

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkotaan merupakan pusat segala kegiatan manusia, pusat perdagangan, sekaligus pusat konsumen. Di daerah perkotaan tinggal banyak manusia, banyak terdapat fasilitas umum, transportasi, komunikasi dan lain sebagainya. Saluran drainase di daerah perkotaan tidak hanya menerima air limpasan hujan, tetapi juga air buangan (limbah) rumah tangga dan limbah pabrik. Saat ini sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air.

Upaya pengelolaan sistem drainase pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Begitu pula kota Malang, perkembangan kota yang terjadi beberapa tahun terakhir memerlukan pula perbaikan dan perkembangan fasilitas sistem drainase yang sangat erat hubungannya dengan upaya penyehatan lingkungan perkotaan.

Kota Malang mempunyai daerah permasalahan genangan di beberapa titik, salah satunya berada pada Sawojajar. Pada Jalan Danau Ranau mempunyai permasalahan genangan yang disebabkan karena saluran drainase tidak lancar dan tidak adanya daerah resapan. Oleh karena keterbatasan itu perlu ada pemecahan masalah genangan dengan memaksimalkan segala aspek yang mempengaruhinya agar didapatkan hasil memuaskan. Agar mendapatkan hasil tersebut dapat diperoleh dengan bantuan aplikasi sistem informasi dan model daerah aliran sungai (SIMODAS).

SIMODAS adalah model hidrologi sebar keruangan dan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu mensimulasikan proses hidrologi dengan menampung perubahan-perubahan keruangan dalam DAS secara interaktif, sehingga dapat membantu dalam pengambilan keputusan dengan efisien, efektif dan akurat dalam perencanaan DAS dan usaha-usaha perbaikan kondisi DAS. Perubahan suatu kondisi DAS (pemanfaatan lahan) dimana pengurangan hutan atau lahan pertanian menjadi pemukiman, pada tingkat tertentu, akan memberikan dampak yang relatif sensitif terhadap peningkatan debit puncak banjir hidrograf.

Pendekatan yang digunakan pada model SIMODAS menggunakan sebar keruangan, dimana variasi karakteristik atau sifat-sifat (properties) dalam DAS diperhatikan. DAS dimodelkan sebagai sel-grid yang saling bertetangga (*neighbourhood*). Penyajian SIMODAS memungkinkan berbagai faktor fisiografi yang meliputi kemiringan,

arah aliran, laju abstraksi dan kekasaran permukaan dapat diekstrak secara akurat untuk perhitungan besarnya aliran air dan tampungan detensi.

1.2. Identifikasi Masalah

Sawojajar salah satu kawasan pemukiman yang sudah padat di kota Malang. Indikasi tersebut dapat dilihat dari sedikitnya kawasan terbuka hijau di sana. Meskipun dalam pengembangannya sudah dibangun sistem drainase tetapi genangan masih saja kerap terjadi jika hujan yang cukup deras dalam kurun waktu satu sampai dua jam saja.

Dari hasil survey di lokasi studi secara fisik terlihat sebagian besar saluran sudah diplengseng atau diperkuat dengan pasangan, namun karena minimnya perawatan menyebabkan sebagian besar saluran tidak dapat menampung debit besar. Di lihat lebih luas, adanya saluran irigasi yang berubah menjadi saluran drainase, hal tersebut dapat dilihat pada sebelah utara sawojajar yang sebagian besar masih area persawahan irigasi teknis dan di temukan juga saluran yang masuk ke kawasan perumahan dan di jadikan saluran pembuangan masyarakat. Dari paparan tadi ada bukti telah beralihnya tata guna lahan dan sawojajar berada di atas tanah aluvial.

Dari paparan di atas, genangan yang terjadi di lokasi studi terpengaruhi dari berbagai variable. Untuk membantu menyelesaikan permasalahan genangan di lokasi studi maka dibutuhkan bantuan software simulasi informasi dan model daerah aliran sungai. Program ini dapat mengeluarkan data perkiraan aliran akibat topografi, hidrograf pada titik-titik yang telah ditentukan. Dari hasil keluaran program tersebut maka hasil studi ini berupa rekomendasi untuk instansi terkait selaku pemerintah atau pemangku kepentingan dalam bentuk pemetaan daerah rawan banjir dan berupa debit puncak pada titik-titik yang telah ditentukan dari pembacaan hidrograf.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian untuk sistem drainase Kota Malang ini dibatasi oleh ruang lingkup sebagai berikut :

1. Saluran drainase yang dikaji adalah saluran yang berada pada kompleks SMK Telkom dan beberapa rumah yang berada pada utara SMK Telkom yang dibatasi oleh punggung jalan Danau Ranau, jalan Danau Bratan dan jalan Laut Tawar.
2. Debit saluran yang diperhitungkan adalah debit limpasan.
3. Perhitungan debit saluran berdasarkan curah hujan rancangan kala ulang 2 tahun, 5 dan 10 tahun.
4. Tidak mengkaji permasalahan sedimentasi.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi saluran drainase eksisting ketika mendapat curah hujan rancangan kala ulang 5 dan 10 tahun?
2. Berapa debit yang tidak dapat ditampung saluran di lokasi studi ketika mendapat curah hujan rancangan 5 dan 10 tahun?
3. Berapa dimensi saluran yang diperlukan untuk mereduksi genangan?

1.5. Tujuan

Studi ini dilakukan bertujuan untuk mereduksi genangan dengan cara mengubah dimensi saluran yang tidak mampu lagi menampung debit kala ulang di lokasi studi. Lokasi studi yang berada pada daerah perkotaan dan memiliki luasan kecil. Debit didapatkan dengan metode rasional dan dengan menerapkan Sistem Informasi dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS) sehingga dapat mengetahui kesesuaian Model SIMODAS pada kondisi lapangan.

1.6. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan dapat menyelesaikan masalah genangan dengan tetap memperhatikan kelestarian sumberdaya air dan dapat menjadi salah satu alternatif dalam perencanaan drainase yang lebih mudah.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Diurut dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari bangunan penerima (interceptor drain), saluran pengumpul (collector drain), saluran pembawa (conveyor drain), saluran induk (main drain), dan badan air penerima (receiving waters). Disepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya, seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (aqueduct), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tandon dan stasiun pompa. Pada sistem yang lengkap, sebelum masuk ke badan air penerima, air diolah dahulu diinstalasi pengolahan air limbah (IPAL), khususnya untuk sistem tercampur. Hanya air yang telah memenuhi baku mutu tertentu yang dimasukkan ke badan air penerima, sehingga tidak merusak lingkungan (Suripin, 2004 : 8).

Sedangkan drainase perkotaan adalah ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan fisik dan lingkungan sosial budaya di kota tersebut (Hadiharja, et., 1997 : 3).

Drainase perkotaan merupakan sistem pengeringan dan pengaliran air wilayah perkotaan meliputi : pemukiman, industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit dan fasilitas umum lainnya, lapangan udara, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik dan telekomunikasi, bandar udara, pelabuhan laut maupun sungai serta tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota (Hadihardhaja, et., 1997 : 3).

2.2. Analisa Hidrologi

2.2.1. Uji Konsistensi Data

Dalam suatu deretan pengamatan hujan biasa terdapat ketidaksesuaian. Uji konsistensi dilakukan terhadap data curah hujan tahunan yang dimaksudkan untuk mengetahui adanya penyimpangan data hujan, sehingga dapat disimpulkan apakah data tersebut layak dipakai dalam perhitungan analisis hidrolog atau tidak.

Adapun ketidaksesuaian tersebut disebabkan oleh berbagai hal, misalnya :

- a. Berubahnya atau terganggunya lingkungan disekitar tempat dimana stasiun pencatat hujan tersebut dipasang, misalnya terhalang oleh pohon, terletak berdekatan dengan gedung tinggi.

- b. Perubahan sistem pencatatan dan penakaran.
- c. Perubahan iklim.
- d. Perubahan letak stasiun.

Keadaan ini dapat diperlihatkan dan sekaligus dikoreksi dengan menggambarkan suatu grafik yang membandingkan antara hujan tahunan kumulatif stasiun yang diuji dengan rerata hujan kumulatif dari stasiun hujan yang lain.

2.2.2. Pemeriksaan *outlier* (data di luar ambang batas)

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sample data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck (Chow, 1987 : 403, dalam Rhanty, 2004:8) menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X_H &= \bar{x} - Kn \cdot S \\ X_L &= \bar{x} + Kn \cdot S \end{aligned} \quad (2-1)$$

dengan :

X_H = nilai ambang atas

X_L = nilai ambang bawah

\bar{x} = nilai rata-rata

S = simpangan baku dari logaritma terhadap sampel

Kn = besaran yang tergantung pada jumlah sampel data (pada lampiran tabel outlier)

n = jumlah sampel data

Data yang nilainya di luar X_H dan X_L diklasifikasikan sebagai *outlier*. Berikut tabel nilai Kn pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Nilai Kn untuk Uji *Outlier-Inlier*

Jumlah Data	Kn						
10	2,036	24	2,467	38	2,661	60	2,837
11	2,088	25	2,468	39	2,671	65	2,866
12	2,134	26	2,502	40	2,681	70	2,893
13	2,175	27	2,519	41	2,692	75	2,917
14	2,213	28	2,534	42	2,700	80	2,940
15	2,247	29	2,549	43	2,710	85	2,961
16	2,279	30	2,563	44	2,719	90	2,981
17	2,309	31	2,577	45	2,717	95	3,000
18	2,335	32	2,591	46	2,736	100	3,017
19	2,361	33	2,604	47	2,744	110	3,049
20	2,385	34	2,616	48	2,753	120	3,078

Jumlah Data	Kn						
21	2,408	35	2,618	49	2,760	130	3,104
22	2,429	36	2,639	50	2,768	140	3,129
23	2,448	37	2,650	55	2,804		

Sumber : Panduan perencanaan Bendungan Urugan Volume II,1999

2.2.3. Curah Hujan Rerata Daerah

Untuk mendapatkan gambaran mengenai penyebaran hujan diseluruh daerah, dibeberapa tempat tersebar pada DAS dipasang alat penakar hujan. Pada daerah aliran kecil kemungkinan hujan terjadi merata diseluruh daerah, tetapi tidak demikian pada daerah aliran yang besar, hujan diberbagai tempat pada DAS yang besar tidak sama, sedangkan pos-pos penakar hujan hanya mencatat hujan disuatu titik tertentu.

Selain berdasarkan stasiun pengamatan, curah hujan daerah dapat dihitung dengan parameter luas daerah tinjauan sebagai berikut :

- Untuk daerah tinjauan dengan luas 250 ha dengan variasi topografi kecil dapat diwakili oleh sebuah stasiun pengamatan.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 250-50.000 ha yang memiliki 2 atau 3 stasiun pengamatan dapat menggunakan metode rata-rata aljabar.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas 120.000-500.000 ha yang memiliki beberapa stasiun pengamatan tersebar cukup merata dapat menggunakan metode rata-rata aljabar, tetapi jika stasiun pengamatan tersebar tidak merata dapat menggunakan metode Thiessen.
- Untuk daerah tinjauan dengan luas lebih dari 500.000 ha menggunakan metode Isohiet atau metode potongan antara.

Pada daerah lokasi studi digunakan satu buah stasiun hujan karena luas wilayah kurang dari 250 ha dengan variasi topografi yang kecil.

2.2.4. Curah Hujan Rancangan

Dalam perencanaan ini hujan rancangan dipilih cara Log Pearson III (CD. Soemarto,1995:125) dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data. Tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut:

- Hujan bulanan maksimum diubah dalam bentuk logaritma.
- Menghitung harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X_i}{n} \quad (2-2)$$

c. Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

$$Sd = \frac{\sum(\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})}{n-1} \quad (2-3)$$

d. Menghitung harga koefisien kemencengan dengan rumus :

$$Cs = \frac{n \sum(\text{Log}X_i - \overline{\text{Log}X})^3}{(n-1)(n-2)Sd^3} \quad (2-4)$$

e. Menghitung logaritma hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus :

$$\text{Log}X = \overline{\text{Log}X} + G.Sd \quad (2-5)$$

dengan :

Log x = Logaritma curah hujan rancangan.

$\overline{\text{Log}x}$ = Logaritma rerata curah hujan.

G = Konstanta (dari tabel)

Sd = Standar deviasi

Tabel 2.1 Nilai G untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Koefisien Skewness	Kala Ulang										
	1,01	1,05	1,11	1,25	2	5	10	25	50	100	200
(Cs)	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0,5
3,0	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,9	-0,690	-0,688	-0,681	-0,656	-0,390	0,440	1,195	2,277	3,134	4,013	4,909
2,8	-0,714	-0,711	-0,702	-0,666	-0,840	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2,7	-0,740	-0,736	-0,724	-0,681	-0,760	0,479	1,224	2,272	3,097	3,932	4,783
2,6	-0,769	0,762	-0,747	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2,5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,4	-0,832	-0,819	-0,795	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800	4,584
2,3	-0,867	-0,850	-0,819	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2,2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,454
2,1	-0,946	-0,914	-0,869	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2,0	-0,990	-0,949	-0,895	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,9	-1,037	-0,984	-0,920	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1,8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,7	-1,140	-1,056	-0,970	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1,6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1,5	-1,256	-1,131	-1,018	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330	3,910
1,4	-1,318	-1,163	-1,041	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,3	-1,388	-1,206	-1,064	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1,2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,1	-1,518	-1,280	-1,107	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1,0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-1,733	-1,388	-1,166	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0,7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132

Koefisien Skewness	Kala Ulang										
	1,01	1,05	1,11	1,25	2	5	10	25	50	100	200
(Cs)	99	95	90	80	50	20	10	4	2	1	0,5
0,5	-1,955	-1,491	-1,216	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-2,175	-1,586	-1,258	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-2,252	-1,616	-1,270	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0,0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,715	2,054	2,326	2,576
-0,1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,842	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,484
-0,2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,836	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-0,3	-2,544	-1,726	-1,309	-0,830	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294
-0,4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,824	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,207
-0,5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,816	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-0,6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,808	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-0,7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,800	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926
-0,8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,790	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837
-0,9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,780	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1,0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,769	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664
-1,1	-3,087	-1,894	-1,341	-0,758	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1,2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,745	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1,3	-3,211	-1,925	-1,339	-0,732	0,210	0,838	1,064	1,240	1,340	1,383	1,424
-1,4	-3,271	-1,380	-1,337	-0,719	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351
-1,5	-3,330	-1,951	-1,333	-0,705	0,240	0,823	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1,6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,690	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216
-1,7	-3,440	-1,972	-1,324	-0,675	0,268	0,808	0,980	1,072	1,116	1,140	1,155
-1,8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,660	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1,9	-3,553	-1,989	-1,310	-0,643	0,294	0,788	0,920	0,993	1,023	1,037	1,044
-2,0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,627	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995
-2,1	-3,656	-2,001	-1,294	-0,609	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,946	0,949
-2,2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,592	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907
-2,3	-3,753	-2,009	-1,274	-0,574	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2,4	-3,800	-2,011	-1,262	-0,555	0,351	0,750	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2,5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,537	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800
-2,6	-3,889	-2,013	-1,238	-0,518	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2,7	-3,932	-2,012	-1,224	-0,499	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2,8	-3,973	-2,010	-1,210	-0,479	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714	0,714
-2,9	-4,013	-2,007	-1,195	-0,460	0,390	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3,0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,440	0,390	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber: Soemarto (1987:246)

2.2.5. Uji Kesesuaian Distribusi

Pengujian analisis curah hujan dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorof maupun uji Chi-Square untuk mengetahui kesesuaian dari analisis curah hujan terhadap simpangan data vertikal dari plotting data curah hujan.

2.2.5.1. Uji Smirnov – Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui simpangan horisontal tersebar sebaran teoritis dan sebaran empiris. Simpangan horisontal ini dinyatakan dengan

$\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$ (didapat dari tabel) untuk derajat nyata tertentu, disimpulkan hipotesa distribusi dapat diterima. Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametric test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Adapun prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Data curah hujan diurutkan dari kecil ke besar.
- Menghitung persamaan empiris dengan persamaan berikut (Sri Harto,1981:179):

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2-6)$$

dengan:

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

- Mencari nilai G

$$G = \frac{(\text{Log}X_i - \text{Log}X)}{s} \quad (2-7)$$

Dengan :

G = Koefisien Frekuensi

S = Simpangan Baku

- Mencari harga P_r dengan melalui tabel distribusi Log Pearson type III.

- Menghitung nilai $P(x)$

$$P(x) = 100 - P_r \quad (2-8)$$

- Menghitung Selisih $S_n(x)$ dan $P(x)$

$$S_n(x) = \text{peluang} \left(\frac{\text{rangking}}{\sum \text{data} + 1} \right) \quad (2-9)$$

Bandingkan perbedaan terbesar dari perhitungan selisih terbesar (Δ_{maks}) dengan Δ_{cr} dari tabel Smirnov-Kolmogorof. Jika harga $\Delta_{maks} < \Delta_{cr}$, maka penyimpangan masih dalam batas ijin, yang berarti distribusi hujan pengamatan sesuai dengan model distribusi teoritis.

2.2.5.2. Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , oleh karena itu disebut dengan Chi-Square. Parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus (Soewarno,1995;194) :

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2-10)$$

dengan :

E_i = Nilai yang diharapkan (expected frequency)

O_i = Nilai yang diamati (observed frequency)

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut :

- Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup
- Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i
- Untuk tiap-tiap sub grup hitung nilai $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- menjumlah nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada seluruh G sub grup untuk menentukan nilai Chi Square hitung (X^2 hit).
- Menentukan derajat kebebasan, $dk = G - R - 1$
- Harga X^2 hit dibandingkan dengan harga X^2 Cr dari table Chi Square dengan dk dan jumlah data (n) tertentu. Apabila X^2 hit $<$ X^2 Cr maka hipotesa distribusi dapat diterima.

2.2.6. Intensitas Hujan/Rainfall Intensity

Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik persatuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu milimeter (mm). Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.

Pada umumnya, semakin besar t (waktu mulai hujan sampai jam ke T) intensitas hujannya semakin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau karena disebabkan tidak adanya alat untuk mengamati, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat ditempuh dengan rumus empiris, diantaranya adalah rumus Mononobe, karena dapat digunakan untuk waktu t sembarang (Soemarto CD, 1995:14);

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2 - 11)$$

Dengan :

I = Intensitas curah hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

tc = Waktu konsentrasi hujan (jam)

2.3. Luas daerah pengaliran

Penentuan daerah pengaliran didasarkan pada keadaan topografi daerah studi. Dimana batas daerah aliran ditentukan oleh topografi tertinggi karena daerah pengaliran (*cathment area*) adalah daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran sehingga batas antara daerah pengaliran terletak pada punggung atau pegunungan.

2.3.1. Penelusuran Aliran (Routing)

Penelusuran aliran bertujuan untuk mengetahui kedalaman dan kecepatan aliran pada setiap titik saluran yang didasarkan pada data aliran. Penelusuran aliran dibagi menjadi dua, penelusuran hidrologis dan hidraulis. Penelusuran hidrologis bertujuan mencari hidrograf debit disuatu titik berdasarkan titik yang lain sepanjang aliran yang sama.

Nilai *n* Manning dapat diperkirakan berdasarkan bilangan yang ditunjukkan dalam tabel 2.2. untuk aliran limpasan dan tabel 2.7 untuk aliran terbuka.

Tabel 2.2. Nilai *n* Manning untuk aliran limpasan

No	Penggunaan tanah permukaan	n	Nilai yang direkomendasikan
1	Beton	0,010-0,013	0,011
2	Aspal	0,010-0,015	0,012
3	Tanah terbuka	0,010-0,016	0,010
4	Tanah berkerikil	0,012-0,030	0,012
5	Tanah lempung berlanau dan terbuka (mudah tererosi)	0,012-0,033	0,012
6	Tanah tandus	0,006-0,160	0,050
7	Tanah yang diolah	0,020-0,100	0,060
8	Semacam lapangan tembak/golf (alami)	0,010-0,320	0,130
9	Semacam lapangan tembak.golf yang dipangkas	0,020-0,240	0,080
10	Padang rumput pendek	0,100-0,200	0,150
11	Rerumputan tebal	0,170-0,300	0,240

Sumber : Ven Te Chow, 1988

Tabel 3.3. Besaran koefisien hambatan (n_d)

Kondisi lapis permukaan	Koefisien hambatan (n_d)
Aspal jalan atau lapisan Beton	0,013-0,020
Lapisan jalan paving blok/bahu jalan	0,2-0,03
Lapisan diperkeras didaerah perumahan	0,03-0,1
Tanah berumput tipis	0,1-0,2
Tanah berumput tebal	0,4
Hutan gundul	0,4-0,6
Hutan rimbum	0,6

Sumber : Suharjono, 2013

Tabel 2.4. Nilai n Manning untuk saluran terbuka

Material	n Manning	Material	n Manning
Dasar gravel, dinding :		Bantaran Banjir :	
- Beton	0,020	- Rerumputan	0,035
- Pasangan batu	0,023	- Tanah musim	0,040
- Rip-rap	0,033	- Pohon kecil, jarang	0,050
		- Pohon kecil, padat	0,070
		- Pohon besar, padat	0,100
Saluran alam :			
- Bersih, lurus	0,030		
- Bersih, berliku	0,040		
- Berliku, pohon kecil	0,010		

Sumber : Ven Te Chow, 1988

2.3.2. Limpasan Metode Rasional

Metode rasional adalah metode untuk menghitung debit banjir maksimum dari curah hujan. Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 300 ha. Metode rasional ini menggunakan asumsi:

- Frekuensi hujan dan limpasan sama.
- Intensitas hujan dengan durasi minimum sama dengan waktu konsentrasi daerah aliran.
- Intensitas hujan seragam diseluruh daerah aliran.
- Durasi hujan lebat sama dengan waktu konsentrasi, seluruh daerah aliran berpengaruh secara simultan terhadap debit di saluran keluar.

Dua komponen utama yang digunakan pada metode rasional ialah waktu konsentrasi (T_c) dan intensitas curah hujan (I). Metode rasional memperkirakan debit limpasan dengan pendekatan koefisien pengaliran, yang merupakan perbandingan antara debit puncak (debit maksimum) yang dihasilkan dengan intensitas hujan, namun metode rasional terlalu menyederhanakan proses yang rumit.

Untuk itu, digunakan metode rasional modifikasi yang merupakan pengembangan dari metode rasional untuk intensitas curah hujan yang lebih lama dari

waktu konsentrasi. Metode ini telah dikembangkan sehingga konsep metode rasional modifikasi ini dapat menghasilkan hidrograf untuk memperhitungkan koefisien limpasan, koefisien tampungan, intensitas hujan dan luas daerah aliran dalam menghitung debit limpasan.

Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = 0,00278 \cdot C.I.A \quad (2-12)$$

dengan :

Q = Debit puncak (m^3/dt)

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

2.3.2.1. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di suatu daerah akibat turunnya hujan dengan jumlah hujan yang turun di daerah tersebut.

Besarnya koefisien pengaliran antara lain dipengaruhi oleh (Subarkah, 1980:51):

- Kemiringan tanah
- Jenis permukaan tanah yang dilalui air hujan
- Iklm
- Faktor-faktor meteorologi

Penentuan nilai koefisien pengaliran suatu daerah yang terdiri dari beberapa tataguna lahan dilakukan dengan mengambil angka rata-rata koefisien pengaliran dari setiap tata guna lahan dengan menghitung bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Adapun cara perhitungannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Suhardjono, 1984:23):

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-13)$$

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-14)$$

dengan :

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata.

C_1, C_2, \dots, C_n = Koefisien pengaliran yang sesuai kondisi permukaan.

A_1, A_2, \dots, A_n = Luas daerah pengaliran yang disesuaikan kondisi permukaan. C adalah variabel yang paling sulit diperkirakan dengan tepat, harga ini diambil pada perencanaan yang didasarkan pada perkembangan tata guna lahan tanah terakhir. Harga koefisien pengaliran (C) untuk berbagai kondisi permukaan tanah dapat ditentukan sebagai berikut :

Tabel 2.5. Koefisien Pengaliran (C) untuk persamaan rasional

Tataguna lahan	C	Tataguna lahan	C
Perkantoran		Tanah Lapang	
▪ Daerah Pusat kota	0.070-0.95	▪ Berpasir, datar, 2%	0.05-0.10
▪ Daerah sekitar kota	0.50-0.70	▪ Berpasir, agak rata, 2-7%	0.10-0.15
Perumahan		▪ Berpasir, miring, 7%	0.15-0.20
▪ Rumah Tinggal	0.30-0.50	▪ Tanah Berat, datar, 2%	0.13-0.17
▪ Rumah Susun, terpisah	0.40-0.60	▪ Tanah berat, agak rata, 2-7%	0.18-0.22
▪ Rumah susun, bersambung	0.60-0.75	▪ Tanah berat, miring, 7%	0.25-0.35
▪ Pinggiran Kota	0.25-0.40	Tanah Pertanian, 0-30%	
Daerah Industri		▪ Tanah Kosong	
▪ Kurang padat industri	0.50-0.80	- Rata	0.30-0.60
▪ Padat industri	0.60-0.90	- Kasar	0.20-0.50
Taman, Kuburan	0.10-0.25	▪ Ladang Garapan	
Tempat Bermain	0.20-0.35	- Tanah berat, tanpa vegetasi	0.30-0.60
Daerah Stasiun KA	0.20-0.40	- Tanah berat, dengan vegetasi	0.20-0.50
Daerah Tak Berkembang	0.10-0.30	- Berpasir, tanpa vegetasi	
Jalan Raya		- Berpasir, dengan vegetasi	0.20-0.25
▪ Beraspal	0.70-0.95	▪ Padang Rumput	0.10-0.285
▪ Berbeton	0.80-0.95	- Tanah berat	
▪ Berpaving	0.70-0.85	- Berpasir	0.15-0.45
Trotoar	0.75-0.85	▪ Hutan/Bervegetasi	0.05-0.25
Daerah Beratap	0.75-0.95		0.05-0.25
		Tanah tidak produktif, > 30%	
		▪ Rata, kedap air	0.70-0.90
		▪ Kasar	0.50-0.70

Sumber : Asdak, 2001:164

2.3.2.2. Prediksi Laju Aliran Permukaan (*Surface Runoff*) DAS

Aliran permukaan/limpasan (*surface runoff*) adalah air yang melebihi laju infiltrasi (*infiltration rate*) dan meluap dari penyimpanan permukaan (*surface storage*). Volume air ini disebut dengan limpasan langsung (*direct runoff*). Laju aliran permukaan adalah banyaknya atau volume air (*direct runoff*) yang mengalir melalui suatu titik per satuan waktu (m^3dt^{-1}) atau $\text{m}^3\text{jam}^{-1}$. Laju aliran permukaan juga dikenal dengan istilah debit air yang mana nilainya dapat dilihat pada hidrograf limpasan (Arsyad, 2010:67).

