

# **RINGKASAN DISERTASI**

**MODEL *BLOCK PRECAST HEXAGONAL* KOMBINASI  
VEGETASI RUMPUT SEBAGAI PROTEKSI LIMPASAN  
PERMUKAAN PADA TEBING**

***THE HEXAGONAL PRECAST BLOCK MODEL OF GRASS VEGETATION  
COMBINATION AS SURFACE RUNOFF PROTECTION ON CLIFFS***

**ARSYUNI ALI MUSTARY**



**PROGRAM STUDI S-3 TEKNIK SIPIL  
SEKOLAH PASCA SARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2018**

## PRAKATA

Tiada kata yang patut diucapkan selain Puji Syukur kehadirat Allah Subhanahu WaTa'ala, tak lupa pula Sholawat dan salam kepada Nabiullah Muhammad SAW sebagai penerang dalam Islam. Serta segala kekuatan, kesabaran, berkah dan Hidayah Allah yang diberikan sehingga penyusunan Disertasi yang berjudul "**Model *Block Precast Hexagonal* Kombinasi Vegetasi Rumput Sebagai Proteksi Tebing Terhadap Limpasan Permukaan**" ini dapat terselesaikan dengan baik.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak yang telah membantu, yakni : Bapak **Prof. DR. Ir. H. Muh. Saleh Pallu, M.Eng.** sebagai ketua komisi penasehat (Promotor) atas segala nasehat, semangat, dan bimbingannya. Ibu **DR. Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa.M.T.** dan juga kepada Bapak **DR. Ir. H. Arsyad Thaha, M.T.** sebagai anggota komisi penasehat (Co-promotor) atas bantuan, arahan, dan segala masukan dan diskusi selama ini, sehingga disertasi ini dapat terwujud. Serta dosen dan rekan-rekan sesama mahasiswa pada Program Pascasarjana S3 Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.

Ucapan terima kasih juga kepada Bapak **Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.S, M.Eng.**, Ibu **Prof.Dr.Ir. Mary Selintung, M.Sc.**, Bapak **Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, S.T, M.Eng.**, Bapak **Dr.Eng. Mukhasan Putra Hatta, S.T, MT.** sebagai penguji atas segala saran, masukan dan koreksi untuk perbaikan disertasi ini.

Ucapan terima kasih pula kepada Rekor Universitas Hasanuddin, **Dekan Sekolah Pasca Sarjana UNHAS, Dekan Fakultas Teknik UNHAS, Ketua Jurusan Teknik Sipil UNHAS, Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil UNHAS, para dosen S3 Teknik Sipil UNHAS** yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan, penelitian dan penyelesaian administrasi akademik. Tak lupa pula ucapan terima kasih kepada rekan-rekan mahasiswa S3 Teknik Sipil khususnya angkatan 2014, rekan-rekan sesama dosen di Unismuh Makassar terkhusus Pak Amrullah, Ibu Dr.Hj.Nurnawaty, ST,MT, Ibu Asriyani dan Pak Agusalm, Pak Mahmuddin, Pak Syafaat, serta mahasiswa S1 yang telah turut

serta dalam tim peneliti pada penelitian ini, Muqsid, Endang Sriwahyuni, Yasri, dan lain-lain.

Ucapan terima kasih juga kepada **Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar** dan **Para Pembantu Rektor** atas bantuannya baik materil maupun moril, Dekan Fakultas Teknik UNISMUH Makassar yang telah memberikan ijin dan membantu untuk melanjutkan studi pada program S3 UNHAS.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati disampaikan penghargaan setinggi tingginya dan setulusnya kepada kedua orang tua tercinta Ibunda **Dra. Hj. Muzdalifah Wahab** dan ayahanda (Almarhum) **H.Ali Mustary** yang telah membesarkan dan mendidik serta yang senantiasa berdo'a dengan penuh keikhlasan juga dukungannya selama study, juga kepada ke 6 saudari-saudari saya beserta ipar-ipar terima kasih atas dukungan dan doanya. Secara khusus penulis juga mengucapkan terima kasih kepada putra putriku **Aisyah Humaerah, Muhammad Fajrin Mubarak** dan **Nabilah Zakiyah**, atas pengertian karena berkurangnya waktu untuk keluarga dan terima kasih doanya untuk mama selama ini.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuannya dalam penyelesaian disertasi ini yang tidak kami sebutkan satu persatu. Semoga Allah SWT memberikan Rahmat dan BerkahNya kepada kita semua.

Makassar, Desember 2018

**Arsyuni Ali Mustary**

## ABSTRAK

**ARSYUNI ALI MUSTARY.** *Model Block Precast Hexagonal Kombinasi Vegetasi Rumput sebagai Proteksi Limpasan Permukaan pada Tebing* (dibimbing oleh Muhammad Saleh Pallu, Rita Tahir Lopa dan M. Arsyad Thaha).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh model tutupan tanah Block Precast Hexagonal dengan kombinasi vegetasi rumput terhadap laju limpasan permukaan (*surface run off*) sehingga koefisien limpasan "C" atau *land use factor*, ditentukan melalui persamaan umum sebagai suatu model. Penelitian model hidrologi ini memperkirakan besarnya aliran permukaan dari suatu luasan kecil dengan metode rasional melalui alat *Rainfall simulator*. Variabel bebas penelitian adalah debit *surface run off* observasi ( $Q_u$ ), sedangkan Variabel terikat adalah Koefisien Limpasan (C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, ada reduksi limpasan permukaan rata-rata pada tutupan tanah kosong (T) sebesar 57 % dan nilai kisaran koefisien limpasan  $C = 0,291 - 0,520$ , sedangkan tutupan Tanah Rumput *Block Precast* (TRB) dapat mereduksi limpasan permukaan sebesar 82 % dan nilai kisaran koefisien  $C = 0,128 - 0,266$ . Kondisi percobaan pada kemiringan tanah mulai sedang sampai curam, dengan variasi Intensitas Curah hujan 61,6 – 110,5 mm/jam. Jadi ditemukan suatu parameter Waktu limpasan maksimum  $t_{max} \approx (Q-2650/ -16,2432)$  (menit), kemiringan tanah,  $S \approx (Q/30942) - 0,62006$  (Derajat/ %) dan Intensitas Curah Hujan  $I \approx (Q/9498,1) -3,3505$  (mm/jam).

**Kata Kunci ;** *Laju Limpasan Permukaan, Tutupan Tanah, Rainfall Simulator.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Penelitian

Hujan merupakan suatu komponen dalam siklus air. Efek pukulan hujan (energy kinetik) terhadap permukaan tanah yang terbuka dan besarnya limpasan Permukaan (*Surface Runoff*) menyebabkan rusaknya struktur tanah. Tanah yang strukturnya rusak ini mudah terbawa air dan kesuburannya berkurang, sehingga tanah tidak dapat lagi meresapkan air lagi dan terjadi bahaya erosi permukaan. Oleh karena itu tanah sebaiknya ditutup dengan vegetasi.

Peran vegetasi dalam mencegah dan mengurangi erosi tebing sangat besar, mempertahankan keberadaan vegetasi penutup tanah adalah cara yang paling efektif dan ekonomis dalam usaha mencegah terjadi dan meluasnya erosi permukaan. Peranan vegetasi dalam melindungi dan memantapkan tebing bersifat kompleks, dengan demikian belum memungkinkan untuk mengkuantifisir pengaruh vegetasi terhadap erosi tebing. Namun demikian, kita dapat mengidentifikasi parameter-parameter yang perlu dipertimbangkan dalam usaha perlindungan dan pemantapan tebing. Parameter-parameter tersebut terdiri atas parameter tebing, alur sungai dan vegetasi. Ketiga parameter tersebut perlu dipertimbangkan karena melalui ketiga parameter tersebut erosi tebing dapat terjadi dan sekaligus dicegah.

Penjelasan di atas menunjukkan bahwa teknik pencegahan erosi yang paling efektif adalah kombinasi dari teknik vegetatif dan cara mekanik. Teknik vegetatif menekankan kegiatan pencegahan erosi dengan cara penanaman vegetasi. Sedangkan cara mekanik menekankan aktivitas pencegahan erosi melalui pembuatan bangunan pencegah erosi (*structural design*). Tujuan utama pembuatan bangunan pencegah erosi adalah untuk mengurangi kecepatan dan volume air permukaan (*Surface Runoff*) serta kehilangan tanah (erosi) dengan cara menahan air (hujan) tetap pada tempatnya atau mengurangi kecepatannya, sampai saatnya vegetasi yang ditanam di tempat tersebut cukup kuat untuk meneruskan pertumbuhannya (Asdak Chay, 2010).

Curah hujan merupakan faktor penting dalam laju limpasan permukaan (*Surface Runoff*) apalagi jika lahan tersebut tidak tertutupi oleh Vegetasi, berbagai metode untuk mengurangi limpasan permukaan yang selama ini digunakan namun metode

yang ada belum mampu menjawab seluruh permasalahan dan cenderung tidak memperhatikan efek terhadap lingkungan, namun seiring dengan berkembangnya konsep restorasi sungai dan restorasi lereng, menjadi sebuah tuntutan dalam perlindungan lereng agar karakteristik ekologi tetap terjaga. Berbagai jenis pelindung tebing memiliki kelebihan dan kekurangan baik itu yang murni vegetasi maupun yang murni struktur, untuk itu kami mengevaluasi dan mendesain model pelindung tebing dari kedua metode tersebut, yaitu dengan mendisain *Block Precast Hexagonal* (Blok pracetak hexagonal berlubang) dan memfariasikan dengan vegetasi rumput sehingga diperoleh manfaat dari kedua metode tersebut.

Metode penelitian ini yaitu dengan menguji model pelindung tebing dengan *Block Precast Hexagonal* dengan kombinasi vegetasi rumput terhadap aliran permukaan (*Surface Runoff*) dengan variasi Intensitas Curah Hujan, kemiringan tanah terhadap variasi Tutupan Tanah menggunakan alat uji *Rainfall Simulator*, selanjutnya menguji kinerja model penguatan tebing sungai dengan *Block Precast Hexagonal* dengan kombinasi vegetasi rumput terhadap laju limpasan permukaan (*Surface Runoff*), merumuskan hubungan pelindung tebing *Block Precast hexagonal* kombinasi vegetasi rumput terhadap laju limpasan permukaan (*Surface Runoff*) dan nilai koefisien limpasan permukaan "C" pada tebing.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang antara lain :

- 1) Bagaimana laju dan kapasitas limpasan permukaan pada kondisi tutupan tanah dengan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput pada variasi intensitas curah hujan dan kemiringan?
- 2) Bagaimana kinerja proteksi tebing menggunakan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput untuk mereduksi limpasan permukaan pada variasi intensitas curah hujan dan kemiringan?
- 3) Bagaimana bentuk persamaan umum kapasitas limpasan permukaan yang dihasilkan dari parameter penelitian pada penggunaan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput sebagai proteksi pada tebing?

### C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas maka tujuan penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

- 1) Menganalisis laju dan kapasitas limpasan permukaan pada kondisi tutupan tanah dengan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput pada variasi intensitas curah hujan dan kemiringan
- 2) Menganalisis kinerja proteksi tebing menggunakan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput untuk mereduksi limpasan permukaan pada variasi intensitas curah hujan dan kemiringan
- 3) Menemukan bentuk persamaan umum kapasitas limpasan permukaan yang dihasilkan dari parameter penelitian pada penggunaan *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput sebagai proteksi pada tebing

### D. Batasan Masalah

Adapun yang menjadi batasan dalam penelitian ini antara lain :

1. Formasi tutupan tanah dengan model vegetasi rumput diatur berdasarkan letak dan jumlah lubang *Block Precast Hexagonal*.
2. Model vegetasi rumput dibuat berdasarkan model bibit rumput vetiver
3. Akar tanaman model hanya berfungsi sebagai pengikat batang tanaman dengan tanah, fungsi lain seperti penyerapan, penyimpanan air dan infiltrasi tidak diteliti.
4. Kepadatan tanah tidak termasuk dalam parameter yang diteliti sehingga ditetapkan kepadatan tanah sedang.
5. *Block Precast* yang digunakan pada skala lapangan dengan Mutu K175 dan K225 (bahan terdiri dari; Semen, air, pasir dan kerikil), untuk model *Block Precast Hexagonal* skala laboratorium tidak ditentukan mutunya (bahan terdiri dari campuran semen dan air).

### E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Teknologi proteksi tebing menggunakan kombinasi *Block Precast hexagonal* dengan vegetasi rumput dapat menjadi solusi alternative dalam mereduksi

limpasan permukaan (*run off*) pada tebing, sehingga erosi permukaan dapat dihindari

2. Menjaga keseimbangan lingkungan dan air tanah pada daerah tebing
3. Menjaga kestabilan tanah terhadap bahaya longsor
4. Menjadi tambahan referensi ilmu pengetahuan pengembangan sumber daya air yang berwawasan lingkungan
5. Memberi kontribusi dalam menambah wawasan penelitian dalam bidang rekayasa sumber daya air

## **F. Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Jenis bahan uji adalah berupa Model *Block Precast hexagonal* berlubang dengan ukuran sisi 30 cm , dan tebal 10 cm (skala lapangan) atau 15 cm x 3,33 cm (skala Laboratorium) atau dengan perbandingan (1 : 3) antara skala lapangan dan skala Laboratorium, model *Block Precast hexagonal* disusun dalam 7 baris dan 9 kolom dikombinasikan dengan vegetasi tanaman rumput plastik ( model rumput vetiver permulaan tanam) yang ditanam pada tengah lubang *Block Precast hexagonal*.
2. Benda uji yang diteliti adalah limpasan permukaan pada tanah dengan variasi tutupan tanah , variasi Curah Hujan dan variasi kemiringan tanah pada alat Rainfall Simulator.
3. Benda uji model berupa pembuatan *Block Precast hexagonal* di lakukan pada laboratorium Hidrolika Fakultas Teknik UNHAS dan juga uji fisik di lapangan pada tebing sungai Jeneberang.
4. Menggunakan *Block Precast hexagonal* dengan kualitas mutu beton setara dengan Paving *Block K 175 – K225*.

## **G. Hipotesis Penelitian**

Hipotesis dilakukannya penelitian ini adalah bahwa ada penurunan laju limpasan permukaan (*run off*) yang signifikan terjadi pada tutupan tanah dengan proteksi tebing menggunakan *Block Precast hexagonal* dengan kombinasi vegetasi rumput pada intensitas curah hujan dan kemiringan tanah yang berbeda.



## H. Sistematika Penelitian

Penelitian kajian model *Block Precast Hexagonal* kombinas vegetasi rumput dalam upaya mereduksi limpasan permukaan (*run off*) dan bahaya erosi dilakukan dengan uji model fisik di laboratorium.

Penelitian ini akan disusun dalam 5 bab, terdiri dari; Bab I, pendahuluan yang berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, sistematika penelitian serta kebaruan atau temuan penelitian. Bab II, tujuan pustaka yang berisi; Issu strategis pembangunan tebing dan pengertian proteksi tebing, teori bentuk aliran, limpasan permukaan, pendugaan limpasan permukaan, kemiringan tanah, vegetasi tanaman penutup tanah, *Block Precast Hexagonal*, dan tinjauan tentang penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian. Bab III, metode penelitian berisi tentang rancangan penelitian, lokasi dan waktu penelitian permodelan fisik, pengukuran dan pengambilan data, analisis dan validasi data, serta perumusan formulasi hasil penelitian dengan analisis dimensi dan statistik. Bab IV. Hasil dan pembahasan berisi tentang deskripsi hasil penelitian, analisis data dan pembahasan, serta Bab V, merupakan kesimpulan dan saran-saran dari hasil penelitian.

## I. Kebaruan Penelitian

Penelitian ini memberikan temuan baru di bidang proteksi tebing untuk mereduksi laju limpasan permukaan (*run off*), dengan menggunakan *Block Precast Hexagonal* dan vegetasi rumput sebagai tutupan tanah, dengan menggunakan variabel Intensitas curah hujan dan variabel kemiringan tanah. Nilai kebaruan (*novelty value*) yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah ditemukannya koefisien limpasan (C) dari *Block Precast Hexagonal* dan *Block Precast Hexagonal* variasi Rumput vetiver dan persamaan rumusan formulasi kapasitas limpasan (QI) yang dikaitkan dengan variabel kemiringan tanah dan intensitas curah hujan.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi para pengambil kebijakan dalam upaya mereduksi aliran permukaan, dan sekaligus meningkatkan kekuatan tebing secara alamiah, yang efisien dan ramah lingkungan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Isu Strategis Pembangunan Tebing**

Permasalahan erosi tanah pada tebing merupakan permasalahan yang sampai saat ini merupakan tantangan bagi para ahli. Erosi menyebabkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*), dan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Erosi yang disebabkan oleh air hujan merupakan penyebab utama degradasi lahan di daerah tropis pengendapan (*sedimentation*) termasuk Indonesia. Tanah-tanah di daerah lereng mempunyai resiko tererosi yang lebih besar dari pada daerah datar. Selain tidak stabil akibat pengaruh kemiringan, air hujan yang jatuh akan terus menerus memukul permukaan tanah sehingga memperbesar resiko erosi.

Tanah yang hilang akibat proses erosi tersebut terangkut oleh air sehingga menyebabkan pendangkalan saluran drainase termasuk parit, sungai, dan danau. Erosi yang telah berlanjut menyebabkan rusaknya ekosistem sehingga penanganannya akan memakan waktu lama dan biaya mahal. Dampak lain dari erosi adalah menipisnya lapisan tanah bagian atas, yang akan menyebabkan menurunnya kemampuan lahan (degradasi lahan), menurunnya kemampuan tanah meresapkan air (*infiltrasi*) sehingga akan meningkatkan limpasan permukaan (*Surface run off*), dengan meningkatnya jumlah aliran permukaan dan mendangkalnya sungai mengakibatkan makin seringnya terjadi banjir dan semakin dalam banjir yang terjadi.

Ada beberapa teknologi untuk merehabilitasi lahan dalam kaitannya dengan pembangunan yang berkelanjutan (Sunukaban, 2003) yaitu : a) Agronomi yang meliputi teknis agronomi, b) Vegetatif berupa agroforestry, c) Struktur/ konstruksi yaitu bangunan konservasi seperti teras, tanggul, cekdam, saluran dan lain-lain, d) Manajemen, berupa perubahan penggunaan lahan.

