

ANALISIS MULTIKRITERIA UNTUK MEMETAKAN DAERAH RENTAN BANJIR PADA SUB DAS BUAH, PALEMBANG

Sartika Nisumanti¹, Yulyana Aurdin²,

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas IGM

Email: Vanza_71@yahoo.com

²Dosen Program Studi Survei dan Pemetaan, Fakultas Teknik Universitas IGM

Email: yulyanaaurdin@gmail.com

Abstract

Flooding is a serious problem for last time that hit several regions in Indonesia, either urban or rural areas. Palembang city suffered a loss of nearly 1.5 billion dollars per year, due to damage to public infrastructure and households, especially in low lying areas, such as Bendung watershed, Buah watershed, and Lambidaro watershed (Putranto and Popy, 2009, Hamiem, 2012). Almost 52% of the area of Palembang City is a swamp area with some type of swamp, marsh are flooded throughout the year, shortly stagnant swamp when it rains, flooded swamps and tidal current occurs. To map areas vulnerable to inundation or flooding in the sub watershed system, the analysis needs to be performed using a multi criteria approach of some of the parameters that affect flooding. For the analysis problem in susceptible areas to flooding in the Buah subwatershed. The results of this study showed that the inundation height of 20-40 cm and a pool of up to 3 hours long. Location inundation occurred in Jalan Urip Sumoharjo close to residential Ajendam, Kenten Permai, SMU Bina Warga, Rama Kasih, Griya Sekojo and mosque of Arafura. Results of Multi-Criteria analysis to show the distribution of vulnerable runoff coefficient of 0.7, which means rainfall that falls to just 30% Buah Watershed whereas infiltrated into the runoff by 70%.

Keywords : Multi-spatial, Flood, DUFLOW, early warning

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Banjir merupakan masalah yang sangat serius untuk beberapa waktu terakhir ini yang melanda beberapa wilayah di Indonesia, baik wilayah perkotaan ataupun wilayah pedesaan. Kejadian tersebut, bukanlah fenomena alam semata, namun akibat perubahan pemanfaatan lahan yang tidak terkendali, tanpa mengindahkan kondisi lingkungan DAS, baik di daerah hulu maupun daerah hilir.

Di Indonesia, beberapa kota besar di Jawa, diantaranya seperti Jakarta, Semarang, Surabaya, sampai kota kecil seperti Banyumas, Bojonegoro, Sidoarjo, dsb, selalu mengalami banjir setiap musim penghujan tiba. Akibat yang ditimbulkan dari kejadian tersebut adalah rusaknya infrastruktur umum, maupun rumah tangga yang mencapai kerugian hingga ratusan

milyar rupiah per tahun. Kejadian banjir di Jakarta awal tahun 2013, menyebabkan kerugian infrastruktur rumah tangga dan infrastruktur umum ditaksir mencapai hampir 1,5 Trilyun (Kompas, Januari 2013). Sementara kota Palembang, mengalami kerugian hampir 1,5 milyar rupiah per tahun, akibat rusaknya infrastruktur umum dan rumah tangga, terutama pada daerah-daerah rendah, seperti DAS Bendung, DAS Buah, dan DAS Lambidaro (Putranto dan Popy, 2009, Hamiem, 2012).

Berbagai usaha untuk mengendalikan banjir telah dilakukan oleh beberapa Kota yang sering mengalami bencana banjir setiap tahunnya. Kota Jakarta dengan membangun banjir Kanal dan membuat resapan berupa lubang biopori. Kota Semarang, dengan membangun sistem polder. Namun semuanya hingga kini belum menunjukkan masalah banjir

tahunan akan dapat diatasi. Semua sistem pengendalian banjir, harus berangkat dari kondisi lingkungan eksisting DAS yang ada. Dari kondisi tersebut, baru dianalisis dengan melakukan simulasi untuk menentukan debit banjir setiap periode ulang, yang pada akhirnya dapat digunakan untuk memetakan daerah mana yang rentan terhadap banjir atau genangan.

