7	18,5	18,5	18,5
p20	19,0	19,3	19,0	19,0	19,1	19,3	19,3	19,9	18,6	18,5	18,4	18,3

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 10$ menit



3. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	22,3	22,9	22,9	23,2	23,8	23,8	23,7	23,7	23,0	23,0	23,3	23,2
p5	20,5	21,0	21,0	21,7	21,0	21,0	21,2	21,3	21,3	21,5	21,4	21,0
p10	19,5	19,4	19,3	19,4	19,3	19,3	19,3	19,4	19,2	19,0	19,6	19,0
p15	19,5	19,4	19,3	19,3	19,7	19,2	19,3	19,3	19,2	19,6	19,7	19,6
p20	20,0	19,5	19,3	19,3	19,5	19,5	19,5	19,2	19,3	19,9	19,4	19,8

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 15$ menit



4. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 5$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	17,9	17,9	17,9	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,8	18,3
p5	17,6	17,5	17,4	17,4	17,4	17,4	17,3	17,3	17,4	17,5	17,4	17,9
p10	17,3	17,3	17,2	17,1	17,0	17,1	17,1	17,4	17,5	17,1	17,1	17,2
p15	16,9	16,9	17,0	17,0	17,3	17,3	17,3	17,1	17,1	17,4	17,2	17,2
p20	18,0	17,9	17,6	17,5	17,9	17,5	17,6	17,7	17,9	17,5	17,5	17,4

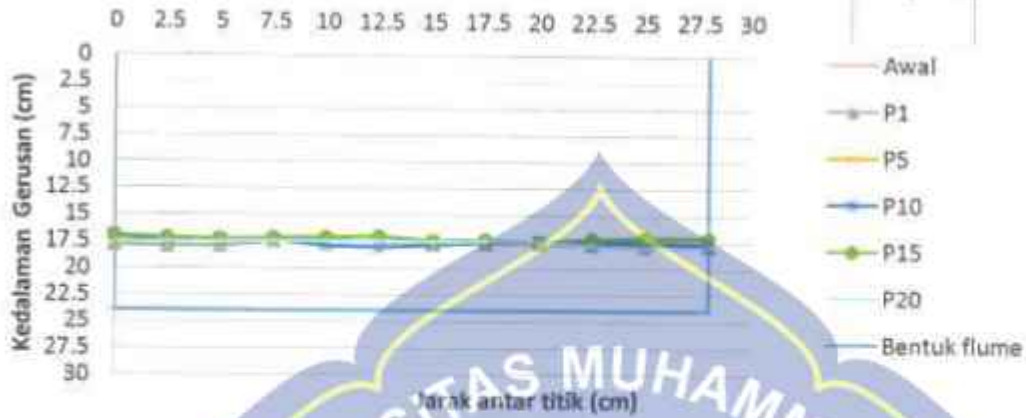
Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 5$ menit



5. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	17,8	18,0	18,0	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,8	17,8	17,9	17,9
p5	17,5	17,6	17,5	17,5	17,4	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,8	18,0
p10	17,0	17,5	17,4	17,4	17,0	17,0	17,1	17,1	17,5	17,6	17,5	17,7
p15	17,0	17,2	17,3	17,2	17,1	17,0	17,0	16,9	17,5	17,3	17,1	17,1
p20	17,6	17,6	17,5	17,5	17,5	17,5	17,5	17,4	17,5	17,8	18,0	18,0

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 10$ menit



6. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 3,5$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik persampelan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	17,9	18,0	18,1	17,5	17,5	17,5	17,6	17,7	17,7	17,8	17,9	17,9	17,9
p5	18,0	17,9	17,8	17,5	17,5	17,6	17,5	17,6	17,6	17,7	17,6	17,6	17,5
p10	17,5	17,4	17,3	17,5	17,5	17,5	17,4	17,3	17,4	17,4	17,3	17,2	17,2
p15	17,3	17,4	17,5	17,7	17,9	17,8	17,6	17,4	17,4	17,4	17,3	17,2	17,2
p20	17,9	17,7	17,4	17,4	17,7	17,7	17,7	17,6	17,7	17,6	17,5	17,7	17,8

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 15$ menit



7. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 5$ menit

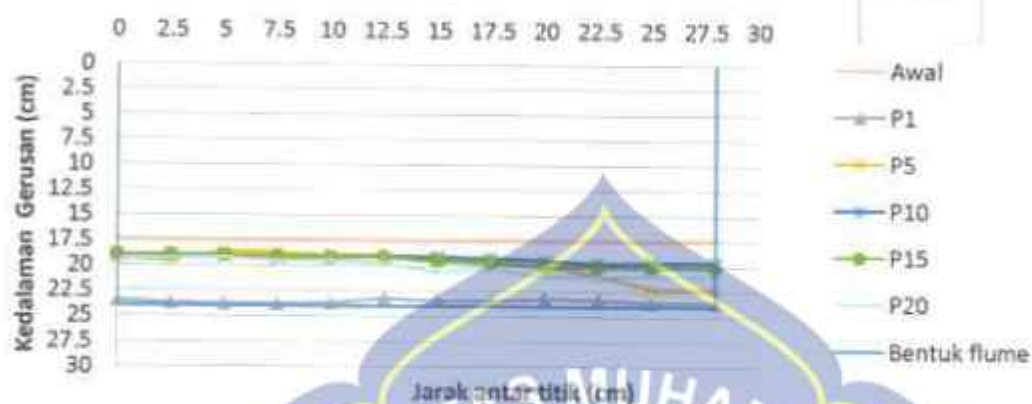
Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	18,0	17,7	17,6	18,0	18,0	18,1	18,1	18,1	18,7	18,2	18,5	18,8
p5	17,5	17,5	17,8	17,6	17,8	17,5	17,8	17,9	17,9	17,9	18,1	18,1
p10	17,0	17,3	17,5	17,5	17,5	17,6	17,6	17,6	17,5	17,5	17,4	17,4
p15	16,7	17,0	17,1	17,4	17,4	17,4	17,4	17,4	17,5	17,5	17,5	17,5
p20	16,5	16,6	17,0	17,0	17,1	17,1	17,1	17,4	17,1	17,1	17,1	17,1



8. Tabel dan grafik perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 10$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
p1	23,5	23,7	23,8	23,8	24,0	24,2	24,5	24,5	24,5	24,7	24,6	24,6
p5	19,4	19,5	18,6	18,7	19,0	19,0	19,4	19,8	19,9	20,9	22,2	22,3
p10	19,0	19,0	19,1	19,7	19,1	19,0	19,1	19,7	19,4	19,7	19,6	19,6
p15	19,0	19,0	19,0	19,1	19,7	19,1	19,0	19,6	19,9	20,0	20,1	20,1
p20	19,5	19,3	19,3	19,5	19,5	19,7	20,6	20,3	21,0	21,0	21,0	21,0