#### **Pengertian Perlindungan Tebing**

Perlindungan tebing dan lereng tidak lepas dari kegiatan Konservasi tanah atau lahan, sedangkan pengertian konservasi tanah itu sendiri adalah; penempatan tiap bidang tanah pada cara penggunaannya yang sesuai dengan kemampuan tanah dan

memperlakukannya sesuai syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah, dengan tujuan meningkatkan produktifitas, memperbaiki lahan yang rusak/ kritis, dan melakukan upaya pencegahan kerusakan tanah akibat erosi. Teknik konservasi tanah di Indonesia di arahkan pada tiga prinsip utama yaitu; perlindungan permukaan tanah terhadap pukulan butiran hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah seperti pemberian bahan organik atau dengan cara meningkatkan penyimpanan air, dan mengurangi laju aliran permukaan sehingga menghambat material tanah dan hara terhanyut (Agus et al.,1999).

### **B. Aliran Air Permukaan ( *Surface Run Off* )**

Hujan yang jatuh di laut mengakhiri siklus ini dan akan mulai dengan siklus yang baru. Hujan yang jatuh di daratan akan melalui jalan yang lebih panjang untuk mencapai laut. Setiap tetes air hujan yang jatuh ke tanah merupakan pukulan-pukulan kecil ke tanah. Pukulan air ini memecahkan tanah yang lunak sampai batu yang keras. Partikel pecahan ini kemudian mengalir menjadi lumpur, dan lumpur ini menutupi pori-pori tanah sehingga menghalangi air hujan yang akan meresap ke dalam tanah. Dengan demikian maka semakin banyak air yang mengalir di permukaan tanah.

Aliran permukaan ini kemudian membawa serta batu-batu dan bongkahan lainnya, yang akan semakin memperkuat gerusan pada tanah. Goresan akibat gerusan air dan partikel lainnya ke tanah akan semakin membesar. Goresan ini kemudian menjadi alur-alur kecil, kemudian membentuk parit kecil, dan akhirnya berkumpul menjadi anak sungai. Anak-anak sungai ini kemudian berkumpul menjadi satu membentuk sungai.

Limpasan permukaan merupakan sebagian dari air hujan yang mengalir di atas permukaan tanah. Jumlah air yang menjadi limpasan sangat bergantung pada jumlah air hujan pada satuan waktu (*intensity*), keadaan penutup tanah, topografi (terutama kemiringan lereng), jenis tanah, dan ada atau tidaknya hujan yang terjadi sebelumnya (kadar air sebelum terjadinya hujan). Sedangkan jumlah dan kecepatan limpasan permukaan bergantung pada luas area tangkapan, koefisien *run off* dan intensitas hujan maksimum

### *Pendugaan limpasan permukaan*

Limpasan permukaan mempunyai sifat yang dinyatakan dalam jumlah, kecepatan, laju, dan gejolak aliran permukaan. Sifat-sifat ini mempengaruhi kemampuannya untuk menimbulkan erosi.

#### a. Jumlah aliran permukaan

Jumlah aliran permukaan menyatakan jumlah air yang mengalir di permukaan tanah untuk suatu masa hujan atau masa tertentu, dinyatakan dalam tinggi konstanta air (mm atau cm) atau dalam volume air ( $m^3$ ).

#### b. Kecepatan aliran permukaan

Kecepatan aliran permukaan adalah waktu yang dilalui oleh suatu titik pada aliran dalam menempuh jarak tertentu, dinyatakan dalam m menit-1. Kecepatan aliran permukaan dipengaruhi oleh dalamnya aliran atau radius hidrolis, kekasaran permukaan, dan kecuraman lereng. Hubungan tersebut dinyatakan dalam persamaan manning (Asdak, Chay, 2010), sebagai berikut :

$$V = \frac{R^{1/2} S^{1/2}}{n} \quad (1)$$

dengan :

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/menit)

R = Radius hidrolis (m)

S = Kecuraman lereng dalam persen

n = koefisien kekasaran permukaan

#### c. Laju aliran permukaan

Laju aliran permukaan adalah banyaknya atau volume air yang mengalir melalui suatu titik persatuan waktu, dinyatakan dalam  $m^3$ /menit atau  $m^3$ /jam. Laju aliran permukaan juga dikenal dengan istilah debit air. Besarnya debit ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan alirannya, yang dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q = A \cdot V \quad (2)$$

Dimana :

Q = Debit air ( $m^3$ /menit atau  $m^3$ /jam)

A = Luas penampang saluran ( $m^2$ )

$V$  = Kecepatan air melalui penampang (m/menit)

Selama hujan terjadi, laju aliran permukaan berubah terus dengan cepat. Pada suatu DAS yang kecil, puncak laju aliran permukaan mengikuti puncak laju hujan dengan selisih beberapa menit. Akibat laju tertinggi yang menimbulkan kerusakan, penting untuk mengetahui puncak laju aliran permukaan. Saluran air, teras, dan lain-lain bangunan konservasi tanah direncanakan berdasarkan puncak laju aliran permukaan. Angka rata-rata laju aliran permukaan mempunyai arti yang sangat kecil, karena nilai rata-rata yang sama mungkin berasal dari suatu distribusi laju yang sangat berbeda. Mendekati akhir suatu hujan, aliran permukaan berkurang dan mungkin berlangsung untuk beberapa lama dengan laju yang sangat rendah. Selama periode akhir ini umumnya tidak terjadi erosi. Debit aliran sungai berubah menurut waktu yang dipengaruhi oleh terjadinya hujan. Pada musim hujan debit akan mencapai maksimum dan pada musim kemarau akan mencapai minimum. Rasio debit maksimum ( $Q_{maks}$ ) terhadap minimum ( $Q_{min}$ ) menunjukkan keadaan DAS yang dilalui sungai tersebut. Semakin kecil  $Q_{maks}/Q_{min}$  semakin baik keadaan vegetasi dan tata guna lahan suatu DAS, dan semakin besar rasio tersebut maka semakin buruk keadaan vegetasi dan penggunaan lahan DAS tersebut.

Pendugaan limpasan permukaan bergantung pada tiga faktor yakni:

- a) Jumlah maksimum curah hujan persatuan waktu (intensitas maksimum)
- b) Curah hujan yang menjadi limpasan permukaan (nilai faktor limpasan permukaan). Besarnya nilai faktor ini bergantung pada topografi, kemiringan lereng, tekstur tanah, dan juga bergantung kepada tipe penutupan tanah serta pengelolaannya.
- c) Luas area tangkapan (*catchment area*)

Hasil hidrograf limpasan merupakan salah satu hal yang menjadi pertimbangan dalam mengatasi masalah-masalah hidrologi seperti merencanakan sumber air dan perencanaan perkiraan banjir. Hal ini karena hidrograf menggambarkan suatu distribusi waktu dari aliran permukaan di suatu tempat pengukuran, yakni hasil dalam bentuk grafik yang dapat menunjukkan kapan terjadinya debit puncak. Melalui alat simulator hujan menjadi sebuah alternatif pemodelan untuk menampilkan proses hujan-limpasan. Simulator hujan adalah alat yang dapat mengeluarkan air dari *nozzle* sebagai hujan

buatan, dimana untuk intensitas hujan dan kemiringan lahan dapat diatur sesuai kebutuhan.

Dalam pendugaan laju puncak limpasan permukaan setidaknya ada tiga metode yang umum digunakan yakni, metode rasional, metode cook, dan metode USSCS (biro pelayanan konservasi tanah Amerika).

#### a) Metode Rasional

Rumus ini adalah rumus tertua diantara rumus empiris lainnya. Untuk memperkirakan besar air larian puncak (*peak run off*,  $Q_p$ ) metode rasional (*U.S. soil conservation service, 1973*) adalah salah satu teknik memadai untuk menghitung debit limpasan. Metode ini relatif mudah menggunakannya dan diperuntukkan pemakainya pada DAS dengan ukuran kecil, kurang dari 300 ha (Goldman et al 1986). Bentuk umum rumus rasional didasarkan pada :

$$Q = 0,0028.C.I.A \quad (3)$$

Metode rasional modifikasi merupakan pengembangan dari metode rasional dimana waktu konsentrasi hujan terjadi lebih lama. Metode rasional modifikasi mempertimbangkan pengaruh koefisien tampungan dalam memperkirakan besarnya debit puncak limpasan (Kaharuddin, 2014). Persamaan yang digunakan adalah :

$$Q = 0,0028.C_s.C.I.A \quad (4)$$

Untuk daerah tangkapan dimana waktu terjadi debit puncak ( $T_e$ ) lebih besar daripada waktu konsentrasi :

$$Q_p' = C_s'.C.I.A \quad (5)$$

dengan :

- Q = debit puncak (m<sup>3</sup>/det)
- I = intensitas hujan (mm/jam)
- A = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)
- C = koefisien pengaliran
- C<sub>s</sub> = koefisien tampungan
- T<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (jam)
- T<sub>d</sub> = waktu pengaliran atau *drain flow time* (jam)

### C. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian tentang kinerja beton dan vegetasi tanaman dalam mengurangi limpasan dan erosi sebagai berikut :

**Laksni Sedyowati (2018)**, melakukan penelitian laboratorium model waktu aliran pada permukaan paving block. Penelitian ini menyimpulkan bahwa jenis paving block yang paling lambat adalah jenis segi enam berlubang, selanjutnya model segitiga berlian dan segi empat. Penelitian lanjutan masih diperlukan untuk meningkatkan efisiensi model sehingga mencapai 80 % dengan cara memodifikasi koefisien kekasaran pada masing-masing model.

**Abd. Rakhim (2017)**, melakukan penelitian laboratorium menggunakan alat Rainfallsimulator yang menguji pengaruh akar pohon terhadap infiltrasi. Hasil analisisnya menunjukkan kapasitas infiltrasi ( $f_c$ ) pada tanah asli dipengaruhi oleh kepadatan ( $D$ ) dimana semakin tinggi nilai kepadatan ( $D$ ), maka semakin kecil kapasitas infiltrasi ( $f_c$ ), juga dipengaruhi oleh permeabilitas tanah, semakin besar angka permeabilitas tanah ( $k_p$ ) maka semakin besar pula kapasitas infiltrasi ( $f_c$ ).

**Rudianto Wahyu Prabowo (2016)**, melakukan penelitian laboratorium dengan alat Rainfallsimulator untuk meneliti besarnya limpasan permukaan pada karakteristik tanah dan kemiringan tanah berbeda. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa intensitas curah hujan, karakteristik lahan, karakteristik tanah, kemiringan lahan dan kepadatan tanah dapat mempengaruhi laju limpasan.

**Hyo Seon Park (2016)**, melakukan penelitian fisik dengan mattress batu dan vegetasi di pinggiran aliran sungai. Hasil penelitiannya menunjukkan stabilitas revetment bervegetasi dimana mattress batu dan gundukan vegetasi yang diterapkan dalam kondisi banjir yang ekstrim, stabilitas struktur berpengaruh karena kecepatan aliran yang tinggi ditemukan di sekitar gundukan vegetasi dapat ditingkatkan dengan struktur mattress batu.

**Dayu Setyo Rini (2015)**, melakukan penelitian dengan mengamati berbagai vegetasi di pinggiran sungai. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa struktur penguat tebing sungai dengan ekohidrolik berdampak positif pada penurunan kecepatan arus air di tepi sungai saat terjadi peningkatan debit air sungai, juga meningkatkan stabilitas tebing sungai yang mengalami erosi

memperlebar zona litoral saat debit air tinggi, sehingga menciptakan habitat baru bagi tumbuhnya berbagai jenis biota perairan sungai.

**Zulviah, Faisal dan Akhmad, Azis (2013)**, melakukan penelitian laboratorium menggunakan Rainfallsimulator untuk mengetahui hubungan intensitas hujan dan kemiringan terhadap limpasan permukaan, serta menggambarkan hidrograf aliran permukaan yang terjadi. Hasil penelitian menunjukkan salah satu faktor terjadinya banjir adalah besarnya limpasan permukaan serta infiltrasi air ke dalam tanah kecil akibat peningkatan intensitas hujan dan kemiringan lereng.

**Halidin Arfan (2012)**, melakukan penelitian laboratorium dengan alat Rainfallsimulator yang meneliti model eksperimen pengaruh kepadatan, intensitas curah hujan dan kemiringan terhadap resapan pada tanah organik. Hasilnya adalah penambahan intensitas curah hujan akan menambah nilai resapan, dimana resapan akan semakin besar jika intensitas curah hujan meningkat, sementara penambahan kepadatan tanah serta kemiringan lahan akan mengurangi nilai resapan, dimana semakin besar kepadatan dan kemiringan lahan akan semakin menurun nilai resapan yang terjadi.

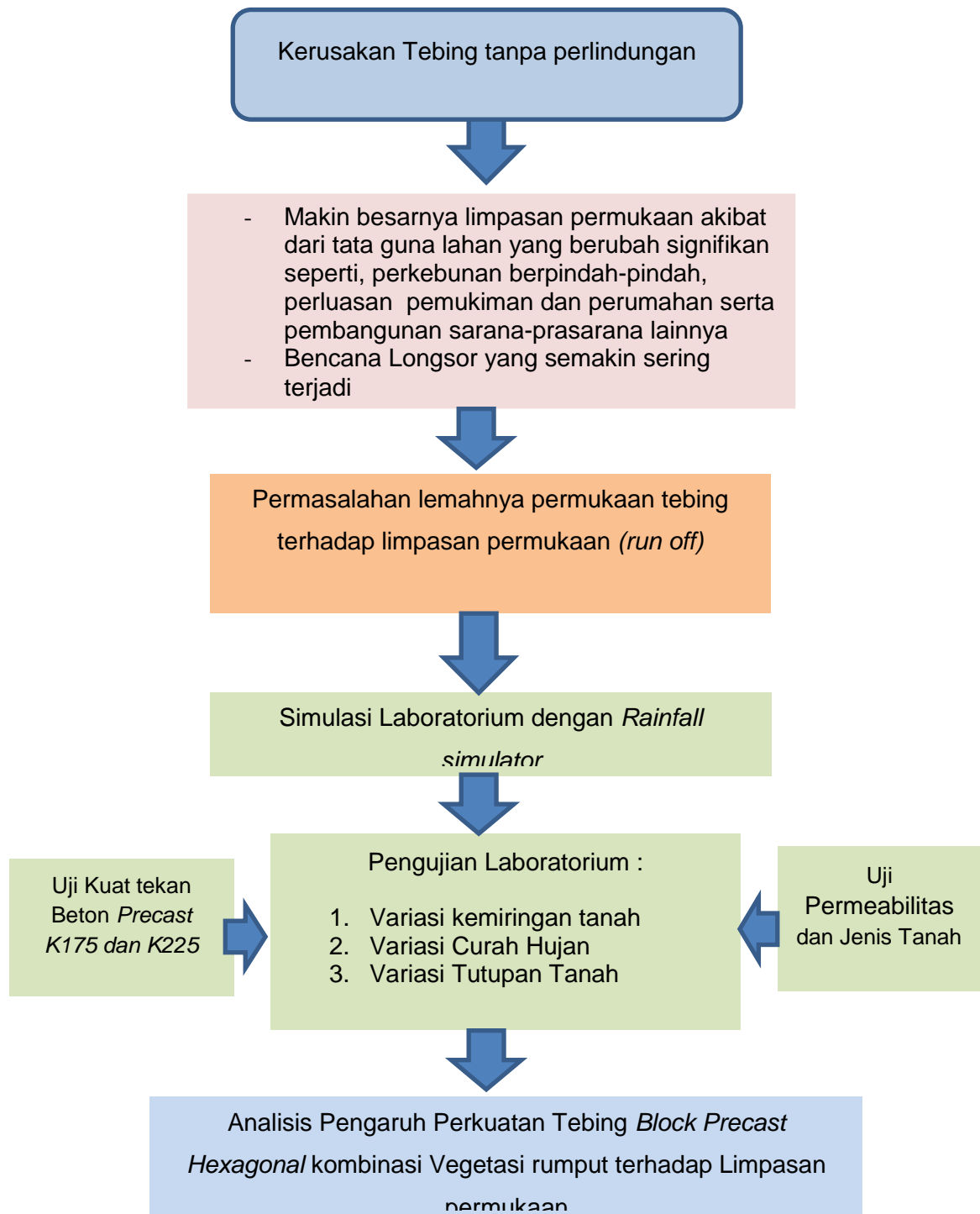
**Nanny Kusumaningrum (2011)**, melakukan penelitian eksperimental dengan menanam rumput vetivera pada kemiringan tanah. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa tingkat erosi tanah jangka panjang untuk perlakuan rumput vetiver secara mandiri dan kombinasi rumput vetiver dengan rumput bahia keduanya menunjukkan penurunan tingkat erosi sudah lebih dari 96 % atau hampir tidak ada erosi.

#### **D. Kerangka Pikir**

**Gambar 9.** menunjukkan skema kerangka pikir penelitian ini. Pelindung tebing dengan *Block Precast Hexagonal* dengan kombinasi rumput memiliki efektifitas kinerja yang baik mengurangi limpasan permukaan. Tebing perlu perlindungan karena kurangnya vegetasi dan intensitas curah hujan yang tinggi juga faktor kemiringan lahan sehingga memperbesar limpasan permukaan, akibatnya kemungkinan erosi tebing menjadi lebih besar. Faktor yang mempengaruhi rusaknya perlindungan tebing antara lain; pengikisan permukaan



tanah karena erosi dan longsor, ulah tangan manusia dari perluasan lahan pertanian, bencana alam dan lain sebagainya.



**Gambar.9** Kerangka Pikir Penelitian

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### E. Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian lapangan dilakukan pada tebing Sungai Jeneberang ( $\pm 500$  dari jembatan kembar ke arah hulu Sungai Jeneberang) Kecamatan Pallangga Desa Pangkabinanga Kabupaten Gowa, sedangkan untuk pengujian Laboratorium dilakukan di Laboratorium Hidrolika dan Hidrologi Fakultas Teknik Program Studi Sipil UNHAS di Kabupaten Gowa. Waktu penelitian diadakan selama setahun, yakni dari bulan Juni 2016 sampai Juni 2017.