1. 2. Perumusan Masalah

Kota Palembang adalah wilayah yang berada di dataran rendah, tumbuh dan berkembang dimulai dari tepian sungai Musi, hingga perkembangan saat ini mempunyai luas 40.053 Ha.

Hampir 52 % wilayah Kota merupakan daerah rawa dengan beberapa tipe rawa, yaitu rawa yang tergenang sepanjang tahun, rawa tergenang sesaat saat turun hujan, dan rawa tergenang saat terjadi pasang. Pertumbuhan kota yang begitu pesat, menyebabkan beberapa daerah rawa ditimbun untuk digunakan sebagai kawasan perumahan, industri, maupun perdagangan. Sementara, analisis terhadap perubahan pemanfaatan lahan tidak dilakukan secara benar.

Akibatnya sistem *channel* dari beberapa sub sistem DAS yang ada di Kota Palembang menjadi terganggu. Untuk memetakan daerah yang rentan terhadap genangan atau banjir pada Sub Sistem DAS, perlu dilakukan analisis dengan menggunakan pendekatan multikriteria dari beberapa parameter yang mempengaruhi banjir. Untuk itu masalahnya adalah dimana wilayah yang rentan terhadap banjir pada sub DAS Buah.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini akan memfokuskan pada pengembangan model analisis multikriteria sebagai dasar dalam memetakan wilayah yang rentan terhadap banjir dalam sistem peringatan dini alih fungsi lahan dalam suatu DAS. Model DUFLOW akan digunakan untuk menirukan perambatan gelombang banjir hingga menuju muara di sungai Musi dari daerah hulu. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperoleh parameter hidrometri dari wilayah DAS melalui pengukuran lapangan dan interpretasi peta garis Sub DAS Buah
2. Menggunakan model DUFLOW sepanjang sungai Buah untuk membuat simulasi

peningkatan banjir dan daerah genangan banjir yang akan terjadi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

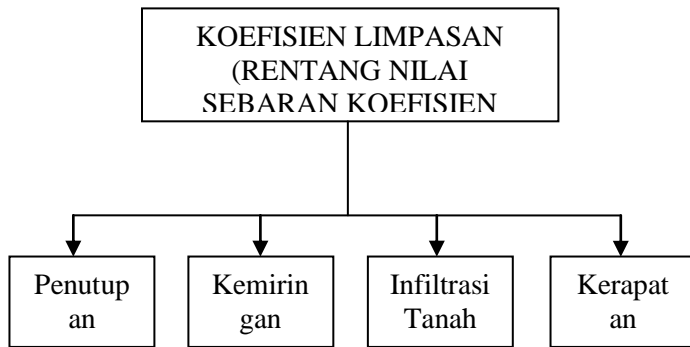
Penelitian ini direncanakan dilakukan selama satu tahun. Data yang telah diperoleh dari studi pendahuluan meliputi, pemisahan chanel, hasil interpretasi pemanfaatan lahan, dan pembuatan Model medan digital (DEM), sehingga diperoleh data pemanfaatan lahan beserta ketinggian masing-masing objek pemanfaatan lahan yang ada, seperti jaringan jalan, permukiman, jembatan, tanggul dan sebagainya.

