

MODEL HUBUNGAN HUJAN DAN *RUNOFF*

(STUDI LAPANGAN)

Deny Arista Agustianto

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang Sumatera Selatan
Email : denymovic_25@ymail.com

Abstract

This research present the model study on the relation between rainfall pattern and surface run off flows of a small catchment area. The influences of catchment area characteristics such as land use, soil behavior, topography condition and other related physical condition was investigated. Surface runoff flow and peak discharge assessment was done at each sub catchment area by using Rasional method. Application of this model was to make predictions about the large pattern and surface runoff flow discharge on the channel modeling that occurs due to rain. Results of studies that have been done on modeling the river flow showed that the variables that most influence was the runoff coefficient based on land use and rainfall patterns will affect other parameters such as the time the water flows from the catchment area to the drainage chanel modeling and drainage characteristic. Close agreement between model result and rasional method is shown on surface run off flow and peak discharge. This inaccuracy could be minimized not only by improving the model but also using a better data calibration, such as highly correlated rainfall and river discharge data with catchment area land use condition.

Keywords : *Rainfall, surface runoff, time of concentration, flow discharge, rasional method*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan dan kondisi ekosistem Daerah Aliran Sungai (DAS) atau sering disebut cekungan sungai merupakan salah satu isu nasional dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dikarenakan salah satu variabel terjadinya banjir adalah kondisi DAS yang kritis, seperti terjadinya penyimpangan tata guna lahan. Kondisi ini menyebabkan berkurang atau malah hilangnya daerah resapan sebagai penyangga terhadap beban banjir yang terlalu besar akibat tingginya curah hujan yang terjadi

Pada sisi lain, kondisi sungai juga sangat mempengaruhi terhadap kapasitas angkut akibat limpasan langsung (*runoff*) dari DAS. Kondisi ini dapat dikatakan bahwa manajemen DAS (dalam artian lahan, penutup, dan lain-lain), karakteristik sungai sangat mempengaruhi terhadap bencana banjir yang sering terjadi dalam beberapa tahun terakhir. Di luar variabel tersebut, partisipasi masyarakat dalam ikut peduli terhadap kesinambungan lingkungan sangat signifikan mengurangi beban banjir yang terjadi.

Oleh sebab itu untuk memperhitungkan besarnya hujan yang akan memasuki palung sungai sangat tergantung pada kondisi DAS dengan beberapa variabel yang berpengaruh seperti tata guna lahan, jenis penutup, jenis tanah maupun pola curah hujan yang terjadi pada wilayah tersebut. Disamping itu hujan yang menjadi limpasan pada permukaan DAS secara otomatis akan mengerosi lapisan atas lahan, yang selanjutnya akan dibawa ke palung sungai sehingga volume aliran permukaan sungai tersebut sangat besar pengaruhnya. Oleh sebab itu untuk memprediksi besarnya *runoff*

sangat tergantung kondisi DAS dan pola hujan yang terjadi, disamping karakteristik sungai itu sendiri.

Berdasarkan hal tersebut di atas, dalam studi penelitian ini dilakukan pengkajian tentang hubungan hujan dan *runoff* studi lapangan. Dalam kajian ini dibatasi hanya mengkaji pola hubungan hujan, limpasan yang terjadi berdasarkan variasi curah hujan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menganalisis besarnya nilai koefisien *runoff* terhadap curah hujan yang terjadi ?
2. Bagaimana menganalisis dan mengevaluasi laju aliran permukaan yang terjadi pada permodelan penelitian studi lapangan ?
3. Bagaimana menganalisis debit puncak aliran berdasarkan hujan yang sedang berlangsung ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang ada, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis besarnya koefisien *runoff* yang terjadi berdasarkan curah hujan di lapangan .
2. Menganalisis dan mengevaluasi laju aliran permukaan yang terjadi pada permodelan penelitian studi lapangan.
3. Menganalisis debit puncak yang terjadi pada pengamatan langsung dan membandingkannya dengan menggunakan metode rasional.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup wilayah pada daerah penelitian adalah pemodelan *runoff* di lapangan dan pengamatan curah hujan di Laboratorium Mekanika Fluida dan Hidro Universitas Sriwijaya

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Penelitian Sebelumnya

2.1.1. Pemodelan Hubungan Hujan, Limpasan dan Kapasitas Erosi pada Suatu DAS yang Masuk ke Palung Sungai

Hang Tuah Salim, M. Syahril Badri Kusuma, dan Nazili (2006), telah melakukan penelitian tentang pemodelan hubungan hujan, limpasan dan kapasitas erosi pada suatu das yang masuk palung sungai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan limpasan akibat fenomena curah hujan yang menyebabkan terjadinya erosi lahan. Sebagian dari erosi lahan ini akan masuk ke palung sungai. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memahami pola hubungan hujan, limpasan dan erosi lahan yang terjadi berdasarkan variasi curah hujan.

2.1.2. Perubahan Koefisien limpasan (*runoff coefficient*) di Daerah Aliran Sungai Ular

Sakina Hamza (2010), telah melakukan observasi Perubahan Koefisien limpasan (*runoff coefficient*) di Daerah Aliran Sungai Ular. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui koefisien limpasan pada DAS Ular dengan data debit rata-rata sungai Ular sebagai parameter utama. Mengetahui koefisien limpasan pada DAS Ular dengan parameter utama adalah data tata guna lahan pada DAS Ular. Kemudian dari hasil yang diperoleh dilakukan prediksi tata guna lahan pada tahun yang akan datang. Berdasarkan nilai koefisien limpasan pada DAS Ular dengan data tata guna lahan sebagai parameter utama, maka dihitung debit banjir maksimum pada tiap tahun pengamatan. Dengan adanya penelitian ini diharapkan memberikan masukan, menambah pengetahuan dan wawasan akan kondisi DAS Ular bagi masyarakat dan pemerintah. Selain itu juga diharapkan dapat meningkatkan kesadaran kita sebagai pengguna air mengenai pentingnya mengelola sumberdaya air. Dan semoga penelitian ini dapat menjadi pedoman atau bahan pertimbangan dalam penerapannya di lapangan.