#### F. Bentuk dan Jenis Penelitian

Bentuk penelitian ini adalah penelitian experimental model hidrologi sederhana dengan memodelkan perkiraan besarnya aliran permukaan dari suatu luasan kecil dengan menggunakan metode rasional. Model ini memperkirakan puncak aliran ( $Q_p$ ) dengan menggunakan intensitas hujan, luas dan faktor peruntukan lahan (*land use faktor*). Tidak ada perbedaan waktu antara hujan jatuh dan puncak aliran. Persamaan yang digunakan adalah ;

$$Q_p = C I A \text{ (English units) atau } Q_p = C I A / 360 \text{ (metric units) ,}$$

dimana C adalah koefisien peruntukan lahan (*land use faktor*) yang tidak bersatuan. I adalah intensitas hujan rerata (inchi/ hour) dan A adalah luas (acre). Dalam system metric, I adalah intensitas hujan rerata (mm/jam), A adalah luas dalam hektar. Faktor 1/360 dibutuhkan untuk menghitung puncak aliran dalam satuan  $m^3$ /detik.

Nilai C diperoleh menggunakan tabel koefisien yang sudah ada seperti Tabel 2, koefisien *run-off* untuk berbagai jenis peruntukan lahan C. Metode rasional dipakai untuk menghitung aliran permukaan dari luasan yang terbatas.

Dari grafik persamaan hidrograf aliran, dapat diperoleh hubungan antara Limpasan permukaan dan parameter Intensitas curah hujan, kemiringan tanah, serta waktu, sehingga dari regresi linear dapat diperoleh persamaan hubungan antar parameter.

#### G. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian diperlukan untuk memudahkan pengorganisasian penelitian, adapun pengorganisasian penelitian ini meliputi ; pengelompokan pengujian, persiapan instrument dan data hujan acuan, persiapan material dan format pengamatan, selanjutnya dilakukan pengujian. Uraian tentang pengorganisasian penelitian.

## 1. Pengelompokan Pengujian

Pengujian dilakukan dengan dua kelompok utama, yakni (1) pengamatan laju limpasan permukaan pada tanah tanpa *Block Precast* hexagonal, dan (2) pengamatan laju limpasan permukaan menggunakan *Block Precast Hexagonal*.

Kedua kelompok tersebut menggunakan variabel intensitas curah hujan, sehingga sebelum penelitian masing masing kelompok dilakukan analisis intensitas curah hujan dengan tiga variasi intensitas curah hujan ( 61,6 mm/jam, 96,93 mm/jam, dan 110,5 mm/jam) yang masuk kategori hujan sedang dan rendah. Sedangkan sampel tanah yang digunakan diambil berdasarkan karakteristik tanah yang diwakili kondisi ekstrim tebing, yakni pada tebing Sungai Jeneberang.

### a. Pembuatan Benda uji

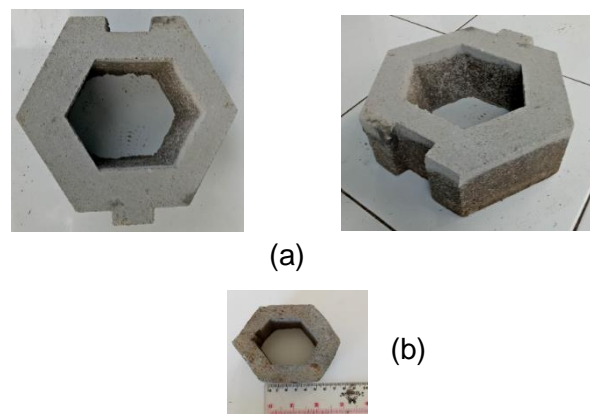
Benda yang digunakan adalah prototype dari benda uji *Block Precast Hexagonal* dan vegetasi rumput vetiver, adapun penjelasan dari masing masing benda uji tersebut adalah :

#### **Benda uji *Block Precast* berbentuk *Hexagonal***

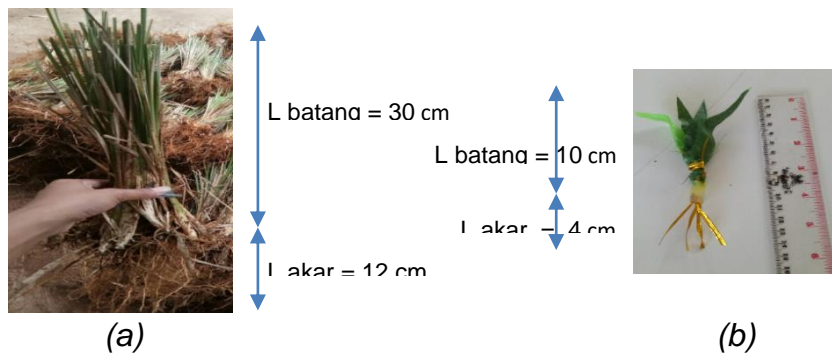
Benda uji ini memiliki ukuran sisi hexagonal 15 cm dan tinggi 10 cm, selanjutnya dibuat model laboratorium dengan perbandingan 1 : 3 dari ukuran sebenarnya yaitu ukuran sisi hexagonal 5cm x tinggi 3,33cm, materi dan bahan pembuatan model *Block Precast Hexagonal* adalah semen portland, pasir halus dan air yang dibuat pada cetakan dari kayu.

#### **Benda Uji Vegetasi Rumput**

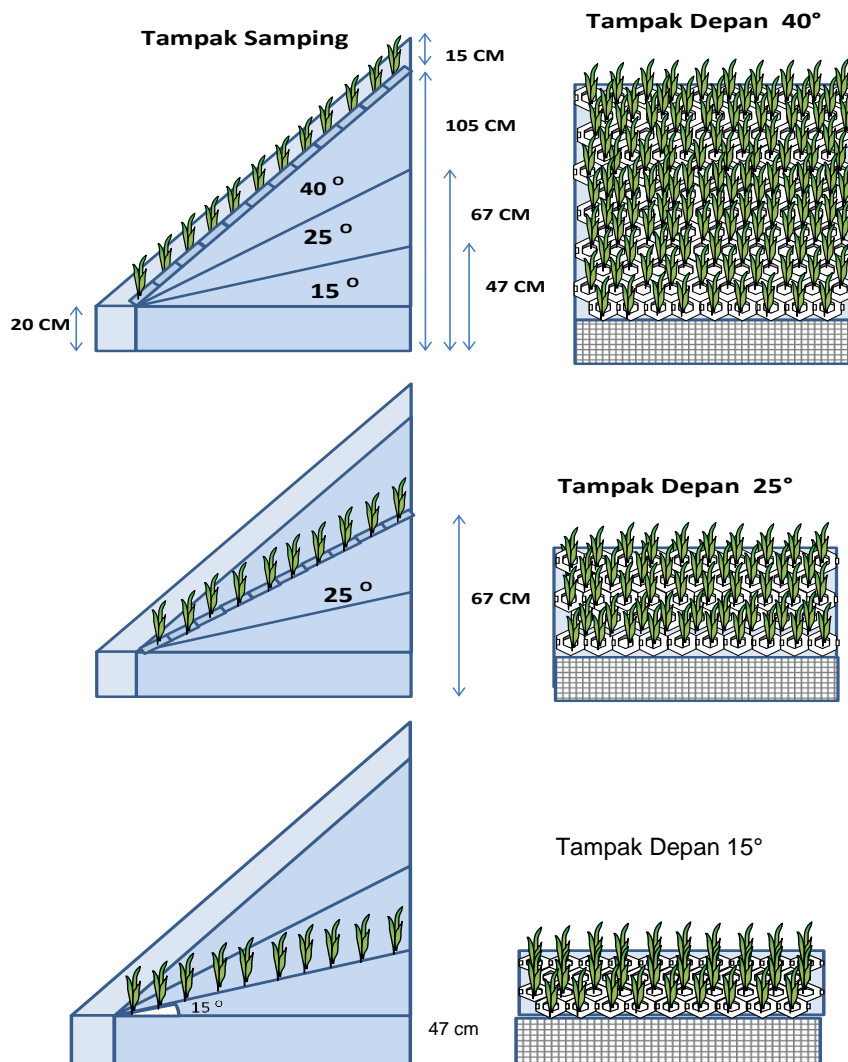
Benda uji vegetasi rumput menggunakan prototype rumput vetiver terbuat dari rumput plastik dengan model dan ukuran 1 : 3 dari ukuran bibit rumput vetiver sebenarnya, dengan ukuran tinggi rumput 10 cm, dan panjang akar 8 cm dan diameter rumput 3 cm.



**Gambar 12.** *Block Precast* Hexagonal ukuran sebenarnya dan dimensi Model dengan perbandingan dimensi 1 : 3 (a) Dimensi sebenarnya dengan Panjang sisi  $S = 15$  cm, Ketebalan  $h = 10$  cm, (b) Dimensi model Panjang Sisi  $S = 5$  cm. Ketebalan  $h = 3,33$  cm.



**Gambar 13. (a).** Ukuran sebenarnya bibit Rumput Vetiver dan **(b)** ukuran model rumput plastik untuk uji laboratorium



**Gambar 14.** Tampak samping dan tampak depan formasi model *Blok Precast Hexagonal* dan Vegetasi rumput pada variasi kemiringan tanah pada bak *Rainfall simulator* (a) Formasi pada kemiringan 40°, (b) Formasi pada kemiringan 25°, (c) Formasi pada kemiringan 15°.

### b. Formasi Benda Uji

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa pembagian pengelompokan pengujian antara yang tidak menggunakan *Block Precast hexagonal* dan yang menggunakan *Block Precast Hexagonal* yang masing masing memiliki dua jenis bahan uji, adapun formasi benda uji dijelaskan sebagai berikut

#### Tutupan Tanah kosong (T)

Benda uji ini hanya menggunakan tanah asli tanpa menggunakan tutupan

#### Tutupan Tanah Rumput (TR)

Benda uji ini menggunakan Tanah dan mode rumput vetiver menggunakan formasi sesuai jumlah formasi lubang *Block Precast Hexagonal* formasi tergantung dari luasan tanah, sedangkan luasan bervariasi menurut kemiringan, untuk kemiringan 15° diperoleh formasi rumput 7 kolom dan 13 baris, untuk kemiringan 25° diperoleh formasi rumput 7 kolom x 14 baris, sedangkan untuk kemiringan 40° diperoleh formasi rumput 7 kolom x 16 baris.

#### Tutupan Tanah *Block Precast Hexagonal* (TB)

Benda uji tutupan tanah menggunakan *Block Precast hexagonal* memiliki formasi sesuai luas bidang tanah dan luas permukaan *Block Precast hexagonal* dan luas kemiringan tanah, adapun formasi jumlah *Block Precast* yang digunakan adalah; untuk kemiringan 15° diperoleh formasi *Block Precast* 7 kolom dan 13 baris, untuk kemiringan 25° diperoleh formasi *Block Precast* 7 kolom x 14 baris, sedangkan untuk kemiringan 40° diperoleh formasi *Block Precast* 7 kolom x 16 baris.

#### Tutupan Tanah Rumput kombinasi *Block Precast Hexagonal* (TRB)

Benda uji tutupan tanah menggunakan *Block Precast hexagonal* kombinasi vegetasi rumput memiliki formasi sama dengan (TB) yakni sesuai luas bidang tanah dan luas permukaan *Block Precast hexagonal* dan luas kemiringan tanah, perbedaannya hanya pada lubang *Block Precast* yang ditanami oleh rumput adapun formasi jumlah *Block Precast* dan rumput yang digunakan adalah; untuk kemiringan 15° diperoleh formasi *Block Precast* dan rumput 7 kolom dan 13 baris, untuk kemiringan 25° diperoleh formasi *Block Precast* dan rumput 7 kolom x 14 baris, sedangkan untuk kemiringan 40° diperoleh formasi *B Block Precast* dan rumput 7 kolom x 16 baris. Untuk formasi benda uji dapat dilihat pada ilustrasi **Gambar 14**, berikut :

**Tabel 5.** Hasil Pengukuran Intensitas Curah Hujan

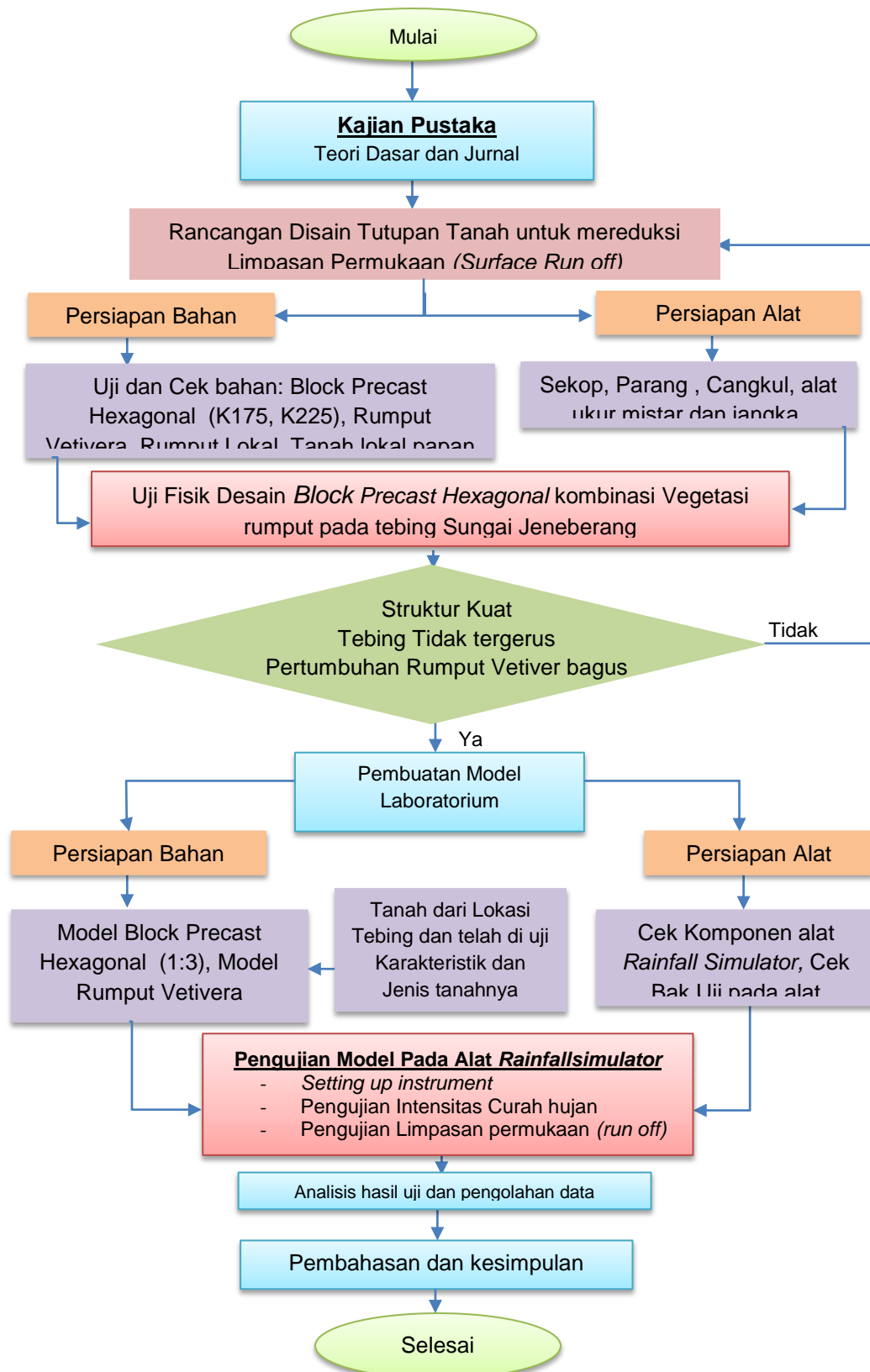
Variasi		Luas	Waktu	Intensitas	Keseragaman
		(A) cm <sup>2</sup>	(t) menit	(I) mm/jam	
1	Bukaan piringan (°)	45	41,18	15	61,6
	Putaran piringan (rpm)	100			
	Tekanan pompa (bar)	0,6			
2	Bukaan piringan (°)	90	41,18	15	96,93
	Putaran piringan (rpm)	130			
	Tekanan pompa (bar)	0,6			
3	Bukaan piringan (°)	135	41,18	15	110,5
	Putaran piringan (rpm)	150			
	Tekanan pompa (bar)	0,6			

Sumber : Hasil analisis 2018

6) Mengatur intensitas curah hujan, yang diperoleh dimulai dari curah hujan terendah; 7) Memasukkan model bak uji pada bak *Rainfall simulator* yang berukuran Panjang 120 cm, Lebar 100 cm, Tinggi sisi pertama 20 cm, Tinggi sisi kedua 120 cm, dengan memberi tanda variasi kemiringan pada sisi bak uji yaitu kemiringan 15°, 25°, dan 45°; 8) Memasukkan tanah dalam bak uji dengan tahapan dimulai dari kemiringan 15°, dengan ketebalan 20 cm dan 47 cm; 9) Melakukan pengujian dengan 4 (empat) variasiutupan tanah yang ; 10) Setelah semua komponen diatur (kondisi tanah uji, intensitas curah hujan, dan kemiringan tanah), maka alat dijalankan sebagai proses hujan limpasan.; 11) Setelah proses hujan limpasan selesai dilakukan, tambah tanah uji dengan tanah yang baru dengan kemiringan berbeda. Proses penambahan tanah tersebut dilakukan setelah  $\pm 2$  jam dari selesainya proses *running*; 12) Mengulang kembali proses diatas dengan prosedur yang sama (6) sampai (11) untuk intensitas hujan, kemiringan tanah, danutupan tanah yang berbeda-beda.

**Tabel 6.** Skema *running test* untuk empat variasiutupan tanah (T, TR, TB dan TRB) dan tiga variasi Intensitas Curah hujan, serta tiga variasi kemiringan tanah (15°, 25° dan 40°).