2.1. Analisis Multikriteria untuk menentukan nilai sebaran koefisien infiltrasi

Tata guna lahan pada suatu DAS berpengaruh terhadap limpasan yang terjadi pada DAS tersebut. Asdak (2004), pengaruh tata guna lahan pada limpasan dinyatakan dalam koefisien limpasan (C), yaitu bilangan yang menunjukkan perbandingan antara besarnya limpasan dan besarnya curah hujan. Nilai C merupakan salah satu karakteristik morfometri yang merupakan representasi dari komponen biotik (tipe tutupan lahan/ vegetasi) dari suatu ekosistem DAS. Angka koefisien limpasan ini merupakan salah satu indikator untuk menentukan kondisi fisik suatu DAS. Rentang nilai C berkisar antara 0 sampai 1. Nilai C = 0 menunjukkan bahwa semua air hujan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya untuk nilai C = 1 menunjukkan bahwa semua air hujan mengalir sebagai limpasan. DAS yang kondisinya masih baik, maka nilai C akan mendekati 0 dan semakin rusak suatu DAS nilai C akan mendekati angka 1. Nilai C hasil perhitungan akan menjadi faktor yang paling menentukan dalam menghitung debit banjir. Faktor utama yang mempengaruhi nilai C adalah laju infiltrasi tanah, kemiringan lahan, lapisan penutup tanah dan intensitas hujan. Faktor lain yang mempengaruhi besarnya nilai C adalah sifat dan kondisi tanah seperti air tanah, derajat kepadatan tanah, porositas tanah dan simpanan depresi (Suripin, 2004).

Analisis menggunakan "*Spatial Multi Criteria Evaluation*" (SMCE), merupakan suatu proses yang mengkombinasikan dan mentransformasikan data geografis sebagai

masuk ke dalam suatu keputusan. Analisis ini digunakan untuk menghitung rentang nilai sebaran koefisien limpasan sebagai kriteria utama dan tersusun dari beberapa kelompok sub kriteria, seperti penutup lahan, kemiringan lereng, kerapatan aliran dan infiltrasi tanah. Masing-masing sub kriteria memiliki beberapa indikator yang dinyatakan dalam nilai klasifikasi



Gambar 1. Indikator yang dinyatakan dalam nilai klasifikasi

Tabel 1. Klasifikasi Sub Kriteria untuk menentukan rentang nilai sebaran C

Penutupan Lahan Meliputi 12 Kelas	Kemiringan Lereng Meliputi 4 Kelas	Infiltrasi Tanah Meliputi 5 Kelas	Kerapatan Aliran Meliputi 4 Kelas
- Alang-alang	- Kurang dari 3 %	- Sangat rendah < 2,5 mm/ja	- > 5 km/km ²
- Bangunan	- 3 % - 5 %	- Rendah 2,5 – 15 mm/ja	- 2 – 5 km/km ²
- Danau, Empang, Kolam dan Rawa	- Lebih dari 8 %	- Normal 15 – 28 mm/ja	- 1 – 2 km/km ²
- Kebun, Pohon Karet		- Tinggi 28 – 53 mm/ja	- < km/km ²
- Kebun, Kelapa		- > 53 mm/ja	

2.2. Analisis Hidrologi DAS Buah

2.2.1 Hujan Rata-rata DAS

Dalam analisis hidrologi, umumnya digunakan masukan hujan yang dianggap dapat mewakili jumlah seluruh hujan yang terjadi dalam DAS yang dimaksudkan. Besaran hujan ini diperoleh dengan merata-ratakan hujan titik (point rainfall). Selama ini cara-cara yang digunakan dalam analisis untuk memperoleh hujan rata-rata DAS (catchment rainfall) adalah dengan cara rata-rata aljabar (mean arithmetic method), poligon Thiessen (Thiessen polygon method), dan Isohyet (isohyetal method).

Cara poligon Thiessen dilakukan dengan memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan sebagai faktor pembobot dalam menghitung hujan rata-rata. Meskipun belum dapat memberikan bobot yang tepat, cara ini dipandang lebih baik dari cara rata-rata aljabar dan cocok untuk menentukan hujan rata-rata DAS, dimana lokasi stasiun tidak banyak dan hujannya tidak merata (Rachmad Jayadi, 2000).