Volume aliran permukaan (Q) bergantung besarnya pada curah hujan (P) dan volume simpanan yang tersedia untuk menahan air (S). Penahan aktual (F) adalah perbedaan antara curah hujan dan aliran permukaan. Selanjutnya suatu volume air hujan pada permulaan hujan, yang disebut dengan abstraksi awal (I_a) tidak akan menjadi aliran permukaan. SCS mengasumsikan hubungan curah hujan aliran permukaan, yang diperlihatkan skemanya pada Gambar 2.32 adalah sebagai berikut (Arsyad,

$$\frac{F}{S} = \frac{Q}{P - I_a} \quad (2-15)$$

yang menyatakan S adalah penahan (retensi) air maksimum potensial. Retensi aktual, dengan memperhitungkan abstraksi aktual awal, adalah (Arsyad, 2010:84):

$$F = (P - I_a) - Q \quad (2-16)$$

dengan mensubstitusikan persamaan (2-11) kedalam persamaan (2-12), diperoleh persamaan berikut (Arsyad, 2010:85):

$$\frac{(P - I_a) - Q}{S} = \frac{Q}{(P - I_a)} \quad (2-17)$$

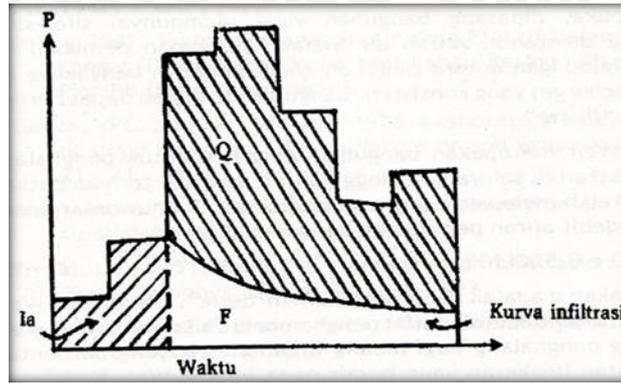
yang dapat diubah menjadi:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \quad (2-18)$$

Faktor-faktor pada persamaan (2-14) akan lebih dapat dimengerti jika ditunjukkan dalam bentuk kurva masa, seperti terlihat pada Gambar 2.33. Volume hujan dipisahkan dalam abstraksi awal, retensi dan aliran permukaan.

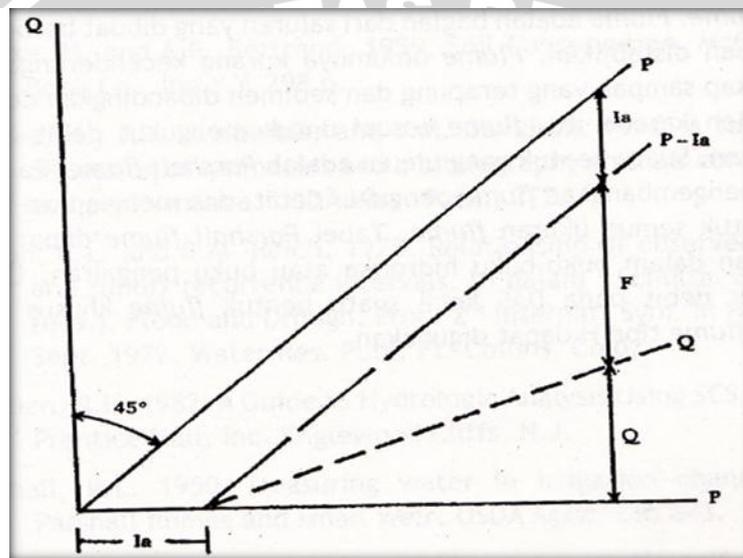
Abstraksi awal adalah fungsi penggunaan tanah, perlakuan dan kondisi hidrologi, serta kandungan air tanah sebelumnya. Nilai I_a ternyata dapat diduga dengan baik menggunakan persamaan (Arsyad, 2010:85):

$$I_a = 0,2S \quad (2-19)$$



Gambar 2.1. Hubungan Antara Curah Hujan, Aliran Permukaan, Dan Retensi (McCuen 1982).

Sumber: Arsyad, (2010:87).



Gambar 2.2. Hubungan Antara Curah Hujan Aliran Permukaan Dinyatakan Dalam Kurva Massa (McCuen 1982).

Sumber: Arsyad, (2010:87).

Penelitian yang dilakukan sejak persamaan (2-11) dikembangkan menunjukkan bahwa persamaan (2-11) mungkin tidak benar untuk semua keadaan, tetapi masih dapat digunakan sampai penelitian lebih komprehensif dikembangkan. Penting untuk dicatat bahwa pada persamaan (2-11), faktor yang mempengaruhi I_a akan juga mempengaruhi S . Dengan mensubstitusikan persamaan (2-12) ke dalam persamaan (2-11) didapat persamaan (Arsyad, 2010:85):

$$P_e = \frac{(P - 0,2S)^2}{(P + 0,8S)} \quad (2-20)$$

Keterangan:

P_e = ketinggian aliran permukaan (mm)

P = Curah hujan (mm)

S = Retensi potensial maksimum (mm)

Dari penelitian empirik diperoleh bahwa S dapat diduga dengan persamaan:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2-21)$$

Yang menyatakan CN adalah bilangan kurva yang nilainya berkisar 0 sampai 100, yang dapat dihitung menggunakan prosedur pada sub bab berikutnya.

2.3.2.3. Cara Estimasi (Pendugaan) Nilai CN (BK) (Mc Cuen 1982)

Volume dan laju aliran permukaan bergantung pada sifat-sifat meteorologi dan parameter fisik DAS, serta pendugaan aliran permukaan memerlukan suatu indeks yang mewakili kedua faktor tersebut. Volume curah hujan mungkin merupakan satu-satunya sifat meteorologi yang penting dalam menduga volume aliran permukaan. Tipe tanah, penggunaan tanah, dan kondisi hidrologi penutup adalah sifat-sifat daerah aliran yang mempunyai pengaruh penting dalam pendugaan volume aliran permukaan. Kandungan air tanah sebelumnya juga penting dalam memengaruhi volume aliran permukaan.

SCS (Soil Conservation Service, Amerika Serikat) telah mengembangkan indeks yang disebut *Runoff Curve Number (CN)* yang dalam bahasa Indonesia dapat diterjemahkan ke dalam *Bilangan Kurva Aliran Permukaan (BK)*. Bilangan ini menyatakan pengaruh bersama tanah, keadaan hidrologi, dan kandungan air sebelumnya. Faktor-faktor ini dapat dinilai dari survey tanah, penelitian setempat, dan peta penggunaan tanah. Penggunaan metode *SCS* dalam menentukan keadaan kandungan air tanah sebelumnya, sering kali dipergunakan keadaan rata-rata daerah aliran pada keadaan, tempat, dan waktu tertentu (Arsyad, 2010:94).

2.3.2.4. Klasifikasi Kelompok Tanah

SCS telah mengembangkan suatu sistem klasifikasi tanah yang mengelompokkan tanah ke dalam empat kelompok hidrologi (*hydrolic soil group*) yang ditandai dengan huruf A, B, C, dan D. Sifat-sifat tanah yang bertalian dengan keempat kelompok tersebut adalah sebagai berikut (Arsyad, 2010:):

- a. Kelompok A : pasir dalam (*deep sand*), loess dalam (*deep loess*), debu yang beragregat (*aggregated silts*)
- b. Kelompok B : loess dangkal (*shallow loess*), lempung berpasir (*sandy loam*).
- c. Kelompok C : lempung berliat (*clay loams*), lempung berpasir dangkal (*shallow sandy loam*), tanah berkadar bahan organik rendah (*soils low in organic content*), dan tanah-tanah berkadar liat tinggi (*soils usually high in clay*).

- d. Kelompok D : tanah-tanah yang mengembang secara nyata jika basah (*soils that swell significantly when wet*), liat berat, plastis (*heavy plastic clays*), dan tanah-tanah saline tertentu (*certain saline soils*).

Kelompok tanah SCS tersebut dapat ditentukan di tempat dengan menggunakan salah satu ketiga cara berikut (Arsyad, 2010:95):

1. Sifat-sifat fisik tanah
2. Peta tanah detail
3. Laju infiltrasi minimum tanah

Sifat-sifat tanah yang dimaksud pada butir 1 telah dikemukakan di atas, sedangkan peta tanah detail memberikan deskripsi secara rinci mengenai sifat-sifat tanah yang diperlukan dan memberikan lokasi tanah tersebut dengan jelas. Hubungan laju infiltrasi minimum dengan kelompok tanah adalah sebagai berikut (Arsyad, 2010:95):

Tabel 2.6. Hubungan Laju Infiltrasi Minimum Dengan Kelompok Tanah

Kelompok Tanah	Laju Infiltrasi Minimum (mm/jam)
A	8-12
B	4-8
C	1-4
D	0-1

Sumber: Arsyad, (2010:95).

2.3.2.5. Klasifikasi Kompleks Penutup Tanah

Klasifikasi kompleks penutupan tanah SCS terdiri atas tiga faktor yaitu penggunaan tanah, perlakuan atas tindakan yang diberikan, dan keadaan hidrologi. Terdapat sekitar 14 macam penggunaan tanah yang digunakan pada tabel untuk menduga CN (Tabel 2.12). Penggunaan tanah pertanian sering kali dibagi ke dalam perlakuan atau tindakan yang diberikan, seperti penanaman menurut kontur atau pembuatan teras. Pembagian ini menunjukkan potensi pengaruhnya terhadap aliran permukaan. Kondisi hidrologi mencerminkan tingkat pengelolaan tanah yang digunakan, yang dibedakan kedalam buruk, sedang, dan baik (Arsyad, 2010:95).

2.3.2.6. Pendugaan Bilangan Kurva

Tabel 2.20 yang merupakan kompilasi tabel CN menunjukkan nilai CN untuk berbagai penggunaan tanah, perlakuan, dan kondisi hidrologinya. Nilai CN diberikan untuk setiap kelompok tanah. Sebagai contoh, nilai CN untuk tanah hutan (pada Tabel 2.4) dengan tanaman penutup yang baik pada kelompok tanah B adalah 55, untuk kelompok tanah C nilai CN lebih tinggi yaitu 70. Jika penutup tanah pada tanah hutan kelompok B ini buruk, CN menjadi 66 (Arsyad, 2010:95).

2.3.2.7. Kandungan Air Tanah Sebelumnya

Kandungan air tanah sebelumnya atau AMC (*Antecedent Moisture Categories*) mempengaruhi volume dan laju aliran permukaan. Mengingat pentingnya pengaruh faktor ini maka SCS menyusun tiga kondisi kandungan air sebelumnya, yang diberi tanda dengan angka Romawi I, II, III. Keadaan tanah untuk ketiga kondisi tersebut adalah sebagai berikut (Arsyad, 2010:96):

- a. Kondisi I : Tanah dalam keadaan kering tetapi tidak sampai pada titik layu, telah pernah ditanami dengan hasil yang memuaskan.
- b. Kondisi II : Keadaan rata-rata.
- c. Kondisi III : Hutan lebat atau hutan ringan dan temperatur rendah telah terjadi dalam lima hari terakhir, tanah jenuh air.

Tabel berikut memberikan batas besarnya curah hujan untuk ketiga kondisi kandungan air tanah sebelumnya:

Tabel 2.7. Curah Hujan Untuk Ketiga Kondisi Air Tanah Sebelumnya

(Kandungan Air Tanah Sebelumnya) AMC	Total Curah Hujan 5 Hari Sebelumnya (mm)	
	Musim Dorman	Musim Tumbuh
I (Kering)	<13	<35
II (Sedang)	13-28	35-53
III (Basah)	>28	>53

Sumber: Arsyad, (2010:96).

Untuk dapat menggolongkan/mengklasifikasi musim dorman (*dormant season*) dan musim tumbuh (*growing season*) terlebih dahulu perlu diketahui iklim pada daerah yang diamati atau dikaji. Yang selanjutnya dapat menentukan awal musim dan panjang musim tersebut. Pada daerah beriklim tropis seperti halnya Indonesia, memiliki 2 (dua) musim yakni; musim hujan yang mewakili musim tumbuh dan musim kemarau yang mewakili musim dorman pada tabel AMC SCS. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Indonesia telah menetapkan cara menentukan awal musim dan panjang musim untuk kedua musim tersebut, berikut penjelasannya.

Penentuan awal musim menurut BMKG

1. Awal musim hujan → diidentifikasi dengan jumlah curah hujan dasarian telah lebih dari 50 mm dan diikuti minimal dua dasarian berikutnya
2. Awal musim kemarau → diidentifikasi dengan jumlah curah hujan dasarian kurang dari 50 mm dan diikuti minimal dua dasarian berikutnya.

Penentuan panjang musim menurut BMKG.

1. Panjang musim hujan → jumlah dasarian (10 hari) antara awal musim hujan sampai dengan awal musim kemarau berikutnya,
2. Panjang musim kemarau → jumlah dasarian (10 hari) antara awal musim kemarau sampai dengan awal musim hujan berikutnya.

Dalam perencanaan, kandungan air tanah sebelumnya sering kali lebih merupakan ketetapan kebijaksanaan bukan merupakan keadaan tanah setempat sebelumnya.

Nilai BK didapat dari Tabel 2.4 digunakan untuk tanah dengan kondisi kandungan air tanah sebelumnya (II). Jika diperlukan untuk kondisi I dan III, BK disesuaikan dengan menggunakan Tabel 2.21.

Tabel 2.8. Bilangan Kurva (CN) Aliran Permukaan Untuk Berbagai Komplek Tanah Penutup Tanah (Kondisi Kandungan Air Tanah Sebelumnya: II, dan Ia = 0,2S)

No	Penggunaan Tanah/Perlakuan/Kondisi Hidrologi		Kelompok Hidrologi Tanah								
			A	B	C	D					
1	Pemukiman		Persentasi rata-rata kedap air ²⁾								
	Luas kapling										
	a.	500 m ² dan lebih kecil					65	77	85	90	92
	b.	1000 m ²					38	61	75	83	87
	c.	1300 m ²					30	57	72	81	86
	d.	2000 m ²					25	54	70	80	85
e.	4000 m ²	20	51	68	79	84					
2	Tempat parkir diaspal, atap dan jalan aspal, dan lain- lain. ³⁾			98	98	98	98				
3	Jalan umum										
	a.	beraspal dan saluran pembuangan air					98	98	98	98	
	b.	kerikil					76	85	89	91	
	c.	Tanah					72	82	87	89	
4	Daerah perdagangan dan pertokoan		85	89	92	94	95				
5	Daerah industri		72	81	88	91	93				
6	Tempat terbuka, padang rumput yang dipelihara, lapangan golf, kuburan dan lain-lain :										
	a.	Kondisi baik: 75 % atau lebih tertutup rumput					39	61	74	80	
	b.	Kondisi sedang: 50%-75% tertutup rumput					49	69	79	84	

No	Penggunaan Tanah/Perlakuan/Kondisi Hidrologi		Kelompok Hidrologi Tanah				
			A	B	C	D	
7	Bera-larikan menurut lereng		77	86	91	94	
8	Tanaman semusim dalam barisan:						
	a.	Menurut lereng	buruk	72	81	88	91
8	b.	Menurut lereng	baik	67	78	85	89
	c.	Menurut kontur	buruk	70	79	84	88
8	d.	Menurut kontur	baik	65	75	82	86
	e.	Kontur dan teras	buruk	66	74	80	82
8	f.	Kontur dan teras	baik	62	71	78	81
	Padi-padian:						
9	a.	Menurut lereng	buruk	65	76	84	88
	b.	Menurut lereng	baik	63	75	83	87
9	c.	Menurut kontur	buruk	63	74	82	85
	d.	Menurut kontur	baik	61	73	81	84
9	e.	Kontur dan teras	buruk	61	72	79	82
	f.	Kontur dan teras	baik	59	70	78	81
10	Leguminosa ⁴⁾ ditanam rapat atau pergiliran tanaman padang rumput:						
	a.	Menurut lereng	buruk	66	77	85	89
10	b.	Menurut lereng	baik	58	72	81	85
	c.	Menurut kontur	buruk	64	75	83	85
10	d.	Menurut kontur	baik	55	69	78	83
	e.	Kontur dan teras	buruk	63	73	80	83
10	f.	Kontur dan teras	baik	51	67	76	80
	Padang rumput pengembalaan:						
11	a.	-	buruk	68	79	86	89
	b.	-	sedang	49	69	79	84
11	c.	-	baik	39	61	74	80
	d.	Menurut kontur	buruk	47	67	81	88
11	e.	Menurut kontur	sedang	25	59	75	83
	f.	Menurut kontur	baik	6	35	70	79
12	Padang rumput potong		baik	30	58	71	78
13	Hutan:						
	a.	Buruk		45	66	77	83
13	b.	Sedang		36	60	73	79
	c.	Baik		25	55	70	77
14	Perumahan petani			59	74	82	86

Sumber: Arsyad, (2010:97).

Keterangan:

- 1) Bilangan kurva dihitung berdasarkan asumsi bahwa aliran permukaan dari rumah dan jalan masuk diarahkan ke jalan umum dengan sejumlah minimum air dari atap diarahkan ke halaman berumput yang menyatakan infiltrasi dapat terjadi.
- 2) Areal sisa yang tidak kedap air (pekarangan berumput) dianggap berada sebagai rumput yang baik.
- 3) Dibagian yang lebih panas bilangan kurva 95 dapat digunakan.
- 4) Dalam barisan rapat atau disebar.

Tabel 2.9. Nilai Bilangan Kurva Untuk Kondisi Kandungan Air Tanah Sebelumnya I Dan III

Bilangan Kurva Untuk Kondisi II	Bilangan Kurva Setara Untuk Kondisi	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Sumber: Arsyad, (2010:97).

2.3.3. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu konsentrasi suatu DAS adalah waktu yang diperlukan air hujan yang jatuh untuk mengalir dari titik terjauh sampai tempat 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. Salah satu metode untuk memperkirakan waktu konsentrasi adalah rumus yang dikembangkan oleh Kirpich (1940), yang dapat ditulis sebagai berikut (Suripin, 2004:82).

$$t_c = \left(\frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right)^{0,385}$$

Dimana t_c adalah waktu konsentrasi dalam jam, L panjang saluran utama dari hulu sampai penguras dalam km, dan S kemiringan rata-rata saluran utama dalam m/m.

Waktu konsentrasi dapat juga dihitung dengan membedakannya menjadi dua komponen, yaitu waktu yang diperlukan air larian sampai ke sungai terdekat (t_o), dan waktu yang diperlukan aliran air sungai sampai ke lokasi pengamatan (t_d).

Maka, rumus yang digunakan untuk menentukan waktu konsentrasi:

$$t_c = t_o + t_d \quad (2-22)$$

Dengan:

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \text{ menit} \quad (2-23)$$

$$t_d = \frac{L_s}{60v} \quad (2-24)$$

Dimana L adalah panjang lintasan aliran diatas permukaan lahan, n adalah angka kekasaran Manning dan S adalah kemiringan lahan, L_s panjang lintasan aliran didalam sungai, dan v kecepatan aliran didalam saluran.

2.4. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang tersimpan atau mengalir pada permukaan bumi. Sistem air permukaan secara terus menerus berinteraksi dengan sistem air atmosferik dan air sub-permukaan.

2.4.1. Daerah Aliran Sungai

Menurut Singh (1989), Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang dibatasi punggung-punggung bukit atau gunung sebagai daerah tangkapan air hujan, dimana bila terjadi hujan akan ditampung dan dialirkan ke sungai-sungai yang mengalir di bawahnya. Sedangkan menurut Asdak (1995), DAS adalah lahan yang mengataskan air dalam suatu alur aliran pada lokasi tertentu, sehingga hidrologi DAS adalah cabang ilmu hidrologi yang mempelajari pengaruh pengelolaan vegetasi dan lahan di daerah

tangkapan hujan di bagian hulu, termasuk pengaruhnya terhadap erosi, kualitas air, banjir, dan iklim di sekitarnya.

2.4.2. Hidrograf

Hidrograf aliran atau debit adalah suatu grafik atau table yang menunjukkan laju aliran sebagai fungsi waktu pada lokasi tertentu pada lintas aliran. Sebenarnya, hidrograf adalah suatu ekspresi integral dari karakteristik fisiografik dan iklim yang mengatur hubungan antara curah hujan dan limpasan permukaan DAS tertentu. Ada dua jenis hidrograf, yaitu hidrograf tahunan dan hidrograf sesaat. Hidrograf sesaat merupakan plot aliran sungai berbanding waktu yang didapatkan berdasarkan hujan sesaat. Sedangkan hidrograf tahunan adalah plot aliran sungai berbanding waktu selama atau lebih satu tahun, menunjukkan keseimbangan jangka panjang dari hujan, evaporasi dan aliran sungai dalam suatu DAS.

2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem informasi geografis (SIG) atau dalam bahasa aslinya *Geographic Information Systems* adalah suatu sistem berbasis computer yang dapat digunakan untuk pengelolaan meliputi : akuisisi, penyimpanan, updating, manipulasi, akses, visualisasi/*presentation* dan analisis digital spasial yang mengacu pada koordinat kebumihan/georeferensi (Sutan Haji, 2005).

Sistem informasi geografis (SIG) adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat lunak, perangkat keras, data geografis dan sumber daya manusia yang memperbarui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa dan menampilkan data dalam suatu Informasi Berbasis Geografis (Budiyanto, 2002).

Prahasta (2002), mengemukakan bahwa Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi Informasi Geografis. Dalam SIG data tersimpan dalam format digital, jumlah data yang besar dapat tersimpan dan diambil kembali secara cepat dan efisien. Keunggulan SIG lainnya adalah kemampuan memanipulasi data dan analisis data spasial dengan mengaitkan data atau informasi atribut untuk menyatukan tipe data yang berbeda ke dalam suatu analisis tunggal.

Hakekatnya Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran situasi ruang muka bumi atau informasi tentang muka bumi yang bersangkutan. Rangkaian kegiatan meliputi pengumpulan, penataan, pengelolaan, penganalisaan dan penyajian data-data atau fakta-fakta yang ada dalam ruang muka bumi tertentu (Asmarul, 2001).

2.5.1. Komponen Utama Sistem Informasi Geografis

Komponen sistem dalam SIG antara lain (Prahasta, 2001) :

1. Perangkat keras

SIG tersedia untuk beberapa platform perangkat keras mulai dari *personal computer dekstop, workstation*, hingga *multiuser host*. Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah *personal computer, mouse, digitizer, plotter* dan *scanner*.

2. Perangkat Lunak

SIG merupakan sistem perangkat lunak yang tersusun secara modular dimana basis data memegang peranan kunci. Setiap subsistem (*data input, data output, data management, data manipulasi dan analisis*) diimplementasikan dengan menggunakan beberapa model.

3. Data dan Informasi Geografis

SIG dapat mengumpulkan dan menyimpan data dan informasi yang diperlukan baik secara langsung dengan cara mengimportnya dari perangkat-perangkat lunak SIG yang lain, maupun secara langsung dengan cara mendigitasi data spasial dari peta dan memasukkan data atribut dari tabel-tabel dengan menggunakan *keyboard*.

4. Manajemen

Suatu proyek SIG akan berhasil jika dimanajemn dengan baik dan dikerjakan oleh orang yang memiliki keahlian tepat pada semua tingkatan.

2.5.2. DEM (Digital Elevation Model)

Sukatja (2004), mengemukakan bahwa, DEM (digital Elevation Model) adalah data digital yang menggambarkan variasi kontinu permukaan bumi. Informasi ini memberikan deskripsi mengenai relief bumi sesuai dengan tingkat ketelitian yang diinginkan. DEM atau sering disebut model elevasi digital adalah suatu peta digital yang didalamnya terdapat rekaman data ketinggian, baik berbasis raster ataupun yang berbasis vektor dengan menggunakan TIN (Triangulated Irregular Network).

Data DEM sangat penting untuk membuat peta tematik lain khususnya dalam pengelolaan sumber daya air. Peta-peta tematik yang dapat dibangun berdasarkan data DEM antara lain (Sutan Haji, 2005).

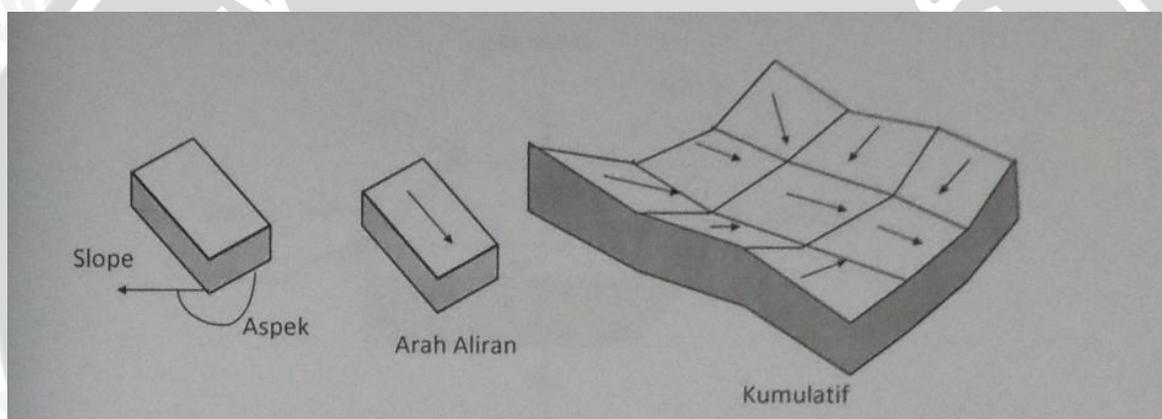
1. Peta kemiringan lereng
2. Peta arah aliran
3. Peta sistem aliran

4. Peta distribusi cekungan (*basin*)

2.5.3. Akumulasi aliran (Flow Accumulation)

Parameter berikutnya yang penting untuk pemodelan hidrologi/aliran adalah akumulasi aliran dimana besarnya akumulasi aliran sama dengan penjumlahan besarnya aliran sel-sel disekitarnya. Penjumlahan aliran ini dimulai dari daerah hulu, lalu menelusuri tiap sel satu per satu ke arah hilir berdasarkan grid arah aliran.