Tutupan Tanah	Intensitas Curah Hujan	Kemiringan Tanah	Kejadian	Nomor Running
(T)	I1	S1	L1	1
		S2	L2	2
		S3	L3	3
	I2	S1	L1	4
		S2	L2	5
		S3	L3	6
	I3	S1	L1	7
		S2	L2	8
		S3	L3	9
(TR)	I1	S1	L1	10
		S2	L2	11
		S3	L3	12
	I2	S1	L1	13
		S2	L2	14
		S3	L3	15
	I3	S1	L1	16
		S2	L2	17
		S3	L3	18
(TB)	I1	S1	L1	19
		S2	L2	20
		S3	L3	21
	I2	S1	L1	22
		S2	L2	23
		S3	L3	24
	I3	S1	L1	25
		S2	L2	26
		S3	L3	27
(TRB)	I1	S1	L1	28
		S2	L2	29
		S3	L3	30
	I2	S1	L1	31
		S2	L2	32
		S3	L3	33
	I3	S1	L1	34
		S2	L2	35
		S3	L3	36
Jumlah Running : (90 menit/ 10) x 36				324 data

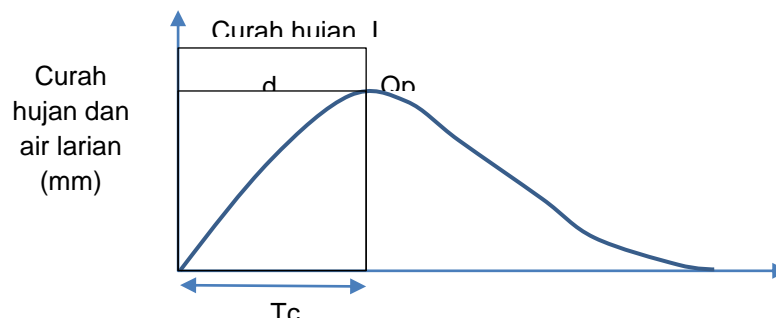


**Gambar 16.** Kerangka Prosedur Penelitian

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Parameter

Parameter amatan dalam penelitian ini dapat di gambarkan seperti pada **Gambar 17**, dimana keadaan curah hujan dengan intensitas merata dan lama waktu hujan sama dengan  $T_c$ . Untuk hujan dengan lama waktu lebih besar dari  $T_c$ , laju air larian akan menjadi lebih kecil dari debit puncak ( $Q_p$ ) karena Intensitas hujan pada saat lama waktu hujan sama dengan  $T_c$ , dimana  $T_c$  adalah waktu konsentrasi.



**Gambar 17.** Komponen Grafik hubungan Curah hujan dan debit pada metode Rasional

Metode Rasional berasumsi bahwa intensitas curah hujan merata di seluruh DAS bila lama waktu hujan ( $d$ ) sama dengan  $T_c$ , karena asumsi terpenuhi untuk keadaan pengujian laboratorium maka persamaan rasional dipergunakan yaitu  $Q = C.I.A$ , sehingga untuk menggunakan metode tersebut parameter lain yang harus dipersiapkan adalah :

#### 2. Luas Bidang tanah ( $A$ )

Luas bidang tanah yang akan dianalisis adalah luas bidang tanah yang digunakan pada model bak pada alat *Rainfall Simulator*. Adapun luas bidang tanah yang dihitung adalah, luas bidang tanah tanpa tutupan dan luas bidang tanah yang tertutup oleh *Block Precast Hexagonal*. Hasil perhitungan luas bidang tanah tersebut adalah :

##### a) Luas permukaan bidang tanah ( $A$ )

Luas permukaan bidang tanah uji adalah hasil kali panjang dan lebarnya yaitu, 75 cm x 50 cm, sehingga untuk mencari sisi miring masing sudut terlebih dahulu mencari tinggi sisi masing masing kemiringan dengan persamaan  $L / \tan \alpha$ , setelah diketahui tinggi sisi, barulah di hitung panjang sudut miring dengan rumus phitagoras, panjang sisi  $= \sqrt{d^2 + L^2}$ , dari hasil ini dapat dihitung luas bidang miring yaitu panjang sisi miring dikalikan dengan lebar bak, sehingga diperoleh hasil analisa luas bidang tanah sesuai kemiringan, hasil analisis luas bidang tanah dapat dilihat pada **Tabel 7**, sebagai berikut :



**Tabel 7.** Hasil Analisis Luas Bidang tanah

No	Kemiringan Tanah	Panjang Bak (L) mm	Lebar Bak (b) mm	Tinggi Sisi (e) mm	Panjang sisi miring (d) mm	Luas Bidang (A) mm <sup>2</sup>	Ket.
1	15°	750	500	200,9	776,44	388.200	
2	25°	750	500	349,7	827,52	413.760	
3	40°	750	500	629,93	979,05	489.525	

Sumber Data : Hasil Perhitungan 2018

b) Luas model *Block Precast hexagonal* (Ukuran Laboratorium)

Luas permukaan *Block Precast Hexagonal* berlubang dapat dihitung dengan mencari luas hexagonal *Block Precast* dikurangi dengan luas hexagonal lubang, luas hexagonal diperoleh dengan rumus  $(3\sqrt{3} \times S^2) / 2$

Dimana S adalah panjang sisi hexagonal, untuk panjang sisi hexagonal *Precast*  $S_p = 50$  mm, panjang sisi hexagonal lubang  $S_l = 30$  mm, sehingga diperoleh luas hexagonal *Precast* yaitu mengurangi luas *Block Precast* = 649,50 mm dengan luas hexagonal lubang = 233,82 mm sehingga diperoleh luar *Block Precast* berlubang sebesar 415,68 mm<sup>2</sup>, untuk menentukan jumlah *Block Precast* dengan membagi luas tutupan tanah sesuai kemiringan dengan luas *Block Precast* tanpa lubang, analisa ini digunakan untuk menentukan formasi tutupan tanah.

**Tabel 8.** Hasil Analisis Luas Bidang tanah tertutup *Block Precast Hexagonal*

Kemiringan Tanah	Luas bidang Tanah (A)	Luas permukaan Block Precast	Luas Lubang/ Block Precast	jumlah Block Precast	Formasi Block		Tot Luas permukaan precast (Ab)	Luas Tanah ditanami rumput (Ar)
	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	(buah)	Kolom	Baris	cm <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>
1	2	3		4	5	6	7	8
15°	3882.00	41.568	23.382	93.3891455	7	13	3782.688	2127.762
25°	4137.60	41.568	23.382	99.5381062	7	14	4073.664	2291.436
40°	4895.25	41.568	23.382	117.764867	7	16	4655.616	2618.784

Sumber Data : Hasil Analisis 2018

3. Nilai Koefisien Literatur (Cl)

Koefisien literatur digunakan untuk perbandingan nilai C ukur, nilai C literatur untuk tanah kosong (T) dan tutupan Tanah Rumput (TR) dapat di peroleh nilainya sesuai jenis tanahnya (nilai koefisien C dapat dilihat pada Tabel 2), namun untuk jenis tutupan tanah *Block Precast* digunakan koefisien tertimbang, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 9. berikut.

**Tabel 9.** Hasil Analisis Koefisien Literatur pada Variasi Tutupan Tanah

Kemiringan Tanah	Luas bidang Tanah (A) cm <sup>2</sup>	Luas Permukaan Block Precast (Ab) cm <sup>2</sup>	Luas Tanah tdk tertutup Block Precast (As) cm <sup>2</sup> (A - Ab)	Luas Tanah ditanami rumput (Ar)	Koefisien limpasan (C) literatur			Koefisien limpasan (C) literatur tertimbang	
					Tanah	Tanah Rumput	Precast	Tanah + Block (TB)	Tanah + Rumput + Block (TRB)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15°	3882.00	3782.69	99.31	2127.76	0.6	0.25	0.7	0.697441731	0.68848779
25°	4137.60	4073.66	63.94	2291.44	0.6	0.25	0.7	0.698454756	0.693046404
40°	4895.25	4655.62	239.63	2618.78	0.6	0.25	0.7	0.695104765	0.677971442

Sumber Data : Hasil Analisis 2018

### B. Perbandingan laju Limpasan permukaan (*Surface Run off*) pada tutupan tanah dengan variasi Intensitas Curah hujan dan variasi kemiringan

Perbandingan laju limpasan permukaan disajikan data yang merupakan hasil pengamatan setiap sepuluh menit selama 90 menit atau satu setengah jam, pada kelompok tutupan tanah tanpa *Block Precast* dan kelompok tutupan tanah dengan *Block Precast*, dengan analisis sebagai berikut :

#### 4. Intensitas Curah Hujan 61,6 mm/jam

Kemiringan Tanah 15°

Perhitungan laju limpasan permukaan pada bidang tanah pada Intensitas Curah Hujan 61,6 mm/jam dan kemiringan sebesar 15° diperoleh dengan analisis sebagai berikut :

**Perhitungan Volume hujan :**

$$\text{Volume hujan} = I \times t \times A$$

$$I = \text{Intensitas hujan} = 61,6 \text{ mm/jam}$$

$$t = \text{Waktu} = 1 \text{ menit}$$

$$A_1 = \text{Luas permukaan tanah} = 388.200 \text{ mm}^2$$

Volume hujan tiap menit :

$$V_h = \frac{61,6}{60} \times 1 \times 388.200$$

$$= 398.552 \text{ mm}^3 = 398,552 \text{ cm}^3 = 398,552 \text{ ml}$$

**Perhitungan Debit limpasan :**

$$Q = V / t$$

Volume limpasan terukur selama 10 menit (VI) = 450 ml

Debit limpasan :

$$Q = 450 / 600$$

$$= 0,75 \text{ ml /detik}$$

Hasil analisis selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10, Hubungan debit limpasan dengan variasi tutupan tanah pada kemiringan permukaan tanah 15° pada Intensitas Curah Hujan 61.1 mm/jam.

Sementara pada Gambar 18. adalah grafik hubungan debit limpasan pada variasi tutupan tanah pada kemiringan 15° dengan intensitas hujan 61,1 mm/jam hasil dari analisis pada Tabel 10. Pada gambar ini dapat dilihat limpasan maksimum atau konstan yaitu antara menit ke 50 sampai menit 60, untuk tutupan tanah kosong (T) diperoleh Limpasan permukaan maksimum sebesar 2025 ml dan debit limpasan sebesar 3,375 ml/ detik.

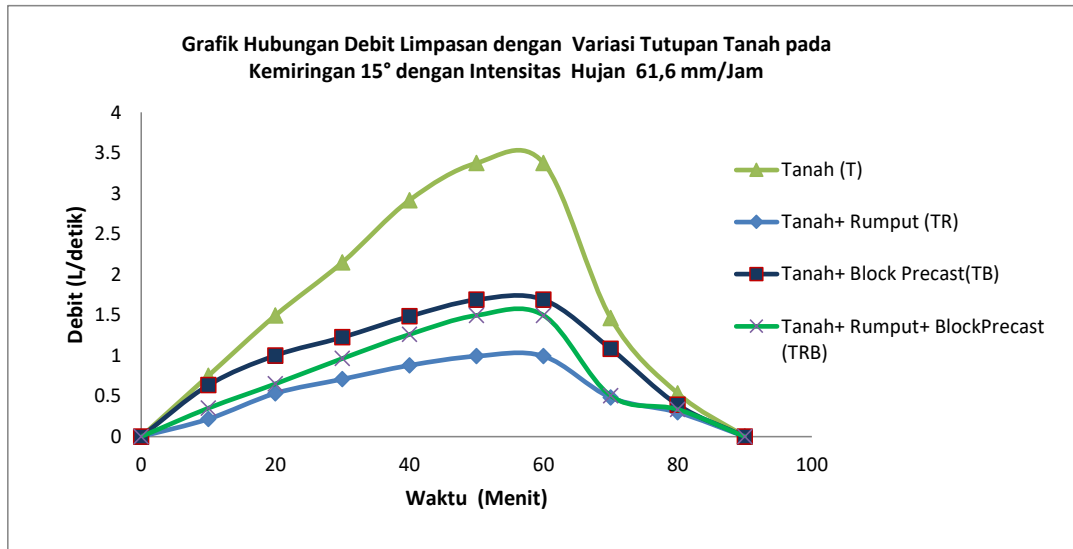
Setelah tanah diberikan tambahan *Block Precast Hexagonal* (TB) diperoleh debit yang tampak menurun yaitu hanya sebesar 1,688333 ml/ detik pada waktu yang sama 60 menit. Selanjutnya pada permukaan tanah rumput (TR) diperoleh debit juga menurun yaitu sebesar 0,99167 ml/detik. Dan limpasan pada permukaan tanah rumput *Block Precast* (TRB) yaitu diperoleh besarnya debit limpasan permukaan sebesar 1,495 ml/ detik.

**Tabel 10.** Hubungan debit limpasan dengan variasi tutupan tanah pada kemiringan permukaan tanah 15° pada Intensitas Curah Hujan 61,1

Curah Hujan I, I = 61.6 mm/ jam										
Waktu / Tutupan Tanah/ Kumulatif hujan			Kemiringan 15°							
			Tanah (T)		Tanah+ Rumput (TR)		Tanah+ Block Precast(TB)		Tanah+ Rumput+ BlockPrecast (TRB)	
Waktu (Menit)	Waktu (Jam)	Kumulatif Hujan (ml)	Limpasan (ml)	Debit (ml/Det)	Limpasan (ml)	Debit (ml/Det)	Limpasan (ml)	Debit (ml/Det)	Limpasan (ml)	Debit (ml/Det)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0.1667	3,985.5	450	0.7500	130	0.2167	380	0.6333	210	0.3500
20	0.3333	7,971.0	897	1.4950	320	0.5333	600	1.0000	390	0.6500
30	0.5	11,956.6	1290	2.1500	425	0.7083	735	1.2250	578	0.9633
40	0.6667	15,942.1	1750	2.9167	527	0.8783	890	1.4833	756	1.2600
50	0.8333	19,927.6	2025	3.3750	595	0.9917	1013	1.6883	897	1.4950
60	1	23,913.1	2025	3.3750	595	0.9917	1013	1.6883	897	1.4950
70	1.167	27,898.6	878	1.4633	289	0.4817	650	1.0833	302	0.5033
80	1.3333	31,884.2	320	0.5333	179	0.2983	235	0.3917	201	0.3350
90	1.5	35,869.7	0	0	0	0	0	0	0	0

mm/ja

Sumber : Hasil Analisis 2018



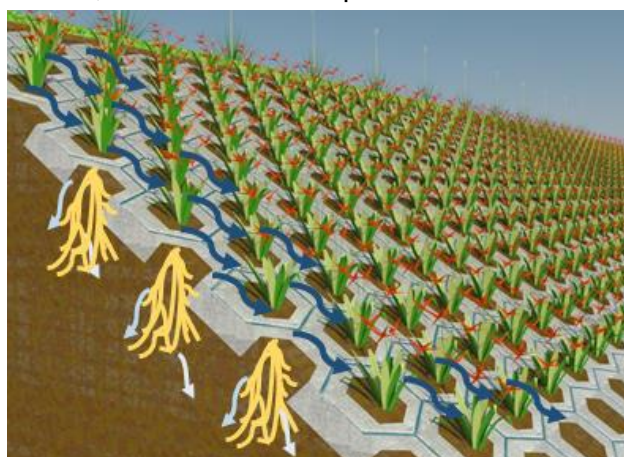
**Gambar 18.** Grafik hubungan debit limpasan dengan variasi tutupan tanah pada kemiringan permukaan tanah 15° pada intensitas curah hujan 61,1 mm/jam.

### 5. Pembahasan dan Diskusi

Pada hasil analisa **Tabel 10**, sampai dengan **Tabel 18**, diperoleh fenomena tutupan tanah tanpa *Block Precast* yakni tanah kosong (T) dan tutupan tanah rumput (TR) bahwa, debit limpasan pada sampel tutupan tanah kosong (T) memiliki debit limpasan yang lebih besar dibandingkan debit limpasan sampel tutupan tanah rumput (TR), Tanah Block Precast (TB) dan Tanah Rumput Block Precast (TRB) pada kondisi tanah yang sama, juga kondisi kemiringan dan intensitas curah hujan yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya limpasan permukaan pada tanah kosong tanpa vegetasi (T), memperlihatkan laju limpasan yang lebih besar karena tidak adanya vegetasi sehingga infiltrasi menjadi lebih kecil dan lebih lambat karena tidak adanya akar tanaman yang menghantarkan air kedalam tanah sehingga air yang turun akibat hujan sebagian besar melimpas diatas permukaan dikarenakan tidak adanya hambatan aliran air sehingga air yang turun ke tanah dan mengalir dengan cepat dan dalam jumlah yang lebih besar ke ujung tebing, hanya sebagian kecil yang akan masuk ke dalam tanah mengisi pori-pori tanah., limpasan ini akan semakin tinggi mengikuti besarnya laju intensitas hujan dan kemiringan tanah.

Fenomena sebaliknya yang terjadi pada tutupan tanah dengan vegetasi rumput (TR) dan Tanah Rumput Block Precast (TRB) memiliki pengaruh signifikan terhadap reduksi limpasan permukaan, karena bisa memperbesar infiltrasi masuk kedalam tanah dan menghambat

permukaan. tersebut seperti Gambar 27 ,



laju limpasan Fenomena digambarkan berikut.

**Gambar 27.** Sketsa terjadinya limpasan permukaan (*Surface Runoff*) pada Tutupan Tanah Block Precast Hexagonal kombinasi Vegetasi Rumput (TRB)

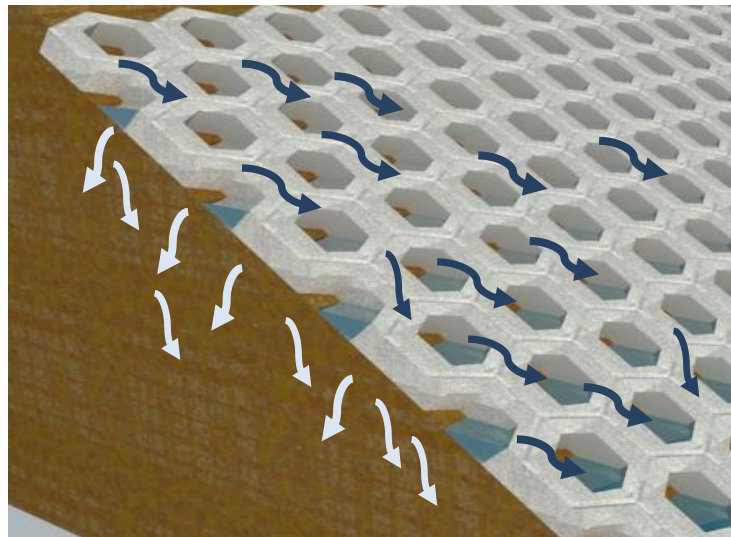
Pada Gambar 27, pada sketsa tersebut memperlihatkan dimana air dari hujan yang mengalir diatas permukaan tanah (*Surface Runoff*) yang menimpa tebing dengan adanya Block Precast dan Rumput (TRB), membuat air yang jatuh ke tebing akan terhambat dimana air yang jatuh akan mengisi sela – sela Block Precast Hexagonal, selain itu air juga mengalir pada sela-sela batang rumput, sebagian lagi air mengalir di atas permukaan Block Precast. Air yang mengalir disela-sela batang rumput akan segera masuk kedalam tanah melalui akar sehingga proses infiltrasi akan semakin cepat, begitupula dengan air yang masuk di sela-sela Block Precast lambat laun akan masuk kedalam tanah, sehingga dari hambatan Block Precast dan Vegetasi rumput ini maka laju limpasan permukaan menjadi berkurang secara signifikan.