Adapun cara mendapatkan nilai curah hujan rata-rata dengan metode ini adalah dengan membuat poligon yang memotong tegak lurus pada tengah-tengah garis penghubung dua stasiun hujan. Dengan demikian, setiap stasiun pengukur hujan akan terletak pada suatu luasan poligon tertutup. Jumlah perkalian antara tiap-tiap luas poligon dengan besar curah hujan di stasiun dalam poligon tersebut dibagi dengan luas seluruh DAS akan menghasilkan nilai curah hujan rata-rata DAS. Cara hitungan ini dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A_{Total}}$$

dengan:

- \bar{P} : curah hujan rata-rata DAS (mm),
- P_i : curah hujan pada stasiun ke-i (mm),
- A_i : luas yang dibatasi tiap poligon (Km²),
- A_{total} : luas total DAS (Km²).

2.2.2. Banjir Rancangan

Banjir merupakan kejadian alam dan biasa terjadi sebagai bagian dari ekosistem suatu sungai. Banjir terjadi pada saat akumulasi air

yang terjadi melebihi dari kapasitas tampang sungai yang ada. Hal ini pada umumnya terjadi karena curah hujan yang melebihi kemampuan infiltrasi rata-rata atau melebihi kumulatif infiltrasi dari kapasitas tampungan suatu DAS. Banjir rancangan adalah besarnya debit banjir yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan mendimensi bangunan-bangunan hidraulik (termasuk bangunan di sungai), sedemikian hingga kerusakan yang dapat ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Sri Harto, 1993). Banjir rancangan ini dapat berupa debit puncak, volume banjir, ataupun hidrograf banjir, yang besarnya dinyatakan dalam debit banjir sungai dengan kala ulang tertentu. Kala ulang debit adalah suatu kurun waktu berulang dimana debit yang terjadi menyamai atau melampaui besarnya debit banjir yang ditetapkan (banjir rancangan) (Rachmad Jayadi, 2000). Sebagai contoh, debit puncak banjir 25 tahunan artinya debit banjir yang akan disamai atau dilebihi secara rerata sekali dalam 25 tahun, bukan berarti bahwa kejadian tersebut terjadi tiap 25 tahun, namun rerata selang waktu terjadinya 25 tahun.

2.2.3 Analisis Frekuensi Data Hujan

Analisis frekuensi terhadap data hidrologi adalah untuk mencari hubungan antara besarnya kejadian hujan atau debit ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Besarnya kejadian ekstrim mempunyai hubungan terbalik dengan probabilitas kejadian, misalnya frekuensi kejadian debit banjir bandang (banjir besar) adalah lebih kecil dibanding dengan debit-debit sedang atau kecil. Dengan analisis frekuensi akan diperkirakan besarnya banjir dengan interval kejadian tertentu seperti 10 tahunan, 100 tahunan, atau 1000 tahunan, dan juga beberapa frekuensi banjir dengan besar tertentu yang mungkin terjadi selama periode waktu, misalnya 100 tahunan (Bambang Triatmodjo, 2009).

Besaran hujan atau debit rancangan dengan kala ulang tertentu dapat diperoleh dengan melakukan analisis frekuensi terhadap data hujan maupun debit, dengan mengetahui sifat statistik data maka dapat ditentukan jenis distribusi yang sesuai. Untuk mengetahui

kebenaran analisis frekuensi yang dilakukan maka harus dilakukan perbandingan fungsi distribusi data (*empirical distribution function*) dengan fungsi distribusi teoritik (*theoretical probability function*) dan pengujian dengan Chi kuadrat (Sri Harto, 2000).

Analisis statistik untuk menentukan banjir rancangan atau hujan rancangan dengan metode analisis frekuensi dapat dilakukan secara grafis atau menggunakan rumus distribusi frekuensi teoritik. Rumus distribusi frekuensi teoritik lebih umum keberlakuannya untuk kasus dimana data yang tersedia cukup panjang dan kualitasnya memenuhi syarat untuk analisis statistik, beberapa rumus distribusi frekuensi yang umum dipakai dalam analisis hidrologi, yaitu Normal, Log Normal, Log Pearson tipe III, dan Gumbel (Rachmad Jayadi, 2000).