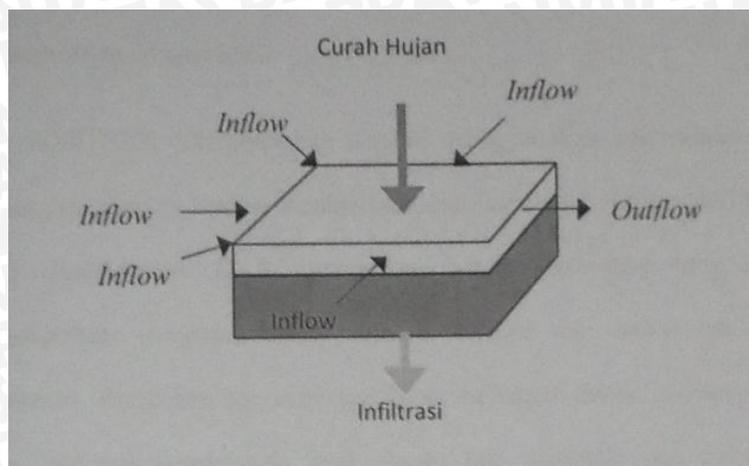
Sel-sel dengan akumulasi aliran 0 (nol) diasumsikan tidak ada sel lain yang memberikan kontribusi aliran yaitu tidak ada sel lain yang memberikan kontribusi aliran yaitu merupakan daerah yang topografinya tinggi, biasanya berupa punggung bukit yang selanjutnya diidentifikasi sebagai batas DAS, sedangkan sel-sel dengan jumlah akumulasi aliran tinggi, biasanya mengidentifikasi saluran sungai. Menurut Sutan Haji (2005), proses perhitungan parameter topografik ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2.3. Penelusuran kemiringan, aspek arah aliran akumulasi aliran.
Sumber : Sutan Haji, 2005

2.5.4. Arah Aliran (Flow Direction)

Zat cair secara alami akan mengalir dari elevasi yang lebih tinggi ke daerah yang elevasinya lebih rendah. Menurut Sutan Haji (2005), arah aliran adalah kemana air akan mengalir dari sel ke sel tetangganya, darisel yang diperhatikan air akan mengalir ke sel tetangganya yang paling curam. Sesuai dengan banyak sel tetangga yang tersedia, ada 8 kemungkinan arah aliran sesuai dengan 8 penjuru mata angin, yaitu 1 (Timur Laut), 2 (Timur), 3 (Tenggara), 4 (Selatan), 5 (Barat Daya), 6 (Barat), 7 (Barat Laut) dan 8 (Utara). SIG memberi lambang arah aliran dengan angka 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 dan 128 atau 2^n , dimana $n = 1,2,3,\dots,8$. Aliran air dalam suatu sel grid dapat terjadi karena adanya sisa air hujan yang terabstraksi pada sel grid yang bersangkutan dan/atau adanya limpasan dari sel grid tetangganya, yang dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Aliran masing-masing grid

Sumber : Sutan Haji 2005

2.5.5. Definisi Sistem Informasi Geografis

Sistem informasi geografis yang selanjutnya akan disebut SIG merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengelolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff,1989).

Sedangkan menurut ESRI definisi SIG adalah kumpulan yang terorganisir dari perangkat keras komputer, perangkat lunak, data geografi dan personil yang dirancang secara efisien untuk memperoleh, menyimpan, mengupdate, memanipulasi, menganalisis dan menampilkan semua bentuk informasi yang bereferensi geografi (ESRI, 1990).

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

Telah dijelaskan diawal bahwa SIG adalah suatu kesatuan sistem yang terdiri dari berbagai komponen, tidak hanya perangkat keras komputer beserta dengan perangkat lunaknya saja akan tetapi harus tersedia data geografis yang benar dan sumberdaya manusia untuk melaksanakan perannya dalam memformulasikan dan menganalisa persoalan yang menentukan keberhasilan SIG.

Dari definisi – definisi di atas, Sistem Informasi Geografi dapat disimpulkan merupakan konfigurasi dari *hardware* dan *software* digunakan untuk *compiling*, *storing*, *managing*, manipulasi, analisa, dan pemetaan (sebagai tampilan) informasi keruangan.

Ini mengkombinasikan fungsional dari program computer grafis, peta elektrolis, dan basis data (Heastad & Durrant,2003).

Dua keistimewaan analisa data berdasarkan SIG (Husein, 2006) yaitu :

a) Analisa *Proximity*

Analisa *Proximity* merupakan suatu geografi yang berbasis paa jarak antar layer. Dalam analisi *proximity* GIS menggunakan proses yang disebut dengan *buffering* (membangun lapisan pendukung sekitar *layer* dalam jarak tertentu untuk menentukan dekatnya hubungan antara sifat baguan yang ada).

b) Analisa *Overlay*

Proses integrasi data dari lapisan – lapisan layer yang berbeda disebut dengan *overlay*. Secara analisa membutuhkan lebih dari satu layer yang akan ditumpang susun secara fisik agar bias dianalisa secara visual.

2.5.6. Input Data Geometrik

Sistem Informasi Geografi menggunakan perangkat untuk mendigitasi atau menggambarkan peta, menghasilkan data serta analisisnya. *Digitizing tools* dapat mengkkonversikan peta *hard copy* kedalam format *soft copy* atau elektronik. Format peta ini juga dapat dikonversi ke dalam program teknik, seperti CAD atau program teknik lainnya.

Input Data Geometrik berupa :

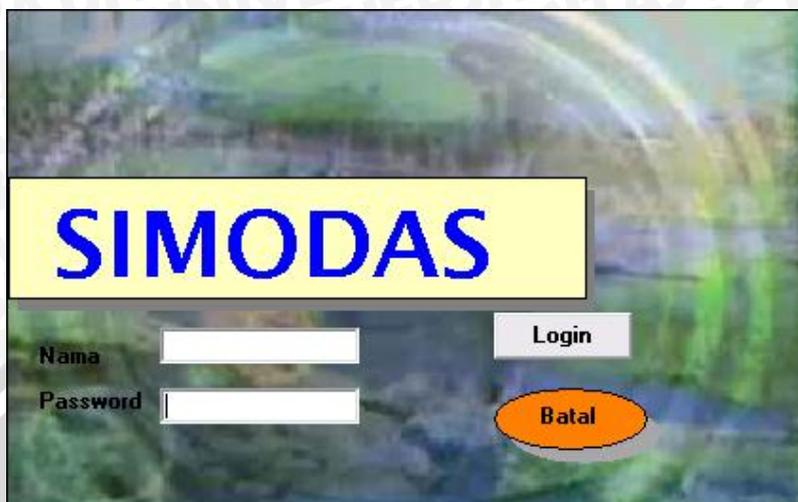
- Fitur yaitu *points* (titik), *lines* (garis), *polygon* dan teks
- Attribut
- Imagery
- Surface

2.5.7. Sistem Informasi Dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS)

SIMODAS adalah perangkat lunak yang dapat digunakan sebagai sistem informasi dan model hidrologi untuk pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Perangkat lunak ini dikembangkan dengan mengintegrasikan model hidrologi sebar keruangan dan Sistem Informasi Geografi (SIG).

Pengembangan SIMODAS dilatarbelakangi bahwa masalah-masalah hidrologi pada umumnya merupakan masalah-masalah keruangan. Konsekuensi logisnya, model-model hidrologi semakin bertambah sebar keruangannya (*spatially distributed*)-nya. Dengan didukung komputer yang berkemampuan memori lebih besar dan berkecepatan tinggi, peningkatan perkembangan dan penggunaan model-model sebar keruangan menggeser model-model berparameter kempal (*lump*) atau teragregat keruangan

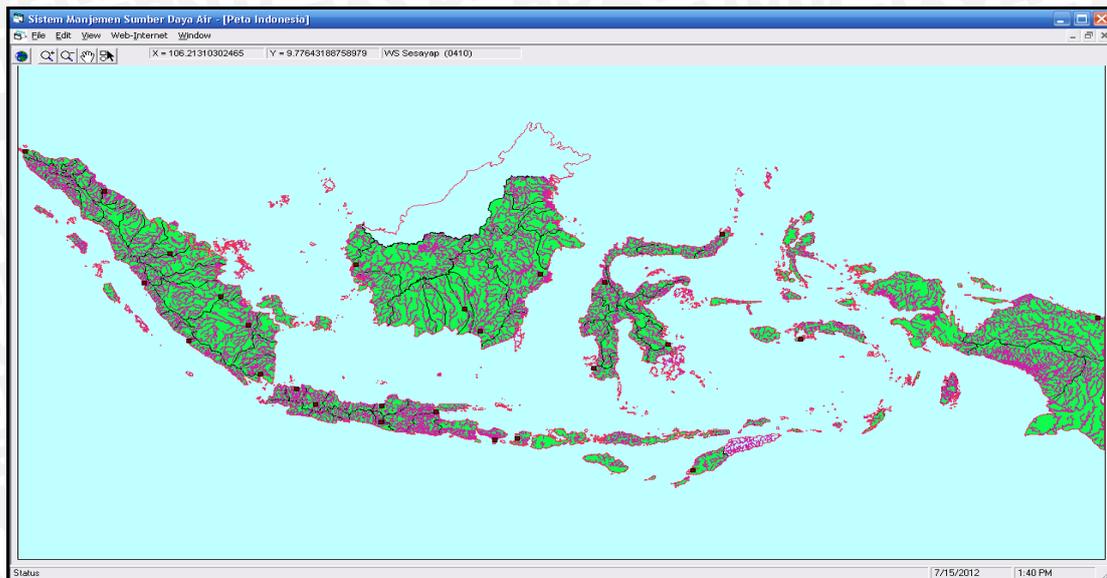
sederhana. Oleh karena itu, untuk menyongsong teknologi komputer semakin canggih dan tersedianya data spasial digital perlu disiapkan system informasi dan model hidrologi yang diintegrasikan dengan SIG.



Gambar 2.4. Tampilan awal SIMODAS

SIMODAS dikembangkan dengan menggunakan pendekatan sebar keruangan, dengan variasi karakteristik atau sifat-sifat (*properties*) dalam Daerah Aliran Sungai (DAS) diperhatikan. DAS dimodelkan sebagai sel-grid yang saling bersebelahan (*neighbourhood*) dimana atribut dari sel-selnya dapat bervariasi. Penyajian ini memungkinkan berbagai faktor *physiographic* yang meliputi kemiringan, arah aliran, laju abstraksi, dan kekasaran permukaan dapat diekstrak secara akurat untuk perhitungan besarnya aliran air.

SIMODAS yang telah banyak diuji coba dibanyak DAS di Indonesia, dapat digunakan oleh pengambil keputusan, peneliti dan praktisi dalam Sistem Informasi dan Simulasi Hidrologi pada suatu DAS secara interaktif berbasis ruang dan waktu (*spatio-temporal*) dalam pengelolaan DAS.



Gambar 2.5. Tampilan dalam SIMODAS

Secara rinci dapat digunakan dalam masalah-masalah antara lain:

1. Penyiapan database dan sistem informasi hidrologi dan/atau sumber daya air,
2. Prediksi besar debit dan genangan aliran sungai, baik aliran rendah maupun banjir,
3. Pengaruh perubahan tata guna lahan terhadap perubahan aliran atau banjir di DAS,
4. Perencanaan Tata Ruang Air dan Penanggulangan banjir suatu DAS,
5. Penentuan besarnya aliran sungai yang tidak memiliki stasiun hujan,
6. digunakan untuk menentukan hidrograf satuan, waktu tempuh (*travel time*), waktu konsentrasi (T_c), dan parameter aliran permukaan lainnya,
7. Memberi gambaran potensi waduk dan hydropower.

Selain masalah-masalah tersebut, SIMODAS juga dapat dikembangkan lebih jauh untuk keperluan penelitian dan praktis lainnya (Sutan Haji, 2005).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Umum

Metodologi merupakan penjelasan bagaimana kajian atau studi ini dilakukan dan menunjukkan suatu pola berpikir, mulai dari pengolahan data sampai langkah-langkah dan penyelesaian dalam studi ini. Pada skripsi berjudul “Studi Reduksi Genangan Limpasan Permukaan Saluran Drainase Di Jalan Danau Ranau Dan Jalan Danau Laut Tawar Kota Malang Menggunakan Aplikasi Sistem Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS)” mengambil langkah-langkah pengerjaan sebagai berikut :

3.2. Kondisi Lokasi Studi

3.2.1. Geografis

Kecamatan Kedungkandang memiliki luas wilayah 39,89 km² yang terdiri dari 12 kelurahan, 37 dusun, 97 RW dan 733 RT. Adapun wilayah kelurahan tersebut adalah Arjowinangun, Tlogowaru, Cemorokandang, Bumiayu, Buring, Mergosono, Kotalama, Kedungkandang, Lesanpuro, Madyopuro, Wonokoyo dan Sawojajar. Berikut ini luasan masing-masing wilayah kelurahan:

1. Arjowinangun : 2,66 Km²
2. Tlogowaru : 4,51 Km²
3. Cemorokandang : 5,04 Km²
4. Bumiayu : 3,37 Km²
5. Buring : 5,53 Km²
6. Mergosono : 0,10 Km²
7. Kotalama : 0,86 Km²
8. Kedungkandang : 4,23 Km²
9. Lesanpuro : 3,55 Km²
10. Madyopuro : 3,49 Km²
11. Wonokoyo : 2,80 Km²
12. Sawojajar : 1,81 Km²



Gambar 3.1. Lokasi Studi

Lokasi studi berada pada areal sawojajar, khususnya pada jl. Danau Ranau, jl. Danau Bratan, dan jl. Danau Laut Tawar

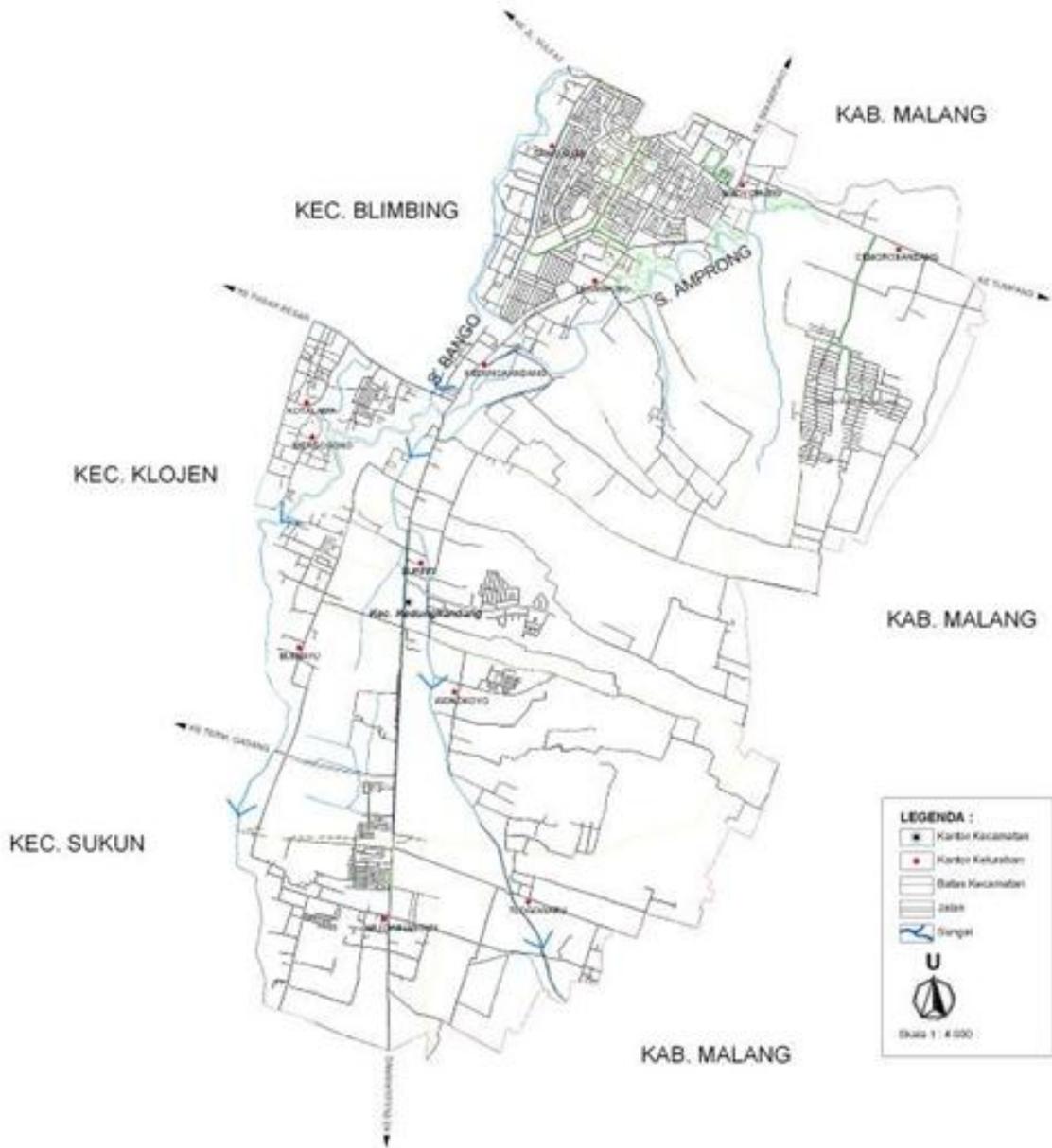
Lokasi studi sendiri secara administrasi berbatasan dengan jalan yang juga sebagai batas daerah studi:

- Sebelah Utara : Jalan Danau Bratan
- Sebelah Timur : Jalan Danau Ranau
- Sebelah Selatan : Jalan Danau Ranau dan jalan Danau Laut Tawar
- Sebelah Barat : Jalan Danau Laut Tawar

3.2.2. Klimatologi Dan Hidrologi

Keadaan hidrologi Kecamatan Kedungkandang sangat dipengaruhi oleh sungai-sungai yang melintas di wilayahnya, antara lain Sungai Bango, Sungai Brantas, dan Sungai Amprong. Untuk kedalaman air tanah di wilayah ini dapat mencapai 195 m. Jelasnya lihat Gambar 2.2.

Iklim di Kecamatan Kedungkandang merupakan iklim tropis dengan suhu rata-rata mencapai 26°C . Curah hujan rata-rata pertahun mencapai 2.279 mm, dengan rata-rata terendah bulan Agustus dan tertinggi bulan Januari. Sedangkan kelembaban udara rata-rata 73% dengan jumlah hari hujan terbanyak (19 hari) pada bulan Agustus dan terendah (0 hari) pada bulan Januari.

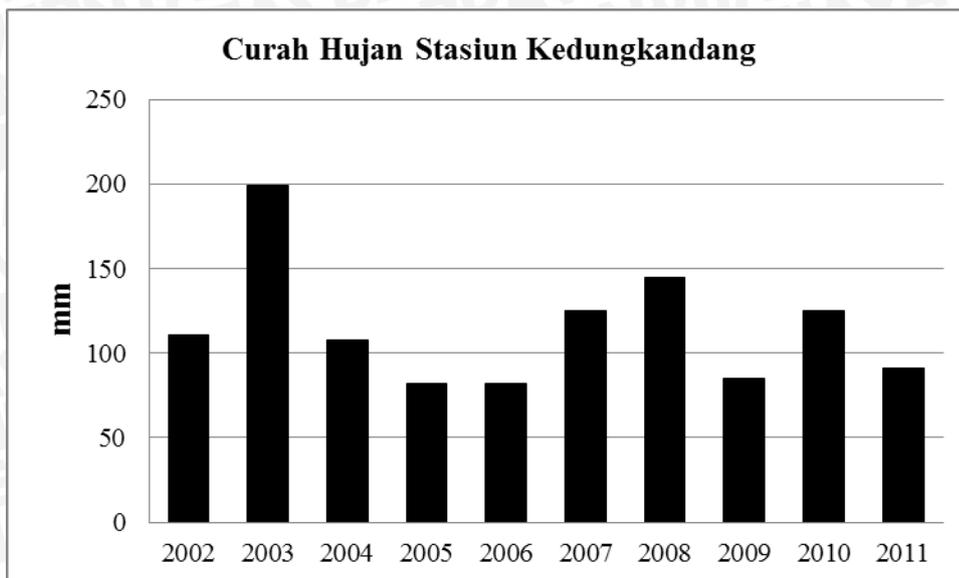


Gambar 3.2 Kondisi Hidrologi Kawasan Kedungkandang

Pada Kecamatan Kedungkandang memiliki suhu yang relatif sama dengan Kecamatan lainnya yang ada di Kota Malang, yaitu:

- Pada bulan Desember - Mei pada siang hari antara 22 °C - 25 °C
- Pada bulan Juni - Agustus pada siang hari antara 23 °C - 28 °C
- Pada bulan September - Nopember pada siang hari antara 24 °C - 28 °C

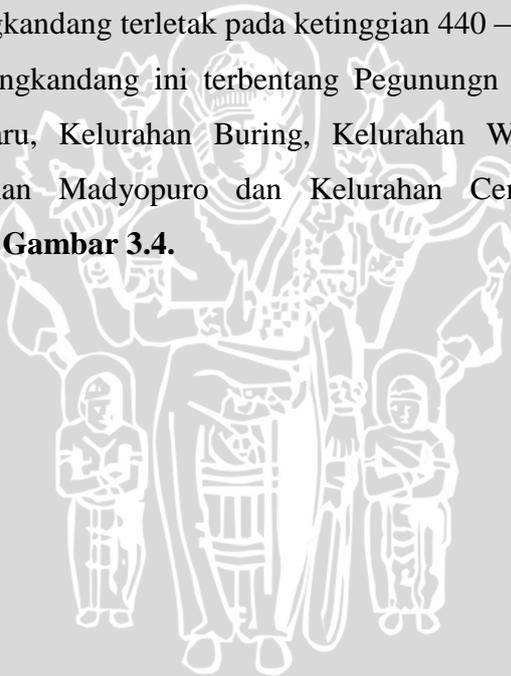
Antara bulan Nopember dan Mei, angin berasal dari Barat Daya melalui Laut Cina Selatan dan dari Barat melalui Samudera Indonesia membawa uap air yang menyebabkan musim basah atau musim hujan disebagian besar daerah di Indonesia termasuk DAS Pikatan. Pada bulan April sampai Oktober, angin bertiup dari Tenggara yang bersifat kering, sehingga menyebabkan adanya musim kering atau kemarau.

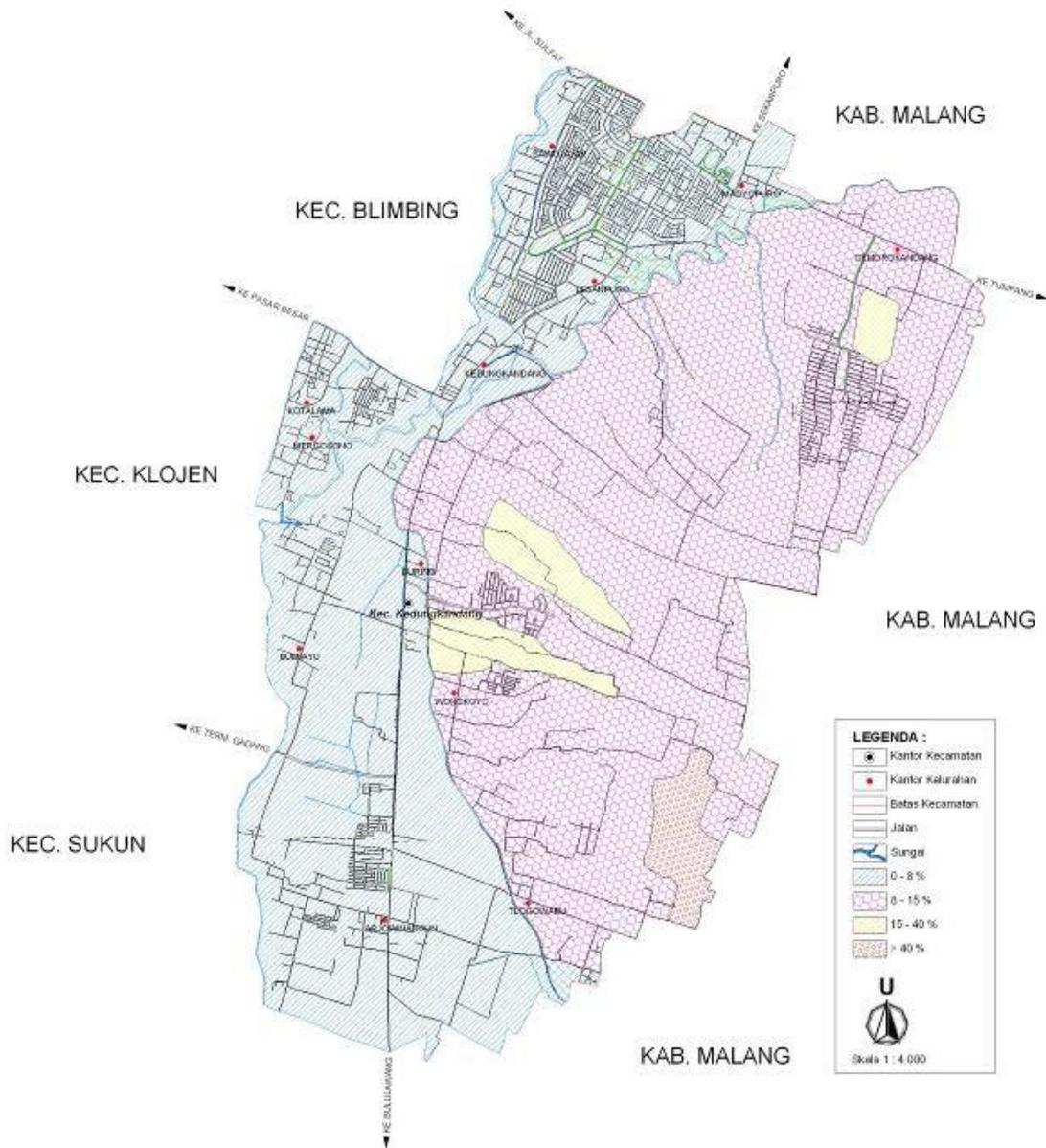


Gambar 3.3. Grafik curah hujan maksimum tahunan Kecamatan Kedungkandang

3.2.3. Topografi

Kecamatan Kedungkandang terletak pada ketinggian 440 — 460 meter dpl. Pada wilayah Kecamatan Kedungkandang ini terbentang Pegunungan Buring yang terletak pada Kelurahan Tlogowaru, Kelurahan Buring, Kelurahan Wonokoyo, Kelurahan Kedungkandang, Kelurahan Madyopuro dan Kelurahan Cemorokandang. Lebih jelasnya dapat dilihat pada **Gambar 3.4**.





Gambar 3.4. Topografi Kawasan Kedungkandang

3.2.4. Kondisi Geologi dan Jenis Tanah

Di wilayah Kecamatan Kedungkandang, jenis tanahnya adalah tanah aluvial kelabu kehitaman dan asosiasi latosol coklat. Kedua jenis tanah ini merupakan hasil gunung api kwarter muda. Berikut ciri kedua jenis tanah tersebut:

- Aluvial kelabu kehitaman:
 - Kestabilan landasan cukup tinggi,
 - Sifat kelulusan air kecil,
 - Pondasi bangunan berat perlu penelitian, untuk yang ringan dapat langsung ditempatkan dengan kedalaman 0 – 3 meter,
 - Kepekaan terhadap gejala alam kecil – sedang.