Fenomena tersebut juga ditampilkan oleh tutupan tanah menggunakan Block Precast Hexagonal (TB) seperti Gambar 26, dimana air yang mengalir tertahan pada lubang Block Precast sehingga air yang mengalir di atas permukaan (*Surface Run off*) akan menjadi lebih berkurang, walaupun tidak berkurang sebesar tutupan Tanah Rumput Block Precast (TRB) dan Tanah Rumput (TR).

Hasil analisis ini sejalan dengan hasil penelitian **Abd.Rakhim, 2017**, yang menyatakan bahwa penambahan formasi akar pohon (semakin besar butiran tanahnya), maka celah –celah diantara butiran tanah akan semakin besar dan ditambah dengan variasi formasi fungsi akar sebagai konduktor, sehingga prosentase volume infiltrasi semakin bertambah meningkat kearah rambat infiltrasi menuju waktu akhir (te) bertambah cepat. Dimana kita ketahui bahwa limpasan permukaan yang besar adalah akibat dari infiltrasi yang kurang atau lambat. Begitupula sebaliknya infiltrasi yang kecil mengakibatkan Limpasan permukaan yang besar.

Begitu juga fenomena pada sampel tutupan tanah *Block Precast* tanpa vegetasi (TB), memperlihatkan laju limpasan yang lebih besar karena tidak adanya vegetasi sehingga infiltrasi menjadi lebih kecil dan lebih lambat karena tidak adanya akar tanaman yang menghantarkan air kedalam tanah sehingga air yang turun akibat hujan sebagian besar melimpas diatas permukaan, namun hasil limpasan yang ditimbulkan dari tutupan tanah *Block Precast* (TB) masih lebih kecil dibandingkan pada tanah kosong (T) pada kondisi tanah, intensitas dan kemiringan yang sama, hal ini menjadi fenomena baru karena dari hasil percobaan memperlihatkan bahwa keberadaan *Block Precast*

dapat menahan air permukaan pada lubang *Block Precast* sehingga air yang melimpas diatas permukaan menjadi tertahan sementara sampai meresap kedalam tanah, meskipun demikian aliran dibawah *Block Precast* perlu dipertimbangkan sebagai aliran permukaan yang melimpas.



**Gambar 28.** Sketsa terjadinya limpasan permukaan (*Surface Runoff*) pada Tutupan Tanah *Block Precast Hexagonal* (TB).

Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian **Abd.Rakhim dan Nurnawaty, 2015**, yang menyatakan bahwa penggunaan paving Blok dapat memperbesar infiltrasi dan mengurangi *run off*. Paving juga dapat digunakan sebagai pengisian air kedalam tanah dan efektif untuk mengurangi limpasan permukaan dalam kondisi puncak.

Sebagaimana diketahui bahwa fungsi *Block Precast Hexagonal* adalah hampir sama dengan Paving Blok, bedanya karena paving blok digunakan untuk jalan, sementara *Block Precast Hexagonal* penggunaannya untuk melindungi tebing.

Pada model kombinasi rumput *Block Precast* (TRB), keberadaan rumput dapat memperkecil fenomena aliran dibawah *Block Precast* tersebut, kelebihan lain dari model *Block Precast* juga adalah dari jumlah tanah yang terbawa dari hasil limpasan lebih kecil dibandingkan dari tutupan tanah yang tidak menggunakan *Block Precast* namun pada penelitian ini hal tersebut tidak diteliti, fenomena ini disebabkan karena adanya *Block Precast* yang menutupi permukaan tanah sehingga tumbukan air dengan tanah akan semakin berkurang sehingga tanah yang terbawa juga akan semakin berkurang dibandingkan dengan tanah tanpa tutupan *Block Precast*.

### C. Analisis koefisien limpasan ( C ) pada variasi Tutupan Tanah

#### *Tutupan tanah tanpa Block Precast terhadap koefisien limpasan (C)*

Parameter yang berpengaruh dalam menentukan hasil koefisien limpasan (C) adalah Limpasan maksimum rata-rata ( $Q_{max}$ ) dalam satuan  $mm^3/detik$  dibandingkan dengan intensitas curah hujan (I) dalam satuan  $mm/detik$  dan luas permukaan tanah (A)

dalam satuan  $\text{mm}^3$  atau  $C = Q / I.A$ , persamaan ini diperoleh dari rumus rasional  $Q = C.I.A$ .

Adapun hasil analisis penentuan koefisien limpasan permukaan (C) pada tanah tanpa tutupan *Block Precast* yakni pada tutupan Tanah kosong (T) dan Tanah rumput (TR) akan dijelaskan menurut Intensitas curah hujan, hasilnya dapat dilihat pada tabel hasil analisis menurut intensitas curah hujan berikut :

Intensitas urah Hujan 110,5 mm/jam

Hasil analisis penentuan nilai koefisien limpasan pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam diperoleh dari perbandingan antara debit limpasan hasil ukur persepuluh menit dengan volume limpasan hujan persatuan waktu .dalam sepuluh menit. Hasil analisis penentuan nilai koefisien (C) pada tutupan tanah tanpa *Block Precast* yakni pada tutupan tanah *Block Precast* Hexagonal (TB) dan tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB), hasil analisis disajikan dalam **Tabel 30**, dan **Tabel 31**.

### Tutupan Tanah *Block Precast* (TB)

Nilai koefisien limpasan dari tutupan tanah *Block Precast* hexagonal (TB) dapat dilihat pada tabel , diperoleh dari hasil bagi limpasan ukur rata-rata  $Q_u$  (selama 1,5 jam) dengan debit hujan rata-rata persatuan waktu, sehingga nilai koefisien (C) yang diperoleh untuk tutupan tanah *Block Precast* hexagonal (TB) pada Intensitas Curah Hujan 110,5 mm/jam pada kemiringan  $15^\circ$  adalah sebesar 0,2681 , pada kemiringan  $25^\circ$  sebesar 0,2952, dan pada kemiringan  $40^\circ$  sebesar 0,3282.

Dari data tersebut memperlihatkan bahwa pada tanah *Block Precast* (TB) sebanyak 27 % dari air hujan yang jatuh akan menjadi air limpasan permukaan (*run off*) pada kemiringan  $15^\circ$ , sebanyak 29,5 % dari air hujan yang jatuh akan menjadi air limpasan permukaan (*run off*) pada kemiringan  $25^\circ$ , sebanyak 33 % dari air hujan yang jatuh akan menjadi air limpasan permukaan (*run off*) pada kemiringan  $40^\circ$  . Hasil analisis juga memperlihatkan bahwa nilai koefisien limpasan (C) semakin besar seiring makin besarnya kemiringan tanah.

**Tabel 30.** Hasil analisis penentuan nilai koefisien limpasan (C) pada tutupan tanah *Block Precast* hexagonal (TB) dan intensitas CH 110,5 mm/jam

Waktu (t)	Limpasan ukur ( $Q_u$ ) Tanah Block Precast (TB)				Analisis nilai Koefisien Limpasan ( C )				
	Limpasan ukur ( $Q_u$ ) Tanah Block Precast (TB)	Limpasan ukur ( $Q_u$ )	Limpasan ukur ( $Q_u$ )	Kumulatif ( $Q_u$ )	Intensitas CH (i)	Luas bidang Tanah (A)	Debit Hujan ( $Q_h$ ) = I.A	Koefisien Limpasan ukur (C) = $Q_u/Q_h$	
(Menit)	(ml/menit)	(ml/detik)	$\text{mm}^3/\text{detik}$	$\text{mm}^3/\text{detik}$	mm/jam	mm/detik	$\text{mm}^2$	$\text{mm}^3/\text{detik}$	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Kemiringan $15^\circ$									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1234	20.5667	20567	20567	110.5	0.30694	388200	119156	0.1726
20	1785	29.7500	29750	50317	110.5	0.61389	388200	238312	0.2111





#### Hasil Rekapitulasi Nilai Koefisien limpasan C

Hasil analisis koefisien dari tutupan tanah menggunakan *Block Precast* hexagonal yaitu tutupan tanah Block Precast Hexagonal (TB) dan tutupan tanah Block Precast kombinasi dengan rumput (TRB) memiliki nilai koefisien seperti terlihat pada **Tabel 32**. dimana tutupan tanah Block Precast Hexagonal (TB) diperoleh nilai *Coefficient Surface Runoff* rata-rata sebesar 0,218 – 0,320, sedangkan untuk tutupan Tanah Rumput (TR) diperoleh nilai *Coefficient Surface Runoff* rata-rata sebesar 0,156 – 0,207.

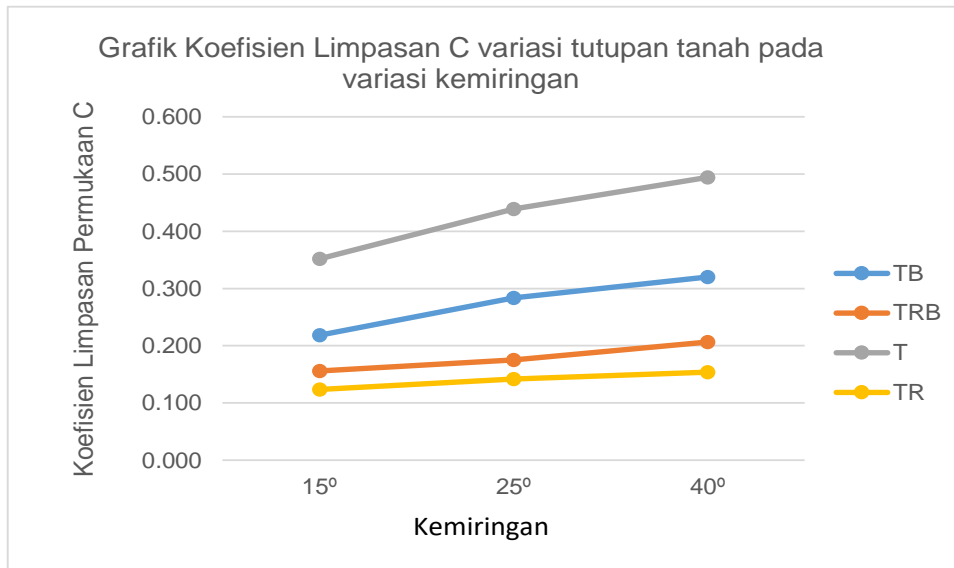
**Tabel 32** . Rekapitulasi Hasil analisis Nilai Koefisien limpasan C pada Tutupan

Kriteria Intensitas curah hujan	Tipe Tutupan Tanah	Slope	Surface Runoff Coeficient (C)			Rata2
61,6 - 110,5 mm/hour	TB	26%	0.169	-	0.268	0.218
		42%	0.272	-	0.295	0.284
		64%	0.295	-	0.345	0.320
61,6 - 110,5 mm/hour	TRB	26%	0.128	-	0.184	0.156
		42%	0.137	-	0.214	0.175
		64%	0.147	-	0.266	0.207

Tanah dengan *Block Precast*

Sumber data : Hasil Analisis 2018

Hasil rekapitulasi perbandingan nilai koefisien rata-rata dari variasiutupan tanah pada tiga jenis kemiringan dapat dilihat pada grafik berikut.



Sumber data : Hasil Analisis 2018

**Gambar 29.** Grafik Hubungan Koefisien limpasan C variasiutupan tanah pada variasi kemiringan.

#### Pembahasan dan Diskusi

**Tabel 19** dan **Tabel 31**, menyajikan rekapitulasi nilai koefisien (C) dariutupan tanah tanpa *Block Precast*, danutupan tanah dengan *Block Precast*, untuk tanah kosong (T) pada kemiringan tanah 15° diperoleh nilai koefisien antara 0,291 sampai 0,413, pada kemiringan tanah 25° diperoleh nilai koefisien antara 0,401 sampai 0,477, pada kemiringan tanah 40° diperoleh nilai koefisien antara 0,469 sampai 0,52.

Sementara nilai koefisien (C) dariutupan tanah tanpa *Block Precast*, untuk tanah rumput (TR) pada kemiringan tanah 15° diperoleh nilai koefisien antara 0,092 sampai 0,155, pada kemiringan tanah 25° diperoleh nilai koefisien antara 0,103 sampai 0,181, pada kemiringan tanah 40° diperoleh nilai koefisien antara 0,120 sampai 0,188.

Sebagai perbandingan nilai koefisien limpasan menurut *U.S. Forest Service*, 1980, yang menyajikan nilai Koefisien (C) untuk persamaan rasional (Chay Asdak, 2010), dengan memasukkan ciri karakter tanah yaitu Lanau Berpasir dan kemiringan tanah 25 % sampai 46 % termasuk dalam klasifikasi curam diperoleh coefisien ( C ) literature, untuk Tanah kosong (T), yang digolongkan tanah kosong rata-rata dengan nilai (C) literature adalah 0,30 sampai 0,60, sedangkan untuk tanah rumput (TR) digolongkan kedalam padang rumput berpasir diperoleh nilai koefisien (C) literature 0,05 – 0,25.

Dari nilai koefisien yang diperoleh dari hasil pengukuran laboratorium dibandingkan dengan koefisien (C) literature memiliki nilai koefisien yang menghampiri sehingga nilai koefisien hasil laboratorium bisa digunakan.

Sementara pada tutupan tanah menggunakan *Block Precast* hexagonal yaitu tutupan tanah (TB) dan tutupan tanah kombinasi dengan rumput (TRB) memiliki nilai koefisien seperti terlihat pada **Tabel 32**. Tabel diatas menyajikan nilai koefisien (C) dari tutupan tanah dengan *Block Precast* (TB) dan kombinasi dengan rumput (TRB), pada tanah dengan *Block Precast* (TB) pada kemiringan tanah 15° diperoleh nilai koefisien antara 0,169 sampai 0,268, pada kemiringan tanah 25° diperoleh nilai koefisien antara 0,272 sampai 0,295, pada kemiringan tanah 40° diperoleh nilai koefisien antara 0,295 sampai 0,345.

Sementara nilai koefisien (C) dari tutupan tanah *Block Precast* kombinasi rumput (TRB) pada kemiringan tanah 15° diperoleh nilai koefisien antara 0,128 sampai 0,184, pada kemiringan tanah 25° diperoleh nilai koefisien antara 0,137 sampai 0,214, pada kemiringan tanah 40° diperoleh nilai koefisien antara 0,147 sampai 0,266.

Dari penjelasan diatas, mendukung teori penelitian oleh **Laksni Sedyowaty (2018)** bahwa, paving block mempunyai nilai koefisien kekasaran dan koefisien penghambat yang relative tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa paving block sesuai digunakan sebagai alternative teknologi *low impact Development (LID) dan Sustainable Urban Drainage System (SUDS)*. Sedangkan koefisien limpasan yang tinggi menunjukkan bahwa kondisi sudah terjadi limpasan permukaan, maka laju infiltrasi sangat kecil sedangkan intensitas hujan tinggi. Pada kondisi ini kinerja paving blok hanya ditentukan oleh fungsi penghambatan aliran bukan oleh fungsi infiltrasi.

Dari pernyataan Laksni Sedyowaty (2018) tersebut jika dihubungkan dengan penelitian ini, maka Model Block Precast Hexagonal dianggap memiliki kinerja yang mirip dengan paving blok karena bahan pembuatannya sama dan berfungsi sebagai penghambat aliran permukaan, sehingga model Block Precast hexagonal ini efektif mengurangi limpasan permukaan apalagi dengan adanya kombinasi rumput sehingga infiltrasi masih tetap terjadi.

Begitu pula Jika dibandingkan dengan koefisien literature untuk rumus rasional  $Q = C.I A$ , jika tutupan tanah *Block Precast* dan rumput *Block Precast*, digunakan koefisien tertimbang pada **Tabel 2**. dengan gabungan dari koefisien beton dan tanah berbanding luasan maka diperoleh koefisien tertimbang menurut *U.S. Forest Service, 1980* untuk Tanah *Block Precast* (TB) adalah 0,7902 – 0,7949 untuk tiga variasi kemiringan, sedangkan koefisien tertimbang untuk Tanah Rumput *Block Precast* (TRB) adalah 0,7731 – 0,7859 untuk tiga variasi kemiringan.

Hasil koefisien literature tertimbang memperlihatkan nilai yang tinggi karena memasukkan koefisien beton dengan nilai 0,8 – 0,95 kedalam analisis, sehingga dari perbandingan ini diperoleh nilai koefisien tertimbang untuk tutupan Tanah dengan menggunakan *Block Precast* yang tidak realistis, karena memiliki nilai koefisien yang terlalu tinggi .

Dari hasil penelitian ini memperoleh nilai koefisien C pada kisaran 0,128 – 0,328 yang lebih rendah dibanding dengan koefisien C literature tertimbang, Nilai koefisien C

hasil penelitian yang lebih rendah menjadi logis mengingat kelebihan dari *Block Precast* hexagonal karena adanya sela-sela antara *Block Precast* dan lubang di tengah *Block Precast* sehingga air yang melimpas masih tertahan pada sela-sela dan lubang, sehingga jumlah air yang tertampung sebagai limpasan menjadi lebih kecil yang secara otomatis memberikan nilai lebih kecil pada nilai Koefisien C. Sehingga nilai koefisien tersebut merupakan kebaruan atau novelty dari penelitian ini.

### A. Hubungan Antar Parameter Limpasan ( $Q_t$ ), dengan waktu

Hubungan antar parameter Limpasan ( $Q_t$ ) terhadap waktu pengamatan adalah persamaan untuk mendapatkan waktu puncak ( $t_{max}$ ), waktu puncak biasa juga diistilahkan dengan waktu mencapai titik konstan, atau waktu maksimum yang dibutuhkan untuk mencapai limpasan maksimum. Pada saat limpasan sudah konstan maka hujan dihentikan, atau dengan kata lain tanah sudah jenuh air dan proses infiltrasi terjadi sangat lambat sehingga air yang akan turun berupa hujan akan melimpas seluruhnya diatas permukaan.

Parameter yang berpengaruh dalam menentukan waktu puncak limpasan diperoleh dari hasil grafik linear hubungan anatara hasil limpasan dalam satuan  $mm^3/detik$  terhadap waktu setiap sepuluh menit.