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 10$ menit



9. Tabel Perubahan Penampang Saluran untuk $h = 4$ cm dan $t = 15$ menit

Pias	Titik-titik pengamatan												
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	
p1	23,5	23,3	23,5	23,4	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
p5	20,4	20,6	20,7	21,0	22,5	22,1	20,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,4	21,6
p10	19,1	19,7	20,0	20,7	20,4	20,5	20,4	20,6	20,4	20,4	20,6	20,9	20,4
p15	18,9	19,0	18,9	20,0	20,4	20,8	20,5	21,0	21,0	20,9	21,0	21,0	21,3
p20	19,4	19,5	19,4	20,5	21,0	21,0	21,0	21,3	21,5	21,5	21,5	21,6	21,5

Grafik Perubahan Penampang Saluran Menggunakan Baffle Block
1 : 5 dengan $t = 15$ menit



LAMPIRAN 4: Kontur Gerusan dan Prespektif Kontur Gerusan**a. Struktur USBR tanpa Baffle Blok**

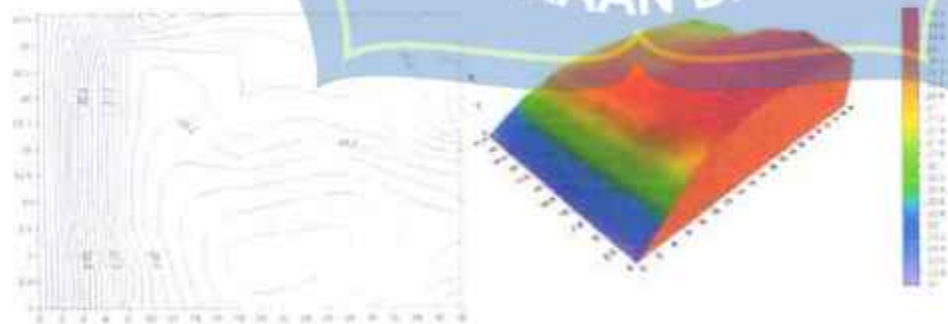
1. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h=3$ cm dengan $t=5$ menit



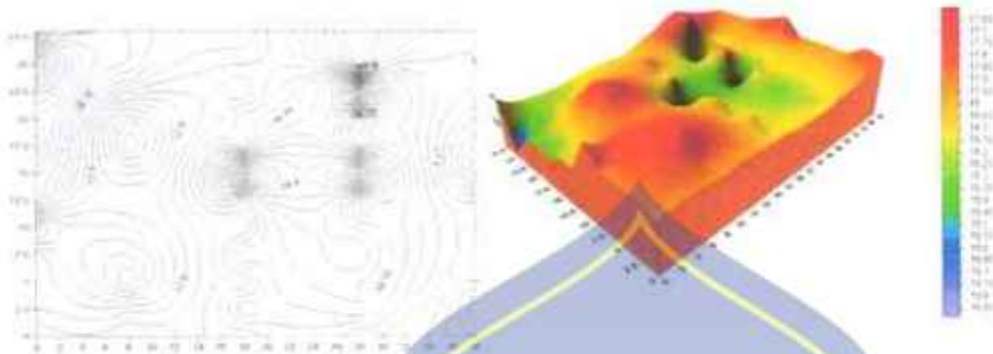
2. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h=3$ cm dengan $t=10$ menit



3. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h=3$ cm dengan $t=15$ menit



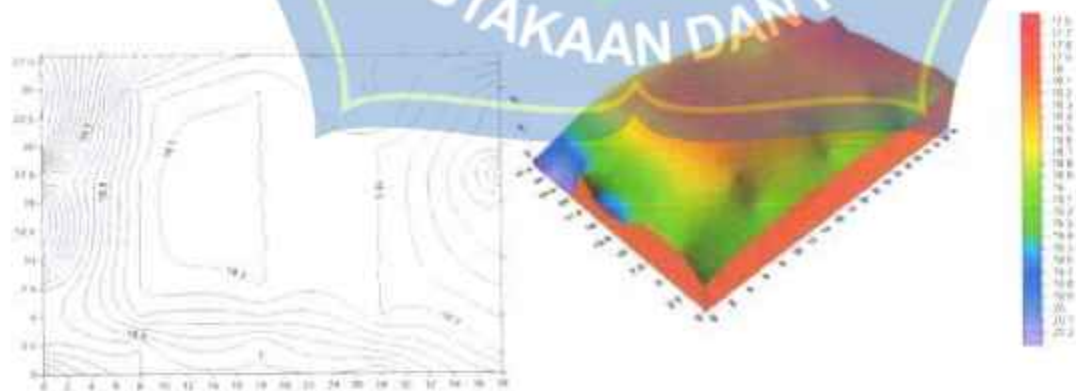
4. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h=3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



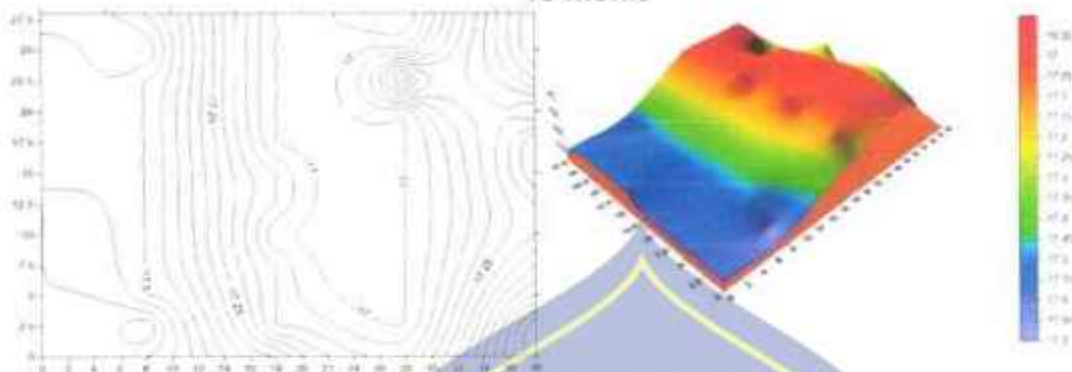
5. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 10$ menit



6. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 15$ menit



7. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 15$ menit



8. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 10$ menit

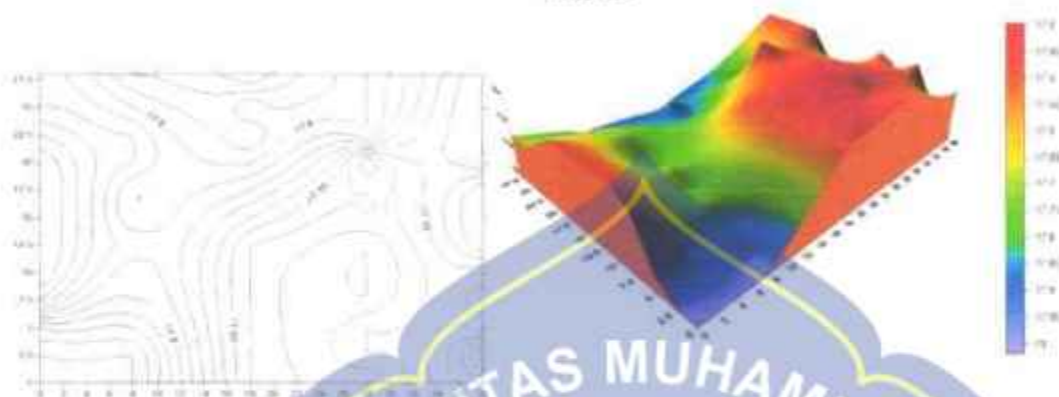


9. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 15$ menit

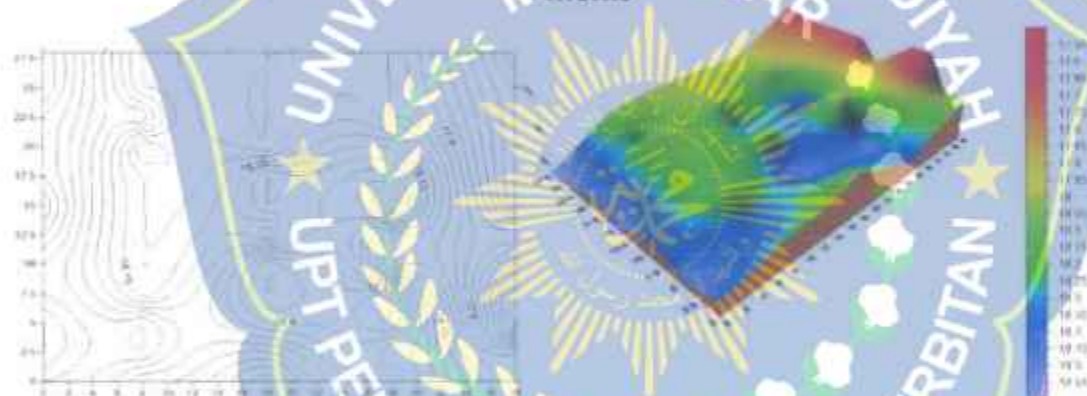


b. Struktur USBR *Buffle Blok 1 : 1*

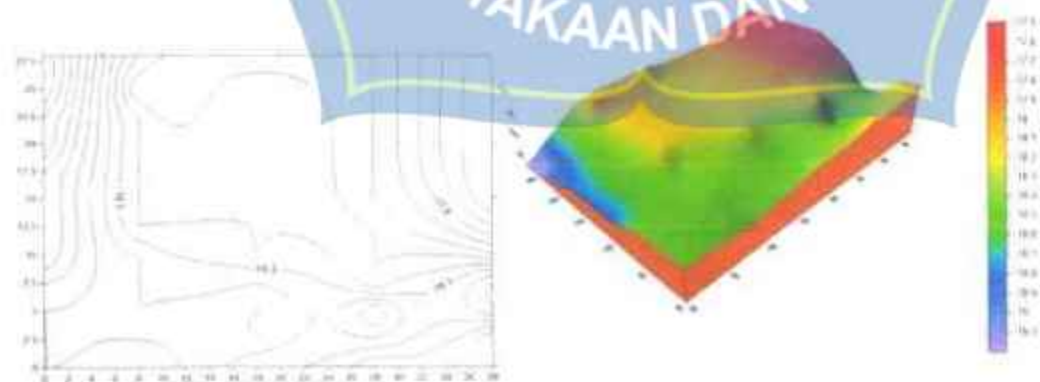
1. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 5$ menit



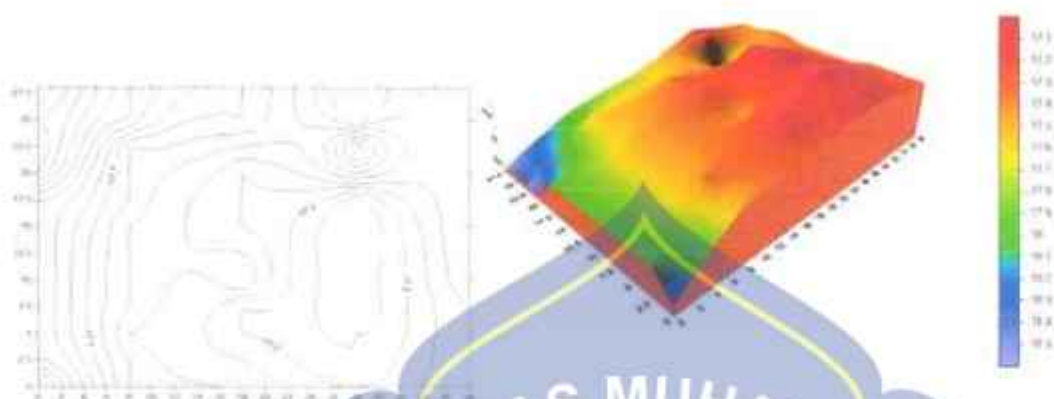
2. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 10$ menit



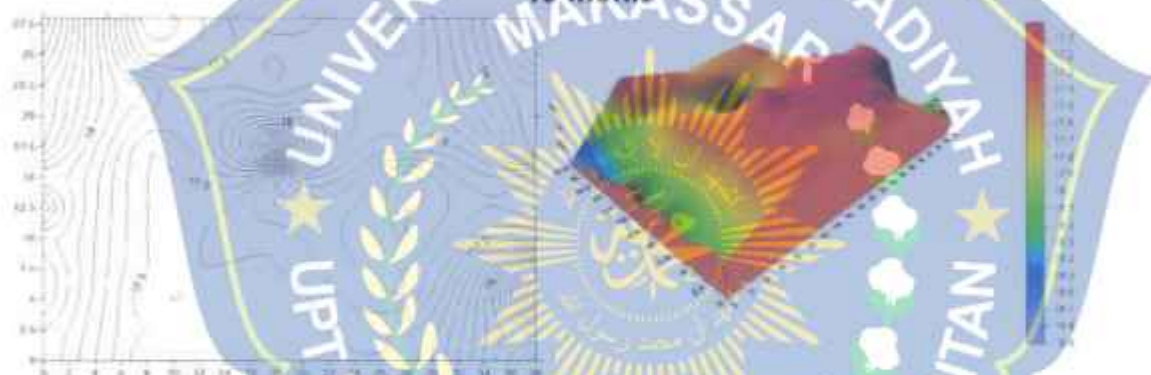
3. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 15$ menit