2.2 Tanggapan Model

Model yaitu suatu bentuk aliran yang dibuat sedemikian rupa sehingga dapat dijadikan sebagai acuan didalam penelitian sebagai penerapan di lapangan. Suatu model diberi batasan sebagai kumpulan objek dan subsistem yang disatukan dengan beberapa bentuk interaksi (saling-tindak) yang beraturan. Sebaliknya, subsistem-subsistem terdiri atas komponen-komponen dan/atau peubah-peubah yang semuanya bersama-sama membentuk subsistem yang khusus tersebut, yang berhubungan dengan subsistem lainnya. Bila kita memandang suatu model yang mengalir yang dapat

diterapkan pada suatu daerah aliran sungai, maka akan tampak bahwa struktur model dari sistem ini adalah

MASUKAN → SISTEM STUKTUR → KELUARAN

Daerah aliran sungai yang merupakan lahan total dan permukaan air yang dibatasi oleh suatu batas-air topografi dan dengan salah satu cara memberikan sumbangan terhadap debit suatu sungai pada suatu irisan melintang tertentu. Faktor-faktor berikut adalah

1. Faktor iklim
2. Faktor tanah
 - a) Topografi
 - b) Tanah
 - c) Geologi
 - d) Geomorfologi

2.3 Analisis Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang berkaitan dengan air bumi, terjadinya, peredaran dan distribusinya, sifat-sifat kimia dan fisiknya dan reaksi dengan lingkungannya, termasuk hubungannya dengan makhluk-makhluk hidup. Karena perkembangannya begitu cepat, hidrologi telah menjadi ilmu dasar dari pengelolaan sumberdaya-sumberdaya air yang merupakan pengembangan, distribusi dan penggunaan sumberdaya-sumberdaya air secara terencana. Banyak proyek di dunia (rekayasa air, irigasi, pengendalian banjir, drainase, tenaga air dan lain-lain) dilakukan dengan terlebih dahulu melaksanakan survei kondisi-kondisi hidrologi yang cukup. Survei-survei tersebut meliputi prosedur-prosedur pengumpulan data di lapangan, sampai pemrosesan data dan karena itu menghasilkan data sesuai dengan tujuan yang telah direncanakan (Bambang Triatmodjo, 2008).

2.4 Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (*catchment area, basin, watershed*) merupakan daerah dimana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan. Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi yang berarti ditetapkan berdasarkan aliran air permukaan. Batas ini tidak dapat ditetapkan berdasarkan air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian.

2.5. Hidrometri

Hidrometri merupakan ilmu pengetahuan tentang cara-cara pengukuran dan pengolahan data unsur-unsur aliran. Pada bab ini akan diberikan uraian tentang beberapa cara pengukuran data unsur aliran meliputi tinggi muka air, debit aliran dan kualitas.

- Pengukuran yang langsung dilakukan di stasiun hidrometri meliputi tinggi muka air, kecepatan aliran, luas penampang aliran, dan pengambilan sampel air. Sampel air dianalisis di laboratorium guna mengetahui kandungan atau konsentrasi sedimen melayang (*suspended load*).
- Fluktuasi muka air dinyatakan dalam grafik hidrograf muka air (*stage hydrograph*).

- Selanjutnya dengan data luas tampang aliran dan kecepatan rerata aliran dapat dihitung debit aliran yang berupa hidrograf debit (*discharge hydrograph*).
- Pengukuran tinggi muka air dimaksudkan untuk mengetahui posisi muka air (atau kedalaman aliran) suatu sungai di lokasi stasiun hidrometri pada waktu tertentu. Pengertian waktu dalam hal ini terkait dengan periode pengukuran/pencatatan muka air. Pengukuran dapat dilakukan pada jam-jam tertentu atau secara terus menerus (kontinyu). Untuk hal pertama dapat digunakan papan duga berskala atau sering disebut sebagai alat pengukur manual. Sedangkan untuk pendataan kontinyu digunakan alat pengukur muka air otomatis (AWLR).

2.5.1. Pengukuran Debit Aliran

Besarnya aliran tiap waktu atau disebut dengan debit, akan tergantung pada luas tampang aliran dan kecepatan aliran rerata. Pendekatan nilai debit dapat dilakukan dengan cara mengukur tampang aliran dan mengukur kecepatan aliran tersebut.

Beberapa cara pengukuran kecepatan arus aliran sungai yang banyak digunakan adalah sebagai berikut ini :

1. Pengukuran kecepatan arus dengan pelampung

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan apabila dikehendaki besaran kecepatan aliran dengan tingkat ketelitian yang relatif rendah. Kecepatan arus dapat dihitung dengan $v = L/T$ (m/det).

2. Pengukuran kecepatan arus dengan *Velocity Head Rod*

Dengan alat ini hasil pengukuran yang didapat juga tidak begitu teliti dan yang terukur adalah kecepatan aliran permukaan. Sebaiknya digunakan pada pengukuran yang dikehendaki secara cepat pada kecepatan aliran yang lebih besar dari 1m/detik. Kecepatan arus aliran dapat didekati dengan:

$$V = \sqrt{2g(H_2 - H_1)} \quad (1)$$

3. Pengukuran kecepatan arus dengan *Trupp's Ripple Meter*

Alat ukur kecepatan arus ini mempunyai ketelitian hasil yang lebih baik dari alat terdahulu. Prinsip yang digunakan adalah dengan mengamati sudut yang dibentuk oleh riak pada hilir batang yang dipancang pada aliran sungai. Makin besar kecepatan aliran, sudut ini akan makin kecil. Pengukuran dapat dilakukan sebagai berikut ini.

- Kecepatan aliran permukaan dapat didekati dengan:

$$V = C x X \quad (2)$$

Dimana :

- V = kecepatan aliran permukaan (feet/det),
- C = tetapan sebesar 0,40,
- X = variabel yang tergantung dari nilai W

4. Pengukuran kecepatan arus dengan *Current Meter*

Alat ini paling umum digunakan karena dapat menghasilkan ketelitian yang cukup baik. Prinsip kerja alat ukur ini adalah dengan mencari hubungan antara

kecepatan aliran dan kecepatan putaran baling-baling *current meter* tersebut. Umumnya hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$V = an + b \quad (3)$$

Dimana :

- V = kecepatan aliran,
- n = jumlah putaran tiap waktu tertentu,
- a, b = tetapan yang ditentukan dengan kalibrasi alat di laboratorium

5. Pengukuran kecepatan arus dengan pintu air

Alat ini juga digunakan dalam mengukur kecepatan aliran. Prinsip kerja alat ukur ini adalah dengan mencari hubungan antara kecepatan aliran dan tinggi aliran yang melewati pintu air. Ada beberapa jenis pintu air yang umumnya digunakan antara lain sebagai berikut :

- Pintu air angkat.
- Pintu air segmen.
- Pintu air gelinding.
- Pintu air drum.
- Pintu air v notch / Thomson.