2.3. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan merupakan perbandingan antara volume air yang berhasil mencapai muara DAS dengan volume air hujan yang jatuh diatas DAS. Besarnya perubahan debit maksimum tergantung peruntukan tata guna lahannya. Makin kedap air suatu daerah, limpasan permukaannya akan semakin meningkat.

Daerah Aliran Sungai dengan tata guna lahan berbeda, koefisien limpasannya ditetapkan dengan mengambil rerata berdasarkan bobot luas dengan persamaan :

$$Cr = \left(\frac{\sum_{i=1}^n Ci x Ai}{A_{DAS}} \right)$$

Dengan :

Cr = koefisien limpasan rerata DAS

Ci = koefisien limpasan tiap segmen luas ke-i

Ai = luas masing masing bagian ke-i

A_{DAS} = luas DAS

N = jumlah sub DAS

Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman curah hujan yang terjadi per satuan waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Perhitungan intensitas hujan dilakukan dengan persamaan Mononobe berikut :

$$I_t^T = \frac{R_{24}^T}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

I_t^T : intensitas hujan pada durasi t dengan kala ulang T tahun (mm/jam),
t : durasi hujan (mm),

R_{24}^T : curah hujan harian maksimum pada kala ulang T tahun (mm).

Pendekatan durasi hujan dapat dilakukan menggunakan waktu konsentrasi. Penetapan waktu konsentrasi tidak terlalu mudah, akan tetapi pada dasarnya dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan-persamaan empirik (Sri Harto, 2000). Persamaan yang cukup dikenal adalah persamaan *Australian Rainfall Runoff* (ARR) (Joko Sujono, 2008). Rumus *Australian Rainfall Runoff* dituliskan sebagai berikut ini.

$$tc = 0,76 A^{0,38}$$

dengan:

tc : waktu konsentrasi (jam),

A : luas DAS (Km²).

Perbedaan antara nilai kedalaman hujan yang berurutan merupakan pertambahan hujan dalam interval waktu Δt . Pertambahan hujan tersebut (blok-blok), diurutkan kembali kedalam rangkaian waktu dengan intensitas hujan maksimum berada pada tengah-tengah durasi hujan Td dan blok-blok sisanya disusun dalam urutan menurun secara bolak-balik pada kanan dan kiri dari blok tengah.

Pasang Surut Rancangan

Pasang surut rancangan merupakan perhitungan perencanaan pasang surut yang akan digunakan. Perhitungan pasang surut rancangan dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$h(t) = MSL + \left(\frac{HHWL - LLWL}{2} \right) \times \text{SIN} \left[2\pi x \left(\frac{t}{T} \right) \right]$$

dengan :

h = pasang surut rancangan, dalam meter

MSL = nilai rerata dari data elevasi muka air pasang surut, dalam meter

HHWL = elevasi muka air tertinggi pada saat pasang, dalam meter

LLWL = elevasi muka air terendah pada saat pasang, dalam meter

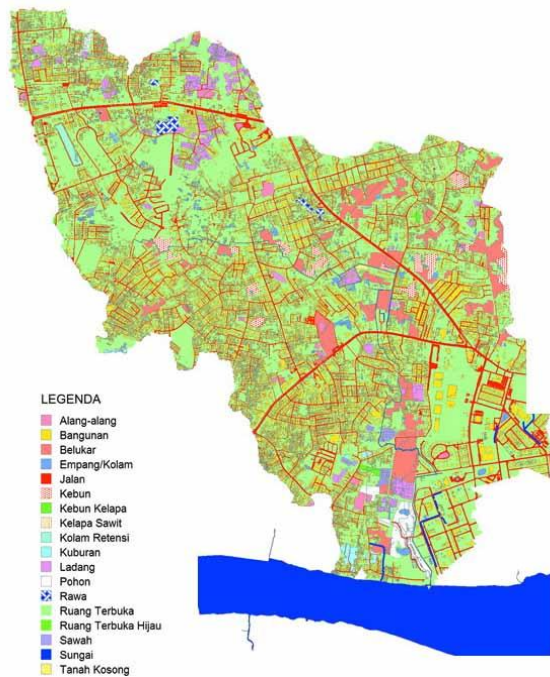
T = waktu rencana pasang surut rancangan, dalam jam