Adapun hasil analisis penentuan waktu puncak limpasan pada tanah tanpa tutupan *Block Precast* yakni, Tanah kosong (T) dan Tanah rumput (TR) , sedangkan untuk tutupan tanah dengan *Block Precast* yakni, tutupan tanah *Block Precast* (TB) dan tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB), keempat variasi tutupan tanah ini akan dijelaskan menurut kemiringan tanah dan variasi Intensitas curah hujan.

Intensitas Curah Hujan 110,5 mm/jam

#### Tutupan Tanah *Block Precast* (TB)

Pada **Tabel 43**, , memperlihatkan hasil analisis debit limpasan tiap sepuluh menit waktu pengamatan ( $Q_t$ ) pada tutupan tanah *Block Precast* (TB) pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam. Nilai koefisien setiap sepuluh menit ( $C_t$ ) diperoleh dari perbandingan akumulasi limpasan ukur ( $Q_U$ )

**Tabel 43.** Hasil analisis debit limpasan ( $Q_t$ ) dengan waktu amatan pada tutupan tanah *Block Precast* (TB) dan intensitas CH 110,5 mm/jam

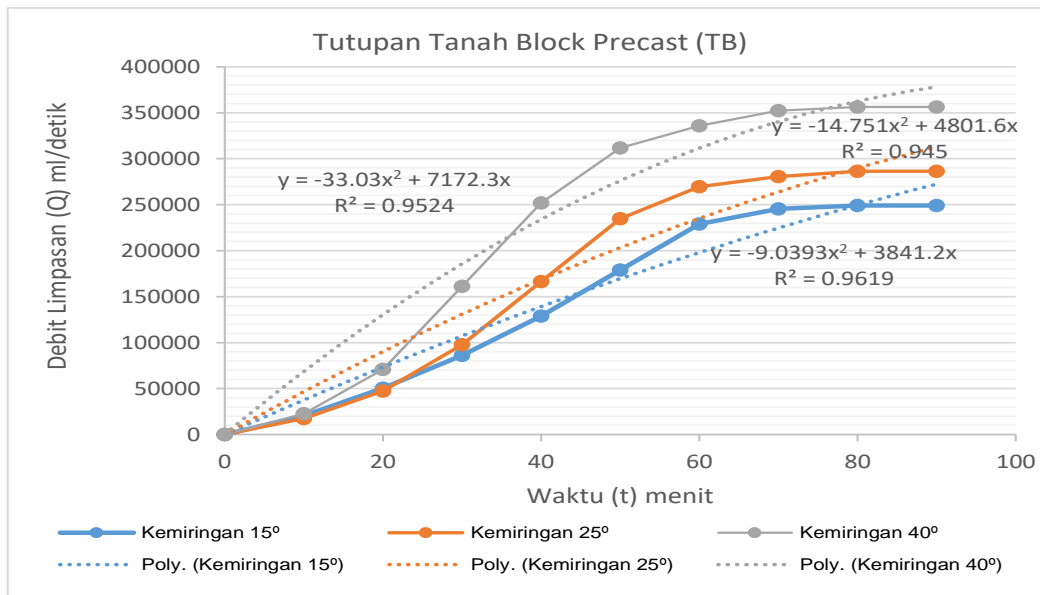
pa  
da  
tia  
p  
se  
pul  
uh  
me  
nit  
de  
ng  
an  
ak  
um  
ula  
si  
ju  
ml  
ah  
cur

Waktu (t)	Limpanan ukur (Qu) Tanah (T)				Analisis Debit Limpanan persatuan waktu ( Qt )					
	Limpanan ukur (Ql) Tanah Block precast (TB)	Limpanan ukur (Ql)	Limpanan ukur (Ql)	Kumulatif (Ql)	Intensitas CH (i)		Luas bidang Tanah (A)	Debit Hujan (Qh) = I.A	Koefisien Limpanan ukur (C) = Ql/Qh	Qt = C.I.A
(Menit)	(ml/menit)	(ml/detik)	mm <sup>3</sup> /detik	mm <sup>3</sup> /detik	mm/jam	mm/detik	mm <sup>2</sup>	mm <sup>3</sup> /detik	(10)	mm <sup>3</sup> /detik
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Kemiringan 15°										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1234	20.5667	20567	20567	110.5	0.30694	388200	119156	0.1726	20567
20	1785	29.7500	29750	50317	110.5	0.61389	388200	238312	0.2111	50317
30	2140	35.6667	35667	85983	110.5	0.92083	388200	357468	0.2405	85983
40	2580	43.0000	43000	128983	110.5	1.22778	388200	476623	0.2706	128983
50	3003	50.0500	50050	179033	110.5	1.53472	388200	595779	0.3005	179033
60	3003	50.0500	50050	229083	110.5	1.84167	388200	714935	0.3204	229083
70	976	16.2667	16267	245350	110.5	2.14861	388200	834091	0.2942	245350
80	225	3.7500	3750	249100	110.5	2.45556	388200	953247	0.2613	249100
90	0	0	0	249100	110.5	2.76250	388200	1072403	0.2323	249100
Rata-rata				159724		1.53472	388200	595779	0.2681	159724
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0
10	1050	17.5000	17500	17500	110.5	0.30694	413760	127001	0.1378	17500
20	1800	30.0000	30000	47500	110.5	0.61389	413760	254003	0.1870	47500
30	3020	50.3333	50333	97833	110.5	0.92083	413760	381004	0.2568	97833
40	4110	68.5000	68500	166333	110.5	1.22778	413760	508005	0.3274	166333
50	4110	68.5000	68500	234833	110.5	1.53472	413760	635007	0.3698	234833
60	2089	34.8167	34817	269650	110.5	1.84167	413760	762008	0.3539	269650
70	654	10.9000	10900	280550	110.5	2.14861	413760	889009	0.3156	280550
80	356	5.9333	5933	286483	110.5	2.45556	413760	1016011	0.2820	286483
90	0	0	0	286483	110.5	2.76250	413760	1143012	0.2506	286483
Rata-rata				187463		1.53472	413760	635007	0.2952	187463
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0
10	1358	22.6333	22633	22633	110.5	0.30694	489525	150257	0.1506	22633
20	2890	48.1667	48167	70800	110.5	0.61389	489525	300514	0.2356	70800
30	5430	90.5000	90500	161300	110.5	0.92083	489525	450771	0.3578	161300
40	5430	90.5000	90500	251800	110.5	1.22778	489525	601028	0.4189	251800
50	3600	60.0000	60000	311800	110.5	1.53472	489525	751285	0.4150	311800
60	1450	24.1667	24167	335967	110.5	1.84167	489525	901542	0.3727	335967
70	985	16.4167	16417	352383	110.5	2.14861	489525	1051799	0.3350	352383
80	230	3.8333	3833	356217	110.5	2.45556	489525	1202056	0.2963	356217
90	0	0	0	356217	110.5	2.76250	489525	1352313	0.2634	356217
Rata-rata				246569		1.53472	489525	751285	0.3282	246569

Sumber : Hasil analisa 2018

ah hujan setiap sepuluh menit dikalikan dengan luas permukaan tanah sehingga diperoleh debit hujan setiap sepuluh menit dalam satuan mm<sup>3</sup>/detik. Setelah debit limpanan tiap sepuluh menit (Qt) diperoleh kemudian dibuat grafik regresi linear untuk mengetahui hubungan parameter tersebut.

Hasil analisis disajikan dalam variasi kemiringan tanah peroleh besarnya limpanan menurut waktu pengamatan memiliki nilai yang sama dengan nilai kumulatif limpanan ukur setiap sepuluh menit, hal ini mengindikasikan bahwa nilai korelasi antara hasil ukur dan hasil hitung sangat tinggi atau memperoleh hasil yang sama.



**Gambar 40.** Grafik hubungan Limpasan (Qt) berdasarkan waktu (t) pada variasi kemiringan tanah dan pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam, pada tutupan tanah *Block Precast* (TB)

Pada **Gambar 40**, grafik hubungan debit limpasan tiap sepuluh menit waktu pengamatan (Qt) pada tutupan tanah *Block Precast* (TB) pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam, dimana bentuk persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel waktu (10 menit dan kelipatan) diperoleh persamaan ;  $y = -9.0393x^2 + 3841.2x$  untuk kemiringan 15°, persamaan  $y = -14.751x^2 + 4801.6x$  untuk kemiringan 25°, dan persamaan  $y = -33.03x^2 + 7172.3x$  untuk kemiringan 40°.

#### Tutupan Tanah Rumput *Block Precast* (TRB)

Pada **Tabel 44**, memperlihatkan hasil analisis debit limpasan tiap sepuluh menit waktu pengamatan (Qt) pada tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB) pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam. Nilai koefisien setiap sepuluh menit (Ct) diperoleh dari perbandingan akumulasi limpasan ukur ( $Q_U$ ) pada tiap sepuluh menit dengan akumulasi jumlah curah hujan setiap sepuluh menit dikalikan dengan luas permukaan tanah sehingga diperoleh debit hujan setiap sepuluh menit dalam satuan  $\text{mm}^3/\text{detik}$ .

Hasil analisis disajikan dalam variasi kemiringan tanah peroleh besarnya limpasan menurut waktu pengamatan memiliki nilai yang sama dengan nilai kumulatif limpasan ukur setiap sepuluh menit, hal ini mengindikasikan bahwa nilai korelasi antara hasil ukur dan hasil hitung sangat tinggi atau memperoleh hasil yang sama.

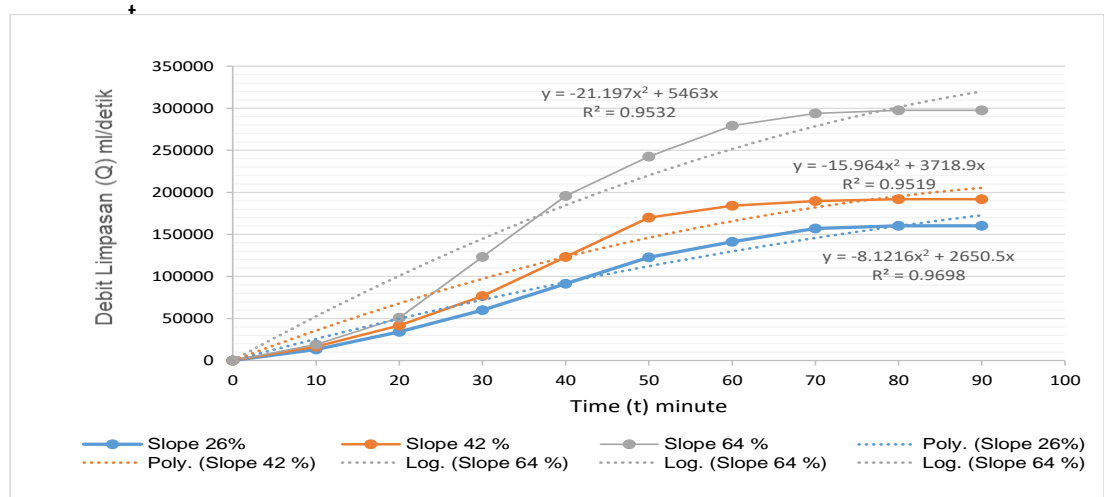
**Tabel 44.** Hasil analisis debit limpasan (Qt) dengan waktu amatan pada tutupan tanah r

Waktu (t)	Limpasan ukur (Qu) Tanah Rumput (TR)				Analisis Debit Limpasan persatuan waktu ( Qt )					
	Limpasan ukur (Ql) Tanah Rumput Block precast (TRB)	Limpasan ukur (Ql)	Limpasan ukur (Ql)	Kumulatif (Ql)	Intensitas CH (i)		Luas bidang Tanah (A)	Debit Hujan (Qh) = I.A	Koefisien Limpasan ukur (C) = Ql/Qh	Qt = C.I.A
(Menit)	(ml/menit)	(ml/detik)	mm <sup>3</sup> /detik	mm <sup>3</sup> /detik	mm/jam	mm/detik	mm <sup>2</sup>	mm <sup>3</sup> /detik		mm <sup>3</sup> /detik
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Kemiringan 15°										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	795	13.2500	13250	13250	110.5	0.30694	388200	119156	0.1112	13250
20	1250	20.8333	20833	34083	110.5	0.61389	388200	238312	0.1430	34083
30	1545	25.7500	25750	59833	110.5	0.92083	388200	357468	0.1674	59833
40	1890	31.5000	31500	91333	110.5	1.22778	388200	476623	0.1916	91333
50	1890	31.5000	31500	122833	110.5	1.53472	388200	595779	0.2062	122833
60	1100	18.3333	18333	141167	110.5	1.84167	388200	714935	0.1975	141167
70	950	15.8333	15833	157000	110.5	2.14861	388200	834091	0.1882	157000
80	190	3.1667	3167	160167	110.5	2.45556	388200	953247	0.1680	160167
90	0	0	0	160167	110.5	2.76250	388200	1072403	0.1494	160167
Rata-rata				104426		1.53472	388200	595779	0.1753	104426
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0
10	1000	16.6667	16667	16667	110.5	0.30694	413760	127001	0.1312	16667
20	1500	25.0000	25000	41667	110.5	0.61389	413760	254003	0.1640	41667
30	2100	35.0000	35000	76667	110.5	0.92083	413760	381004	0.2012	76667
40	2800	46.6667	46667	123333	110.5	1.22778	413760	508005	0.2428	123333
50	2800	46.6667	46667	170000	110.5	1.53472	413760	635007	0.2677	170000
60	840	14.0000	14000	184000	110.5	1.84167	413760	762008	0.2415	184000
70	340	5.6667	5667	189667	110.5	2.14861	413760	889009	0.2133	189667
80	130	2.1667	2167	191833	110.5	2.45556	413760	1016011	0.1888	191833
90	0	0	0	191833	110.5	2.76250	413760	1143012	0.1678	191833
Rata-rata				131741		1.53472	413760	635007	0.2075	131741
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0000	0
10	1150	19.1667	19167	19167	110.5	0.30694	489525	150257	0.1276	19167
20	1900	31.6667	31667	50833	110.5	0.61389	489525	300514	0.1692	50833
30	4350	72.5000	72500	123333	110.5	0.92083	489525	450771	0.2736	123333
40	4350	72.5000	72500	195833	110.5	1.22778	489525	601028	0.3258	195833
50	2800	46.6667	46667	242500	110.5	1.53472	489525	751285	0.3228	242500
60	2200	36.6667	36667	279167	110.5	1.84167	489525	901542	0.3097	279167
70	876	14.6000	14600	293767	110.5	2.14861	489525	1051799	0.2793	293767
80	230	3.8333	3833	297600	110.5	2.45556	489525	1202056	0.2476	297600
90	0	0	0	297600	110.5	2.76250	489525	1352313	0.2201	297600
Rata-rata				199978		1.53472	489525	751285	0.2662	199978

Sumber : Hasil analisa 2018

**B**  
 ) dan intensitas CH 110,5 mm/jam

**Gambar 41.** Grafik hubungan Limpasan (Qt) berdasarkan waktu (t) pada variasi kemiringan tanah dan pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam, pada



### tanah rumput *Block Precast* (TRB)

Pada **Gambar 41**, grafik hubungan debit limpasan tiap sepuluh menit waktu pengamatan ( $Q_t$ ) pada tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB) pada intensitas curah hujan 110,5 mm/jam, dimana bentuk persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel waktu (10 menit dan kelipatan) diperoleh persamaan ;  $y = -8.1216x^2 + 2650.5x$  untuk kemiringan  $15^\circ$ , persamaan  $y = -15,964x^2 + 3718,9 x$  untuk kemiringan  $25^\circ$ , dan persamaan  $y = -21.197x^2 + 5463x$  untuk kemiringan  $40^\circ$ .

#### *Pembahasan dan Diskusi*

Dari **Tabel 36**, sampai **Tabel 44**, dan dari **Gambar 30**, sampai **Gambar 41**, memperlihatkan pengaruh Limpasan ( $Q_t$ ) dan waktu puncak ( $t_{max}$ ) pada tutupan tanah tanpa *Block Precast* dan tutupan tanah dengan *Block Precast*.

Dari kontrol tingkat kesesuaian koefisien korelasi memperlihatkan bahwa persamaan regresi yang diperoleh memberikan representasi yang cukup baik dari data diskrit penelitian ini. Hal ini ditandai dengan nilai R yang mendekati 1. Hasil persamaan regresi Polinomial yang dihasilkan dari grafik hubungan antara limpasan ( $Q$ ) dan waktu maksimum puncak limpasan ( $t_{max}$ ), sebagai contoh persamaan  $y = -8,1216x^2 + 2650.5x$ , dimana  $y = Q$ ,  $x =$  waktu (menit), sehingga  $Q = -8,1216 t^2 + 2650.5 t$ , untuk kemiringan  $15^\circ$ ,

sehingga nilai  $t$  dapat ditentukan,  $t \approx \frac{Q - 2650}{-16,2432}$ , hasil dari nilai  $t$  yang diperoleh merupakan nilai pendekatan waktu limpasan maksimum ( $t_{max}$ ) dalam satuan menit. Secara umum waktu maksimum ( $t_{max}$ ) sangat dipengaruhi oleh kemiringan tanah, terbukti dengan waktu puncak yang diperoleh dari persamaan linear antara limpasan permukaan dan waktu, kecenderungan memperlihatkan bahwa hasil ( $t_{max}$ ) dipengaruhi oleh kemiringan tanah, makin besar kemiringan maka makin cepat waktu puncak di capai, atau makin cepat mencapai titik konstan aliran. Sehingga dari hasil analisis waktu maksimum ( $t_{max}$ ) diperoleh bahwa semakin besar kemiringan tanah maka semakin cepat pula mencapai waktu maksimumnya.

#### **A. Hubungan antar Parameter, Limpasan ( $Q_{max}$ ) dan Intensitas Curah Hujan ( $I$ ), serta Limpasan ( $Q_{max}$ ) dengan kemiringan tanah**

Untuk mengetahui hubungan antar parameter dalam hal ini Limpasan permukaan ( $Q_{max}$ ) dan intensitas curah hujan ( $I$ ) maka dilakukan analisis regresi untuk menemukan hubungan tersebut, sehingga ditemukan persamaan yang menghubungkan antara parameter Limpasan dan parameter Intensitas curah hujan serta kemiringan pada variasi tutupan tanah.