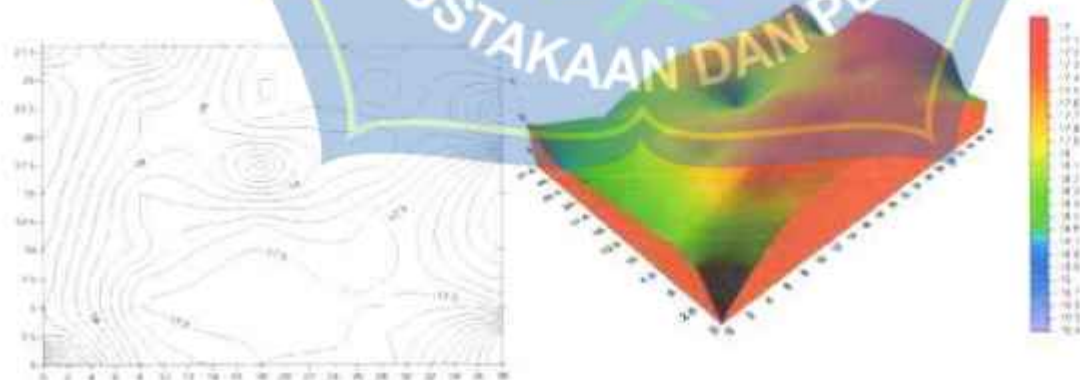
4. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



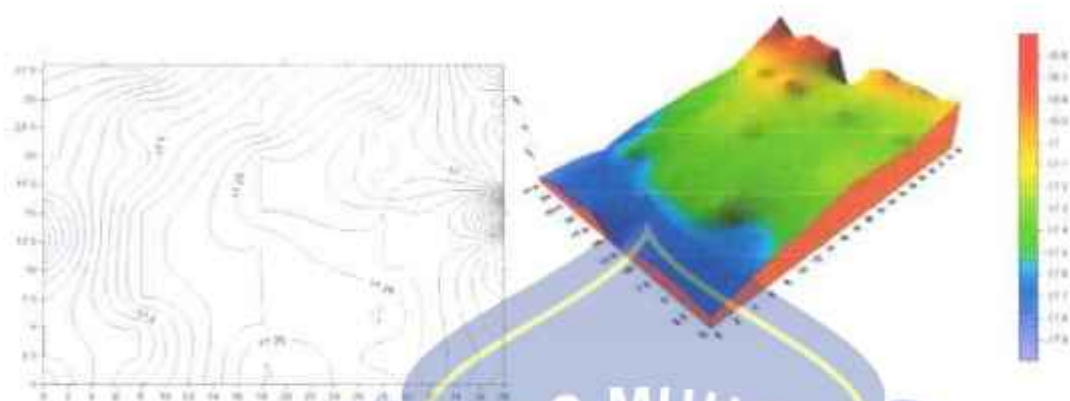
5. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 10$ menit



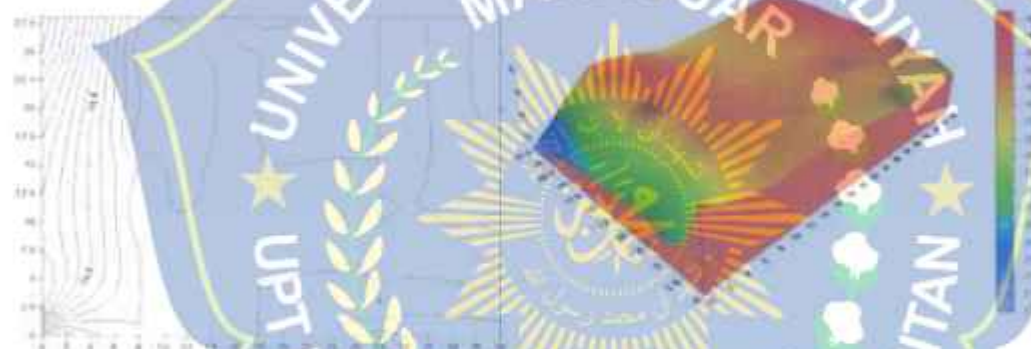
6. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 15$ menit



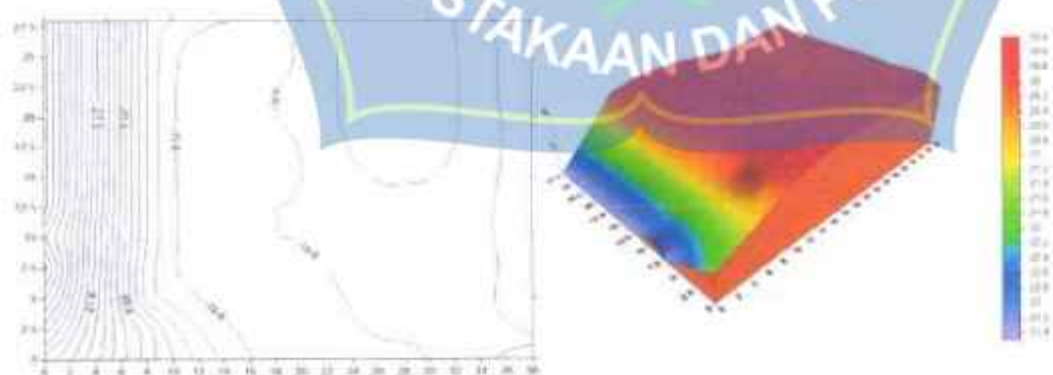
7. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



8. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 10$ menit

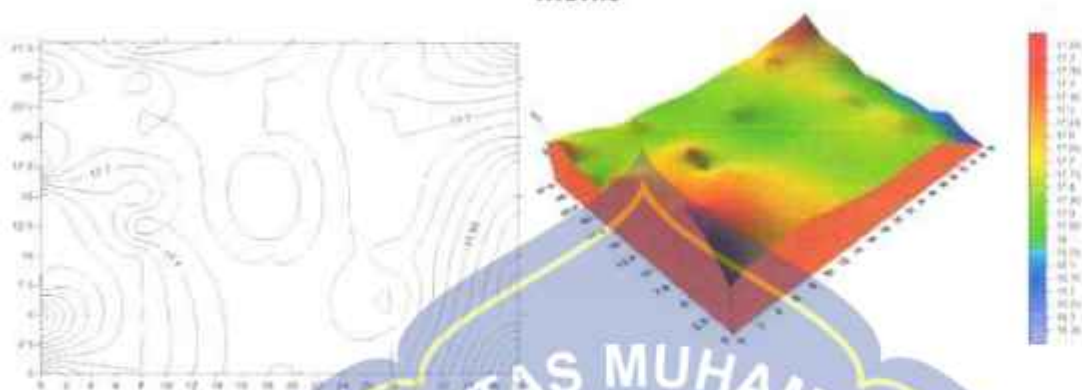


9. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 15$ menit

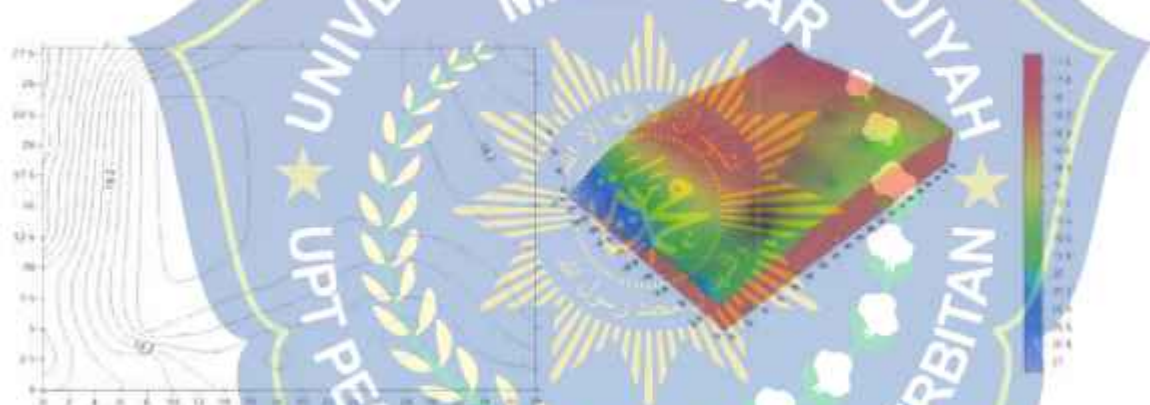


c. Struktur USBR *Baffle Blok 1 : 3*

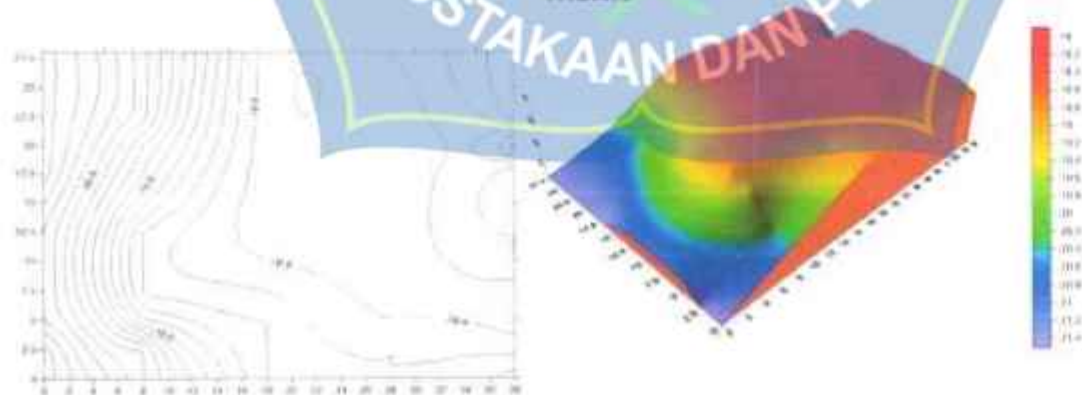
1. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 5$ menit



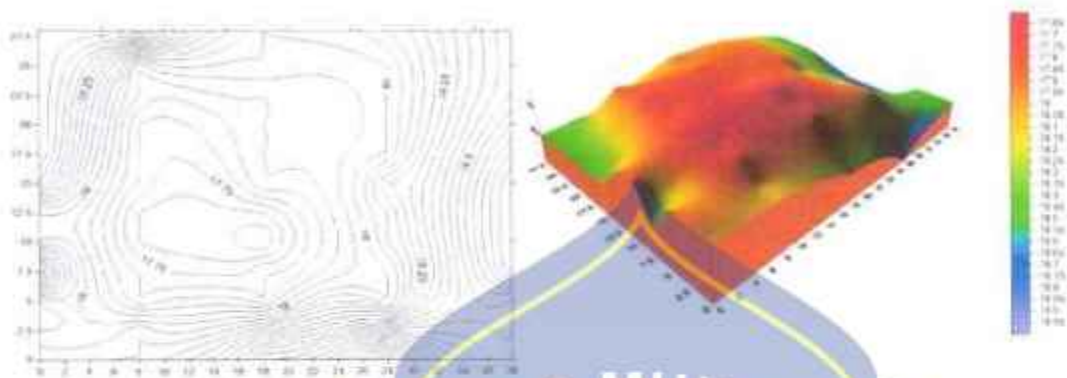
2. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 10$ menit



3. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 15$ menit



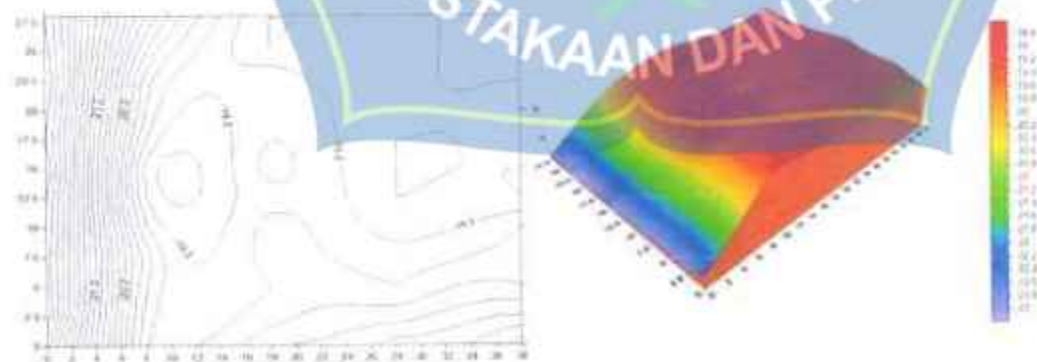
4. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



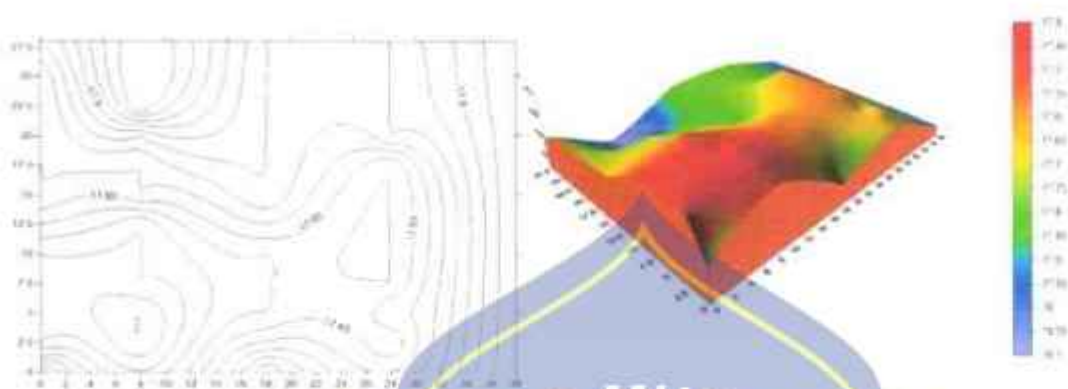
5. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 10$ menit



6. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 15$ menit



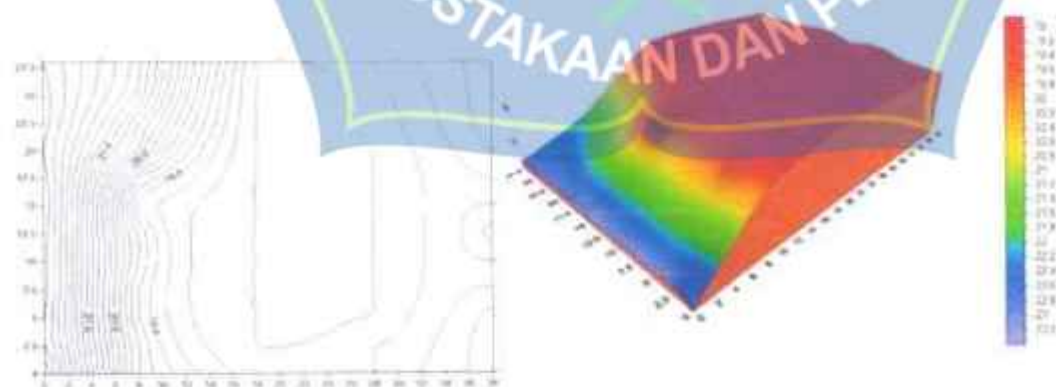
7. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



8. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 10$ menit

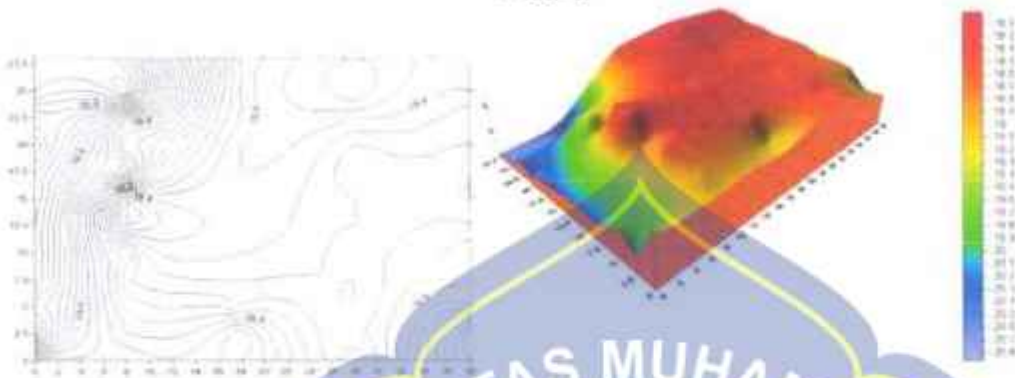


9. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 15$ menit

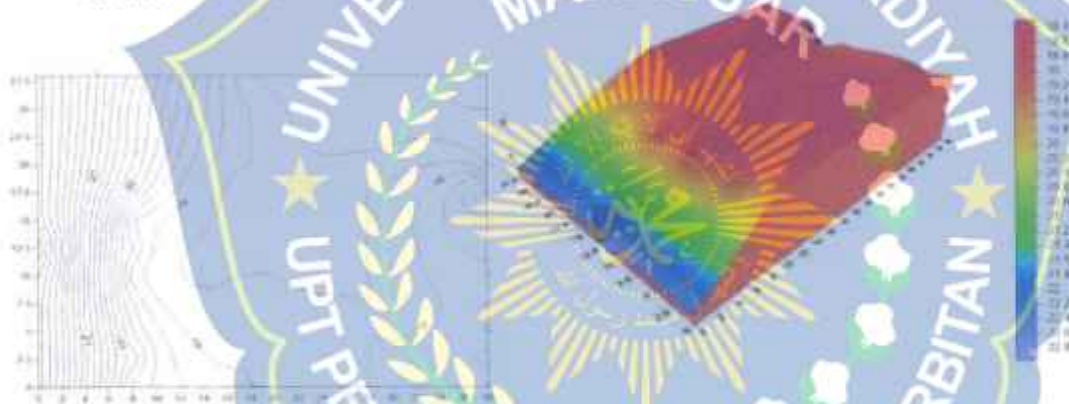


d. Struktur USBR *Baffle Blok 1 : 5*

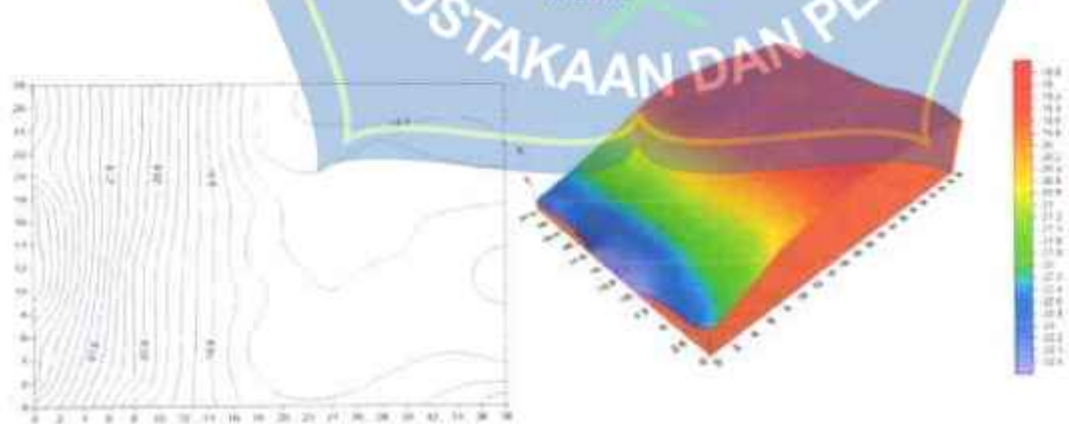
1. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 5$ menit



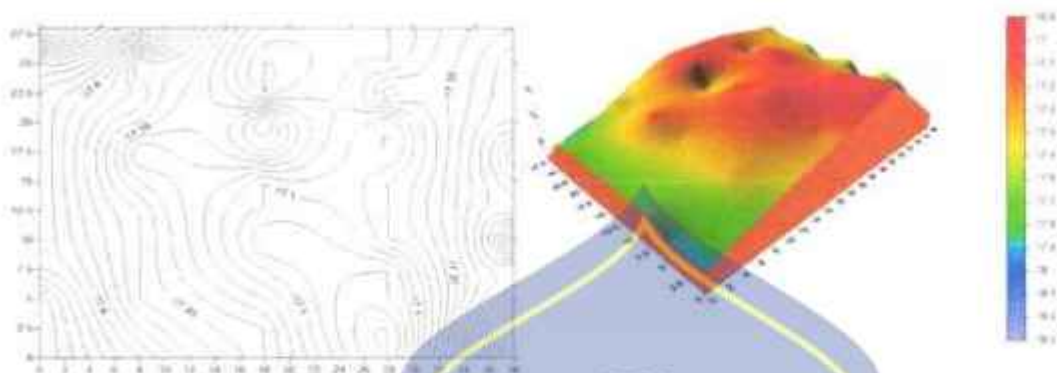
2. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 10$ menit



3. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3$ cm dengan $t = 15$ menit