Pada penelitian ini penulis menggunakan pintu air v notch / thomson. Sekat ukur ini berbentuk segitiga sama kaki dengan sudut 90° , disebut sesuai dengan nama orang yang menggunakan pertama kali yaitu orang Inggris bernama Y. Thomson. Sekat ukur ini digunakan untuk mengukur debit yang relative kecil dan sering dipakai untuk mengukur air saluran tersier dan kwarter atau di kebun tebu. Alat ini dapat dibuat dalam bentuk yang dapat dipindah-pindahkan (portable).

Sekat ukur ini menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{8}{15} C_d \tan \frac{\theta}{2} h^{5/2} \sqrt{2g} \quad (4)$$

Dimana:

- Q = debit air (m³/det)
- C_d = koefisien Kontraksi (0,5-0,6)
- h = tinggi muka air(m)
- θ = sudut ambang tajam
- g = gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/det}^2$)

2.6. Hujan

2.6.1. Pengertian Umum

Hujan merupakan komponen masukan yang paling penting dalam proses hidrologi, karena jumlah kedalaman hujan (*rainfall depth*) ini yang dialihragamkan menjadi aliran di sungai, baik melalui limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran antara (*interflow, sub surface flow*) maupun sebagai aliran air tanah (*groundwater flow*).

2.7. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah tinggi atau kedalaman air hujan per satuan waktu (Suripin, 2003). Intensitas curah hujan menyatakan besarnya curah hujan dalam jangka pendek yang memberikan gambaran deras hujan perjam. Untuk mengolah data curah hujan menjadi intensitas curah hujan digunakan cara statistik dari data pengamatan durasi hujan yang terjadi. Dan apabila tidak dijumpai data

untuk setiap durasi hujan, maka diperlukan pendekatan secara empiris dengan berpedoman kepada durasi 60 menit dan pada curah hujan harian maksimum yang terjadi setiap tahun. Cara lain yang digunakan adalah dengan mengambil pola intensitas hujan untuk kota lain yang memiliki kondisi hampir sama. Untuk merubah curah hujan menjadi intensitas hujan dapat digunakan metode diantaranya:

1. Metode Van Breen

Penurunan rumus yang dilakukan Van Breen didasarkan atas anggapan bahwa durasi hujan yang ada di pulau Jawa terkonsentrasi selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90% hujan total selama 24 jam. Persamaan tersebut sebagai berikut:

$$I = \frac{90\% R_{24}}{4} \quad (5)$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

R₂₄ = Curah Hujan harian maksimum (mm/24jam)

2. Bell Tanimoto

Intensitas (mm/jam) menurut Metode Bell Tanimoto dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$I_t^t = \frac{60}{t} R_t^t \quad (6)$$

3. Hasper dan Der Weduwen

Intensitas (mm/jam) menurut Metode Hasper dan Der Weduwen dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$I_t^t = \frac{R_t^t}{t} \quad (7)$$

2.7.1. Pemilihan Metode Analisis Intensitas Curah Hujan

Besarnya intensitas curah hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekuensi kejadiannya. Beberapa rumus intensitas curah hujan yang dihubungkan dengan hal-hal ini, telah disusun sebagai rumus-rumus eksperimental sebagai berikut (Kensaku Takeda, 2006) :

Rumus Dr. Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (8)$$

dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = durasi curah hujan, (jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

runoff). Aliran air tanah merupakan jumlah volume aliran air tanah dari tiap lapisan air tanah di akhir tiap interval waktu.

Jika intensitas curah hujan melebihi laju infiltrasi, maka kelebihan air mulai berakumulasi sebagai cadangan permukaan. Bila kapasitas cadangan permukaan dilampaui (merupakan fungsi depresi permukaan dan gaya tegangan muka), limpasan permukaan mulai sebagai suatu aliran lapisan yang tipis. Pada akhirnya, lapisan aliran air ini berkumpul ke dalam aliran air sungai yang diskrit. Dalam artian yang umum, air yang mengalir pada saluran-saluran yang kecil ini, parit-parit, sungai-sungai dan aliran-aliran merupakan kelebihan curah hujan terhadap evapotranspirasi, cadangan permukaan dan air bawah tanah. Besarnya volume aliran ini tergantung pada intensitas hujan yang berlangsung, Semakin besar intensitas hujan maka akan semakin besar pula volume aliran pada suatu saluran. Maka dari itu akan ditinjau lebih dalam lagi hubungan antara hujan dan runoff.

2.8.2. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Limpasan

Aliran sungai itu tergantung dari berbagai faktor secara bersamaan. Faktor-faktor tersebut dibagi dalam 2 kelompok, yakni elemen meteorologi yang diwakili oleh curah hujan dan elemen daerah pengaliran yang menyatakan sifat-sifat fisik daerah pengaliran.

2.8.3. Metode Rasional

Metode ini merupakan metode tertua yang dikembangkan hanya untuk memprediksi besarnya debit puncak tanpa melihat sebaran besar debit terhadap waktu. Pada metode ini diasumsikan bahwa bila intensitas hujan selama waktu pengeringan DAS dari air akibat hujan tersebut konstan, maka intensitas dari aliran permukaannya akan sama dengan intensitas hujan yang turun.