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

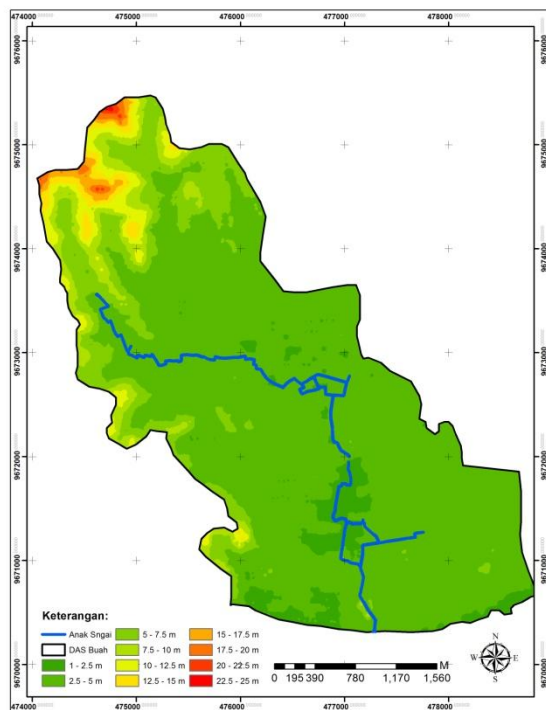
Ketinggian genangan itu berkisar 40 cm, hal ini terjadi ketika air pasang Musi dan hujan yang turun secara bersamaan. Dengan kondisi pemanfaatan lahan di DAS buah di dominasi permukiman hujan yang turun dan dialirkan melalui sungai buah tertahan oleh air pasang musu, sehingga air melimpas dan menggenangi daerah sekitarnya yang memiliki kondisi topografi lebih rendah.

Tabel. 2. Distribusi penggunaan lahan di DAS Buah.

Penggunaan Lahan	DAS Buah	
	Luas (km ²)	%
Bangunan	2,27	23,05
Belukar	0,48	4,89
Alang-alang	0,06	0,58
Rawa	0,03	0,31
Danau	-	-
Sawah	0,03	0,29
Kebun	0,11	1,16
Tanah Kosong	0	0,03
Empang/Kolam	0,09	0,9
Pohon	0,09	0,93
Ladang	0,21	2,14
Jalan	0,79	8,03
Jalan Tanah	-	-
Ruang	5,62	56,94
Terbangun	0	0,04
Sungai	0	0,02
Ruang Terbuka	0,04	0,39
Hijau	0,02	0,2
Kuburan	0,01	0,11
Kolam Retensi	-	-
Kebun Kelapa	-	-
Hutan		
Kebun Karet		
Jumlah	9,87	100



Gambar 2. Pemanfaatan lahan di DAS Buah



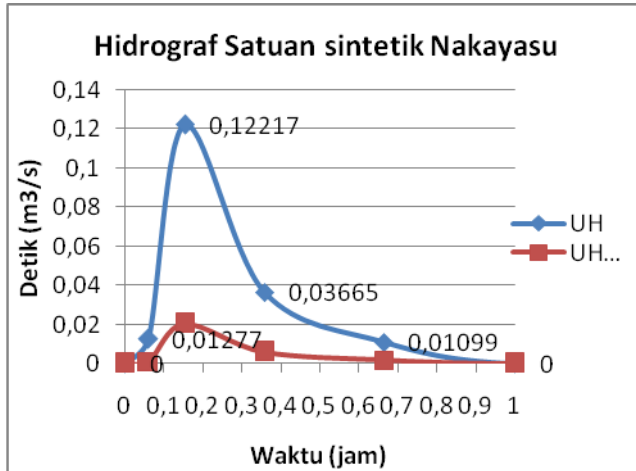
Gambar 3. Model Elevasi Digital DAS Buah disajikan.