- Asosiasi latosol coklat:
 - Kemerahan dan merupakan *clay* humus,
 - Kestabilan landasan sedang,
 - Pondasi bangunan berat perlu penelitian, untuk yang ringan dapat langsung ditempatkan pada lapisan tanah keras dengan kedalaman 3 - 10 meter,
 - Kepekaan terhadap gejala alam kecil – sedang.

3.3. Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk di Kecamatan Kedungkandang yakni sebesar 170.595 jiwa yang terdiri dari 84.826 laki-laki dan 85.769 perempuan. Jumlah penduduk terbesar yaitu terdapat di Kelurahan Kotalama yakni sebesar 29.199 jiwa, sedangkan jumlah terendah yaitu di Kelurahan Tlogowaru sebesar 4.432 jiwa.

Dengan jumlah penduduk tersebut dan luas wilayah $39,89\text{Km}^2$, maka kepadatan penduduk tertinggi yaitu pada Kelurahan Mergosono (182.039 jiwa/Km^2) dan terendah pada Kelurahan Wonokoyo (883 jiwa/Km^2).

1.1.1 Tabel 3.1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Per Kelurahan

No.	Kelurahan	Luas Wilayah (Km)	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/Km ²)
1.	Arjowinangun	2,66	8.812	2.454
2.	Tlogowaru	4,51	4.432	944
3.	Wonokoyo	5,04	5.068	883
4.	Bumiayu	3,37	13.344	3.545
5.	Buring	5,53	8.530	1.379
6.	Mergosono	0,10	17.575	182.039
7.	Kotalama	0,86	29.199	27.274
8.	Kedungkandang	4,23	9.673	2.077
9.	Lesanpuro	3,55	18.065	4.364
10.	Madyopuro	3,49	17.216	4.778
11.	Cemorokandang	2,80	8.992	2.631
12.	Sawojajar	1,81	29.730	16.023
	Jumlah	37,953	154.335	248.391

Sumber: Profil Dan Potensi Kecamatan Kedungkandang Kota Malang, 2010

Jumlah penduduk pada kawasan Kedungkandang sampai dengan tahun 2010 mencapai 154.335 jiwa, yang berarti terdapat pertambahan jumlah penduduk sebesar 9.677 jiwa.

3.4. Data Pendukung Penelitian

Setelah mengetahui kondisi daerah studi tersebut dilakukan pengumpulan data-data penunjang. Data-data penunjang yang diperlukan adalah sebagai berikut

1. Peta
Peta topografi wilayah sawojajar. Peta ini digunakan untuk menentukan kemiringan lahan dan memperkirakan arah aliran.
2. Data Hidrologi
Data curah hujan diperlukan dalam perhitungan debit rancangan. Stasiun hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dalam penelitian ini adalah Stasiun hujan Kedungkandang.
3. Data curah hujan
Data curah hujan diperlukan dalam perhitungan debit rancangan. Stasiun hujan yang digunakan untuk menghitung curah hujan rancangan dalam penelitian ini adalah Stasiun hujan Kedungkandang karena letak dan luas daerah pengaruh paling besar terhadap lokasi penelitian ini.
4. Data saluran eksisting
Data terkait dimensi saluran drainase eksisting di lokasi studi sebagai bahan evaluasi dalam perencanaan saluran yang baru. Cara mencari dimensi saluran dengan penukuran, misalnya menggunakan penggaris

3.5. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian secara garis besar adalah berikutt :

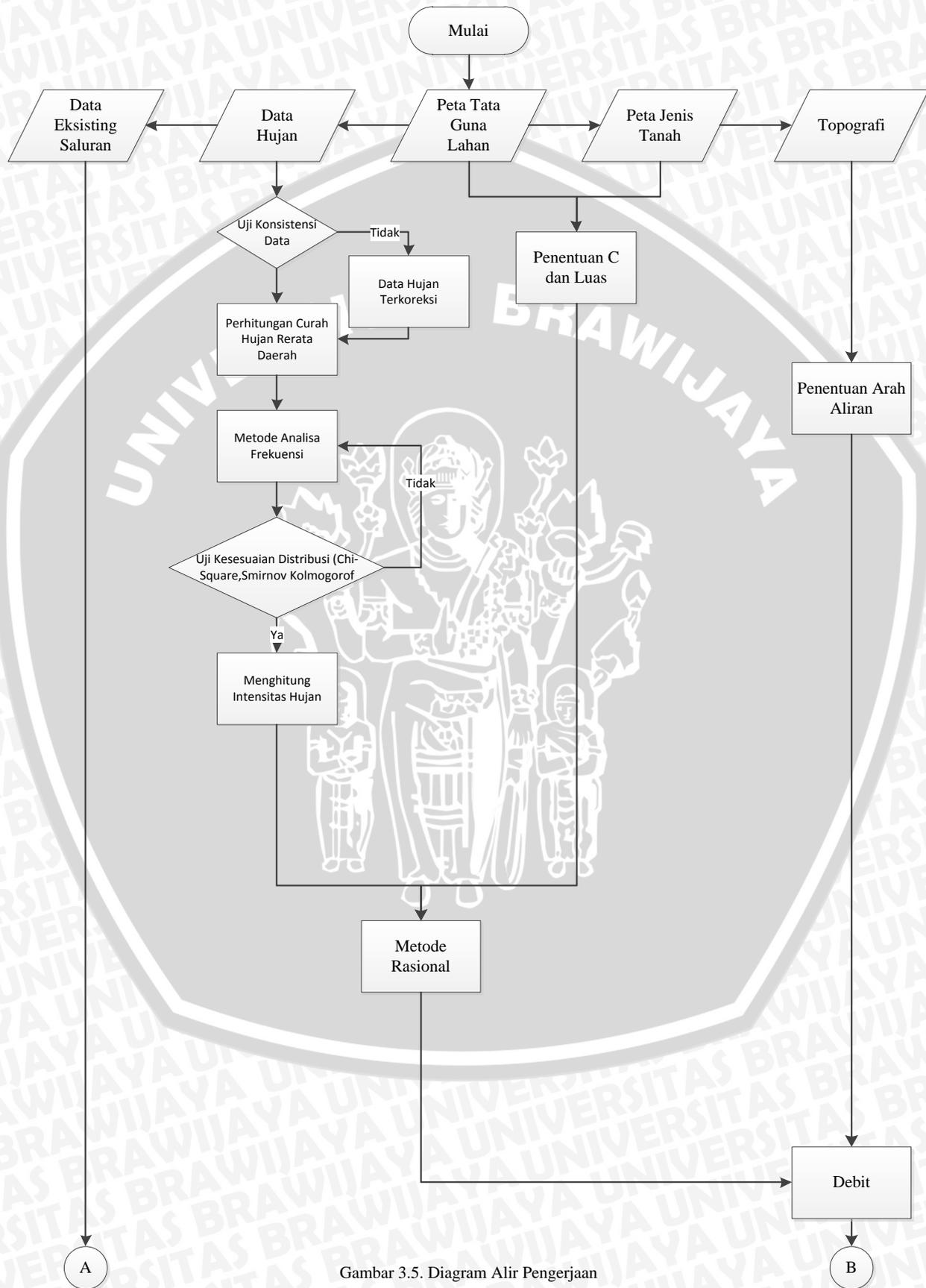
1. Mencari curah hujan maksimum setiap tahun dari tahun 2002 – 2011 pada stasiun hujan Kedungkandang.
2. Menghitung curah hujan maksimum dengan metode *Log pearson* tipe III.
3. Menguji kebenaran hipotesa dengan metode *Smirnov Kolmogorov* dan uji *Chi-square*.
4. Menentukan intensitas curah hujan dengan rumus *Mononobe*.
5. Menentukan luas daerah pengaliran.

Luas daerah pengaliran adalah luas tangkapan air hujan pada daerah studi, batas tangkapan air hujan adalah punggung atau pegunungan. Karena daerah studi merupakan di kawasan pemukiman maka batas tangkapan air hujan adalah punggung jalan.

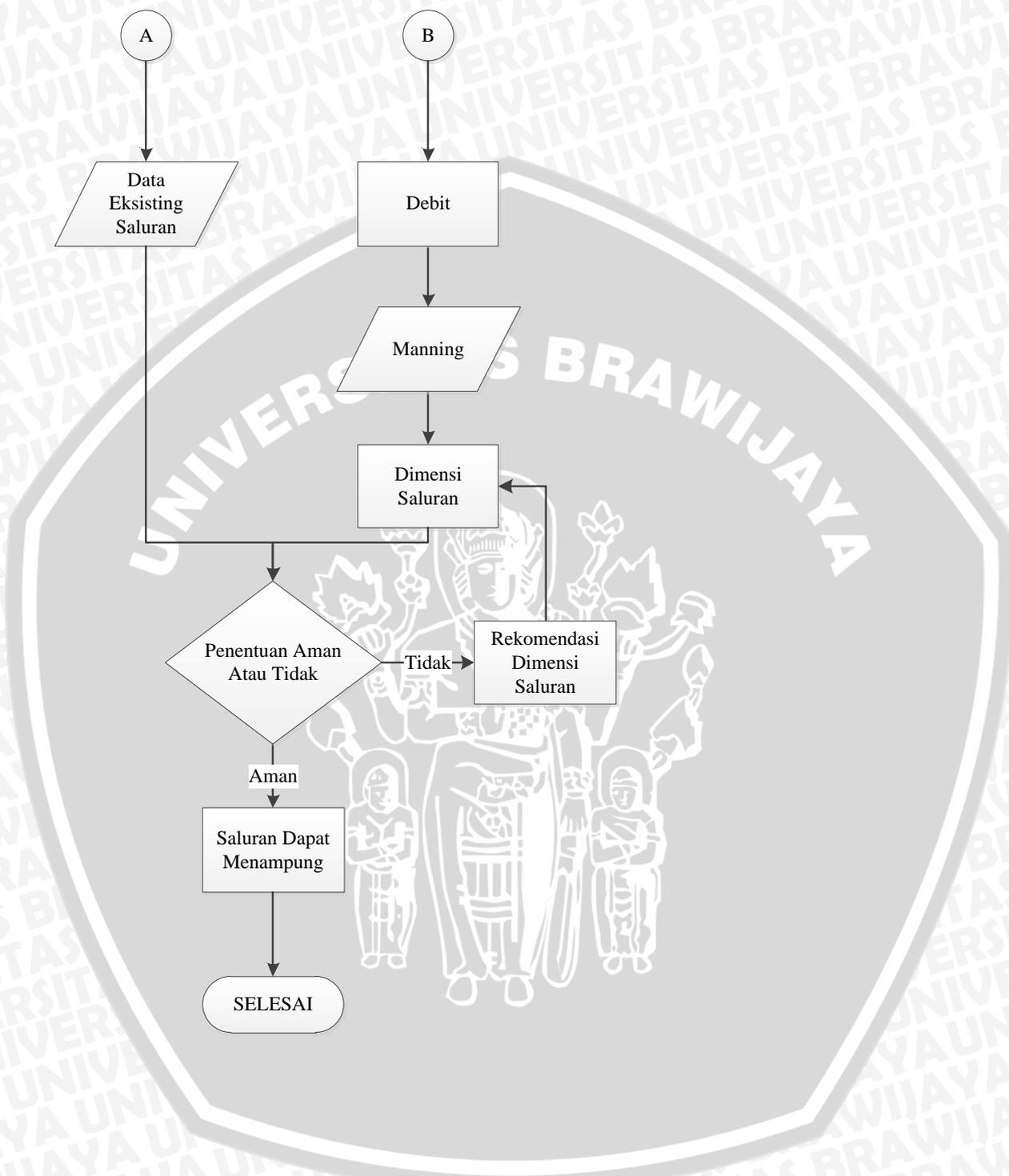
6. Menentukan koefisien pengaliran (C) berdasarkan lahan yang ada di sekitar jalan Danau Ranau, jalan Danau Bratan dan jalan Danau Laut Tawar

7. Menghitung tinggi limpasan dengan metode Rasional areal penelitian.
8. Menentukan kapasitas saluran drainase eksisting.
9. Menghitung debit rancangan saluran drainase..
10. Mengevaluasi kemampuan kapasitas saluran drainase eksisting dengan debit rancangan kala ulang 5 tahun.

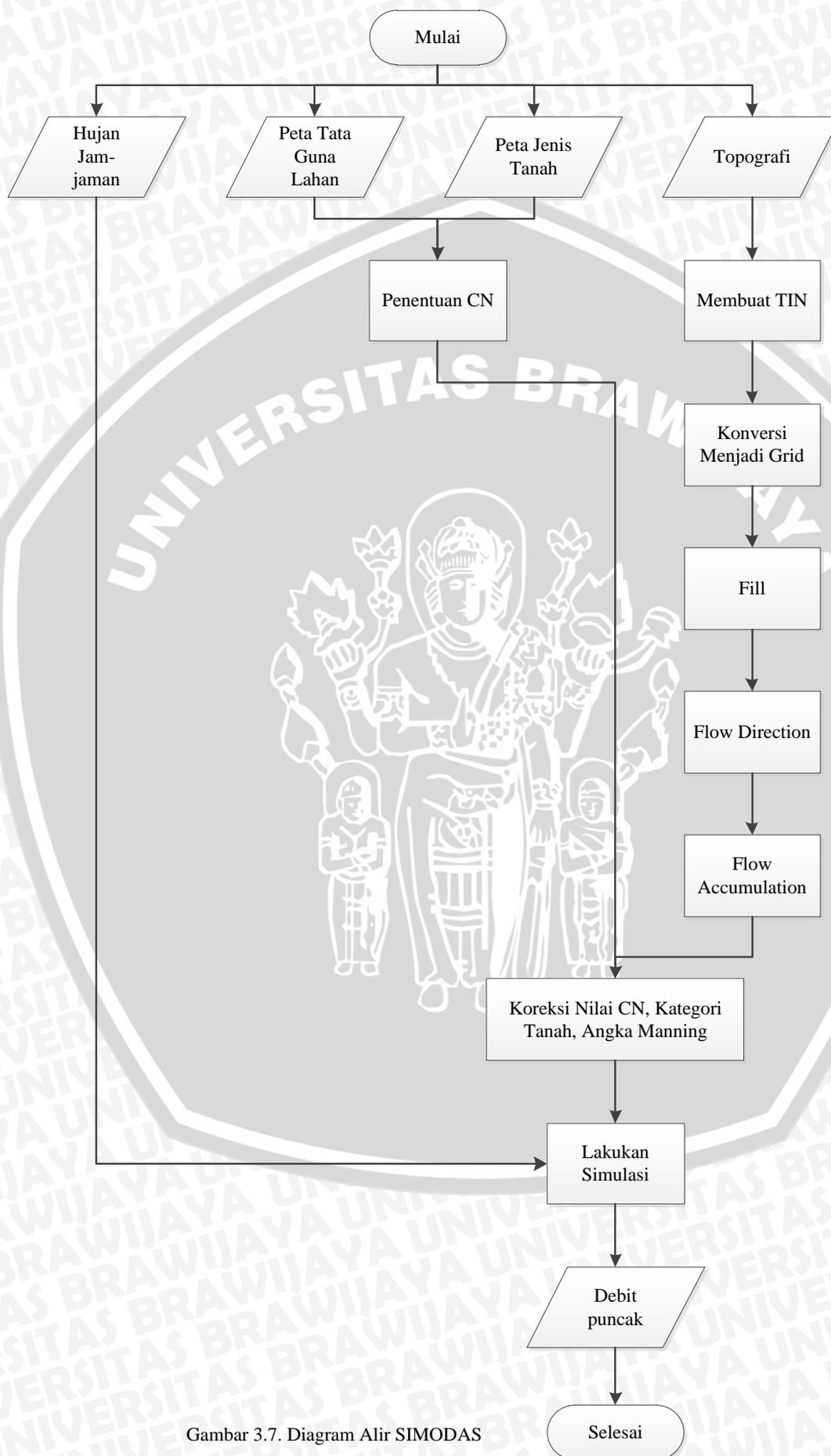




Gambar 3.5. Diagram Alir Pengerjaan



Gambar 3.6. Diagram Alir Pengerjaan



Gambar 3.7. Diagram Alir SIMODAS



BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Analisis studi dilakukan untuk mengetahui besarnya limpasan permukaan dan penanggulangan limpasan permukaan pada lokasi studi. Terjadinya limpasan atau meluapnya saluran air menjadi dasar analisis dan mengetahui cara menanggulangnya.

Dari pengamatan di lokasi studi diketahui dimensi, tinggi genangan saluran, lokasi genangan dan arah aliran. Lokasi studi dipetakan untuk mendapatkan kawasan drainase yang kemudian digunakan untuk pemodelan. Tinggi limpasan permukaan dari hasil model kemudian dibandingkan dengan tinggi limpasan hasil perhitungan manual. Hasil analisis besarnya limpasan permukaan ditunjukkan dengan besaran debit dikawasan. Hasil dari pemodelan tersebut kemudian digunakan sebagai pembanding di lokasi studi dengan membandingkan dimensi saluran dari debit model dengan dimensi di lokasi studi.

4.2. Analisa Hidrologi

4.2.1. Uji Konsistensi

Uji konsistensi diperlukan untuk menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi kesalahan pada saat pengiriman atau pengukuran (Harto, 1993:59).

4.2.2. Uji Outlier

Outlier adalah data yang menyimpang cukup jauh dari trend kelompoknya. Keberadaan *outlier* biasanya dianggap mengganggu pemilihan jenis distribusi suatu sample data, sehingga *outlier* ini perlu dibuang. Uji Grubbs dan Beck menetapkan dua batas ambang X_L dan X_H . Data hujan dari masing-masing stasiun diurutkan dari yang terbesar terlebih dahulu.

- Contoh Perhitungan :

- Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Kedungkandang tahun 2002 – 2011

- $\text{Log } x = \text{Log } (82)$
 $= 1,914$

- ✓ curah hujan 82 mm untuk tahun 2008

- $\text{Stdev log } x (S) = 0,124$

- $\text{Mean log } x (X_r) = 2,045$

- $X_H = X_r - S \times K_n$
 $= 2,045 - 0,124 \times 2,036$
 $= 1,792$

$$\text{Nilai } CH = 10^{1,792}$$

$$= 61,967 \text{ mm}$$

$$- X_L = X_r + S \times Kn$$

$$= 2,045 + 0,124 \times 2,036$$

$$= 2,297$$

$$\text{Nilai } CH = 10^{2,297}$$

$$= 198,434 \text{ mm}$$

- Untuk menghitung nilai X_H dan X_L diperlukan nilai Kn , nilai Kn didapat dari tabel pada Bab Tinjauan Pustaka 2.2.2
- Nilai ambang atas = antilog $X_H = 61,967 \text{ mm}$
- Nilai ambang bawah = antilog $X_L = 198,434 \text{ mm}$

1. Tabel 4.1 Uji *Outlier* pada stasiun hujan Kedungkandang 2002-2011

No	Tahun	Tanggal	Hujan Harian (mm)	log x	Keterangan
1	2006	21 Desember	82	1,914	Nilai ambang atas, X_H $X_H = 61,967$ Nilai ambang bawah, X_L $X_L = 198,434$
2	2005	26 Desember	82	1,914	
3	2009	24 Februari	85	1,929	
4	2011	24 November	91	1,959	
5	2004	12 Desember	108	2,033	
6	2002	24 Desember	111	2,045	
7	2007	26 Desember	125	2,097	
8	2010	8 November	125	2,097	
9	2008	9 Desember	145	2,161	
10	2003	29 Desember	199	2,299	
Stdev.				0,124	
Rerata				2,045	
Kn				2,036	

Sumber: Hasil Perhitungan

2. Tabel 4.2 Data curah hujan yang diurutkan stasiun hujan Kedungkandang

NO	Tanggal	CH. Harian MAKS. (mm)	Rangking Data	
			Tanggal	CH MAKS. (mm)
1	24 Desember 2002	111	21 Desember 2006	82
2	29 Desember 2003	199	26 Desember 2005	82
3	12 Desember 2004	108	24 Februari 2009	85
4	26 Desember 2005	82	24 Nopember 2011	91
5	21 Desember 2006	82	12 Desember 2004	108
6	26 Desember 2007	125	24 Desember 2002	111
7	09 Desember 2008	145	26 Desember 2007	125
8	24 Februari 2009	85	08 Nopember 2010	125
9	08 Nopember 2010	125	09 Desember 2008	145
10	24 Nopember 2011	91	29 Desember 2003	199

Sumber: Hasil Perhitungan

3. Tabel 4.3 Data yang digunakan pada outlier stasiun hujan Kedungkandang

NO	Tanggal	CH. MAKS. (mm)
1	21 Desember 2006	82
2	26 Desember 2005	82
3	24 Februari 2009	85
4	24 Nopember 2011	91
5	12 Desember 2004	108
6	24 Desember 2002	111
7	26 Desember 2007	125
8	08 Nopember 2010	125
9	09 Desember 2008	145
10	29 Desember 2003	199

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson Type III

Ada beberapa teknik analisis frekuensi yang digunakan dalam pengolahan data hidrologi, namun yang banyak digunakan adalah Log Pearson tipe III dengan pertimbangan, bahwa metode ini lebih luwes dan dapat dipakai untuk semua macam sebaran data (Suwarno, 1995:142).

Langkah-langkah perhitungan curah hujan rancangan menggunakan metode Log Pearson tipe III, adalah sebagai berikut:

1. Mengurutkan data curah hujan rerata pada Tabel 4.2 dari nilai kecil ke besar, kemudian dirubah ke dalam bentuk logaritma.
2. Menghitung nilai rerata curah hujan dalam logaritma pada Tabel 4.4, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\overline{\log x} &= \frac{1}{10}(\log 82 + \log 82 + \dots + \log 199) \\ &= 2,045\end{aligned}$$

3. Menghitung simpangan baku (S_i) dan koefisien kepeccengan (C_s) sebagai berikut:

↙ Simpangan baku (S_i)

$$\begin{aligned}&= \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{(1,914 - 2,045) + (1,914 - 2,045) + (1,914 - 2,045) + \dots + (2,299 - 2,045)}{(10-1)}} \\ &= 0,124\end{aligned}$$

↙ Koefisien kepeccengan (C_s)

$$\begin{aligned}&= \frac{n \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^3}{(n-1)(n-2)(S_i)^3} \\ &= 10 \times \frac{(-0,00225) + (-0,00225) + (-0,00153) + \dots + 0,01638}{(10-1) \times (10-2) \times (0,0019)^3} \\ &= 0,84\end{aligned}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 di halaman berikutnya:

4. Tabel 4.4 Perhitungan Log Perason III

No	Tahun	CH. Maks.(x)	Log(X)	(Log X-Log Xrt) ²	(Log X-Log Xrt) ³
		(mm)			
1	2	3	4	5	6
1	2009	82	1,914	17,18 x 10 ³	-2,252 x 10 ³
2	2001	82	1,914	17,18 x 10 ³	-2,252 x 10 ³
3	2005	85	1,929	13,333 x 10 ³	-1,539 x 10 ³
4	2011	91	1,959	7,369 x 10 ³	-0,633 x 10 ³
5	2004	108	2,033	0,131 x 10 ³	-1,507 x 10 ⁶
6	2002	111	2,045	0,1896 x 10 ⁶	0,1 x 10 ⁹
7	2007	125	2,097	2,706 x 10 ³	0,141 x 10 ³
8	2010	125	2,097	2,706 x 10 ³	0,141 x 10 ³
9	2008	145	2,161	13,567 x 10 ³	0,1,580 x 10 ³
10	2003	199	2,299	64,498 x 10 ³	16,380 x 10 ³
Jumlah			20,449		
Rerata			2,045		
standar deviasi (S_i)			0,124		
Skew (C_s)			0,840		

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan

1. Nomor urut data
2. Tahun curah hujan
3. Nilai CH harian maks
4. Menghitung besarnya curah hujan rancangan untuk kala ulang yang telah ditentukan, dengan memasukkan harga rerata log x, yaitu sebesar 2,045 dan nilai G (untuk kala ulang 5 tahun dan Cs = 0,84 , nilai G adalah -0,138), serta nilai Si = 0,124 ke dalam perhitungan berikut:
4. Log (3)
5. (Log X-Log Rerata)²
6. (Log X-Log Rerata)³

$$\begin{aligned} \log x_t &= \overline{\log x} + (G \times Si) \\ &= 2,045 + (-0,138 \times 0,124) \\ &= 2,027 \end{aligned}$$

$$x_t = 106,59 \text{ mm/hari}$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 di halaman berikutnya:

5. Tabel 4.5 Nilai curah hujan dengan kala ulang tertentu

No	Periode Ulang (t) (tahun)	G	Harga Ekstrapolasi (xt) (mm)
1	2	3	4
1	2	-0.138	106.59
2	5	0.776	138.41
3	10	1.337	162.51
4	25	1.781	184.49
5	50	2.003	196.57

Sumber : Perhitungan

4.2.4. Uji Distribusi Frekuensi

4.2.4.1. Uji Smirnov Kolmogorof

Pengujian dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data, antara sebaran empiris dan sebaran teoritis, yang dinyatakan dalam Δ . Harga Δ terbesar (Δ_{maks}) dibandingkan dengan Δ_{Cr} (dari Tabel Smirnov Kolmogorof) dengan tingkat keyakinan α tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika $\Delta_{\text{maks}} < \Delta_{\text{Cr}}$.