Anggapan ini tentu saja hanya berlaku untuk DAS yang berukuran kecil dengan permukaan impermeable seperti areal parker dll. Anggapan tersebut dapat dituliskan dalam formulasi sbb (Kensaku Takeda, 2006) :

$$Q = 0,278 C.I.A \quad (9)$$

dimana :

Q = Debit banjir maksimum (m³/detik)

C = koefisien pengaliran/ limpasan

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas tangkapan air efektif (km²)

Adapun mengenai koefisien limpasan (C) dapat ditentukan harganya berdasarkan tabel berikut ini. Tabel .1 Nilai Koefisien Limpasan untuk Persamaan Rasional

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Rerumputan		Industri	
Tanah pasir, datar	0,50 - 0,10	Daerah ringan	0,50 - 0,80
Tanah pasir, sedang	0,10 - 0,15	Daerah berat	0,60 - 0,90
Tanah pasir, Curam	0,15 - 0,20	Taman, kuburan	0,10 - 0,25
Tanah gemuk, datar	0,13 - 0,17	Tempat bermain	0,20 - 0,35
Tanah gemuk, sedang	0,18 - 0,22	Halaman kereta api	0,20 - 0,40
Tanah gemuk, Curam	0,25 - 0,35	Daerah tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
Perdagangan		Jalan :	
Daerah kota lama	0,75 - 0,95	Beraspal	0,70 - 0,95
Daerah pinggiran	0,50 - 0,70	Beton	0,80 - 0,95
Perumahan		Batu	0,70 - 0,85
Daerah single family	0,30 - 0,50	Atap	0,75 - 0,95
Multi unit terpisah	0,40 - 0,60		
Suburban	0,25 - 0,40		
Daerah apartemen	0,50 - 0,70		

2.9. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan oleh air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai ketempat keluaran DAS (titik kontrol) setelah tanah menjadi jenuh dan depresi-depresi kecil terpenuhi. Dalam hal ini diasumsikan bahwa jika durasi hujan sama dengan waktu konsentrasi, maka setiap bagian DAS secara serentak telah menyumbangkan aliran terhadap titik kontrol. Suripin (2003) menyebutkan cara untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah dengan rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940).

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{100 \times S} \right)^{0,385} \quad (10)$$

dimana :

t_c = waktu konsentrasi

L = panjang saluran utama

S = kemiringan rata-rata saluran utama

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakan menjadi dua komponen, yaitu

1. Waktu yang diperlukan air untuk mengalir dipermukaan lahan sampai saluran terdekat t_0 dan t_d
2. Waktu perjalanan dari pertama masuk saluran sampai titik saluran t_d , maka

$$t_c = t_0 + t_d \quad (11)$$

dimana:

$$t_0 = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right) \text{ menit} \quad (12)$$

dan

$$t_d = \frac{L_s}{60 V} \text{ menit} \quad (13)$$

dimana :

t_c = waktu konsentrasi

t_0 = waktu yang diperlukan air sampai saluran terdekat (menit)

t_d = waktu perjalanan di saluran (menit)

n = angka kekasaran Manning

S = kemiringan lahan

L = panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan (m)

L_s = panjang lintasan aliran didalam saluran/sungai (m)

V = kecepatan aliran di dalam saluran (m/det)

2.10. Analisa Saringan

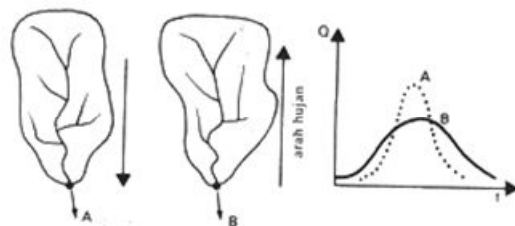
Sifat suatu tanah tergantung juga pada ukuran butiran, oleh karena itu pengukuran butiran tanah sangat penting didalam mekanika tanah sebagai dasar untuk mengklasifikasi tanah tersebut. Dalam menentukan ukuran butiran tanah dapat kita lakukan dengan dua cara, yaitu analisa saringan dan analisa *hydrometer*. Menurut ukuran partikelnya, British standart mengklasifikasikan tanah menjadi lima yaitu lempung, lanau, pasir, kerikil, *cobbles* dan *boulders*.

2.11. Hidrograf Aliran Sungai

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) hidrograf aliran sungai (*stream flow hydrograph*) adalah suatu grafik (*graph*) yang menggambarkan hubungan antara debit air sungai (*stream discharge*) dan waktu (*Time*) sedangkan kurva yang menggambarkan hubungan antara hujan (*water input*) dan waktu disebut dengan *hyetograph*.

Menurut Bambang Triatmodjo (2008) bentuk dari kurva hidrograf dipengaruhi oleh beberapa komponen diantaranya adalah *surface runoff*, *interflow*, *ground water (base flow)* dan *channel precipitation*. Aliran permukaan (*surface run-off*) terjadi hanya setelah intensitas curah hujan yang terjadi melampaui kapasitas infiltrasi ($i > f$) dan kapasitas tanah sudah terisi penuh. Bentuk dan waktu aktual dari hidrograf ditentukan oleh seberapa besar ukuran, bentuk, kemiringan, dan daya tampung kolom sungai dan juga durasi atau input curah hujan.

Bentuk hidrograf yang berasal dari hujan tunggal berdurasi pendek yang jatuh di atas DAS mengikuti suatu bentuk umum. Bisa kita lihat pada gambar grafik hidrograf yang tertera di bawah ini :



Gambar 1. Arah Gerakan Hujan dan Limpasan yang Dhasilkan. Dua hujan dengan jumlah yang sama menyebabkan hidrograf limpasan yang berlainan

2.11.1. Macam-macam Hidrograf

1. Hidrograf satuan (*unit hydrograph*)

Pada tahun 1932, L.K. Sherman mengenalkan konsep hidrograf satuan, yang banyak digunakan untuk melakukan transformasi dari hujan menjadi debit aliran. Hidrograf satuan didefinisikan sebagai hidrograf limpasan langsung (tanpa aliran dasar) yang tercatat di ujung hilir Daerah Aliran Sungai (DAS) yang ditimbulkan oleh hujan efektif sebesar 1 mm yang terjadi secara merata di permukaan DAS dengan intensitas tetap dalam suatu durasi tertentu.

Metode hidrograf satuan banyak digunakan untuk memperkirakan banjir rancangan. Metode ini relatif sederhana, mudah penerapannya, tidak memerlukan data kompleks dan memberikan hasil rancangan yang cukup teliti. Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan terukur di DAS yang ditinjau adalah data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol.