#### *Tutupan tanah dengan Block Precast*

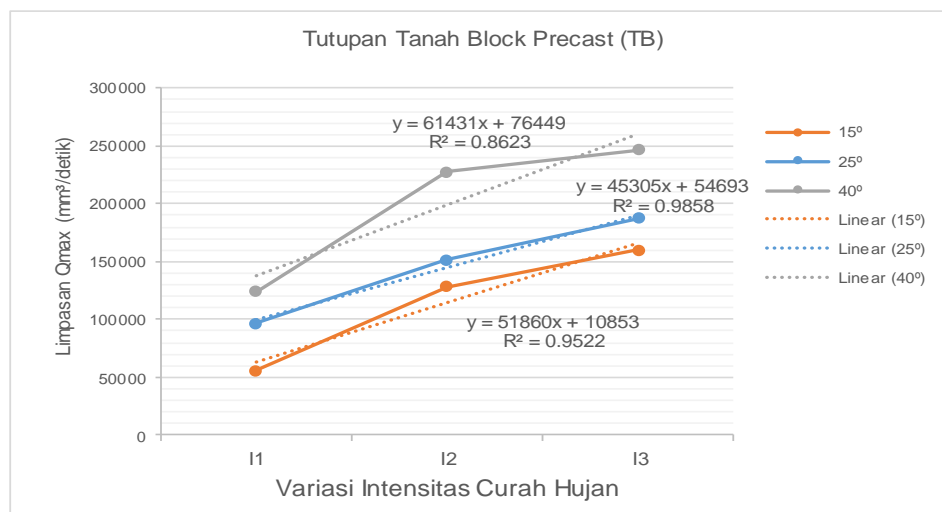
##### *a. Tutupan Tanah Block Precast Hexagonal (TB)*

Pada **Tabel 47**, memperlihatkan jumlah  $Q_{maksimum}$  untuk tutupan tanah *Block Precast* (TB) terendah, terdapat pada kemiringan  $15^\circ$  pada Intensitas Curah hujan 61,6 mm/jam sebesar 56007 mm<sup>3</sup>/detik, sedangkan  $Q_{maksimum}$  tertinggi terdapat pada kemiringan  $40^\circ$  pada Intensitas Curah hujan 110,5 mm/jam sebesar 246568 mm<sup>3</sup>/detik,



dari tabel tersebut dapat di analisis bahwa peningkatan jumlah debit limpasan berbanding lurus dengan makin tingginya Intenaitas curah hujan dan kemiringan tanah.

Sehingga dari hasil tersebut dibuat grafik linear hubungan antar parameter debit (Q) dengan Intensitas curah hujan (I) dan dengan Kemiringan tanah . Gambar 46, memperlihatkan grafik hubungan Laju Limpasan maksimum (Qmax) terhadap intensitas curah hujan (I), dimana Qmax dipengaruhi oleh besarnya curah hujan (I), semakin tinggi intensitas hujan maka semakin tinggi pula laju limpasan permukaan, seiring dengan besarnya kemiringan tanah, sehingga dari persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel intensitas hujan diperoleh persamaan ;  $y = 51860x + 10853$  untuk kemiringan  $15^\circ$ , persamaan  $y = 45305x + 54693$  untuk kemiringan  $25^\circ$ , dan persamaan  $y = 61431x + 76449$  untuk kemiringan  $40^\circ$ .



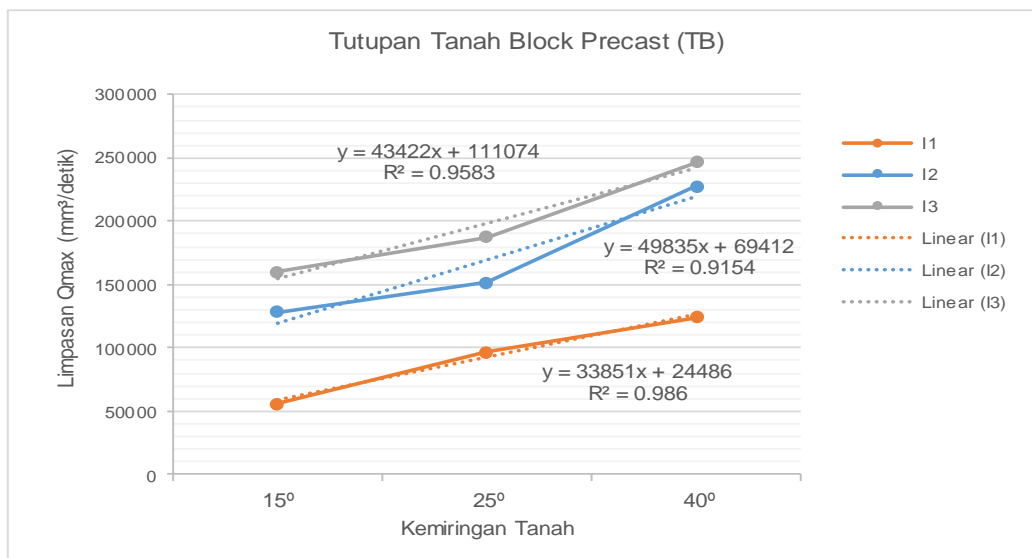
**Gambar 46.** Grafik hubungan Limpasimpasan Maksimum (Qmax) dengan Intensitas Curah hujan (I) pada variasi kemiringan, pada tutupan tanah *Block Precast* (TB)

Sedangkan hubungan Laju Limpasan maksimum (Qmax) terhadap kemiringan tanah pada tutupan Tanah *Block Precast* (TB) diperlihatkan pada Gambar 47, dimana bentuk persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel kemiringan tanah diperoleh persamaan ;  $y = 33851x + 24486$  untuk Intensitas CH 61,6 mm/jam, persamaan  $y = 49835x + 69412$  untuk Intensitas CH 96,93 mm/jam, dan persamaan  $y = 43422x + 111074$  untuk Intensitas CH 110,5 mm/jam, dimana bentuk persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel kemiringan tanah diperoleh persamaan ;  $y = 33851x + 24486$  untuk Intensitas CH 61,6 mm/jam, persamaan  $y = 49835x + 69412$  untuk Intensitas CH 96,93 mm/jam, dan persamaan  $y = 43422x + 111074$  untuk Intensitas CH 110,5 mm/jam.

**Tabel 47.** Hasil analisis Limpasan maksimum ( $Q_{max}$ ) pada variasi kemiringan dan intensitas curah hujan ( $I$ ) pada tutupan tanah *Block Precast* (TB)

Tutupan Tanah Block Precast (TB)	Limpasan Maksimum ( $Q_{max}$ )			
	C	I rata-rata	A	$Q = C \cdot I \cdot A$
Satuan		mm/detik	mm <sup>2</sup>	mm <sup>3</sup> /detik
$I_1 = 61,6$ mm/jam				
15°	0.1686	0.8556	388200	56007
25°	0.2736	0.8556	413760	96859
40°	0.2954	0.8556	489525	123712
$I_2 = 96,93$ mm/jam				
15°	0.2449	1.34625	388200	127993
25°	0.2721	1.34625	413760	151591
40°	0.3455	1.34625	489525	227663
$I_3 = 110,5$ mm/jam				
15°	0.2681	1.53472	388200	159724
25°	0.2952	1.53472	413760	187463
40°	0.3282	1.53472	489525	246568

Sumber Data : Hasil Analisis 2018



**Gambar 47.** Grafik hubungan Limpasimpasan Maksimum ( $Q_{max}$ ) dengan kemiringan pada variasi Intensitas Curah hujan ( $I$ ), pada tutupan tanah *Block Precast* (TB)

b. Tutupan Tanah Rumput *Block Precast* (TRB)

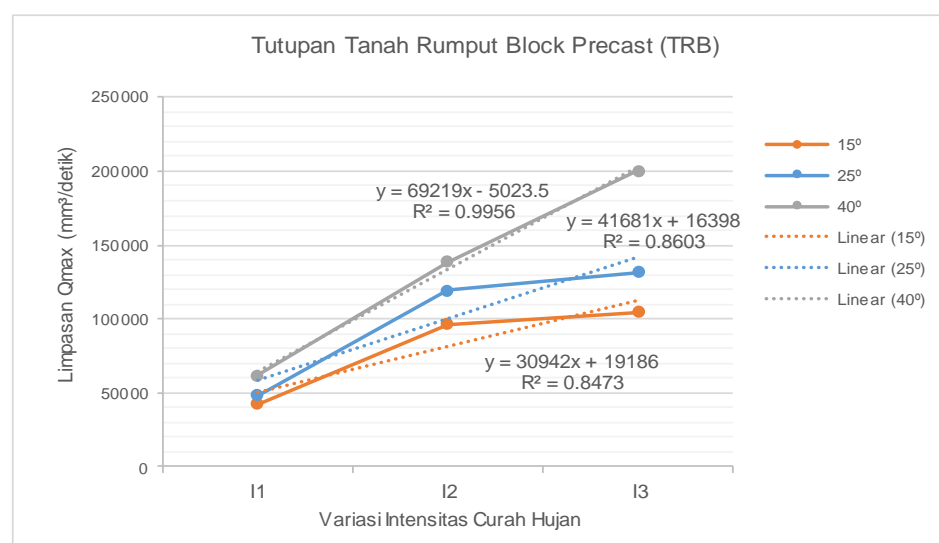
Pada Tabel 48, memperlihatkan jumlah  $Q_{\text{maksimum}}$  untuk tanah rumput *Block Precast* (TRB) terendah terdapat pada kemiringan  $15^\circ$  pada Intensitas Curah hujan  $61,6$  mm/jam sebesar  $42545$  mm<sup>3</sup>/detik, sedangkan  $Q_{\text{maksimum}}$  tertinggi terdapat pada kemiringan  $40^\circ$  pada Intensitas Curah hujan  $110,5$  mm/jam sebesar  $199977$  mm<sup>3</sup>/detik, dari tabel tersebut dapat di analisis bahwa peningkatan jumlah debit limpasan berbanding lurus dengan makin tingginya Intenaitas curah hujan dan kemiringan tanah. Sehingga dari hasil tersebut dibuat grafik linear hubungan antar parameter debit (Q) dengan Intensitas curah hujan (I) dan dengan Kemiringan tanah.

**Tabel 48.** Hasil analisis Limpasan maksimum ( $Q_{\text{max}}$ ) pada variasi kemiringan dan intensitas curah hujan (I) pada tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB)

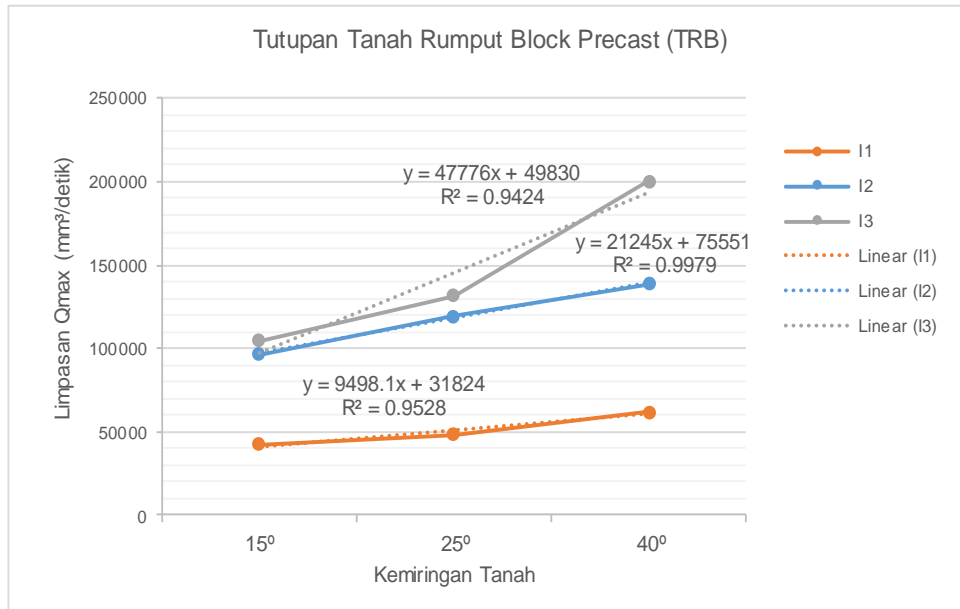
Tutupan Tanah Rumput Block Precast (TRB)	Limpasan Maksimum ( $Q_{\text{max}}$ )			
	C	Irata-rata	A	$Q = C I A$
Satuan		mm/detik	mm <sup>2</sup>	mm <sup>3</sup> /detik
I1 = 61,6 mm/jam				
15°	0.1281	0.8556	388200	42545
25°	0.1367	0.8556	413760	48382
40°	0.1469	0.8556	489525	61542
I1 = 96,93 mm/jam				
15°	0.1841	1.34625	388200	96239
25°	0.2139	1.34625	413760	119157
40°	0.2105	1.34625	489525	138730
I1 = 110,5 mm/jam				
15°	0.1753	1.53472	388200	104426
25°	0.2075	1.53472	413760	131741
40°	0.2662	1.53472	489525	199977

Sumber Data : Hasil Analisis 2018

**Gambar48**,memperlihatkan grafik hubungan Laju Limpasan maksimum ( $Q_{\text{max}}$ ) terhadap intensitas curah hujan (I), dimana  $Q_{\text{max}}$  dipengaruhi oleh



**Gambar 48.** Grafik hubungan Limpasan Maksimum ( $Q_{max}$ ) dengan Intensitas Curah hujan ( $I$ ) pada variasi kemiringan, pada tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB)



**Gambar 49.** Grafik hubungan Limpasan Maksimum ( $Q_{max}$ ) dengan kemiringan ( $S$ ) pada variasi Intensitas Curah hujan ( $I$ ), pada tutupan tanah rumput *Block Precast* (TRB).

besarnya curah hujan ( $I$ ), semakin tinggi intensitas hujan maka semakin tinggi pula laju limpasan permukaan, seiring dengan besarnya kemiringan tanah, sehingga dari persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel intensitas hujan diperoleh persamaan ;  $y = 30942x + 19186$  untuk kemiringan  $15^\circ$ , persamaan  $y = 41681x + 16398$  untuk kemiringan  $25^\circ$ , dan persamaan  $y = 69219x + 5023,5$  untuk kemiringan  $40^\circ$ .

Sedangkan hubungan Laju Limpasan maksimum ( $Q_{max}$ ) terhadap kemiringan tanah pada tutupan Tanah *Block Precast* (TB) diperlihatkan pada Gambar 49, dimana bentuk persamaan regresi linear antara variable limpasan permukaan dan variabel kemiringan tanah diperoleh persamaan ;  $y = 9498,1x + 31824$  untuk Intensitas CH 61,6 mm/jam, persamaan  $y = 21245x + 75551$  untuk Intensitas CH 96,93 mm/jam, dan persamaan  $y = 47776x + 49830$  untuk Intensitas CH 110,5 mm/jam.

### Pembahasan dan Diskusi

Dari **Gambar 42** sampai **Gambar 49**, dan dari **Tabel 45** sampai **Tabel 48**, memperlihatkan pengaruh Intensitas Curah hujan ( $I$ ) dan pengaruh kemiringan tanah terhadap Limpasan ( $Q_{max}$ ) pada tutupan tanah tanpa *Block Precast* dan tutupan tanah dengan *Block Precast*, secara umum laju limpasan permukaan yang terjadi meningkat

seiring meningkatnya Intensitas curah hujan (I), begitupula dengan pengaruh kemiringan terhadap laju limpasan memperlihatkan kecendrungan makin meningkat seiring meningkatnya kemiringan.

Hasil analisis tersebut sejalan dengan analisis hasil penelitian **Zulviyah Faisal, Akhmad Azis (2013)**, bahwa nilai-nilai perubahan jumlah debit limpasan yang terjadi, keadaan intensitas hujan tidak cukup berpengaruh terhadap debit limpasan permukaan, ini dilihat pada volume yang tidak begitu besar dikarenakan adanya vegetasi. Vegetasi mampu memecah butiran hujan menjadi lebih kecil dan meredam energy kinetic hujan yang meminimalkan kerusakan pada permukaan tanah sehingga memberi peluang waktu terhadap air untuk berinfiltrasi, karena hujan dan energy kinetiknya mampu memecah partikel-partikel tanah (terutama tanah gundul) menjadi lebih kecil sehingga menyumbat pori-pori tanah dan akibatnya menyulitkan air untuk berinfiltrasi. Namun secara umum dapat disimpulkan bahwa pengaruh intensitas hujan berbanding lurus dengan jumlah aliran permukaan yang terjadi.

Begitupula dengan pengaruh kemiringan terhadap laju limpasan memperlihatkan kecendrungan makin meningkat seiring meningkatnya kemiringan. Hasil analisis ini sejalan juga dengan hasil penelitian **Zulviyah Faisal, Akhmad Azis (2013)**, bahwa kemiringan berpengaruh besar terhadap jumlah aliran permukaan, ini dapat terlihat dari intensitas yang sama dengan kemiringan berbeda. Jumlah limpasan permukaan meningkat pada setiap kemiringan, hal ini disebabkan oleh kecepatan aliran yang meningkat pada setiap peningkatan kemiringan, sehingga semakin besar kemiringan semakin meningkat pula jumlah aliran. Dengan demikian kemiringan berbanding lurus dengan jumlah aliran permukaan.

Dari kontrol tingkat kesesuaian yakni perhitungan koefisien korelasi memperlihatkan bahwa persamaan regresi yang diperoleh memberikan representasi yang cukup baik dari data distrib penelitian ini. Hal ini ditandai dengan nilai R yang mendekati 1, atau sama dengan 1. Hasil persamaan regresi linear yang dihasilkan dari grafik hubungan antara limpasan (Q) dan Intensitas Hujan (I) dapat digunakan untuk menentukan kemiringan tanah (S) yaitu persamaan  $y = 30942x + 19186$  untuk kemiringan  $15^\circ$ , fungsi y bisa dianalogikan sebagai hasil dari debit limpasan  $y = Q$ , maka persamaannya akan menjadi,  $Q = 30942x + 19186$ , sehingga nilai x dapat dianalisis menjadi,  $S \approx \frac{Q}{30942} - 0,62006$ , hasil dari nilai S yang diperoleh dikalikan dengan interval rata-rata kemiringan (satuan derajat ( $^\circ$ ) atau persen (%)) nilai pendekatan kemiringan bisa diperoleh dari persamaan ini.