Langkah-langkah perhitungan Uji Smirnov Kolmogorof, adalah sebagai berikut:

1. Menghitung peluang empiris dengan memasukkan nomor data, mulai dari data terkecil sampai data terbesar dengan persamaan :

$$S_n = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

Contoh pada nomor urut 1 :

$$\begin{aligned} Sn &= \frac{m}{n+1} \times 100\% \\ &= \frac{1}{10+1} \times 100\% \\ &= 9,10\% \\ &= 0,09 \end{aligned}$$

2. Mencari nilai log dari data hujan rerata maksimum

$$\log 82 = 1,914$$

3. Menghitung nilai G dengan persamaan :

$$\log xi = \overline{\log x} + (G \times Si)$$

$$\begin{aligned} G &= \left(\frac{\log xi - \overline{\log x}}{Si} \right) \\ &= \left(\frac{1,914 - 2,045}{0,124} \right) = -1,056 \end{aligned}$$

4. Mencari harga Pr melalui Tabel Distribusi Pearson III, diperoleh $Pr = 0,96$

5. Menghitung selisih $Sn(x)$ dan $P(x)$ dengan persamaan :

$$\begin{aligned} \Delta &= |Sn(x) - P(x)| \\ &= |0,091 - 0,135| \\ &= 0,044 \end{aligned}$$

6. Mencari nilai Δ_{Cr} kemudian dibandingkan dengan Δ_{maks}

Diperoleh Δ_{Cr} untuk $\alpha = 0,2$ adalah 0,32 dan Δ_{maks} adalah 0,05. Karena $\Delta_{maks} < \Delta_{Cr}$, maka data dapat diterima. Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.6 dan Tab 4.7 berikut:

Tabel 4.6 Uji kesesuaian distribusi frekuensi *Smirnov Kolmogorov*

No	X	Pe(X)	Log X	G	Pr	P(x)	[Pe(x) - P(x)]	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1	82,0	0,091	1,914	-1,056	86,514	0,135	0,044	
2	82,0	0,182	1,914	-1,056	86,514	0,135	0,047	
3	85,0	0,273	1,929	-0,930	82,368	0,176	0,096	
4	91,0	0,364	1,959	-0,692	73,024	0,270	0,094	
5	108,0	0,455	2,033	-0,092	48,414	0,516	0,061	
6	111,0	0,545	2,045	0,004	45,288	0,547	0,002	
7	125,0	0,636	2,097	0,419	31,733	0,683	0,046	
8	125,0	0,727	2,097	0,419	31,733	0,683	0,045	
9	145,0	0,818	2,161	0,938	17,175	0,828	0,010	
10	199,0	0,909	2,299	2,046	3,852	0,961	0,052	
Jumlah			20,449				Dmax	0,096
Rerata			2,045					
Stdev			0,124					
Skew			0,840					

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan

- 4.3.1. Nomor Data 5. $((4)/(Rerata))/stdev$
 4.3.2. Curah hujan harian maks 6. Tabel Log
 Person III beracuan nilai Cs dan T
 4.3.3. $((1)/(n+1))*100$ 7. $((100-(6))/100$
 4.3.4. Log (2) 8. ABS ((3)-(7))

Tabel 4.7 Rekapitulasi uji *Smirnov Kolmogorov*

Kala Ulang (Tahun)	Dkritis	Dmax	Keterangan
5	0,332	0,096	Diterima
10	0,368	0,096	Diterima
20	0,409	0,096	Diterima

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.4.2. Uji Chi – Square

Uji ini digunakan untuk uji kesesuaian vertikal dari data. Uji ini didasarkan pada perbedaan nilai ordinat teoritis dan ordinat empiris.

$$x^2_{hit} = \frac{\sum (E_f - O_f)^2}{E_f}$$

Dengan :

X^2_{hit} : harga Chi – Square

O_i : ordinat empiris

E_j : ordinat teoritis

Dengan persamaan di atas, maka urutan pengerjaannya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan banyak kelas dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Banyak kelas} &= 1 + 3,22 \log n \\ &= 1 + 3,22 \log 10\end{aligned}$$

$$\text{Banyak kelas} = 4,32 \approx 4 \text{ dengan } n \text{ adalah jumlah data}$$

2. Menentukan batas kelas dengan memasukkan nilai S_i yaitu 0,124 dan C_s yaitu 0,322 ke dalam persamaan berikut:

$$\log x_i = \overline{\log x} + (G \times S_i)$$

Dengan nilai G untuk $P = 75\%$ adalah -0,739, maka:

$$\begin{aligned}\log x_i &= 2,045 + (-0,739 \times 0,124) \\ &= 1,833\end{aligned}$$

$$x_i = 68,053$$

3. Menghitung frekuensi yang diharapkan (E_j) dengan perhitungan sebagai berikut:

$$E_j = \frac{n}{k} = \frac{10}{4} = 2,5$$

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut:

6. Tabel 4.8 Perhitungan chi square test

No	Probability (P)	Expected Frequency (Ef)	Observed Frequency (Of)	Ef - Of	$(\frac{Ef - Of}{Ef})^2$
1	0-89,779	2,500	3	0,500	0,100
2	89,779- 106,510	2,500	1	1,500	0,900
3	106,510- 132,597	2,500	4	1,500	0,900
4	< 132,597	2,500	2	0,500	0,100
	Jumlah	10,00	10,00		2,00

Sumber : Perhitungan

Sehingga diperoleh :

- χ^2 hitung = 2
- Dari tabel Chi Square, diperoleh $\chi^2_{cr} = 18,31$ untuk v (derajat kebebasan) = $4 - 1 = 3$, dan $\alpha = 5\%$. Nilai χ^2 hitung < χ^2_{cr} , dapat diambil kesimpulan bahwa data memenuhi uji Chi Square.

2.4. Luas Daerah Pengaliran

Penentuan daerah pengaliran didasarkan pada keadaan topografi daerah studi. Dimana batas daerah aliran ditentukan oleh topografi tertinggi karena daerah pengaliran (*cathment area*) adalah daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran sehingga batas antara

daerah pengaliran terletak pada punggung atau pegunungan. Dan dalam studi ini batas daerah tangkapan air berada pada median jalan. Arah aliran pada saluran juga digunakan untuk penentuan layanan daerah tangkapan air. Gambar 4.1 merupakan lokasi studi dan gambar 4.2 adalah gambar arah aliran pada saluran di lokasi studi.



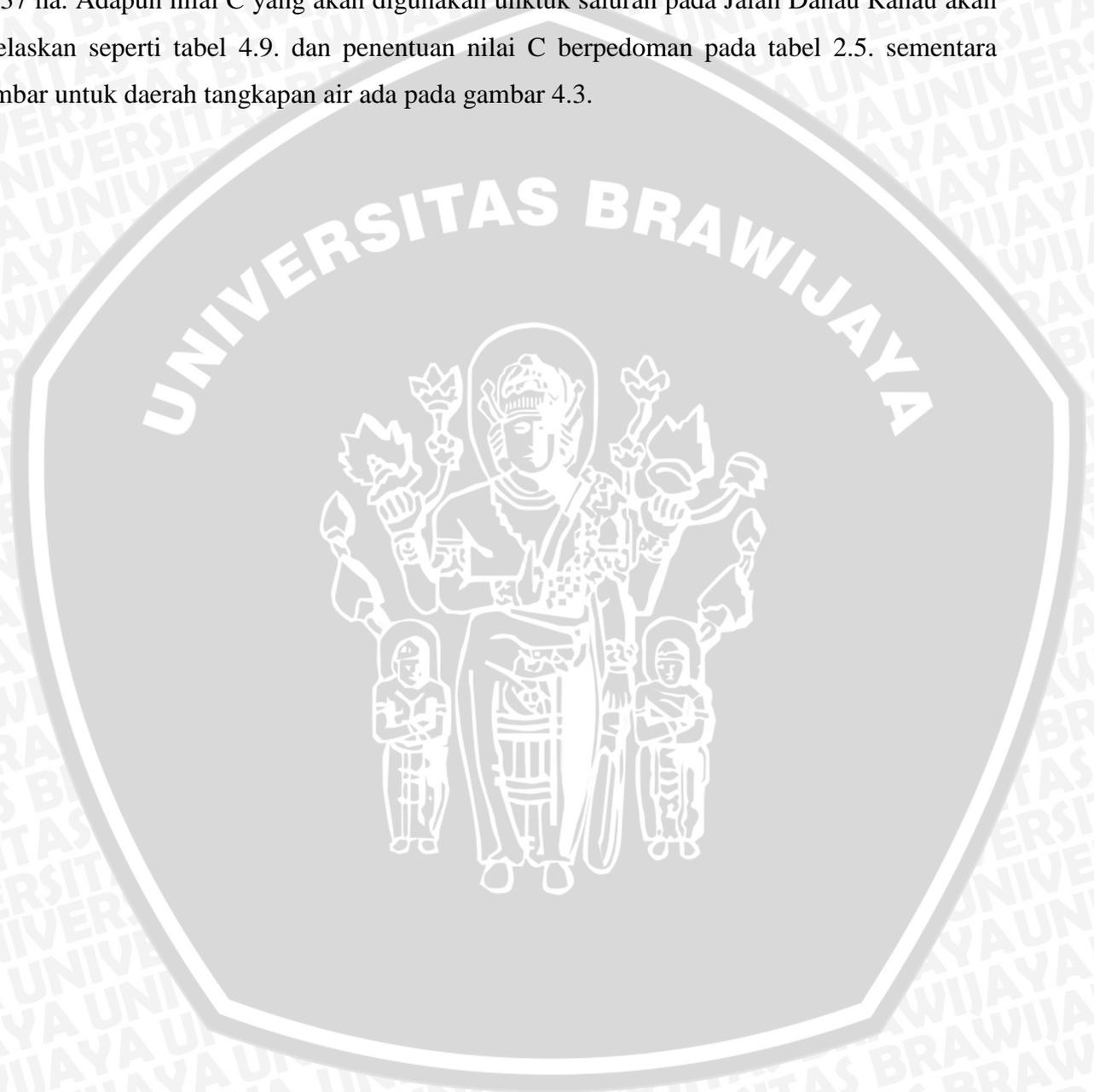








Lokasi studi berada pada kecamatan Kedungkandang kelurahan Sawojajar, tepatnya berada pada kompleks SMK Telkom. Luas daerah studi seluas 5,908 ha yang terdiri dari perumahan dan kawasan pendidikan. Dalam menentukan debit banjir pastilah menggunakan tata guna lahan. Tata guna lahan ini akan diklasifikasikan dengan nilai C yang merupakan koefisien pengaliran dengan metode Rasional. Luas untuk daerah jalan dan ranau sebesar 3,537 ha. Adapun nilai C yang akan digunakan untuk saluran pada Jalan Danau Ranau akan dijelaskan seperti tabel 4.9. dan penentuan nilai C berpedoman pada tabel 2.5. sementara gambar untuk daerah tangkapan air ada pada gambar 4.3.





Tabel 4.9. Nilai C pada saluran jalan Danau Ranau

No	Nama	Panjang	Lebar	Bentuk	Luas	C	Luas x C	Keterangan
		m	m		m ²		m ²	
1	Kawasan 1 Pemukiman	93.97	42.3	Persegi	3974.93	0.7	2782.45	Pemukiman berdempetan
2	Jalan A.3	42.3	2.5	Persegi	105.75	0.7	74.03	Jalan paving
3	Jalan J.1	98.47	3	Persegi	295.41	0.8	236.33	Jalan aspal
4	Jalan I	98.47	1.5	Persegi	147.71	0.7	103.39	Jalan paving
5	Jalan F3	42.3	1.5	Persegi	63.45	0.7	44.42	Jalan paving
6	Kawasan 2 Pemukiman	74.01	25.26	Persegi	1869.49	0.75	1402.12	Pemukiman berdempetan
7	Jalan F.2	77.01	1.5	Persegi	115.52	0.7	80.86	Jalan paving
8	Jalan I.3	25.26	1.5	Persegi	37.89	0.7	26.52	Jalan paving
9	Jalan E.2	77.01	1.5	Persegi	115.52	0.7	80.86	Jalan paving
10	Jalan H.2	25.26	1.5	Persegi	37.89	0.7	26.52	Jalan paving
11	Kawasan 3 Pemukiman	74.01	24.43	Persegi	1808.06	0.75	1356.05	Pemukiman berdempetan
12	Jalan E.2	77.01	1.5	Persegi	115.52	0.7	80.86	Jalan paving
13	Jalan I.2	24.43	1.5	Persegi	36.65	0.7	25.65	Jalan paving
14	Jalan D.3	77.01	1.5	Persegi	115.52	0.7	80.86	Jalan paving
15	Jalan H.1	24.43	1.5	Persegi	36.65	0.7	25.65	Jalan paving
16	Kawasan 4 Pemukiman	168.98	38.31	Persegi	6473.62	0.73	4725.75	Pemukiman berdempetan
17	Jalan D	172.48	1.5	Persegi	258.72	0.7	181.10	Jalan paving
18	Jalan I.1	38.31	1.5	Persegi	57.47	0.7	40.23	Jalan paving
19	Jalan A.2	172.48	2.5	Persegi	431.20	0.7	301.84	Jalan paving
20	Jalan C.1	38.31	2	Persegi	76.62	0.7	53.63	Jalan paving

No	Nama	Panjang	Lebar	Bentuk	Luas	C	Luas x C	Keterangan
		m	m		m ²		m ²	
21	Kawasan 5 Lahan timur	170.12	60.33	Persegi	10263.34	0.3	3079.002	Lapangan 30%, fasilitas umum 10%, taman 20%, pendidikan 40%
22		96.95	60.33	Segitiga	2924.50	0.3	877.349	
23		54.36	17.98	Persegi	977.39	0.3	293.2178	
24		107.47	40.33	Persegi	4334.27	0.3	1300.28	
25	Jalan A.1	282.53	2.5	Persegi	706.33	0.7	494.4275	Jalan paving
Total					35379.38		17773.40	

Sumber : Perhitungan







Sementara untuk kawasan Jalan Danau Laut Tawar pembagian kawasannya dapat dilihat pada gambar 4.4. Untuk kawasan Jalan Danau Laut Tawar memiliki luas sebesar 2,37 ha. Untuk nilai C didapat dari tabel 2.5.





Tabel 4.10 Nilai C pada saluran jalan Danau Laut Tawar

No	Nama	Panjang	Lebar	Bentuk	Luas	C	luas x C	
	m	m	m		m ²		m ²	
26	Kawasan 6 Pemukiman	119.3	29.91	Persegi	3568.26	0.73	2604.832	Pemukiman berdempetan
27	Jalan B.4	123.8	2	Persegi	247.60	0.7	173.32	Jalan paving
28	Jalan J.2	29.91	3	Persegi	89.73	0.8	71.784	Jalan paving
29	Jalan F.2+F.3	123.8	1.5	Persegi	185.70	0.7	129.99	Jalan paving
30	Jalan H.3	29.91	1.5	Persegi	44.87	0.7	31.4055	Jalan paving
31	Kawasan 7 Pemukiman	56.12	29.96	Persegi	1681.36	0.75	1261.016	Pemukiman berdempetan
32	Jalan B.3	59.12	2	Persegi	118.24	0.7	82.768	Jalan paving
33	Jalan H.3	29.96	1.5	Persegi	44.94	0.7	31.458	Jalan paving
34	Jalan F.1	59.12	1.5	Persegi	88.68	0.7	62.076	Jalan paving
35	Jalan G.3	29.96	1.5	Persegi	44.94	0.7	31.458	Jalan paving
36	Kawasan 8 Pemukiman	56.12	25.26	Persegi	1417.59	0.75	1063.193	Pemukiman berdempetan
37	Jalan F.1	59.12	1.5	Persegi	88.68	0.7	62.076	Jalan paving
38	Jalan H.2	25.26	1.5	Persegi	37.89	0.7	26.523	Jalan paving
39	Jalan E.1	59.12	1.5	Persegi	88.68	0.7	62.076	Jalan paving
40	Jalan G.2	25.26	1.5	Persegi	37.89	0.7	26.523	Jalan paving
41	Kawasan 9 Pemukiman	56.12	24.43	Persegi	1371.01	0.75	1028.259	Pemukiman berdempetan
42	Jalan E.1	59.12	1.5	Persegi	88.68	0.7	62.076	Jalan paving
43	Jalan H.1	24.43	1.5	Persegi	36.65	0.7	25.6515	Jalan paving
44	Jalan D.2	59.12	1.5	Persegi	88.68	0.7	62.076	Jalan paving
45	Jalan G.1	24.43	1.5	Persegi	36.65	0.7	25.6515	Jalan paving

No	Nama	Panjang	Lebar	Bentuk	Luas	C	luas x C	
	m	m	m		m ²		m ²	
46	Kawasan 10 Pemukiman	85.65	32.85	Persegi	2813.60	0.73	2053.93	Pemukiman berdempetan
47	Jalan B.2	32.85	2	Persegi	65.70	0.7	45.99	Jalan paving
48	Jalan G	89.15	1.5	Persegi	133.73	0.7	93.6075	Jalan paving
49	Jalan D.1	32.85	1.5	Persegi	49.28	0.7	34.4925	Jalan paving
50	Jalan C.2	89.15	2	Persegi	178.30	0.7	124.81	Jalan paving
51	Kawasan 11 Lahan barat	17.98	12.24	Persegi	220.08	0.3	66.02256	Lahan tidak diolah 40%,taman 20%, pendidikan 40%
52		60.23	66.6	Segitiga	2005.66	0.3	601.6977	
53		107.47	26.27	Persegi	2823.24	0.3	846.9711	
54		81.38	66.6		5419.91	0.3	1625.972	
55	Jalan B.1	294.41	2	Persegi	588.82	0.7	412.174	
Total					23705.01		12829.88	

Sumber : Perhitungan





Nilai C yang telah didapat pada tabel 4.9. dan tabel 4.10 kemudian dicari nilai C rata-ratanya untuk lokasi studi yang ditabelkan pada tabel 4.10.

$$C_m = \frac{C_1 \cdot A_1 + C_2 \cdot A_2 + \dots + C_n \cdot A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-13)$$

$$= (\text{jumlah luas} \times C) / (\text{jumlah luas})$$

$$= (17,773 + 12,827) / (3,537 + 2,37)$$

$$= 0,521$$

4.3.1. Kemiringan lahan (Slope)

Kemiringan lahan dapat dicari dengan rumus :

$$S = \Delta h / L$$

S = kemiringan lahan

Δh = beda tinggi

L = jarak lahan

Dari pantauan menggunakan program Google Earth diketahui beda tinggi hulu dan hilir sebesar 2 m, dengan jarak lurus 500 m. Maka :

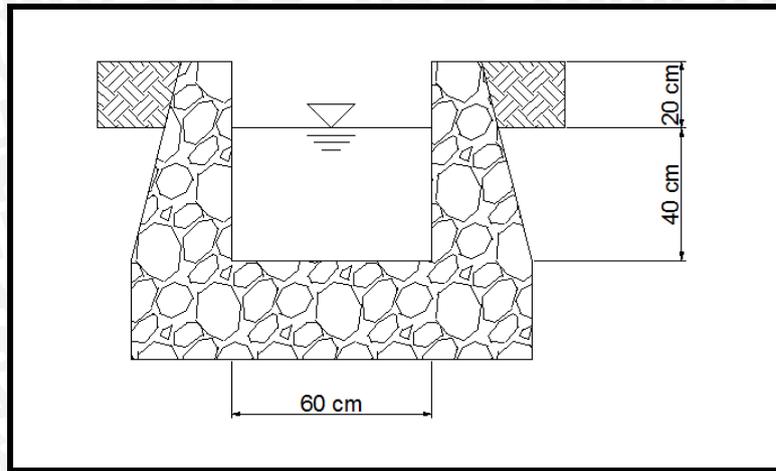
$$S = \Delta h / L$$

$$S = 2 / 500$$

$$S = 0,004$$

4.3.2. Kemampuan Debit Existing

Debit adalah volume air persatuan waktu. Debit saluran dapat dicari dengan perkalian antara penampang basah dan kecepatan. Luas penampang basah eksisting pada Jalan Danau Ranau berbentuk persegi dengan pasangan batu pada dasar dan dinding saluran. Sementara kecepatan dapat dicari dengan berbagai cara, salah satunya rumus yang ditemukan oleh insinyur Irlandia bernama Robert Manning (1889). Maka dari itu saluran eksisting menurut tabel 2.4. memiliki koefisien Manning sebesar 0,023. Dan kemiringan saluran dianggap sama dengan lahan maka kemiringan saluran sebesar 0,004. Maka debit yang melewati dapat diprediksi besarnya.



Gambar 4.5. Dimensi saluran eksisting

Kondisi normal

$$\begin{aligned}
 F &= b \times h \\
 &= 0,6 \times 0,4 \\
 &= 0,24 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan :

F = luas penampang basah

b = lebar saluran

h = tinggi saluran

Estimasi debit eksisting pada saluran Danau Ranau

$$\begin{aligned}
 Q &= F \times v \\
 &= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right) \\
 &= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right) \\
 &= 0,24 \times \left(\frac{1}{0,023} \times \left(\frac{0,24}{1,4} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,004^{\frac{1}{2}} \right) \\
 &= 0,24 \times 0,848 \\
 &= 0,203 \text{ m}^3/\text{dt}
 \end{aligned}$$

Kondisi Penuh

Ketika kondisi penuh digambarkan ketinggian air sejajar dengan dinding saluran.

Yang berarti debit yang dapat ditampung sebuah saluran setelah tinggi jagaan tercapai sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F &= b \times h \\
 &= 0,6 \times 0,6 \\
 &= 0,36 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dengan :

F = luas penampang basah

b = lebar saluran

h = tinggi saluran

Estimasi debit eksisting pada saluran Danau Ranau

$$Q = F \times v$$

$$= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times \left(\frac{A}{P} \right)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$= 0,36 \times \left(\frac{1}{0,023} \times \left(\frac{0,38}{1,8} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,004^{\frac{1}{2}} \right)$$

$$= 0,24 \times 0,94$$

$$= 0,239 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Sehingga penentuan kapasitas saluran dapat dilihat dari tiga aspek, kondisi pertama ketika debit rencana berada pada kurang dari debit kondisi normal maka akan dikatakan saluran masih dalam kondisi baik, kondisi kedua debit rencana berada antara debit kondisi normal dan kondisi penuh, maka saluran akan memasuki kondisi kritis dimana debit rencana telah mengisi tinggi jagaan saluran tetapi air masih dapat ditampung saluran, kondisi ketiga yaitu kondisi dimana debit rencana lebih besar dari pada debit kondisi penuh, yang artinya saluran sudah tidak dapat menampung air debit rencana. Kondisi kedua dan ketiga perlu adanya penyelesaian tetapi yang harus dilakukan segera pada kondisi ketiga dimana debit sudah tidak dapat ditampung. Penyelesaiannya berupa rehabilitasi saluran tersebut.

4.3.3. Waktu Pengaliran (*Time Of Concentration*)

Waktu pengaliran (T_c) adalah waktu yang dibutuhkan aliran dari titik terjauh sampai dititik keluaran. Pada lokasi studi memiliki saluran sepanjang 572 m dengan kemiringan 0,004. Dengan saluran pada lahan yang berupa pasangan batu pada dasar dan dinding saluran dengan melihat tabel 2.4. didapat n saluran sebesar 0,023. Dan untuk n_d (Manning pada permukaan pada tabel 2.3.) pada lahan permukaan daerah perumahan yang diperkeras didapat n_d sebesar 0,03 dengan slope lahan sebesar 0,01 dan panjang lintasan sebesar 21,15 m. Dengan menggunakan rumus Kirpich maka didapat nilai waktu pengaliran.

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{n}{\sqrt{S}} \right)^{0,167} \text{ menit}$$

$$t_o = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 21,15 \times \frac{0,03}{\sqrt{0,01}} \right)^{0,167}$$

$$= 1,551 \text{ menit}$$

$$t_d = \frac{L_s}{60v}$$

$$t_d = \frac{572}{60 \times 0,848}$$

$$= 11,234 \text{ menit}$$

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_c = 1,551 + 11,234$$

$$= 12,785 \text{ menit} = 767,159 \text{ dt} = 0,213 \text{ jam}$$

4.3.4. Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Mononobe

Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Oleh karena itu besarnya curah hujan dapat dinyatakan dalam meter kubik persatuan luas atau secara lebih umum dinyatakan dalam tinggi air yaitu milimeter (mm). Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.

Pada umumnya, semakin besar t (waktu mulai hujan sampai jam ke T) intensitas hujannya semakin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau karena disebabkan tidak adanya alat untuk mengamati, maka untuk menghitung intensitas hujan dapat ditempuh dengan rumus empiris, diantaranya adalah rumus Mononobe, karena dapat digunakan untuk waktu t sembarang (Soemarto CD, 1995:14);

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

dengan :

I = Intensitas curah hujan rerata dalam T jam (mm/jam)

R₂₄ = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

t_c = Waktu curah hujan (jam)

Dari curah hujan rancangan *log pearson type III* tabel 4.5. pada kala ulang 2 tahun sebesar 106,59 mm yang merupakan R₂₄ dan t_c pada sub bab 4.3.3. didapat sebesar 0,213 jam. Didapat curah hujan jam-jaman sebagai berikut :

$$I = \frac{106,587}{24} \left(\frac{24}{0,213} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 104,66 \text{ mm/jam}$$

Umumnya, untuk perencanaan saluran drainase di kawasan perumahan, taman kota, kampus umumnya menggunakan kala ulang 5 tahun. Karena lokasi studi merupakan kawasan perumahan dan pendidikan maka kala ulang yang dipakai kala ulang 5 tahun. Dari tabel 4.5 dibaca kala ulang 5 tahun sebesar 138,41 mm/jam

$$I = \frac{138,41}{24} \left(\frac{24}{0,213} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 136,67 \text{ mm/jam}$$

Maka, intensitas hujan 5 tahunan sebesar 136,67 mm/jam

Untuk mengatasi faktor resiko yang tinggi terkadang kala ulang 10 tahun juga dapat dipakai. Faktor resiko ini adalah faktor jika terjadi banjir dapat merusak sehingga dampak kerusakan memiliki harga yang tinggi. Intensitas kala ulang 10 tahun sebesar.

$$I = \frac{162,51}{24} \left(\frac{24}{0,213} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 157,707 \text{ mm/jam}$$

Maka, intensitas hujan 10 tahunan sebesar 157,707 mm/jam

4.3.5. Limpasan Metode Rasional

Metode rasional adalah metode untuk menghitung debit banjir maksimum dari curah hujan. Metode ini dapat menggambarkan hubungan antara debit limpasan dengan besar curah hujan secara praktis berlaku untuk luas DAS hingga 300 ha. Metode rasional ini menggunakan asumsi:

- e. Frekuensi hujan dan limpasan sama.
- f. Intensitas hujan dengan durasi minimum sama dengan waktu konsentrasi daerah aliran.
- g. Intensitas hujan seragam diseluruh daerah aliran.
- h. Durasi hujan lebat sama dengan waktu konsentrasi, seluruh daerah aliran berpengaruh secara simultan terhadap debit di saluran keluar.

Dua komponen utama yang digunakan pada metode rasional ialah waktu konsentrasi (T_c) dan intensitas curah hujan (I). Metode rasional memperkirakan debit limpasan dengan pendekatan koefisien pengaliran, yang merupakan perbandingan antara debit puncak (debit maksimum) yang dihasilkan dengan intensitas hujan.

Rumus yang digunakan adalah:

$$Q = 0,00278 \cdot C.I.A \quad (2-12)$$

dengan :

Q = Debit puncak (m^3/dt)

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A = Daerah tangkapan (ha)

C = Koefisien pengaliran

Pada sub bab sebelum-sebelumnya telah diketahui cara untuk mendapatkan data yang diperlukan untuk perhitungan rasional, mulai dari luas daerah studi dan masing-masing kawasan pada daerah studi yang dapat untuk mengetahui nilai koefisien (C) gabungan. Pada sub bab 4.3. dihasilkan luasan untuk layanan daerah tangkapan air saluran drainase jalan danau ranau sebesar 3,537 hektar dan luasan layanan daerah tangkapan air jalan danau laut tawar sebesar 2,370 hektar. Masih pada sub bab 4.3. didapatkan juga nilai koefisien gabungan sebesar 0,521.

Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam. Pada sub bab 4.3.4. diketahui intensitas hujan pada waktu konsentrasi 0,213 jam dan curah hujan kala ulang 2 tahun terjadi didapatkan nilai intensitas sebesar 104,66. Perhitungan debit untuk saluran Jalan Danau Ranau untuk kala ulang 2 tahun sebesar :

Diketahui = C : 0,521 (pada sub bab 4.3.)

= I : 104,66 mm/jam (pada sub bab 4.3.4.)

= A : 3,537 ha (pada sub bab 4.3.)

Q2 = 0,00278 . C.I.A

= 0,00278 x 0,524 x 104,66 x 3,537

= 0,53 m^3/dt

Selanjutnya untuk jalan danau laut tawar dan kala ulang 2 dan 5 tahun akan ditampilkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.11. Debit masing-masing saluran

No	Kala ulang	Intensitas	C	Luas		Q		Q eksisting
				Jalan danau ranau	Jalan danau laut tawar	Jalan danau ranau	Jalan danau laut tawar	
		mm/jam		m	m	m ³ /dt	m ³ /dt	
1	2	103,439	0,521	35379,38	23705,01	0,530	0,355	0,203
2	5	134,320				0,688	0,461	
3	10	157,707				0,807	0,541	

Sumber : Perhitungan

Dari tabel didapat debit rancangan kala ulang 5 tahun untuk jalan danau ranau sebesar 0,688 m³/dt dan untuk jalan danau laut tawar sebesar 0,461 m³/dt. Dari hasil ini kemampuan debit eksisting yang sebesar 0,203 m³/dt dicocokkan dengan debit kala ulang 5 tahun apakah dapat ditampung saluran eksisting. Ternyata saluran sudah tidak dapat mengakomodir debit kala ulang 5 tahun yang akan terjadi. Oleh karena itu dimensi saluran perlu diperbesar.

4.4. Kesesuaian Data

4.4.1. Curah hujan Survei

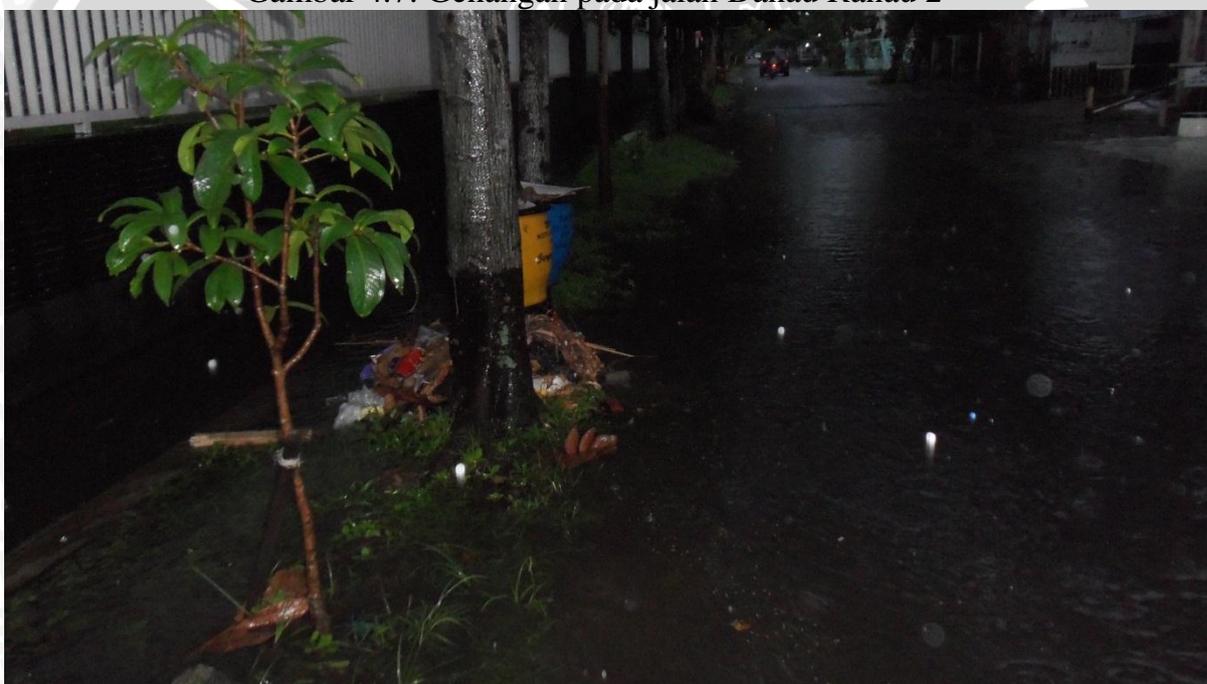
Studi ini dilakukan berdasarkan hasil survei yang menampilkan genangan yang berada di jalan Danau Ranau yang ditampilkan pada foto-foto berikut :



Gambar 4.6. Genangan pada jalan Danau Ranau 1



Gambar 4.7. Genangan pada jalan Danau Ranau 2



Gambar 4.8. Genangan pada jalan Danau Ranau 3

Hasil survei tersebut digunakan dasar untuk mendapatkan data curah hujan pada dinas terkait. Stasiun hujan yang terdekat berada pada Kecamatan Kedungkandang yang berjarak radius 1 kilometer dari lokasi studi. Dan didapatkan curah hujan yang terjadi ketika survei sebesar 85 mm selama 4 jam (data hujan otomatis stasiun Kedungkandang pada lampiran).

Tabel 4.11. Data Curah Hujan Otomatis

Tanggal: 2

Bulan : Desember

Tahun : 2012

Jam	Curah Hujan mm	Jam	Curah Hujan mm	Jam	Curah Hujan mm
8	0	16	0	0	0
9	0	17	20	1	0
10	0	18	60	2	0
11	0	19	3	3	0
12	0	20	2,5	4	0
13	0	21	0,2	5	0
14	0	22	0,2	6	0
15	0	23	0	7	0

Sumber : BBWS Bango Gedangan,2012

Data hujan otomatis tersebut diambil ketika hujan terjadi antara pukul 17.00-20.00. data hujan pada pukul 21.00 sampai 22.00 tidak dipakai karena nilainya terlalu kecil jadi dianggap 0 (Nol). Data curah hujan pada pukul 17.00-20.00 diubah satuan dari mm menjadi in. Data tersebut digunakan sebagai input perhitungan manual maupun untuk program SIMODAS sebagai penentuan kalibrasi. Data dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12. Curah hujan konversi

No	Curah hujan	
	mm	in
1	20	0,787
2	60	2,362
3	3	0,118
4	2,5	0,098

Sumber : Perhitungan

Data curah hujan otomatis setelah dikonversi menjadi satuan (inch) kemudian dikumulatifkan tiap jam sampai jam ke-4. Data dapat dilihat pada tabel 4.13.

Tabel 4.13. Komulatif curah hujan otomatis

No	Curah hujan	komulatif curah hujan
	in	in
1		0
2	0,787	0,787
3	2,362	3,150
4	0,118	3,268
4	0,098	3,366

Sumber : Perhitungan

4.4.2. Curah hujan jam-jaman untuk pengerjaan SIMODAS

Dari curah hujan rancangan *log pearson type III* pada tabel 4.5. didapat kala ulang 2 tahun sebesar 106,59 mm yang merupakan R_{24} . Didapat curah hujan jam-jaman sebagai berikut.

$$P = \frac{106,587}{24} \left(\frac{24}{1}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 36,951 \text{ mm/jam} \quad (\text{untuk jam pertama})$$

$$P = \frac{106,587}{24} \left(\frac{24}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 23,278 \text{ mm/jam} \quad (\text{untuk jam ke-dua})$$

Selanjutnya ditabelkan pada tabel

Tabel 4.14. Hujan Jam-Jaman

Periode Ulang	Curah hujan jam-jaman (P)				
	2 th	5 th	10 th	25 th	50 th
t	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	36.95	47.98	56.34	63.96	68.15
2	60.23	78.21	91.83	104.25	111.08
3	77.99	101.28	118.91	135.00	143.84
4	92.66	120.32	141.27	160.38	170.88
5	105.30	136.73	160.54	182.25	194.19

Sumber : Perhitungan

Pengembangan hujan jam-jaman hanya sampai 5 jam dikarenakan untuk Indonesia rerata durasi hujan kurang lebih 4-5 jam yang didapat dari grafik pembacaan alat ukur hujan otomatis Balai Besar Wilayah Sungai Bango Gedangan.

4.5. Perhitungan Metode SCS

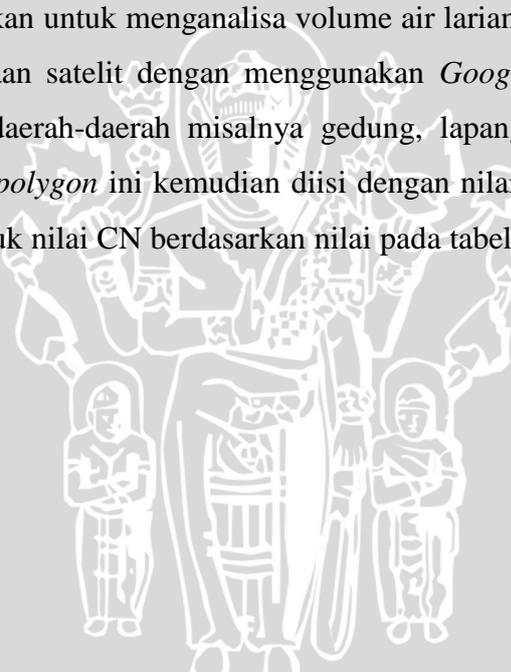
4.5.1. Nilai *Curve Number* (CN)

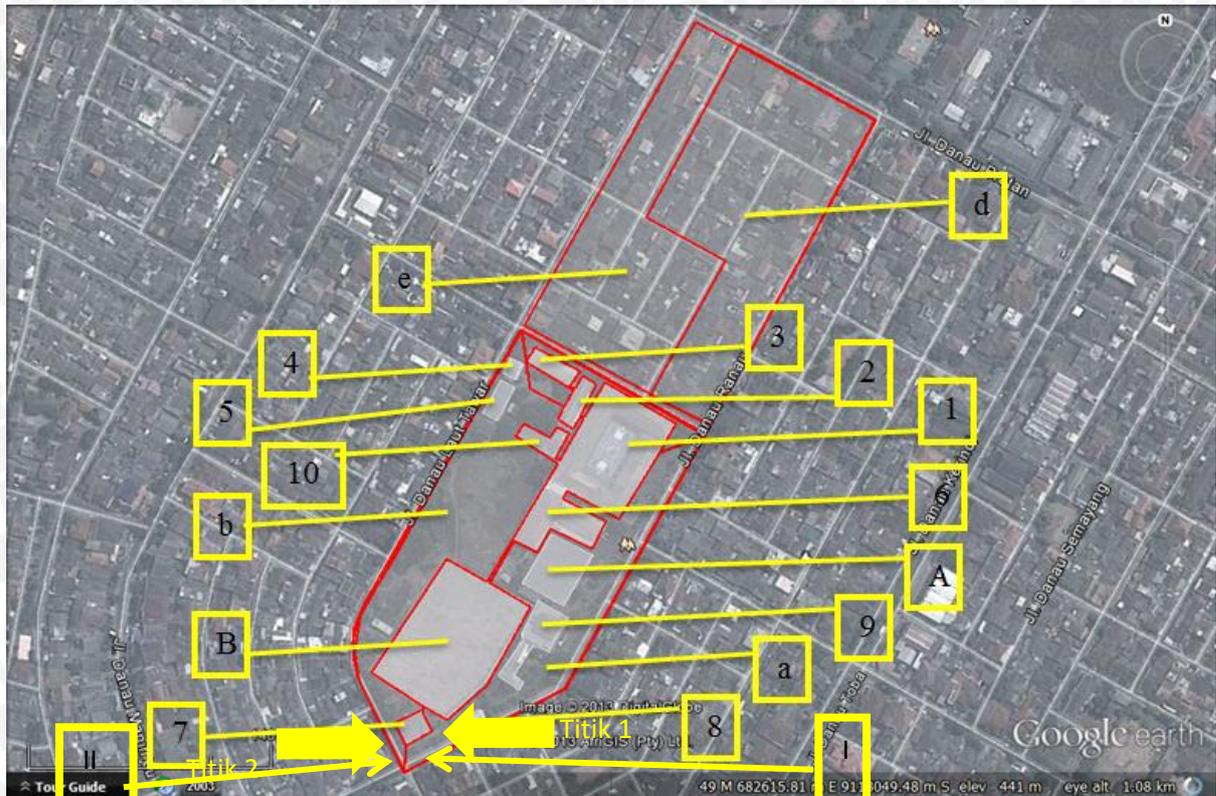
Tahapan analisa yang dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai *Curve Number* (CN) yang terjadi adalah dengan menentukan nilai *Curve Number* (CN) pada setiap penggunaan lahan dalam DAS tersebut, menghitung koefisien pengaliran rata-rata.

Untuk mendapatkan *Curve Number* (CN) rata-rata dengan cara memilah-milah lahan menjadi beberapa kategori, kemudian menghitung luas tiap-tiap kategori kemudian menjumlahkan luas tiap kategori setelah dikalikan dengan *Curve Number* (CN) untuk tiap kategori dibagi luas total lahan.

4.5.2. Analisa Besaran Limpasan Permukaan Pada Jalan Danau Ranau Dengan Manual

Tahapan yang dilakukan untuk menganalisa volume air larian. Data tata guna lahan yang diperoleh dari pencitraan satelit dengan menggunakan *Google Earth* dipilah-pilah dengan membuat *polygon* daerah-daerah misalnya gedung, lapangan, rumah, dan lain sebagainya. Masing-masing *polygon* ini kemudian diisi dengan nilai *Curve Number*, luas, keliling dan keterangan. Untuk nilai CN berdasarkan nilai pada tabel 2.8. yang dikutip dari buku.





Gambar 4.9. Foto citra satelit lokasi studi

Untuk saluran pada lokasi studi mempunyai dua saluran yaitu saluran Jalan Danau Ranau dan saluran Jalan Danau Laut Tawar, untuk luasan layanan saluran drainase dimasukkan pada tabel 4.13. untuk sebelah timur dan tabel 4.14. untuk sebelah barat.

Tabel 4.14. Luas Lahan Timur

No	Nama	Penamaan	Luas Meter ²
1	Lapangan basket	A	1012,95
2	Lapangan sepak bola	B	4977,16
3	Lahan timur	A	6735,25
4	Lahan utara	C	1070,23
5	Perumahan timur	D	14993,24
6	Gedung 1	1	3346,03
7	Gedung 6	6	1113,74
8	Gedung 7	7	250,38
9	Gedung 8	8	132,30
10	Gedung 9	9	753,35
Total			34384,67

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.15. Luas Lahan Barat

No	Nama	Penamaan	Luas Meter ²
1	Lahan barat	B	9134,10
2	Perumahan barat	e	11846,98
3	Gedung 2	2	308,47
4	Gedung 3	3	359,70
5	Gedung 4	4	91,57
6	Gedung 5	5	233,56
7	Gedung 10	10	313,58
total			22287,98

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.16. Nilai Curve Number

No	Nama	Luas meter ²	CN	Luas*CN
1	Jalan	5216.62	98	511228
2	Lapangan basket	1012.96	98	99269.6
3	Lapangan sepak bola	4977.16	69	343424
4	Lahan timur	6735.25	65	437791
5	Lahan barat	9134.11	65	593717
6	Lahan utara	1070.24	65	69565.5
7	Perumahan timur	14993.2	85	1274425
8	Perumahan barat	11847	85	1006993
9	Gedung 1	3346.04	98	327912
10	Gedung 2	308.475	98	30230.6
11	Gedung 3	359.705	98	35251.1
12	Gedung 4	91.571	98	8973.96
13	Gedung 5	233.568	98	22889.7
14	Gedung 6	1113.75	98	109147
15	Gedung 7	250.382	98	24537.4
16	Gedung 8	132.306	98	12966
17	Gedung 9	753.35	98	73828.3
18	Gedung 10	313.582	98	30731
		61889.3		5012881

Sumber : Perhitungan

Dari tabel di atas didapat nilai CN rerata sebesar :

$$CN \text{ rerata} = \frac{\sum \left(\frac{CN1i+CN2i}{2} \times \text{luas DAS}_i \right) + \sum \left(\frac{CN1ii+CN2ii}{2} \times \text{luas DAS}_{ii} \right)}{\sum \text{luas DAS}}$$

$$CN \text{ rerata} = \frac{5012881}{61889,27} = 80,997$$

Lokasi studi berada pada saluran drainase Jalan Danau Laut Tawar (II) dan saluran drainase Jalan Danau Ranau (I) yang ditunjukkan dengan anak panah yang ada pada gambar 4.9. Lokasi tersebut ditentukan berdasarkan pengamatan langsung di lokasi studi karena daerah tersebut yang terlihat ada genangan. Batas tangkapan air hujan ditentukan berada pada tengah median Jalan Danau Ranau dan Jalan Danau Laut Tawar karena bentuk jalan lebih tinggi pada bagian tengah dari pada sisi tepi. Disamping itu dalam studi ini masing-masing saluran dianggap bersih tanpa ada sedimen.

4.5.3. Nilai Kalibrasi

Dari hasil perhitungan didapatkan debit yang terjadi sebesar $0,347 \text{ m}^3/\text{dt}$ agar hasil program dapat mendekati hasil perhitungan maka dilakukan penyesuaian nilai, oleh karena itu maka nilai CN yang dimasukkan sebesar 95, dan nilai manning sebesar 0,01. Dengan input seperti sebelumnya didapat debit sebesar $0,47 \text{ m}^3/\text{dt}$. Dari hasil SIMODAS dan survei diketahui bahwa terdapat perbedaan sebesar $0,03 \text{ m}^3/\text{dt}$. (keluaran SIMODAS ada pada lampiran). Dengan kata lain SIMODAS dapat digunakan untuk mewakili kondisi di lokasi studi.

Tabel 4.17. Perhitungan Abstraksi Dan Limpasan Dengan Metode SCS curah hujan survei

No	jam ke	Jumlah hujan	CN rerata	S	jumlah abstraksi		jumlah excess	jumlah hidrograf
		P (in)			Ia	Fa	Pe (in)	(in)
1	0	0			0	0	0	0
2	1	0.787	80.998	2	0.469	0	0.000	1.429
3	2	3.150	80.998	2	0.469	1.251	1.429	0.093
4	3	3.268	80.998	2	0.469	1.276	1.522	0.078
5	4	3.366	80.998	2	0.469	1.296	1.601	

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.18. Q survey

No	Luas ha	Pe mm	V m ³	tc dt	Q m ³ /dt
1	6	36.305	2246.91	3600	0.624
2	3.438		1248.35		0.347
3	2.229		809.247		0.225

Sumber : Perhitungan

Dengan diketahui debit ketika survei dilakukan sebesar $0,347 \text{ m}^3/\text{dt}$ maka limpasan yang terjadi dapat dicari dengan cara berikut :

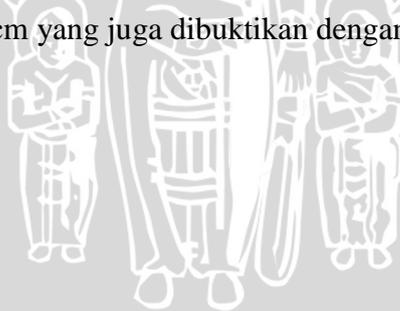
$$\begin{aligned} Q_{\text{limpasan}} &= Q_{\text{hitung}} - Q_{\text{eksisting}} \\ &= 0,347 - 0,339 \\ &= 0,008 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q_{\text{limpasan}} \times \text{waktu} \\ &= 0,008 \times 3600 \\ &= 28,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi limpasan} &= \text{Volume} : \text{luas genangan} \\ &= 28,8 : 500 \\ &= 0,057 \text{ m} \\ &= 5,7 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode SCS diketahui bahwa saluran pada Danau Ranau yang melayani lahan sebesar 3,438 tidak dapat menampung limpasan untuk curah hujan ketika survei dan untuk saluran jalan Danau laut Kertas yang melayani lahan seluas 2,229 ha masih dapat menampung debit ketika mendapat curah hujan ketika survei.

Adapun saluran pada jalan Danau Ranau yang tidak dapat menampung aliran ketika survei hanya sepanjang kurang lebih 100 meter yang di tunjukkan pada gambar. Saluran yang tidak dapat menampung berada pada hilir saluran pada lokasi studi. Ketinggian berkisar 5 cm sampai dengan 10 cm yang juga dibuktikan dengan perhitungan tabel 4.18.





Gambar 4.10. Lokasi Genangan

4.6. Pengerjaan dengan Bantuan SIMODAS

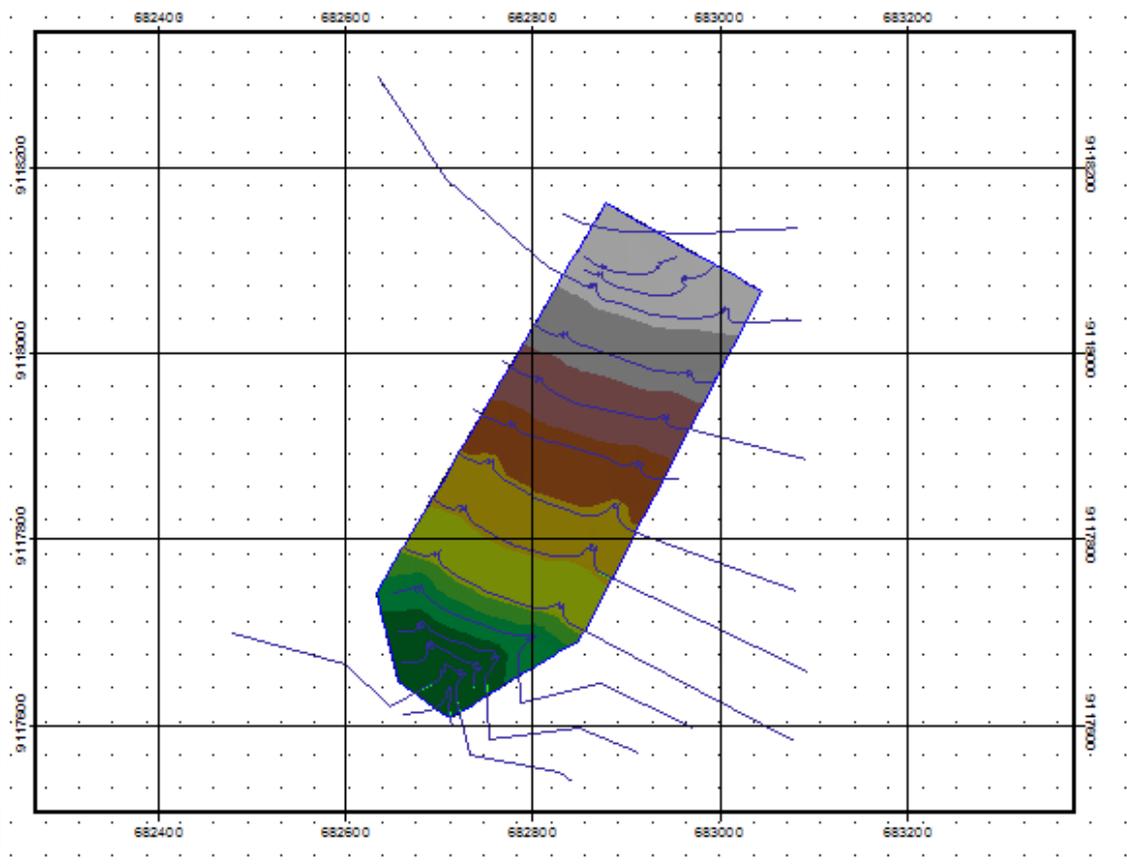
4.6.1. Analisa Besar Limpasan Permukaan

Tahap-tahap pengerjaan untuk menghitung besar limpasan permukaan pada kawasan jalan Danau Ranau sawojajar adalah sebagai berikut:

- ✓ Pengolahan *Digital Elevation Model* (DEM)
- ✓ Pengolahan *Data Base* Peta Tata Guna Lahan
- ✓ Pengolahan *Data Base* Peta Jenis Tanah

4.6.2. Pengolahan *Digital Elevation Model*

Peta topografi wilayah sawojajar jalan diambil dari peta Badan Informasi Geospasial, yang selanjutnya diolah dengan mengkonversikan dari berupa peta garis atau vektor, menjadi peta dalam bentuk *grid* atau sering disebut dengan *Digital Elevation Model* (DEM) yang disajikan pada gambar 4.2.



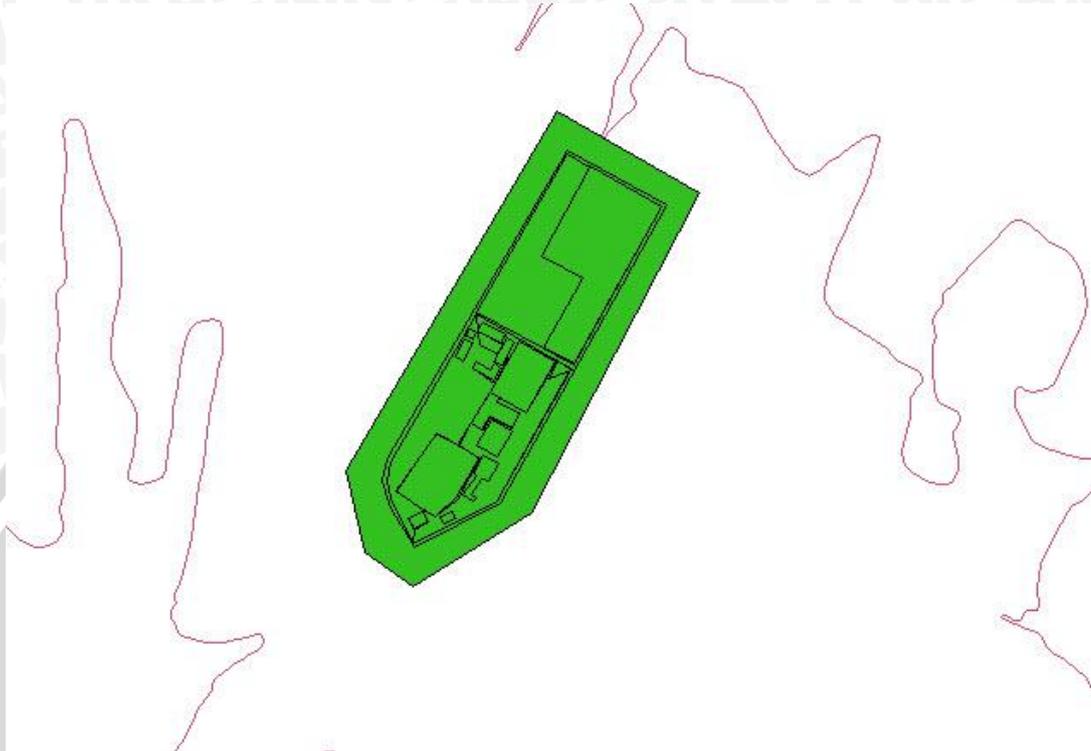
Gambar 4.11. Gambar DEM Sawojajar

Selain itu terdapat beberapa metode untuk menggambarkan bentuk permukaan bumi dalam model permukaan digital, yaitu model grid dalam bentuk persegi, model TIN (*Triangular Irregular Network*) dalam bentuk segitiga yang tidak beraturan dan yang terakhir adalah CA (*Cellular Automata*) yaitu dalam bentuk segitiga, segi empat, atau segi enam beraturan.