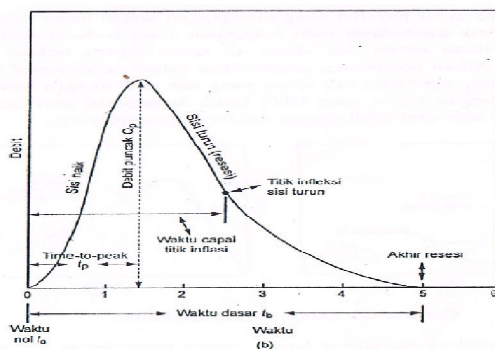
2. Hidrograf Alami (Hidrograf Satuan Sintetik)

Cara ini dipakai sebagai upaya memperoleh hidrograf satuan suatu DAS yang belum pernah diukur. Dengan pengertian lain tidak tersedia data pengukuran debit maupun data AWLR (Automatic Water Level Recorder) pada suatu tempat tertentu dalam sebuah DAS yang tidak ada stasiun hydrometer. Hidrograf satuan sintetik secara sederhana dapat disajikan empat sifat dasarnya yang masing – masing disampaikan sebagai berikut :

1. Waktu naik (Time to Peak), yaitu waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai berakhirnya limpasan langsung atau debit sama dengan nol.
2. Debit puncak (Peak Discharge, QP)
3. Waktu dasar (Base Time, TB), yaitu waktu yang diukur dari saat hidrograf mulai naik sampai berakhirnya limpasan langsung atau debit sama dengan nol.

2.11.2. Parameter Hidrograf

Hidrograf mempunyai tiga komponen pembentuk yaitu aliran permukaan, aliran antara, dan aliran air tanah. Hidrograf mempunyai bentuk seperti diberikan dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 2. Komponen hidrograf

Waktu nol (zero time) menunjukkan awal hidrograf. Puncak hidrograf adalah bagian dari hidrograf yang

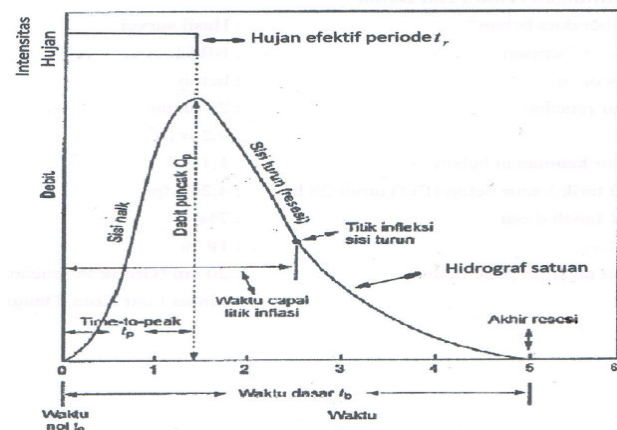
menggambarkan debit maksimum. Waktu capai puncak (time to peak) adalah waktu yang diukur dari waktunol sampai waktu terjadinya debit puncak. Sisi naik ((rising limb) adalah bagian dari hidrograf yang antara waktu nol dan waktu capai puncak. Sisi turun (recession limb) adalah bagian dari hidrograf yang menurun antara waktu capai puncak dan waktu dasar. Waktu dasar (time base) adalah waktu yang diukur dari waktu nol sampai dimana sisi turun berakhir.

2.11.3. Hubungan Hujan dengan Hidrograf

Data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf terukur di DAS yang ditinjau adalah berdasarkan data hujan otomatis dan pencatatan debit di titik kontrol pada pengamatan lapangan.

Dari data hujan dan hidrograf limpasan langsung yang tercatat setiap interval waktu tertentu (misalnya tiap jam), selanjutnya dilakukan pemilihan data untuk analisis selanjutnya, sehingga berdasarkan intensitas hujan pada interval waktu tertentu didapatkan debit puncak yang akan digambarkan pada grafik hidrograf. Mengingat sifat DAS tidak berubah dari hujan yang satu dengan hujan yang lain, maka hidrograf yang dihasilkan oleh hujan dengan durasi dan pola yang serupa memberikan bentuk dan waktu dasar yang serupa pula. Variasi sifat hujan mempunyai pengaruh signifikan pada bentuk hidrograf, yang meliputi durasi hujan, intensitas, dan distribusi hujan pada DAS.

Berikut ini merupakan grafik hubungan antara hujan dengan dengan hidrograf yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Grafik Hubungan hujan dengan hidrograf

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun penelitian ini difokuskan daerah belakang fakultas pertambangann Universitas Sriwijaya.

3.2 Pengumpulan Data

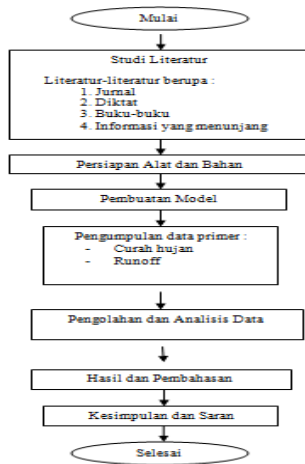
Data yang diperlukan dalam penelitian ini terdiri atas data primer. Data primer adalah data yang di peroleh berdasarkan penelitian dengan menggunakan alat *Precipitation Recorder* di laboratorium Hidrolika Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya dan pengamatan langsung pada permodelan.

3.3 Pengolahan dan Analisis Data

Pada penelitian ini dilakukan permodelan *Runoff* di lapangan, serta mendapatkan data curah hujan dari alat *Precipitation Recorder*. Kemudian menghitung debit berdasarkan penelitian di lapangan dan menghitung dengan menggunakan metode rasional. Setelah dilakukan pembahasan maka akan didapat kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian di lapangan.