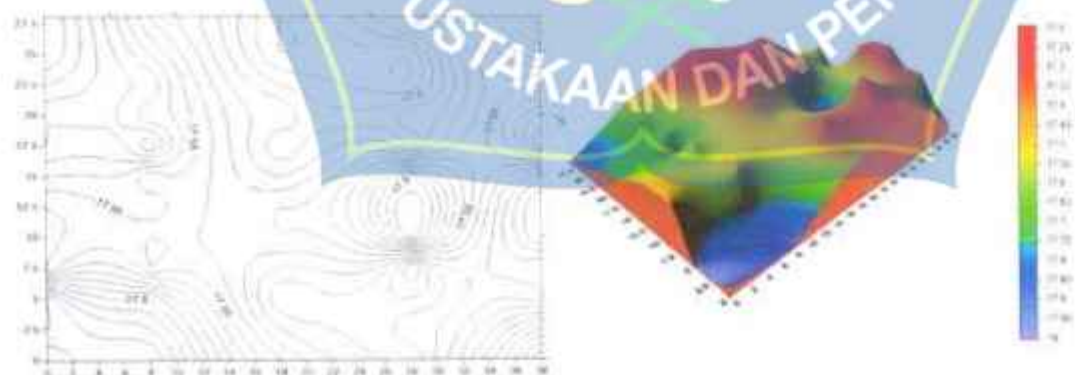
4. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



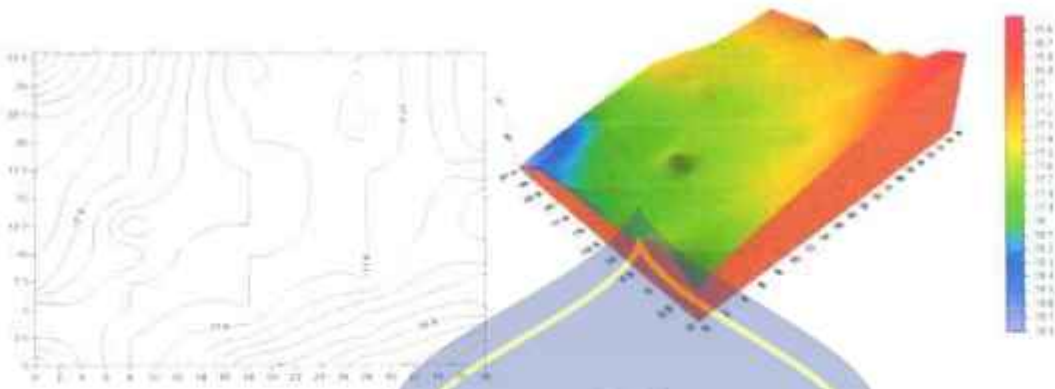
5. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 10$ menit



6. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 15$ menit



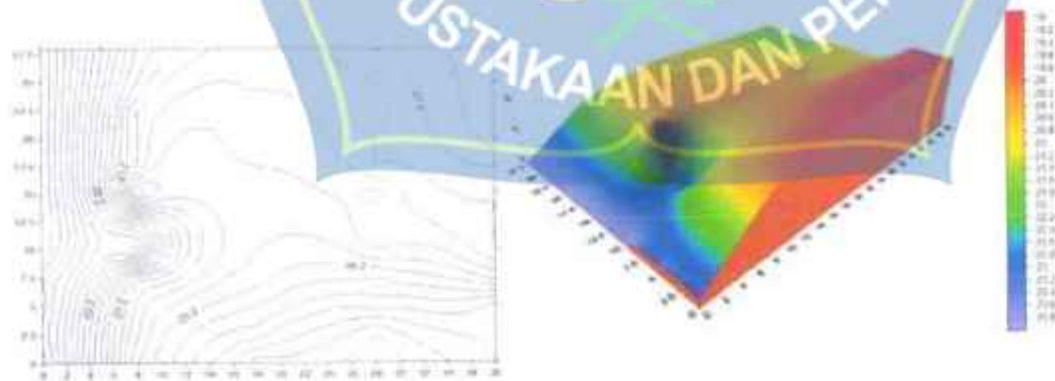
7. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 3,5$ cm dengan $t = 5$ menit



8. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 10$ menit



9. Gambar Kontur hasil gerusan atau endapan $h = 4$ cm dengan $t = 15$ menit



LAMPIRAN 5: Penampang melintang pada titik pengamatan gerusan atau endapan.

a. Saluran dengan tanpa *Baffle Blok*

1. Penampang jarak melintang 0 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



2. Penampang jarak melintang 8 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



3. Penampang jarak melintang 18 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



4. Penampang jarak melintang 28 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



5. Penampang jarak melintang 38 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*

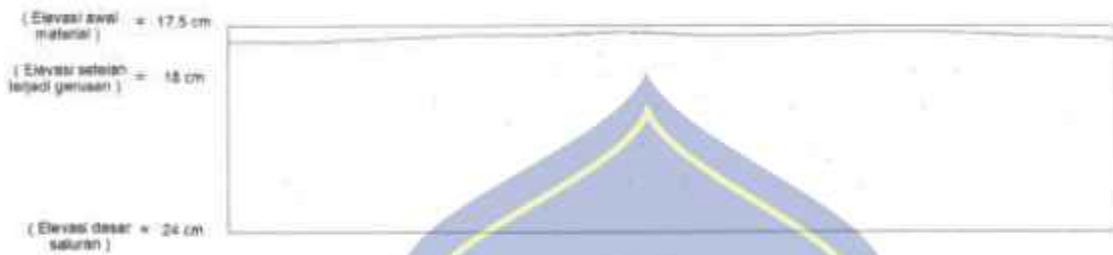


b. Saluran dengan *Baffle Blok* 1 : 1

1. Penampang jarak melintang 0 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



2. Penampang jarak melintang 8 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Buffle Block*



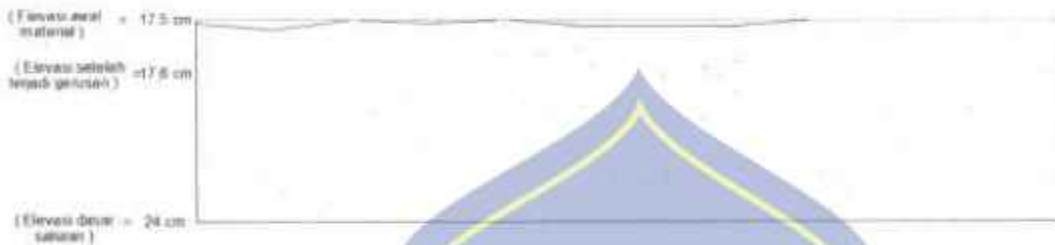
3. Penampang jarak melintang 18 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Buffle Block*



4. Penampang jarak melintang 28 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Buffle Block*



5. Penampang jarak melintang 38 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



c. Saluran dengan *Baffle Blok* 1 : 3

1. Penampang jarak melintang 0 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



2. Penampang jarak melintang 8 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



3. Penampang jarak melintang 18 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



4. Penampang jarak melintang 28 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



5. Penampang jarak melintang 38 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



d. Saluran dengan *Baffle Blok 1 : 5*

1. Penampang jarak melintang 0 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



2. Penampang jarak melintang 0 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



3. Penampang jarak melintang 16 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Blok*



4. Penampang jarak melintang 28 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



5. Penampang jarak melintang 38 cm dari pusat (hilir USBR) tanpa menggunakan *Baffle Block*



Lampiran 6 : Tabel kekentalan kinematis (*kinematic viscosity*)