Struktur data yang dipakai untuk pemodelan karakteristik permukaan dalam studi ini adalah struktur data dalam bentuk TIN (*Triangular Irregular Network*) dan struktur data *raster/grid* (bujursangkar) dengan ukuran sel 2 m x 2 m. Setelah peta ketinggian sudah dalam format raster/grid selanjutnya dilakukan perlakuan untuk mengidentifikasi anomali yang terjadi dipermukaan atau biasa disebut sebagai *sink/fill*. Apabila *sink* yang terdapat telah dapat diidentifikasi dan dihilangkan maka selanjutnya peta ketinggian dapat digunakan untuk pemodelan, DEM yang telah diberikan perlakuan penghilangan *sink* disebut sebagai DEM modifikasi.

Adapun prosesnya sebagai berikut:

7. Siapkan data kontur dari bakosurtanal. Dikarenakan interval antar kontur bakosurtanal sebesar 12,5 meter maka perlu penambahan kontur dengan



modifikasi.

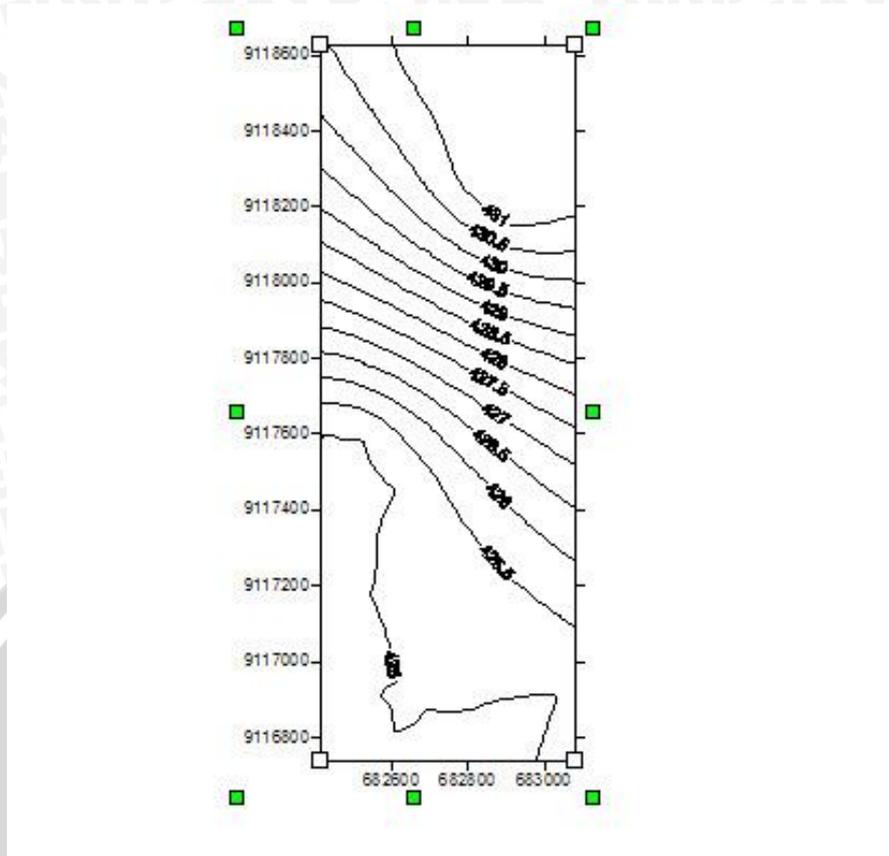
Gambar 4.12. kontur sekitar lokasi studi

Kontur adalah garis yang menggambarkan permukaan bumi yang terdiri dari koordinat dan elevasi.

8. Dari peta kontur bakosurtanal dicari elevasi yang terdekat, kemudian menyimpan beberapa koordinat garis dengan elevasi yang sama, minimal dua elevasi. Elevasi selanjutnya dilakukan sama dengan yang sebelumnya.

Dari gambar kontur terdekat adalah kontur yang ada di atas dan bawah lokasi studi yang berupa warna hijau, dengan menggunakan Arcview atau pun AutoCAD dapat dilihat koordinatnya dan dengan meng-klik garis dapat ditemukan elevasinya, langkah ini digunakan untuk tahap selanjutnya.

9. Dengan bantuan program surfer dari data koordinat dan elevasi tadi kemudian didapat kontur-kontur baru dengan interval yang lebih rapat.

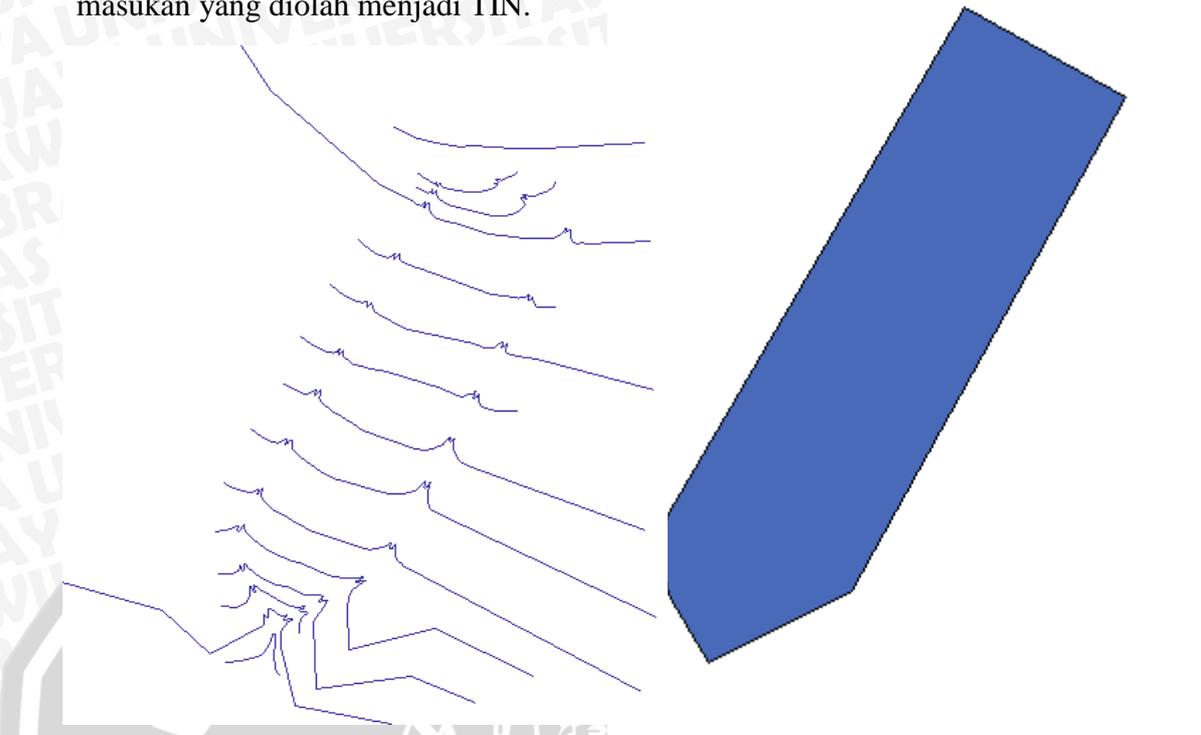


Gambar 4.13. Kontur hasil surfer

Tahap ini dilakukan untuk dapat lebih mendetailkan kontur pada kondisi di lokasi studi. Karena jika lebih rapat, program akan dapat bisa membaca sesuai dengan kondisi di lokasi studi.

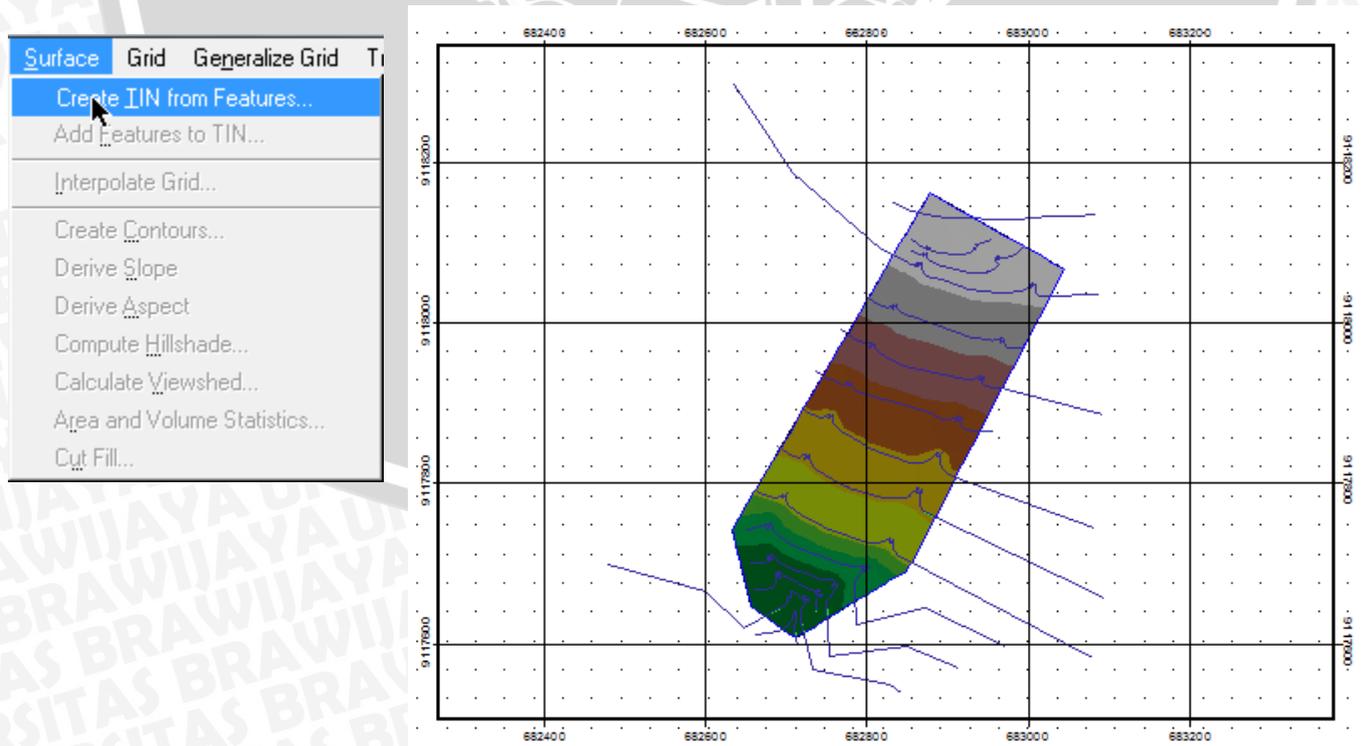
10. Setelah didapat kontur baru hasil interpolasi lakukan *overlay* tata guna lahan untuk dapat lebih memahami kondisi lapangan. Hasil *overlay* dapat diketahui lokasi saluran studi. Lakukan penyesuaian kontur sehingga dari kontur tersebut dapat diketahui lokasi saluran.

11. Kontur yang telah dimodifikasi tadi dan luas daerah studi digunakan untuk masukan yang diolah menjadi TIN.



Gambar 4.14. Kiri garis kontur, Kanan daerah Studi

5. TIN merupakan data digital yang menggambarkan elevasi berupa segitiga-segitiga

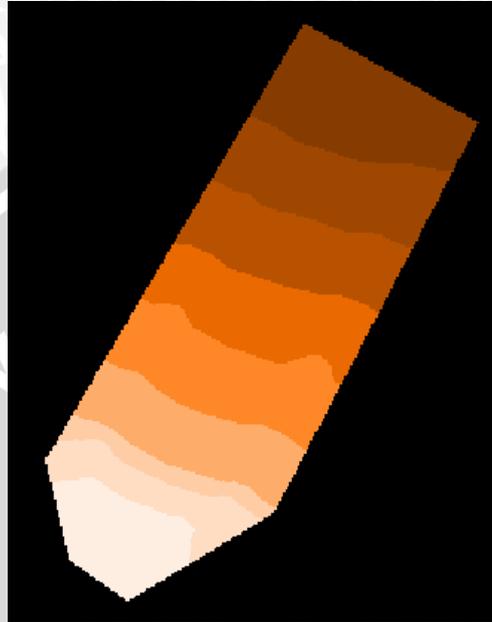


Gambar 4.15. TIN hasil penggabungan garis kontur dan daerah studi

12. TIN kemudian diolah menjadi DEM dengan mengkonversi TIN menjadi GRID.

TIN yang berbasis segitiga bukanlah data yang bisa diterjemahkan SIMODAS, oleh karena itu data yang berbasis segitiga perlu diubah menjadi persegi dengan mengkonversi menjadi GRID yang merupakan DEM

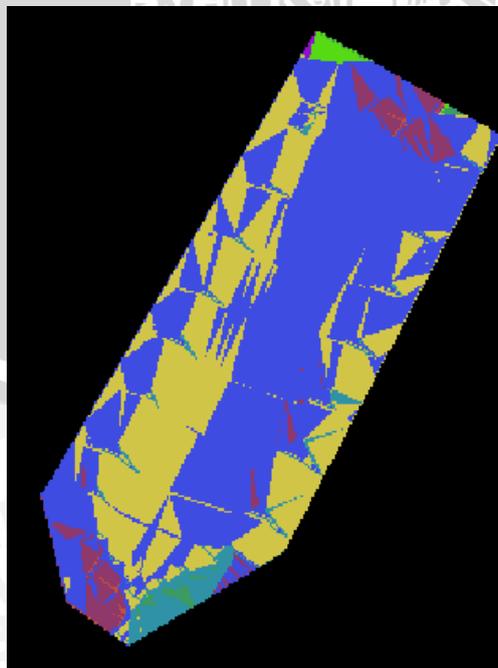
13. DEM kemudian diidentifikasi anomali dengan menggunakan *sink/fill*.



Gambar 4.16. DEM daerah studi setelah *sink/fill*

DEM ini kemungkinan masih ada data yang berbeda dengan data di sekitarnya, maka dengan *sink/fill* data-data yang perbedaannya mencolok akan dihilangkan

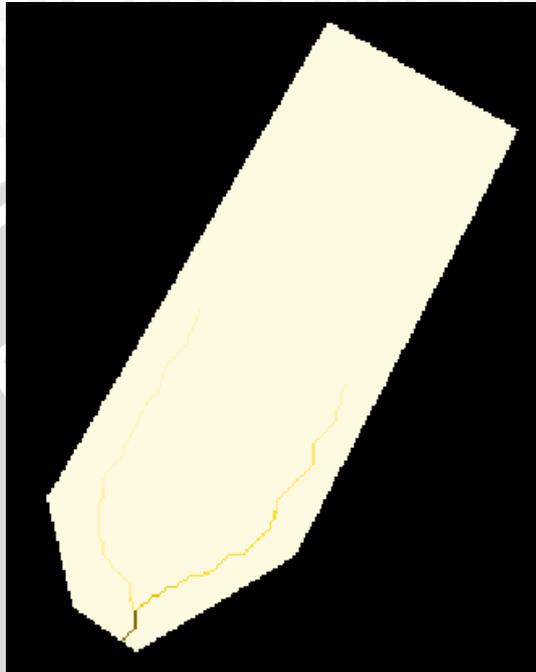
14. DEM modifikasi tadi digunakan sebagai masukan untuk mendapat arah aliran.



Gambar 4.17. Arah aliran daerah studi

DEM yang lebih halus ini digunakan untuk mencari arah aliran dengan tiap sel akan mengidentifikasi sel di sekelilingnya mana yang lebih rendah, jika sudah didapat, sel tersebut akan menunjukkan arah yang dinamakan arah aliran

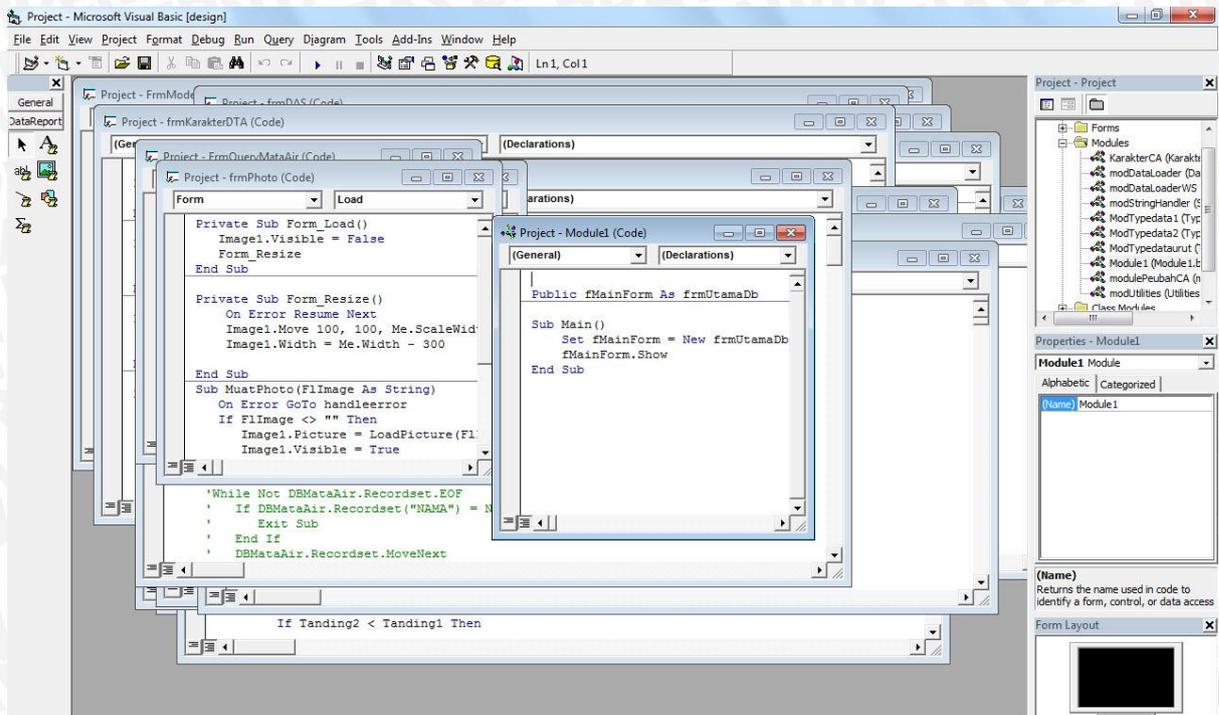
15. Dari arah aliran bisa untuk mendapatkan aliran akumulasi dari lahan.



Gambar 4.18. Aliran akumulasi

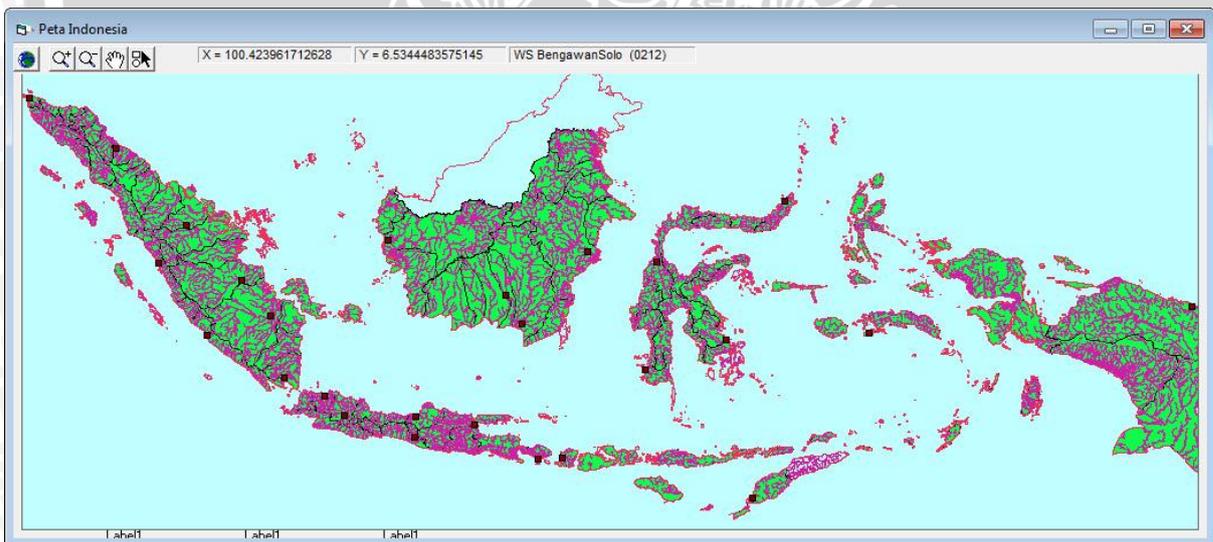
Arah aliran akan menyambung ke setiap sel-sel dari yang tertinggi sampai terendah.

16. Dari aliran akumulasi dapat dilihat kontur sudah bisa diterjemahkan program sesuai dengan lokasi eksisting atau belum.
17. Jika sudah bisa diterjemahkan maka konvert Ubah format TIN, GRID, SLOPE, FILL GRID, FLOW DIRECTION, FLOW ACCUMULATION dari Arcview 3.3 menjadi ACSII dengan menggunakan bantuan *Export* dan jika belum ulangi lagi dari tahap 4.
18. Sekarang buka Microsoft Visual Basic 6.0 untuk menjalankan SIMODAS



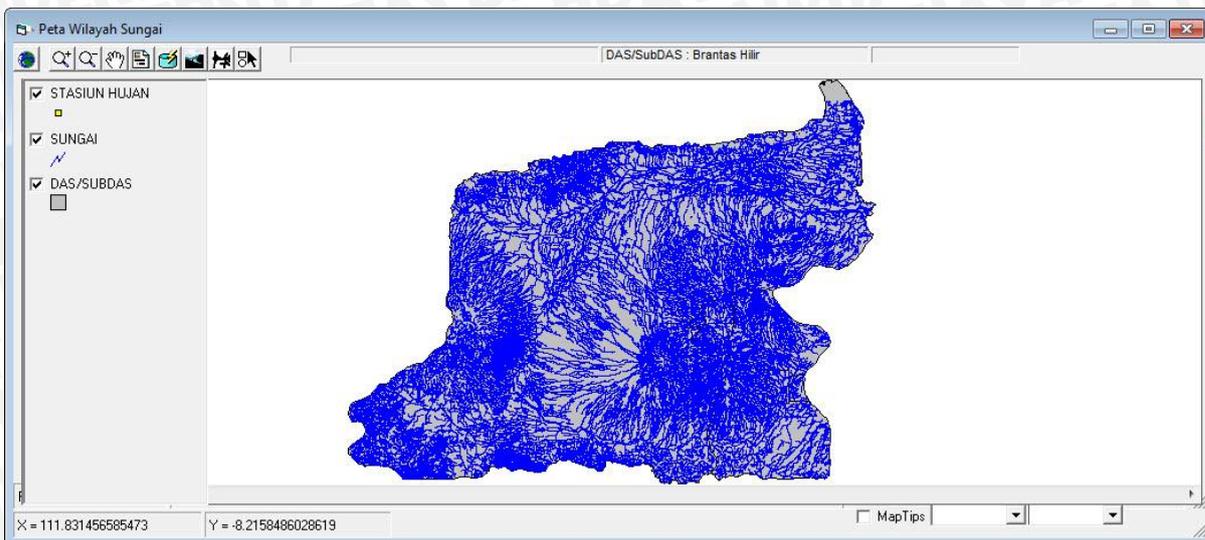
Gambar 4.19. Visual basic v 6.0

19. Runing SIMODAS dan akan muncul Aplikasi SIMODAS, untuk menjalankan masukan dahulu pengguna dan kata kuncinya.



Gambar 4.20. Tampilan awal SIMODAS

20. Akan muncul peta indonesia pada tampilan awal kemudian pilih DAS brantas karena lokasi studi ada dalam sub das brantas. Dan pilih lagi kawasan saluran di jalan danau ranau.



Gambar 4.21. Gambar kontur wilayah sungai brantas

21. Masukkan data yang telah dikonversi pada tahap 11 ke setiap kolomnya, yang tidak ada biarkan kosong maka program akan menerjemahkan sebagai kondisi default. Masukkan file ascii kedalam simodas dengan membuka layer propertis, setelah semua file dapat muncul didalam SIMODAS save data model yang tersedia di file, kemudian masukkan data hujan jam-jaman, buatlah simulasi air larian, tentukan *outlet* yang ingin diinginkan, masukkan lokasi hujan, *runing* simodas.