3.4 Bagan Alir Metodologi Penelitian

Berikut ini adalah bagan alir skema urutan kerja penelitian :



Gambar 3.1. Skema Kerja Penelitian

Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perhitungan Debit Puncak Berdasarkan Pengamatan di Lapangan

Debit aliran pada diukur permodelan limpasan di area belakang fakultas pertambangan Universitas Sriwijaya, dengan menggunakan bangunan ukur *vnotch* pada hilir aliran permodelan. Perhitungan debit berdasarkan pengamatan langsung menggunakan bangunan ukur *vnotch* dilakukan dengan rumus :

$$Q = \frac{8}{15} Cd \cdot \tan \frac{\theta}{2} \cdot d^{5/2} \sqrt{2 \cdot g}$$

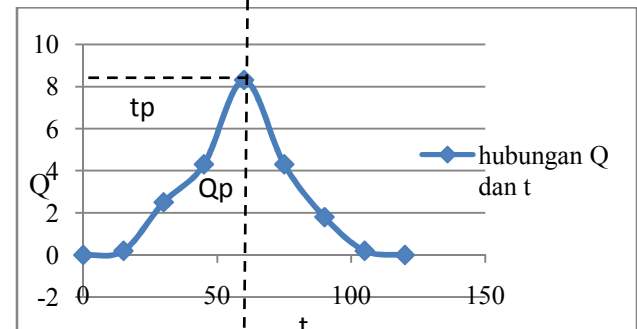
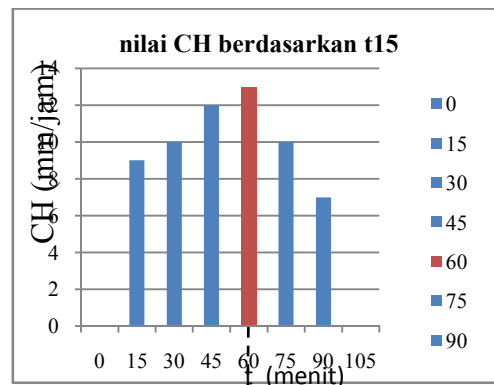
Hasil perhitungan pengamatan pertama

Pengamatan pertama yang dilakukan menghasilkan data yang tertera dalam tabel berikut :

Tabel 2. Data hubungan $Q \times 10^{-3}$ berdasarkan t(per 15 menit)

t(menit)	0	15	30	45	60	75	90	105	120
Q(m/det)	0	0,2	2,5	4,3	8,3	4,3	1,8	0,2	0

Dari hasil pengamatan di lapangan dan setelah dihitung nilai Q maka dapat dibuat grafik hubungan antara Q dengan t. Berikut ini adalah hidrograf hubungan antara Q dan t pengamatan langsung di Lapangan yang dapat dilihat pada grafik yang tertera dibawah ini :



Gambar 5. Grafik hubungan antara debit dan waktu

Dari grafik Hubungan antara debit dan waktu terjadinya hujan diatas maka dapat kita lihat :

nilai Debit puncak (Q_p) : $8,3299 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$

nilai Waku untuk Q puncak (t_p) : 60 menit

nilai Q_p tercapai pada saat menit ke 60, saat terjadinya hujan dengan intensitas hujan $I = 36,6905 \text{ mm/jam}$

4.2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Berdasarkan Pengamatan pada Alat Pencatat hujan *Precipitation Recorder*

Data curah diukur dengan menggunakan alat pencatat hujan, Perhitungan dilakukan dengan rumus :

$$I = \frac{CH}{t}$$

Ringkasan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut

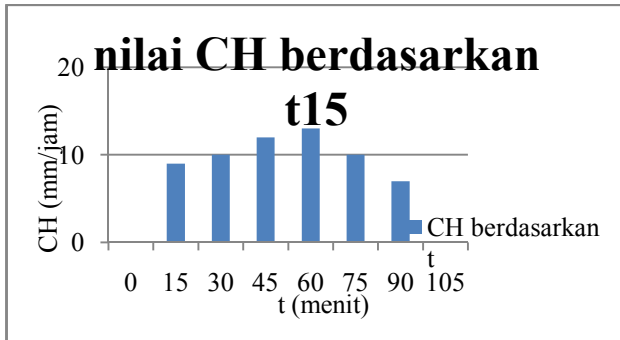
Hasil perhitungan pengamatan pertama

Penelitian pertama yang dilakukan mulai dari pukul 16.18-17.45 WIB menghasilkan data yang tertera dalam tabel berikut :

Tabel 3. Data CH dan I berdasarkan pengamatan pertama

t	ch (mm)	chk	I (mm/jam)
16.00-16.15	0	0	0
16.15-16.30	9	9	8,7358
16.30-16.45	10	19	14,8509
16.45-17.00	12	31	26,2075
17.00-17.15	13	44	36,6905
17.15-17.30	10	54	34,9433
17.30-17.45	7	61	31,449
17.45-18.00	0		0

Dari tabel diatas maka kita dapat membuat grafik nilai curah hujan berdasarkan selang waktu yang telah ditentukan yaitu 15 menit yang dapat kita lihat seperti pada grafik dibawah ini :



Gambar 6. Curah hujan berdasarkan waktu

4.3. Hasil Perhitungan Debit Berdasarkan Metode Rasional ditinjau dari Catchment Area Pengamatan

Pada penelitian ini penulis melakukan pengamatan di kawasan belakang fakultas pertambangan Universitas Sriwijaya yang merupakan daerah terbuka dengan tanah rerumputan. Wilayah pengamatan permodelan (*catchment Area*) pada penelitian ini yaitu seluas 2975 m². Kemudian akan dilakukan penghitungan debit puncak pada permodelan limpasan ini dengan menggunakan metode rasional dengan rumus sebagai berikut :

$$Q = 0,278 \text{ C.I.A}$$

Adapun data-data untuk menghitung debit puncak limpasan ini adalah sebagai berikut ini :

$$t_{01} = 4,83 \text{ menit}$$

$$t_{d1} = 5,93 \text{ menit}$$

$$l_0 = 10 \text{ m}$$

$$L_{s=} 89 \text{ m}$$

$$t_{c1} = t_0 + t_d$$

$$= 5,083 \text{ menit} + 6,45 \text{ menit}$$

$$= 11,533 \text{ menit} = 0,192 \text{ jam}$$

$$V1 = \frac{L_s}{t_{d1}}$$

$$= \frac{89 \text{ m}}{356,5 \text{ det}}$$

$$= 0,25 \text{ m/det}$$

Dari data diatas kemudian kita hitung debit limpasan menggunakan metode rasional, untuk nilai I dapat kita lihat pada Tabel IV.14 sampai Tabel IV.15 yang sudah tertera pada halaman sebelumnya, dan nilai koefisien limpasan untuk daerah rerumputan (C) dapat kita lihat pada tabel II.1, maka dari data-data tersebut dapat kita hitung debit puncak menggunakan metode rasional yang akan dibahas pada hitungan sebagai berikut :