Temperature (°C)	Specific Weight γ (kN/m ³)	Density ρ (kg/m ³)	Dynamic Viscosity μ (Pa·s) or (N·s/m ²)	Kinematic Viscosity ν (m ² /s)
0	9.81	1000	1.75×10^{-2}	1.75×10^{-5}
5	9.81	1000	1.52×10^{-2}	1.52×10^{-5}
10	9.81	1000	1.30×10^{-2}	1.30×10^{-5}
15	9.81	1000	1.15×10^{-2}	1.15×10^{-5}
20	9.79	998	1.02×10^{-2}	1.02×10^{-5}
25	9.78	997	8.91×10^{-3}	8.94×10^{-7}
30	9.76	996	7.96×10^{-3}	8.03×10^{-7}
35	9.75	994	7.18×10^{-3}	7.22×10^{-7}
40	9.73	992	6.51×10^{-3}	6.76×10^{-7}
45	9.71	990	5.94×10^{-3}	6.09×10^{-7}
50	9.69	988	5.41×10^{-3}	5.48×10^{-7}
55	9.67	986	4.96×10^{-3}	5.05×10^{-7}
60	9.65	984	4.60×10^{-3}	4.67×10^{-7}
65	9.62	981	4.30×10^{-3}	4.39×10^{-7}
70	9.59	978	4.02×10^{-3}	4.11×10^{-7}
75	9.56	975	3.75×10^{-3}	3.83×10^{-7}
80	9.53	971	3.50×10^{-3}	3.60×10^{-7}
85	9.50	968	3.28×10^{-3}	3.41×10^{-7}
90	9.47	965	3.11×10^{-3}	3.22×10^{-7}
95	9.44	962	2.92×10^{-3}	3.04×10^{-7}
100	9.40	958	2.82×10^{-3}	2.94×10^{-7}

Lampiran 7 : Variabel SPSS

Pengaruh Kedalaman Aliran terhadap kedalaman gerusan

No	Tanpa Buffer Block		Buffer Blok 1 : 1		Buffer Blok 1 : 3		Buffer Blok 1 : 5	
	Kedalaman Aliran	Kedalaman Gerusan	Kedalaman Aliran	Kedalaman Gerusan	Kedalaman Aliran	Kedalaman Gerusan	Kedalaman Aliran	Kedalaman Gerusan
1	0,92	20,03	0,92	17,67	0,94	17,61	0,90	20,21
2	1,34	18,63	1,29	17,83	1,35	17,70	1,23	19,25
3	4,54	18,82	5,16	17,65	5,27	17,83	4,17	18,63
4	0,90	19,12	1,01	17,53	0,92	17,72	0,83	18,53
5	2,22	19,39	1,43	17,59	1,69	17,97	1,48	18,65

Pengaruh Kecepatan Aliran terhadap gerusan

No	Tanpa Buffer Block		Buffer Blok 1 : 1		Buffer Blok 1 : 3		Buffer Blok 1 : 5	
	Kecepatan Aliran	Kedalaman Gerusan	Kecepatan Aliran	Kedalaman Gerusan	Kecepatan Aliran	Kedalaman Gerusan	Kecepatan Aliran	Kedalaman Gerusan
1	20,00	20,03	22,22	17,67	29,56	17,61	27,78	20,21
2	55,56	18,63	61,11	17,83	61,67	17,70	66,11	19,25
3	43,33	18,82	48,59	17,65	38,89	17,83	45,56	18,63
4	35,56	19,12	16,67	17,53	22,22	17,72	30,00	18,53
5	43,85	19,39	26,67	17,59	25,00	17,97	27,78	18,65

Pengaruh Debit aliran terhadap gerusan

No	Tanpa Buffer Block		Buffer Blok 1 : 1		Buffer Blok 1 : 3		Buffer Blok 1 : 5	
	Debit Aliran	Kedalaman Gerusan	Debit Aliran	Kedalaman Gerusan	Debit Aliran	Kedalaman Gerusan	Debit Aliran	Kedalaman Gerusan
1	516,44	20,03	573,33	17,67	679,33	17,61	620,22	20,21
2	2251,77	18,63	2454,49	17,83	2540,33	17,70	2489,23	19,25
3	5613,93	18,82	7057,94	17,65	5710,92	17,83	5514,81	18,63
4	896,00	19,12	2425,93	17,53	3298,21	17,72	3500,61	18,53
5	2730,66	19,39	832,30	17,59	1309,28	17,97	938,52	18,65

Pengaruh debit aliran terhadap volume gerusan

No	Tanpa Buffer Block		Buffer Blok 1 : 1		Buffer Blok 1 : 3		Buffer Blok 1 : 5	
	Debit Aliran	Volume Gerusan	Debit Aliran	Volume Gerusan	Debit Aliran	Volume Gerusan	Debit Aliran	Volume Gerusan
1	1374,07	207,48	1514,16	1923,70	1689,57	214,16	1514,72	1244,66
2	3526,96	526,10	7067,38	612,85	5710,92	182,10	5311,91	944,85
3	5613,93	46,27	2481,70	567,85	3280,21	197,50	3548,46	969,00
4	1813,43	47,65	1010,30	497,75	1309,28	117,35	938,52	545,35
		322,56		1988,28		938,519		

Pengaruh lama waktu pengaliran terhadap kedalaman gerusan

No	Tanpa Buffer Block		Buffer Blok 1 : 1		Buffer Blok 1 : 3		Buffer Blok 1 : 5	
	Kedalaman Gerusan Max	Lama Pengaliran	Kedalaman Gerusan Max	Lama Pengaliran	Kedalaman Gerusan Max	Lama Pengaliran	Kedalaman Gerusan Max	Lama Pengaliran
1	20,00	5,00	17,80	5,00	17,80	5,00	20,00	5,00
2	23,90	10,00	18,50	6,00	20,20	10,00	21,60	13,00
3	24,00	15,00	18,80	15,00	21,30	15,00	23,20	15,00

Lampiran 8: Dokumentasi Penelitian



Gambar : Alat (piala-piala) untuk mengukur kedalaman gerusan pada titik pengamatan



Gambar : Kondisi titik pengamatan setelah waktu pengaliran selesai



Gambar : Mengukur kedalaman gerusan menggunakan mistar



Gambar : Mengukur kedalaman aliran menggunakan mistar pada titik pengamatan (hulu, tengah dan hilir)



Gambar : Mengukur kecepatan aliran menggunakan Flow Watch serta mencatat datanya



Gambar : Mengamati proses pengaliran dan pola gerusan di hilir USBR



Gambar : Mengukur kesejajaran pasir meggunakan waterpas



Gambar : Bentuk perubahan penampang saluran setelah pengaliran



Gambar : Pengukuran kedalaman gerusan