Dari hasil analisis dalam jaringan drainase DAS Buah sebesar 1,2. Hal ini di asumsikan abnormal dengan puncak banjir yang tinggi dan penurunan lambat. Bentuk dan luas das bendung cenderung berbentuk ellips dengan nilai RC sebesar 0,4. Frekuensi aliran yang merupakan perbandingan dari jumlah sungai dengan luas DAS menunjukkan impermeabilitas material pada lapisan bawah permukaan, vegetasi, kondisi relief tinggi, serta kapasitas infiltrasi yang rendah. Pada Das Buah frekuensi alirannya sebesar 1,1 per kilometer. Sedangkan kerapatan aliran yang menggambarkan potensi limpasan, kapasitas infiltrasi, kondisi iklim dan tutupan lahan pada suatu das, untuk Das buah diperoleh kurang dari 1 km/km² hal ini mengesankan kondisi drainase pada das buah tersebut buruk dan selalu tergenang.

Perhitungan hujan merata DAS dilakukan terhadap data pengukuran hujan dari 3 (tiga) stasiun hujan selama 20 tahun. Dengan asumsi hujan merata di seluruh DAS. Perhitungan merata hujan dilakukan dengan menggunakan metode poligon Thiessen untuk mengandaikan bobot tertentu kepada masing-masing stasiun hujan, sebagai fungsi jarak antar stasiun. Pembobotan yang dilakukan dengan poligon Thiessen terhadap tiga stasiun hujan yaitu stasiun hujan Kenten, Sultan Mahmud Badaruddin II dan Plaju. Pengaruh hujan yang terjadi yaitu pada stasiun hujan Kenten sebesar 41 % dan stasiun hujan Plaju sebesar 59 %.

Hasil perhitungan analisis frekuensi didapat bahwa curah hujan rencana yang digunakan adalah kala ulang 2 tahunan sebesar 111 mm, artinya dengan curah hujan sebesar 111 mm tersebut terjadi hampir merata setiap dua tahunan. Berdasarkan kala ulang 2 tahunan akan dilakukan perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode hidrograf satuan sintetik Nakayasu.

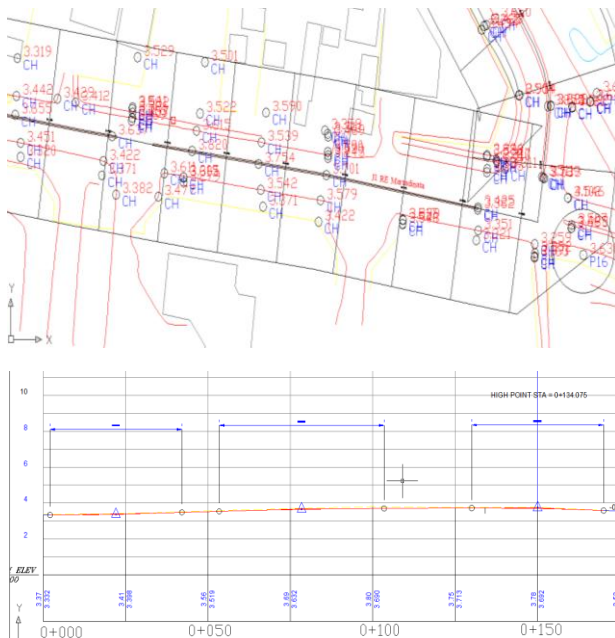
Hasil dari analisis multikriteria untuk menentukan rentang sebaran koefisien limpasan (nilai C) diperoleh sebesar 0,69. Nilai koefisien limpasan (C) kurang dari 1 berarti bahwa 31% dari total hujan yang jatuh pada DAS buah masih terinsepsi sedangkan yang menjadi air larian sebesar 69 %. Hal ini terjadi akibat pola pemanfaatan lahan di Das Buah itu sebesar 56,94 %. Saat ini pada DAS buah hampir setiap kali turun hujan di lokasi mengalami genangan