Perhitungan debit puncak untuk hari pertama

Penelitian pertama yang dilakukan setelah dihitung dengan menggunakan metode rasional :

$$Q1 = 0,278 \text{ C.I.A}$$

$$Q1 = 0,278.0,18. 0,046666667.2,975$$

$$Q1 = 8,491046727 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{det}$$

$$= 8,491046727 \text{ Lt/det}$$

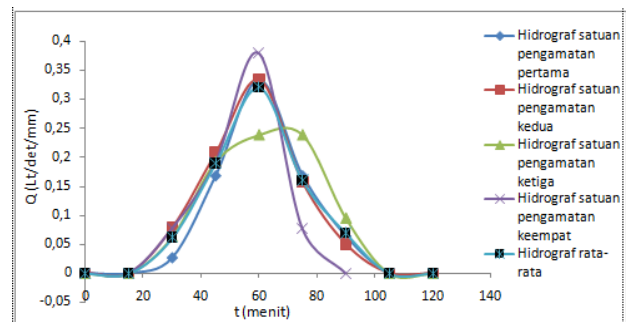
4.4 Perhitungan Hasil Debit Pengamatan Menggunakan Hidrograf Satuan

Dari perhitungan hidrograf satuan mulai dari pengamatan pertama sampai keempat dapat dirata-ratakan seperti yang kita lihat pada Tabel berikut :

Tabel 5. Hitungan hidrograf satuan dari pengamatan keempat

waktu	0	15	30	45	60	75	90	105	120
hidr. Satuan 1	0	0	0,027	0,1685	0,3327	0,1685	0,0639	0	0
hidr. Satuan 2	0	0	0,0786	0,2074	0,3333	0,1568	0,0501	0	0
hidr. Satuan 3	0	0	0,0632	0,1922	0,2381	0,2381	0,095	0	0
hidr. Satuan 4	0	0	0,0776	0,1915	0,379	0,0776	0	0	0
hidr. rata rata (Lt/det)	0	0	0,0616	0,1899	0,3207	0,1602	0,0696	0	0

Dari hasil hitungan hidrograf satuan ini maka dapat kita buat Grafik hidrograf satuan berdasarkan pengamatan pertama, pengamatan kedua, pengamatan ketiga, dan pengamatan keempat yang dapat kita lihat pada Grafik di bawah ini :



Gambar 7. Hidrograf satuan untuk pengamatan pertama, pengamatan kedua, pengamatan ketiga, pengamatan keempat, dan hidrograf rata-rata

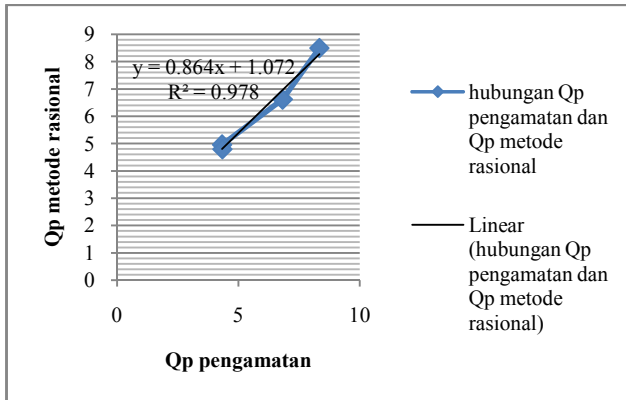
4.4. Pembahasan

Berikut ini rekapitulasi hasil perhitungan debit puncak hasil pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan metode rasional :

Tabel 6. Rekapitulasi perhitungan debit puncak hasil pengamatan dan perhitungan dengan metode rasional

Waktu Pengamatan	Qp Pengamatan (Lt/det)	Qp Metode Rasional (Lt/det)
1	8,3299	8,491
2	6,819	6,616
3	4,323	4,962
4	4,323	4,796

Berikut ini adalah gambar grafik hubungan antara debit puncak (Q_p) hasil pengamatan dan debit puncak (Q_p) perhitungan dengan metode rasional dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Hubungan antara debit puncak (Q_p) hasil pengamatan dan debit puncak (Q_p) perhitungan dengan metode rasional

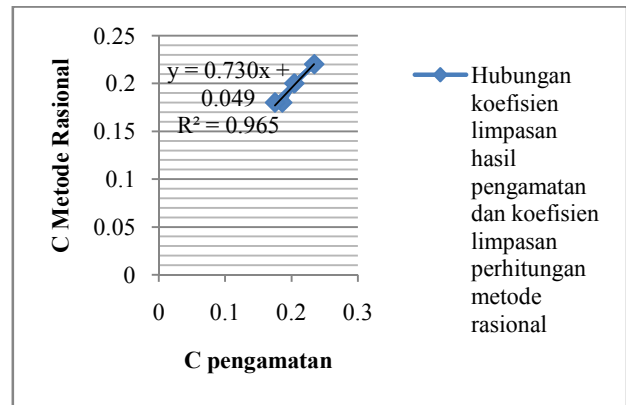
Berdasarkan pada Grafik IV.9 diatas menunjukkan bahwa hasil perhitungan debit puncak dengan metode rasional hampir sama dengan hasil pengamatan di lapangan, hal ini sesuai berdasarkan teori bahwa metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) yang kecil. Suatu DAS disebut kecil apabila distribusi hujan dapat dianggap seragam dalam ruang dan waktu, dan biasanya durasi hujan melebihi waktu konsentrasi.

Berikut ini rekapitulasi hasil perhitungan koefisien hasil pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan metode rasional :

Tabel 7. rekapitulasi perhitungan koefisien limpasan hasil pengamatan dan perhitungan dengan metode rasional

Waktu Pengamatan	C Pengamatan	C Metode Rasional
1	0,186	0,22
2	0,204	0,18
3	0,234	0,18
4	0,175	0,18

Berikut ini adalah gambar grafik hubungan antara koefisien limpasan hasil pengamatan dan koefisien limpasan perhitungan dengan metode rasional dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Hubungan antara koefisien limpasan hasil pengamatan dan koefisien limpasan perhitungan dengan metode rasional

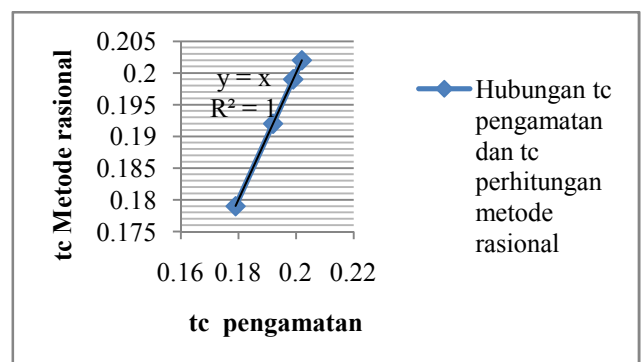
Berdasarkan pada Grafik IV.9 diatas menunjukkan bahwa nilai koefisien limpasan untuk perhitungan metode rasional hampir sama dengan hasil pengamatan di lapangan hal ini dikarenakan tanah di area daerah aliran permodelan merupakan area yang ditumbuhi rerumputan sehingga berdasarkan nilai koefisien limpasan metode rasional untuk tipe daerah aliran rerumputan (tanah gembuk, sedang) dengan kisaran $C = 0,18-0,22$.