Begitu pula dengan hasil persamaan regresi linear yang dihasilkan dari grafik hubungan antara limpasan (Q) dan kemiringan tanah (S) dapat digunakan untuk menentukan besarnya Intensitas Curah Hujan dari besarnya laju limpasan (Q), sebagai contoh persamaan  $y = 9498,1x + 31824$  untuk Intensitas CH 61,6 mm/jam, fungsi  $y = Q$  dimasukkan laju limpasan maka akan menjadi,  $Q = 9498,1x + 31824$ , sehingga nilai x dapat ditentukan,  $I \approx \frac{Q}{9498,1} - 3,3505$ , hasil dari nilai x yang diperoleh dikalikan dengan interval rata-rata Intensitas curah hujan (satuan, mm/jam atau satuan, mm/detik) sehingga nilai pendekatan Intensitas curah hujan bisa diperoleh dari persamaan ini dengan salah satu dari satuan tersebut.

## BAB V PENUTUP

### B. Kesimpulan

Menjawab tujuan yang telah dipaparkan pada bagian awal penulisan ini, berdasarkan hasil dan pembahasan penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil penelitian laju dan kapasitas limpasan permukaan (*Surface runoff*) pada tutupan tanah *Block Precast Hexagonal* kombinasi vegetasi rumput (TRB) memiliki laju dan kapasitas limpasan permukaan ( $Q_u$ ) yang tergolong rendah pada intensitas curah hujan sedang dan tinggi ( 61,6 mm/jam, 96,93 mm/jam, dan 110,5 mm/jam), serta pada tanah dengan kemiringan curam dan sangat curam ( $15^\circ$ ,  $25^\circ$  dan  $40^\circ$ ), debit limpasan permukaan ( $Q_u$ ) akan semakin tinggi seiring meningkatnya intensitas curah hujan dan tingginya kemiringan tanah.
2. Hasil analisis kinerja tutupan tanah *Block Precast hexagonal* kombinasi rumput (TRB) sangat signifikan mereduksi limpasan permukaan yakni sebesar 82,1 %, hasil ini tidak berbeda jauh dengan tutupan tanah rumput (TR) sebesar 86 %, di susul tutupan tanah *Block Precast Hexagonal* (TB) sebesar 72,6 %, sedangkan reduksi tutupan tanah kosong (T) sebesar 57,2 %.
3. Persamaan umum yang dihasilkan dari hasil analisis hidrograf yang terjadi pada variasi tutupan tanah berdasarkan waktu dalam mencapai titik konstan, bahwa kemiringan tanah berpengaruh dominan terhadap waktu dalam mencapai titik konstan  $t_{\max} \approx \frac{Q - 2650}{-16,2432}$  (menit), sedangkan persamaan umum yang dihasilkan dari perubahan laju aliran permukaan akibat peningkatan Intensitas dan kemiringan tanah pada variasi tutupan tanah menghasilkan persamaan antara lain ;  $S \approx \frac{Q}{30942} - 0,62006$  (derajat atau %), persamaan debit limpasan  $Q \approx 9498,1x + 31824$  ( $\text{mm}^3/\text{detik}$ ), persamaan Intensitas Curah hujan  $I \approx \frac{Q}{9498,1} - 3,3505$  (mm/jam).

### C. Saran-saran

Dari analisis dan pembahasan hasil penelitian ini, ditemukan beberapa hal yang memerlukan penelitian lanjutan yang sekaligus menjadi *lack of study* dalam penelitian perilaku limpasan, antara lain:

1. Pada penelitian ini jumlah limpasan yang dihasilkan dari *Block Precast Hexagonal* masih lebih besar dibandingkan dengan tutupan tanah rumput, namun kelebihan lain dari model *Block Precast* adalah jumlah tanah yang tergerus akibat limpasan air, yang pada tutupan tanah *Block Precast* lebih kurang daripada tanah rumput, hal ini perlu di uji lebih lanjut karena pada penelitian ini tidak kami teliti.
2. Perlu di uji model lain selain model Hexagonal, juga penelitian model vegetasi rumput selain vetiver.
3. Pada intensitas hujan 96,93 mm/jam perlu dilakukan uji lanjutan karena pada uji model penguatan tebing sungai dengan *Block Precast hexagonal* dengan kombinasi vegetasi rumput tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap limpasan permukaan pada kemiringan tebing 40°.
4. Perlu dilakukan uji lanjutan pada intensitas hujan 110.5 mm/jam karena belum efektif pengaruhnya model penguatan tebing dengan *Block Precast hexagonal* dengan kombinasi vegetasi rumput terhadap limpasan permukaan pada kemiringan tebing sungai 25° dan 40°

## DAFTAR PUSTAKA

- Adityawarman. 2008. ***Pemanfaatan Rumput Vetiver di jalanTol Lingkungan Cipularang***. Seminar Sehari Green Construction Dalam Mewujudkan Pembangunan InfrastrukturBerwawasan. Jakarta: Kementrian PU.
- Agus, F., A. Abdurachman, A. Rachman, S.H. Tala'ohu, A Dariah, B.R. Prawiradiputra, B. Hafif, dan S. Wiganda. 1999. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Jakarta.
- Arief, A. 2001. ***Hutan dan Kehutanan***. Buku. Kanisius. Yogyakarta.
- Arfan, H., dan Pratama, A. 2010. ***Model Eksperimen Pengaruh Kepadatan, Intensitas Curah Hujan dan Kemiringan Terhadap Resapan Pada Tanah Organik***. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Arsyad, S. 2006. ***Konservasi Tanah dan Air***. IPB. Press. Bogor
- Arsyad, Sitanala. (1989). ***Konserfasi Tanah Dan Air***. Bogor : IPB Press
- Arsjad,Sitanala.2010. ***Ilmu Tanah dan Klassifikasi Kesesuaian Tanah untuk Irigasi Penataran Water Management***. Jakarta: PROSIDA
- Asdak, Chay. 1995. ***Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai***.Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Asdak, Chay. 2007. ***Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai***.Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Bentroup, G. and J.C Hoang. 1998. ***The praical streambank bioengineering guide***. USDA NRCS. Aberdeen, ID 55p



- Budiawan, A. 1996. **Dasar – Dasar Teknik Pemanenan Kayu Untuk Program Pendidikan Pelaksanaan Pemanenan Kayu**. IPB Press. Bogor
- Budinetro. H., 2001, **Bio-Engineering**, Proceeding Seminar Asosiasi Eko-Hidrolik (ASEHI) I, ASEHI, Yogyakarta
- Canonica, Lucio, 2013. **Memahami Mekanika Tanah**, Penerbit Angkasa Bandung.
- Chou, C.M, and R.Y. Wang. **Online Estimation of Unit Hydrograph Using The Wavelet-based LMS Algorithm**. Hydrol Sci 47 (5) 721-738, 2002.
- Fischenic, JC .1989. **Channel Erosion Analysis and Control**. In Woessmer, W .and DFology..Potts ,eds Proceeding Headwater Hydrology. American Water Resources Association. Bethesda, Md
- Galib.Ishak,M, Saleh Pallu, M.Arsyad Thaha,Dan Rita Tahir Lopa, 2014. **The Changes Of Superelevation Coefficient Of Flow With Pillar Installed Simultaneously At Interval Of 30 And 60 Along The Channel Bend Of 180** Asian Academic Research Journal Of Multidisciplinary, Japan
- Garanaik, Amrapalli and Sholtes, Joel. 2013. **River Bank Protection**. New York
- Gerken, B., 1988: Auen, **verborgene Lebensadern der Natur (Bantaran Sungai Merupakan Urat Nadi Kehidupan Alam yang Tersembunyi)**, Rombach, Freiburg.
- Goldman, S.J., K.Jakson, dan T.A. Bursztynsky, 1986. **Erosion and Sediment Control**.
- Gudono, **Analisis Data Riset Eksperimen**, 2017, BPFE , Yogyakarta
- Harto, Sri Br. 1993. **Analisis Hidrologi**. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardin dan Putri Bunga Sari (2017) **Uji Pengaruh Pelindung Tebing Sungai Menggunakan Model Pricast Dan Vegetasi Rumput Terhadap Gerusan** Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Indarto, 2010, **Hidrologi**, Dasar teori dan contoh aplikasi Model Hidrologi, PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Kaharuddin, 2014. 1939. **Kajian Pengendalian Laju Sedimen Dengan Bangunan Pengendali Di Das Hulu Batang Gadis** Propinsi Sumatera Utara
- Kodoiatie. dan Syarief. **Pengolaan Air Tanah Berbasis Konservasi Di Recharge Area Boyolali**. (studi kasus recharge area cepogo, Boyolali, Jawa Tengah) Program Pascasarjana. Universitas Diponegoro Semarang.

- Kusminingrum Nanny.201. ***Peranan Rumput Vetiver dan Bahia dalam Meminimasi Terjadinya erosi lereng ( The Role of Vetiver and Bahia Grass in Minimizing Slope Erosion)***, Jurnal Eko Hidrolik.
- Linsley, R.K. dan J. Franzini, 1991. *Teknik sumber day air*. Penerjemah Djoko Sasongko. Erlangga, Jakarta.
- Lobeck, A. K. 1939. ***Geomorphology***. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Laoh, O.E.H, 2002, ***Keterkaitan Faktor Fisik, Faktor Sosial, Ekonomi, dan Tata Guna Lahan di Daerah Tangkapan Air dengan Erosi dan Sedimentasi*** (Studi Kasus Tondano, Sulawesi Utara), IPB, Bogor.
- Lopa, Rita, Yukihiro Shimatani, 2013. ***Evaluating The River Health of Pre- And Post-Restoration In The Kamisaigo River***, Fukuoka, Japan River Restoration Centre 13th Annual Network Conference
- Maryono, A. 2008: ***Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan***. Yogyakarta: GadjahMada University Press.
- Maryono, A., 2005. ***Eko-Hidrolik Pembangunan Sungai***. Yogyakarta : Magister Sistem Teknik Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada
- Muhdi. 2001. ***Studi Kerusakan Tegakan Tinggal Akibat Pemanenan Kayu dengan Teknis Pemanenan Kayu Berdampak Rendah dan Konvensional di Hutan Alam (Studi kasus di areal HPH PT.Suaka Jaya Makmur, Kalimantan Barat)***. Thesis pasca sarjana. IPB. Bogor
- Nanda. Abd. Rakhim, 2017, ***Peranan Akar Pohon Sebagai Media Peningkatan Kapasitas Infiltrasi*** (Disertasi). Program Pascasarjana UNHAS.
- Nanda. Abd. Rakhim, Nurnawaty, 2015, ***Kapasitas Infiltrasi Tanah Timbunan Dengan Tutupan Paving Blok (Uji Model Laboratorium)***. Prosiding SNTT FGDT, Makassar.
- Oktarina, Nur, Rizki, 2015, ***Analisis Hidrograf Limpasan Akibat Variasi Intensitas Hujan dan kemiringan lahan*** (Kajian Laboratorium dengan Simulator Hujan), Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Pamulardi. 1995. ***Hutan, Kehutanan dan Pembangunan Bidang Kehutanan***. Grafindo Persada. Jakarta
- Patt, H., Jurging, P., Kraus, W., 1999: ***Natur nahe Gewässerausbau (renaturalisasi Sungai/ wilayah Keairan)***, Springer Verlag, Berlin.
- Reskiana, ***Teknologi Dalam Perlindungan Sungai***, 2013, Jurnal IPB Bogor

- Rini, DaruSetyo. 2015. **Penerapan Rekayasa Ekohidrolika untuk Penguatan Tebing Sungai dan Pemulihan Habitat Kawasan Suakakan Kali Surabaya**, Jurnal EkoHidrolika.
- Rudianto Wahyu Prabowo (2016) **Analisis Debit Limpasan Permukaan Dengan Menggunakan Alat Rainfall Simulator Pada Tanah Dengan Variasi Kepadatan**. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya.
- Sagala, P. 1994. **Mengelola Lahan Kehutanan Indonesia**. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta
- Sarief, E.Saefuddin, Mahmud Arifin, RahmatHaryanto, Nanang komarudin dan Ade Setiawan. 2006. **Penuntun Praktikum Fisika Tanah**. Bandung: UNPAD Jurusan Tanah FakultasPertanian
- Sarief, Saifuddin. 1983. **Konservasi Tanah dan Air**. Bandung: FakultasPertanian UNPAD
- Sedyowati Laksni, Susanti Eko Indah, Chandra Amalia. Ayudha, 2017 , **Kajian Model Waktu Aliran Pada Permukaan Paving Blok**, Seminar Nasional Teknik FST-UNDANA Tahun 2017.
- Septriyadi, R. & Hamhaber, J. 2013. **Hazard Assesment to Tidal Flood Inundation (case study : Tegal Municipality)**, International Journal of Geography Vol. 45. No.1 pg 24-27.
- Sinukaban, N., 2003. Bahan Kuliah Teknologi Pengelolaan DAS. Institut Pertanian Bogor.
- Bogor.Suprayogi. Slamet, Purnama.Setyawan, Darmanto Darmokusomo. 2015. **Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**, Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Seyhan. 1990. **Dasar-dasar hidrologi**. Gajah mada university, press Yogyakarta.
- Soemarto, **Hidrologi Teknik**. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1999.
- Sri Harto, **Analisis Hidrologi**. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1993.
- Sudarja adiwikarta dan akub tisasomantri. (1977), **geometrologi jilid I** Bandung Jurusan Pend. Geografi IKIP Bandung.
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan Berkelanjutan**. Yogyakarta:Penerbit ANDI.
- Subarkah, Imam. 1980. **Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air**. Bandung. Idea Dharma

- Thaha M Arsyad, Radianta Triatmadja ,A. Ildha Dwipuspita. 2011. ***The Hydraulic Behavior of Vertical Jet Sediment Bed Fluidization from the Vortex Growth Point of View***, International Journal of Hydraulic Engineering p-ISSN: 2169-977, e-ISSN: 2169-9801
- Triatmodjo, Bambang, 2013. ***Hidrologi Terapan***. Cetakan ke-3, Beta Offset, Yogyakarta.
- Truong, P., Tran Tan Van and Elise Pinners. 2008. ***Vetiver Grass – The Plant. The Vetiver System***, Vietnam 2000-2008
- U.S. soil conservation service, 1973 ***national engineering handbooks***. Section 4, hydrology, Washington, D.C
- Wilson, M, E, 1993. ***Hidrologi Teknik*** (diterjemahkan oleh Purbuhadiwidjoyo) ITB, Bandung.
- Zulviyah, Faisal , Akhmad, Azis (2013) ***Penentuan Limpasan Permukaan Pada Tanah Bervegetasi Dengan Variasi Intensitas Hujan dan Kemiringan Menggunakan Rainfall Simulator***. Departemen Of Civil Engineering.
- Ziliwu, Yuliman 2002. ***Pengaruh Beberapa Macam Tanaman terhadap Aliran Permukaan dan Erosi***, (Tesis). Program Pasca Sarjana UNDIP, Semarang.

## CURRICULUM VITAE

### DATA PRIBADI

Nama : ARSYUNI ALI MUSTARY,ST,MT.  
Tempat dan Tanggal Lahir : Sungguminasa, 3 April 1972  
Alamat : JL. KH Wahid Hasyim 213 Sungguminasa Gowa  
Telepon/ HP : 0411-861202/ 08211 014 6777  
e-mail : arsyuni.jinne@gmail.com

### DATA KELUARGA

Nama Anak : Aisyah Humaerah  
Muhammad Fajrin Mubarak  
Nabilah Zakiyah  
Nama Ayah : H. Ali Mustary Badollahi  
Nama Ibu : Dra.Hj. Muzdalifah Wahab.

### RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SDN VI Bontokamase, Sungguminasa Kab.Gowa, Sulawesi Selatan 1984

2. Tsanawiyah Pesantren Darul Arqam Gombara, Mandai, Makassar, 1987
3. Madrasah Aliyah Negeri I Makassar, Sulawesi Selatan, 1990
4. S1 Teknik Sipil Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar, 1998
5. S2 Megister Teknik Sipil, Konsentrasi Perancangan Prasarana, Universitas Hasanuddin, Makassar, Sulawesi Selatan, 2006

## RIWAYAT PEKERJAAN

1. Konsultan Teknik SPL OECF INP 23 Local Government, Kab. Polmas, Tahun 2000
2. Dosen Fakultas Teknik Unismuh Makassar, Prodi Sipil Pengairan, Tahun 2000 - Sekarang
3. Konsultan Teknik Pilot Project PKP2D, Kab.Sinjai, 2003
4. Sekertaris Jurusan Sipil Pengairan, Unismuh Makassar, 2004-2008
5. Konsultan Teknik P2TPD/ ILGRP, Kabupaten Gowa, 2010
6. Konsultan SDA, TKPSDA, BBWSPJ, WS.Jeneberang, 2011
7. Wakil Dekan II, Fakultas Teknik Unismuh Makassar, 2013 - 2017
8. Konsultan TA SDA, BBWSPJ, Sempadan Sungai Tallo, 2016
9. Konsultan TA SDA, BBWSPJ, Kajian Sempadan Danau Tempe, 2017
10. Konsultan TA SDA, BBWSPJ, Kajian Sempadan Sungai Maros, 2018

## PUBLIKASI ILMIAH

1. Publikasi Ilmiah Proposal Penelitian Volume XXXVI-September 2016, Program Doktor Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.  
Judul: Model Revetment Block Precast Hexagonal Kombinasi Vegetasi Rumput Sebagai Perkuatan Tebing Sungai.
2. Proceedings Of The IRES International Conference, IRAJ, International Convergence 9<sup>th</sup> – 10<sup>th</sup> October 2017, Yokohama , Japan  
Judul : The Combination Of Hollow Precast Block And Vegetation To Reduce Runoff On Slope.
3. Prosiding Seminar Nasional, Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi RETII, 9 Desember 2017, Yogyakarta  
Judul: Penggunaan Block Pracetak Heksagonal dan Vegetasi Rumput untuk Mengurangi Limpasan Permukaan pada Tebing.

4. Publikasi Ilmiah Proposal Penelitian Volume XLV-Januari 2018, Program Doktor Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.  
Judul: Penggunaan Block Pracetak Heksagonal dan Vegetasi Rumput untuk Mengurangi Limpasan Permukaan pada Tebing.
5. Publikasi Ilmiah Proposal Penelitian Volume XLVII – April 2018, Program Doktor Teknik Sipil Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin.  
Judul: Model *Block Precast Hexagonal* Kombinasi Vegetasi Rumput Sebagai Proteksi Limpasan Permukaan pada Tebing.
6. International Journal Of Civil Engineering and Technology (IJCIET). International Association for Engineering and Management Education (IAEME), 24 September 2018.  
Judul: Hexagonal Precast Block Model Combine With Grass Vegetation as Surface Runoff Protection on Cliff.