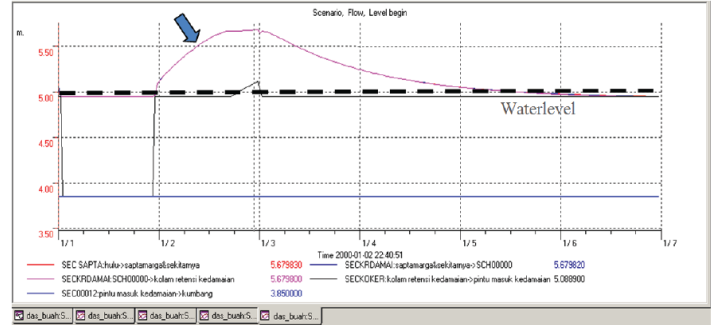
Gambar 4. Unit hidrograf pada Sub DAS

dengan tinggi yang bervariasi mencapai 40 cm. Besarnya nilai koefisien limpasan hasil analisis ini kemudian dijadikan sebagai masukan untuk menghitung debit limpasan dalam pemodelan.

Profil Memanjang sungai diukur setiap jarak 50 m dan profil melintang diukur dengan jarak 25 m digunakan dalam pemodelan dan simulasi sistem drainase sebagai masukan analisis sistem hidrolis sungai menggunakan perangkat lunak Duflow.



Gambar 5. Hasil penggambaran Profil Memanjang



Gambar 6. Ketinggian muka air di salah satu segmen di Sungai Buah.

Hasil perhitungan analisis frekuensi didapat bahwa curah hujan rencana yang digunakan adalah kala ulang 2 tahunan sebesar 111 mm, artinya dengan curah hujan sebesar 111 mm tersebut terjadi hampir merata setiap dua tahunan. Berdasarkan kala ulang 2 tahunan akan dilakukan perhitungan debit banjir rancangan menggunakan metode hidrograf satuan Nakayasu.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil survei dan pengamatan yang dilakukan telah diperoleh:

1. Profil melintang dan memanjang sungai Buah, kolam retensi dan model hidrologi Das Buah, sebagai masukan dalam pemodelan hidrodinamik.
2. Analisis hidrologi (curah hujan limpasan dan pasang surut) merupakan kondisi batas yang digunakan dalam model hidrodinamik.

2. Saran

1. Dari hasil observasi dan survey lapangan ditemukan tempat tinggal warga yang berdiri diatas drainase untuk itu perlu perhatian dan kontrol pengendalian Pemerintah dalam melakukan penertiban izin mendirikan bangunan.
2. Dalam hal perizinan penelitian hendaknya pihak terkait memfasilitasi izin survei dilapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang Triatmodjo., 2009, *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., 1988, *Applied Hydrology*, McGraw Hill, Inc., New York
- Rachmad Jayadi., 2000, *Hidrologi I, Pengenalan Hidrologi*, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sri Harto Br., 2000, *Hidrologi Teori Masalah Penyelesaian*, Nafiri Offset, Yogyakarta.
- Sri Harto Br., 1993, *Analisis Hidrologi*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Sumi Amariena H., 2011, *Model 1D/2D dalam Analisis Kondisi Sub Sistem Sungai Kota Palembang*, Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Palembang
- Suripin, 2006, *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi Publisher, Yogyakarta