Berikut ini rekapitulasi hasil perhitungan waktu konsentrasi pengamatan dan perhitungan dengan menggunakan metode rasional :

Tabel 8. rekapitulasi perhitungan waktu konsentrasi hasil pengamatan dan perhitungan dengan metode rasional

Waktu Pengamatan	t_c Pengamatan (jam)	t_c Metode Rasional (jam)
1	0,179	0,179
2	0,192	0,192
3	0,202	0,202
4	0,199	0,199

Berikut ini adalah gambar grafik hubungan antara waktu konsentrasi pengamatan dan waktu konsentrasi perhitungan dengan metode rasional dapat dilihat pada grafik sebagai berikut :



Gambar 10. Hubungan antara waktu konsentrasi hasil pengamatan dan waktu konsentrasi perhitungan dengan metode rasional

Berdasarkan pada Grafik IV.10 di atas menunjukkan bahwa nilai waktu konsentrasi untuk perhitungan metode rasional sama dengan hasil pengamatan di lapangan hal ini dikarenakan pada saat melakukan perhitungan t_c dengan metode rasional menggunakan data nilai t_0 dan nilai t_d hasil dari pengamatan pada permodelan sehingga hasilnya pun sama dengan pengamatan kenyataannya di lapangan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari pengamatan permodelan hujan dan *runoff* yang telah dilakukan di sekitar belakang Jurusan Teknik Pertambangan Universitas Sriwijaya, kesimpulan yang didapat berdasarkan tujuan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Dari hasil pengamatan langsung di lapangan didapatkan nilai koefisien limpasan (C) yang hampir sama dengan hasil perhitungan pada saat perhitungan menggunakan metode rasional, hal ini dikarenakan daerah yang digunakan untuk permodelan merupakan daerah tanah gemuk yang ditumbuhi rerumputan sehingga pada saat perhitungan dengan metode rasional digunakan nilai koefisien limpasan (C) 0,18 – 0,22.
2. Berdasarkan nilai konsentrasi aliran (t_c) yang dihasilkan pada saat perhitungan menggunakan rumus ternyata hasilnya sama dengan pengamatan di lapangan, hal ini dikarenakan pada saat perhitungan menggunakan rumus menggunakan nilai t_0 dan nilai t_d dari pengamatan lapangan. Nilai konsentrasi alirannya yaitu t_{c1} 0,179 jam, t_{c2} 0,192 jam, t_{c3} 0,202 jam, t_{c3} 0,199 jam.
3. Hasil perhitungan debit puncak dengan metode rasional hampir sama dengan hasil pengamatan di lapangan, hal ini sesuai berdasarkan teori bahwa metode rasional digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS) yang kecil.
4. Hidrograf satuan dapat diturunkan menggunakan metode Φ indeks berdasarkan data pengamatan langsung di lapangan.

5.2. Saran

Untuk mengembangkan penelitian permodelan hubungan hujan dan *runoff* studi lapangan ini, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan oleh penulis :

1. Pada saat persiapan alat, sebaiknya diperhatikan komponen serta kesiapan alat-alat tersebut agar bisa bekerja sesuai dengan fungsinya sehingga

proses penelitian dapat segera dilaksanakan dan tidak memakan waktu yang lama.

2. Pada saat melakukan penelitian pengukuran ketinggian air menggunakan bangunan ukur *vnotch* sebaiknya kita perhatikan terus pada saat aliran air masih terus mengalir, karena apabila aliran air masih dapat melewati celah atau lubang di sekitar bangunan ukur maka hasil pengukuran ketinggian air menjadi kurang efektif.
3. Sebaiknya dibuat kolam penampungan air pada hilir permodelan untuk pengukuran volume limpasan agar hasil lebih efektif.
4. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya harus dilakukan pengukuran dengan model hidrograf yang lebih kompleks seperti Hidrograf SCS, Snyder, Gama 1, dan Nakayasu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir.H.Sarino MSCE, Helmi Hakki, M.T, dan M. Baitullah Al Amin ST, M.eng, atas bantuan dan masukannya dalam penelitian dan penyelesaian laporan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Chow, v t., *Hidrologi Saluran Terbuka*, Hidrologi. Puslitbang Pengairan, Erlangga, Jakarta, 1997.
- 2) Hindarko, S., *Drainase Perkotaan*, Edisi Kedua. Penerbit Esha, Jakarta, 2000..
- 3) Suripin., *Sistem Drainase Yang Berkelanjutan*, Edisi Pertama. Andi, Yogyakarta, 2003.
- 4) Takeda, K., *Hidrologi untuk Pengairan*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2006.
- 5) Triatmodjo, B., *Hidrologi Terapan*. Beta Offset, Yogyakarta, 2008.
- 6) Haidar, dkk, *Penentuan Koefisien Runoff dengan Model Pendugaan WEPP (Water Erosion Prediction Projejt) SUB DAS Jen'Neberang Hilir, Kecamatan Parangloe, Kabupaten Gowa*, Jurnal Sipil Statik, Hal 1-20, Makassar, 2012.
- 7) Salim, dkk., *Permodelan Hubungan Hujan, Limpasan dan Kapasitas Erosi Pada Suatu DAS yang Masuk ke Palung Sungai*, Vol.38A, No 1, 51-72, Institut Teknologi Bandung, 2006.
- 8) Ramza Sakina., *Perubahan Koefisien Limpasan (Runoff Coefficient) di Daerah Aliran Sungai Ular*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2010.