Layer Grid :			
DEM	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\lexport_nwgrid_2_ (Open)		
Flow Direction	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\lexport_fd_2_agus (Open) Clear		
Slope	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\lexport_slope_2_a (Open) Clear		
Land Cover	D:\percobaan\lu.asc (Open) Clear		
Soil	D:\percobaan\manah.asc (Open) Clear		
Rainfall Dtribution	D:\percobaan\GridHujan.asc (Open) Clear		
Accumulation	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\lexport_fakum_2_e (Open) Clear		
CN (Curve Number)	D:\percobaan\CN.asc (Open) Clear		
n (Koef. Manning)	D:\percobaan\n.asc (Open) Clear		
Lebar Saluran	D:\percobaan\LebarSal.asc (Open) Clear		
X Minimum	677582.25	Cacah Absis	455
Y Minimum	9115369	Cacah Ordinat	253
Lebar Grid	30		

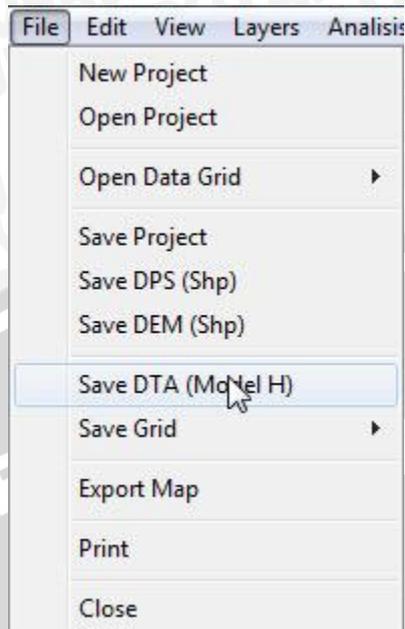
Layer Lain (Image_Vektor) :	
Image	(Empty) (Open) Clear
Sungai	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\sungai.shp (Blue) (Open) Clear
Danau	C:\Users\Compaq\Documents\percobaan\sawojajar.shp (Cyan) (Open) Clear
AWLR	(Red) (Open) Clear
St. Hujan	(Green) (Open) Clear
Mata Air	(Yellow) (Open) Clear

Kode DAS : Brantas6
 Nama DAS : Sawojajar

Db Project DAS (Left Arrow) (Right Arrow)
 Tambah Hapus Save Cancel Ok

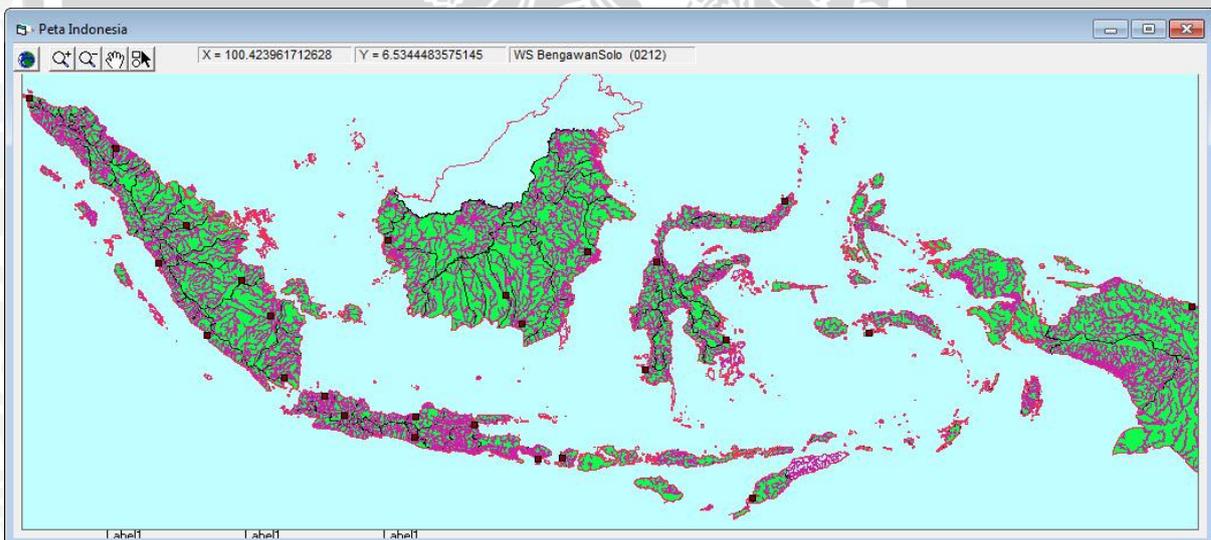
Gambar 4.22. Layer Memasukkan Data

22. Kemudian klik ok, dan simpan lagi dengan format DTA. Ini adalah model yang terbentuk dari data yang telah dimasukkan tadi.



Gambar 4.23. Gambar menyimpan model

23. Tutup jendela kawasan dan das brantas sampai melihat tampilan awal.



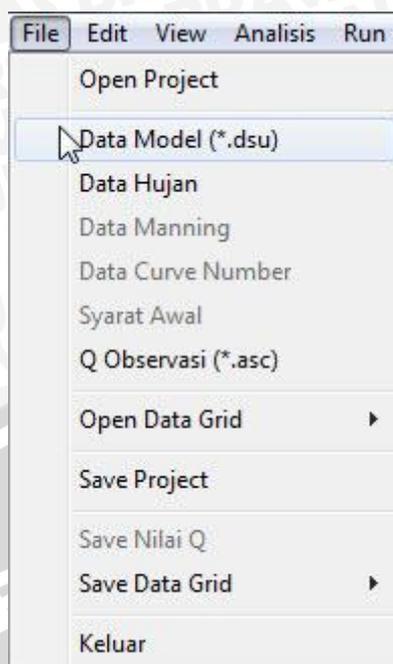
Gambar 4.24. Tampilan peta indonesia

24. Pilih *view* dan kemudian *model rainfall-runoff*.



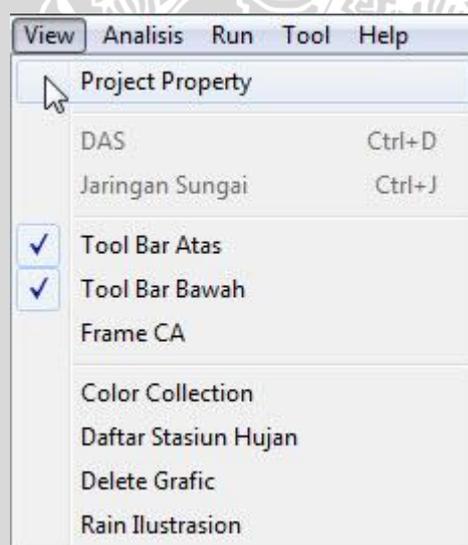
Gambar 4.25. Pilihan menjalankan SIMODAS

25. Pilih file, pilih data model pilih lagi sesuai nama pada tahap 16. Pilih juga data hujan dan lokasi penyimpanan hasil simulasi.

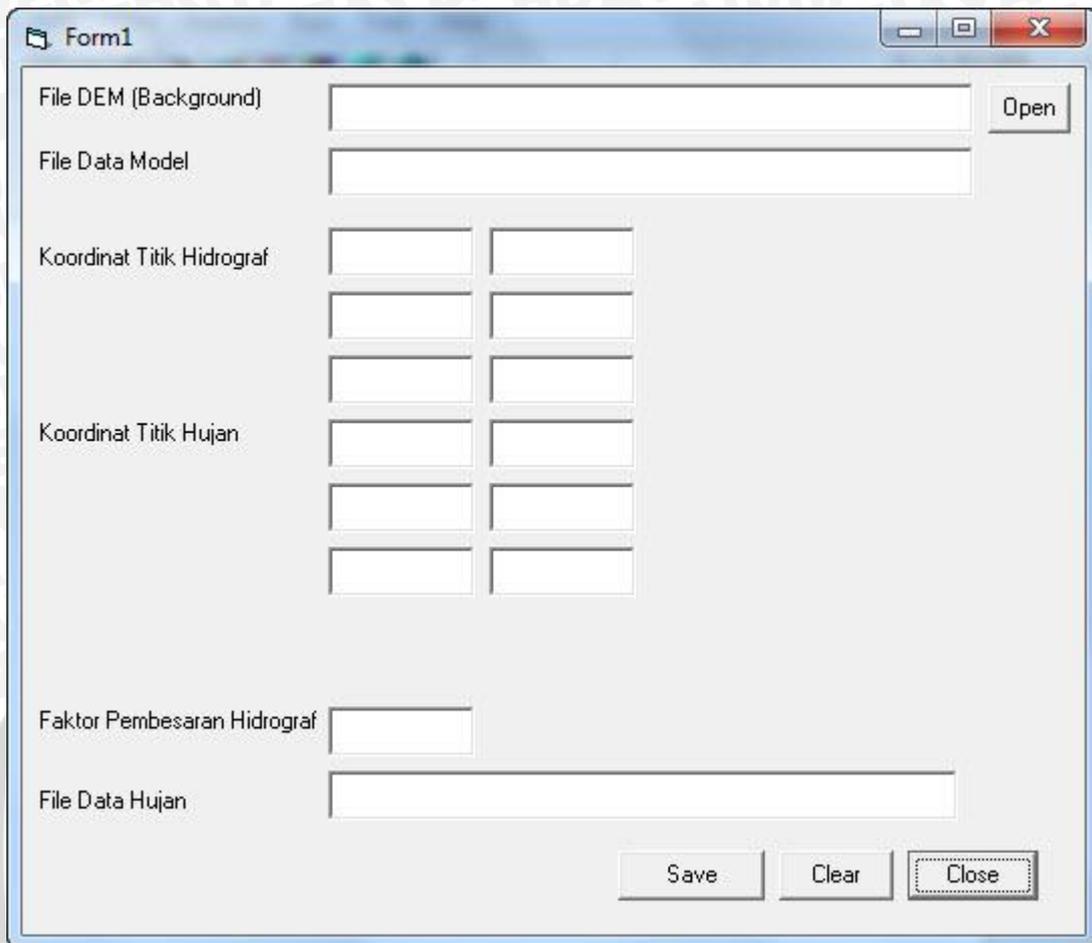


Gambar 4.26. Layer memasukkan data model

26. Kemudian pergi menuju *view* dan pilih *project property*, pada kolom file DEM masukkan lokasi DEM yang telah dikonversi pada tahap 11. Dan tutup jendela tersebut.



Gambar 4.27. Gambar memasukkan data

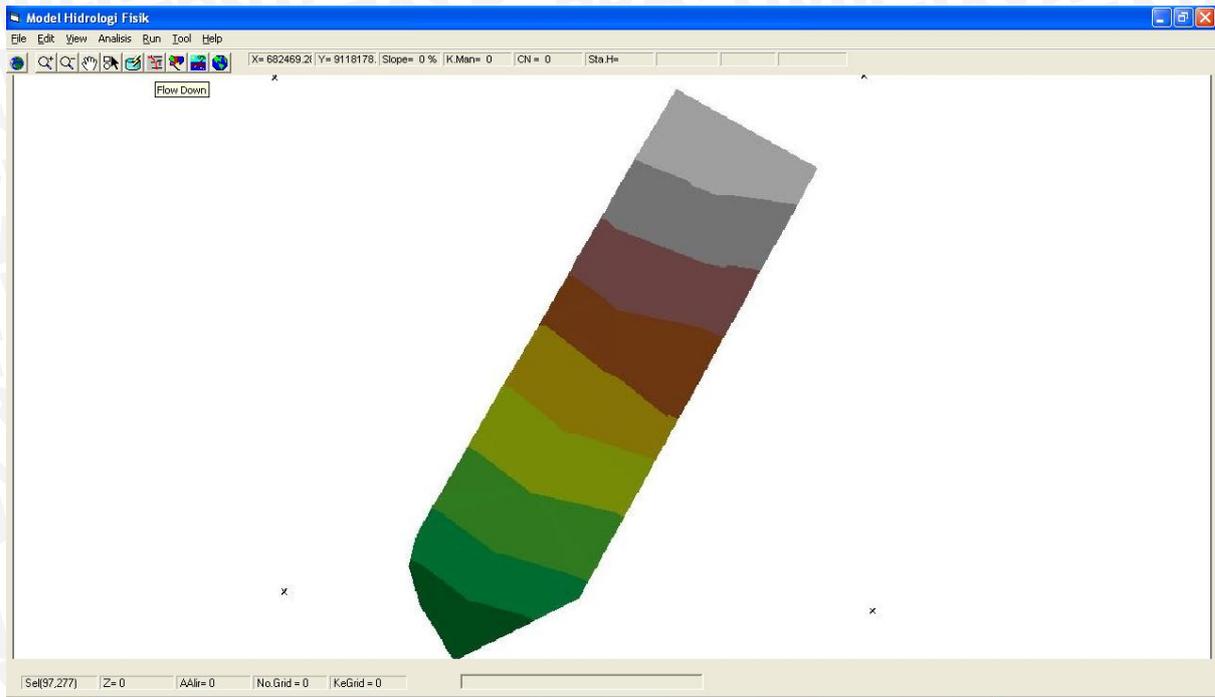


The image shows a software window titled "Form1" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The form contains the following elements:

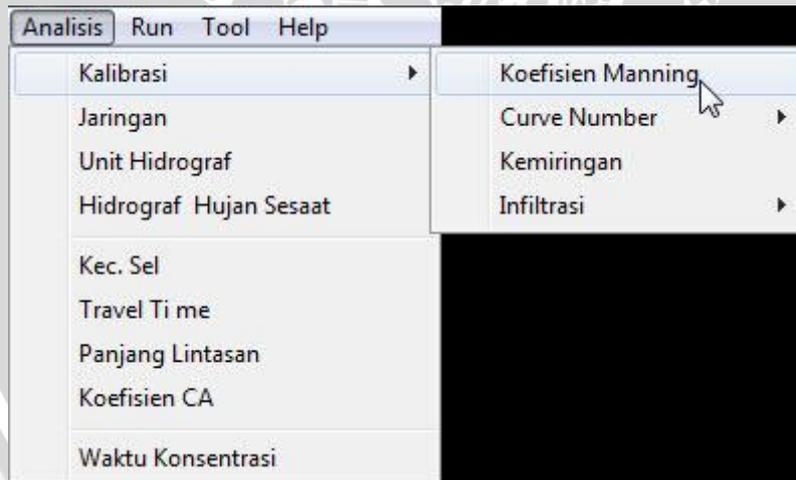
- File DEM (Background):** A text input field with an "Open" button to its right.
- File Data Model:** A text input field.
- Koordinat Titik Hidrograf:** A 2x3 grid of text input fields.
- Koordinat Titik Hujan:** A 2x3 grid of text input fields.
- Faktor Pembesaran Hidrograf:** A text input field.
- File Data Hujan:** A text input field.
- Buttons:** "Save", "Clear", and "Close" buttons are located at the bottom right of the form.

Gambar 4.28. Gambar layer memasukkan data

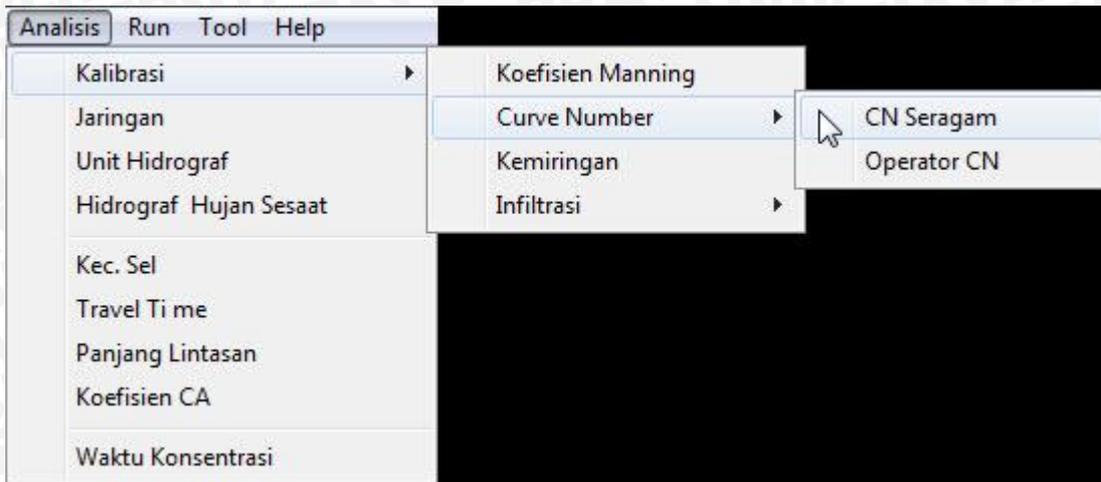
27. Gunakan tools *flow down* untuk menunjukkan saluran sintesis, kemudian pilih lagi *hydrograf point* pada saluran sintesis, *hydrograf point* ini merupakan *outlet* pengamatan, *hydrograf point* bisa ditentukan sampai 6 titik. pilih *rain infiltration point* kemudian tempatkan pada daerah studi.



Gambar 4.29. Gambar DEM setelah data dimasukkan pada project property
 28. Pilih analisis > kalibrasi > koefisien manning untuk memasukkan manning dan curve number > CN seragam. Koefisien manning masukkan manning saluran dan CN seragam masukkan CN rata-rata dari perhitungan manual.



Gambar 4.30. Layer pilihan analisis koefisien manning



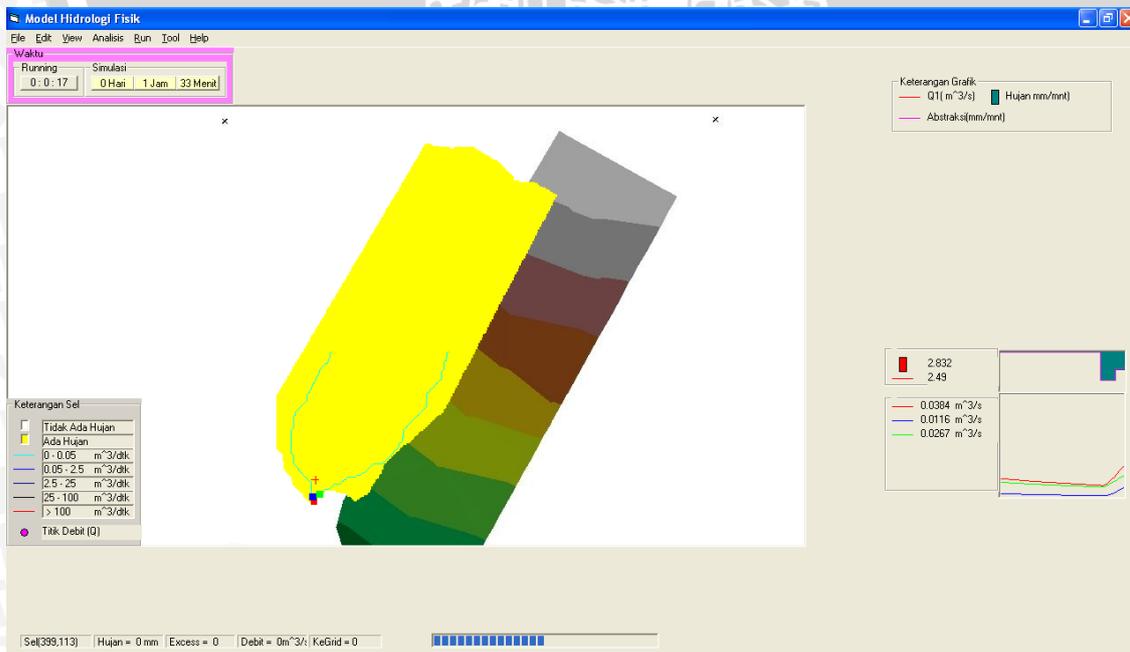
Gambar 4.31. Layer pilihan analisis *Curve Number*

29. Model telah siap untuk dijalankan dengan memilih *run* > *mulai* untuk memulai, tunggulah simulasi berjalan hingga berakhir.

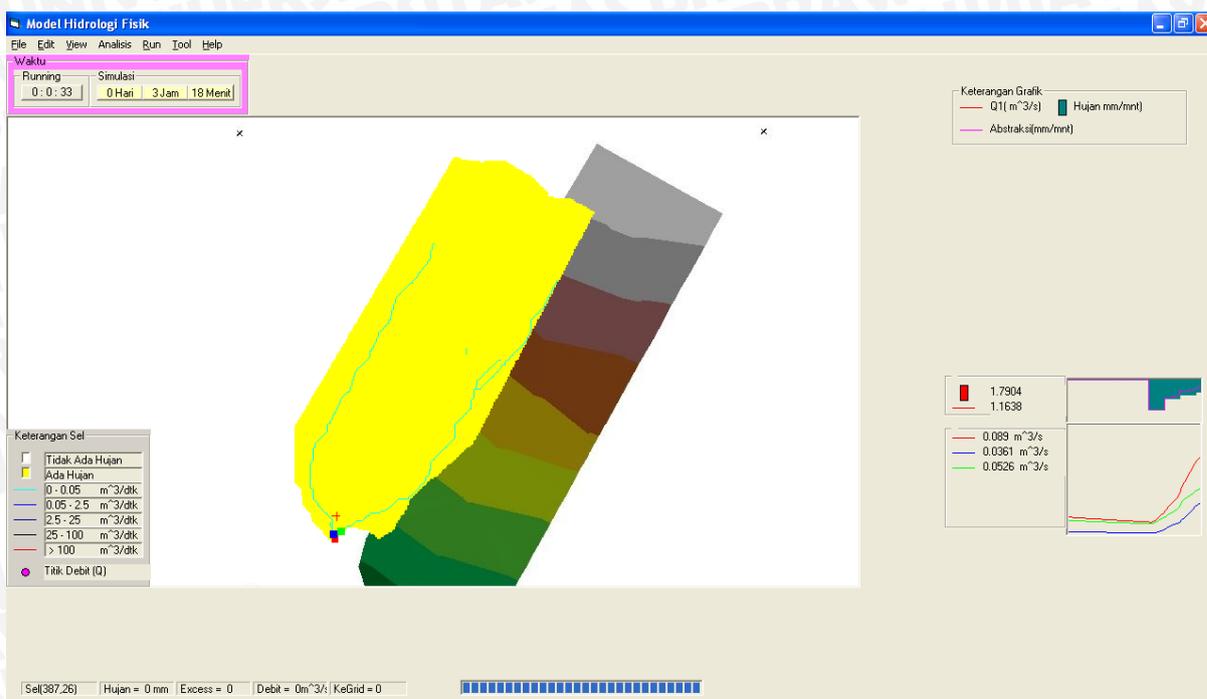


Gambar 4.32. Memilih *running* SIMODAS

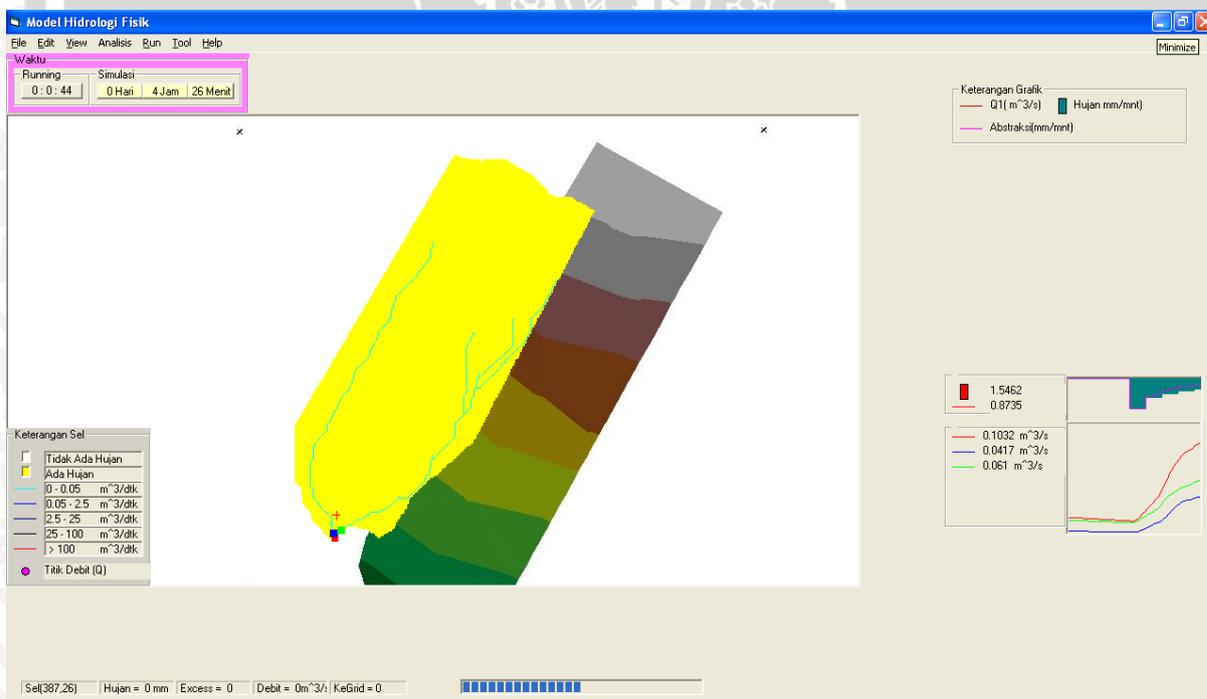
30. Keluaran dapat ditemukan pada lokasi yang telah dipilih pada tahap 19. file tersebut dapat dibuka menggunakan program Microsoft Excel. Dari keluaran SIMODAS dapat diketahui limpasan debit pada lokasi yang tadi dipilih dengan *tools hydrograf point*.



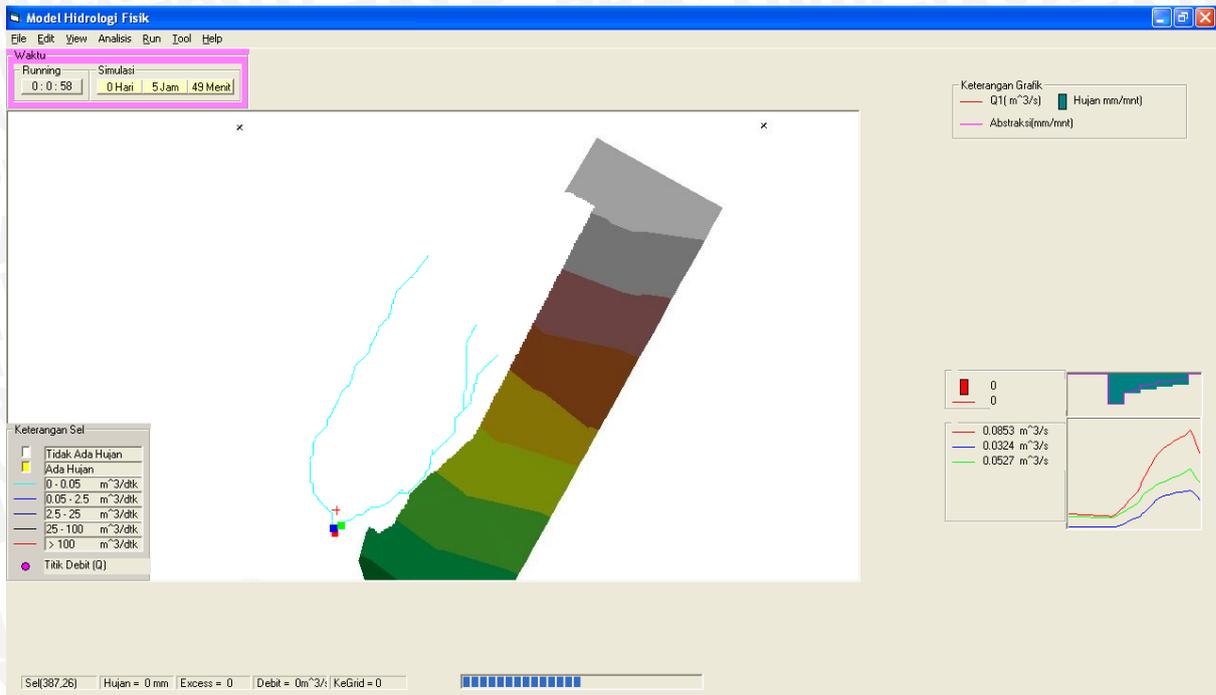
Gambar 4.33. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 1 jam 33 menit



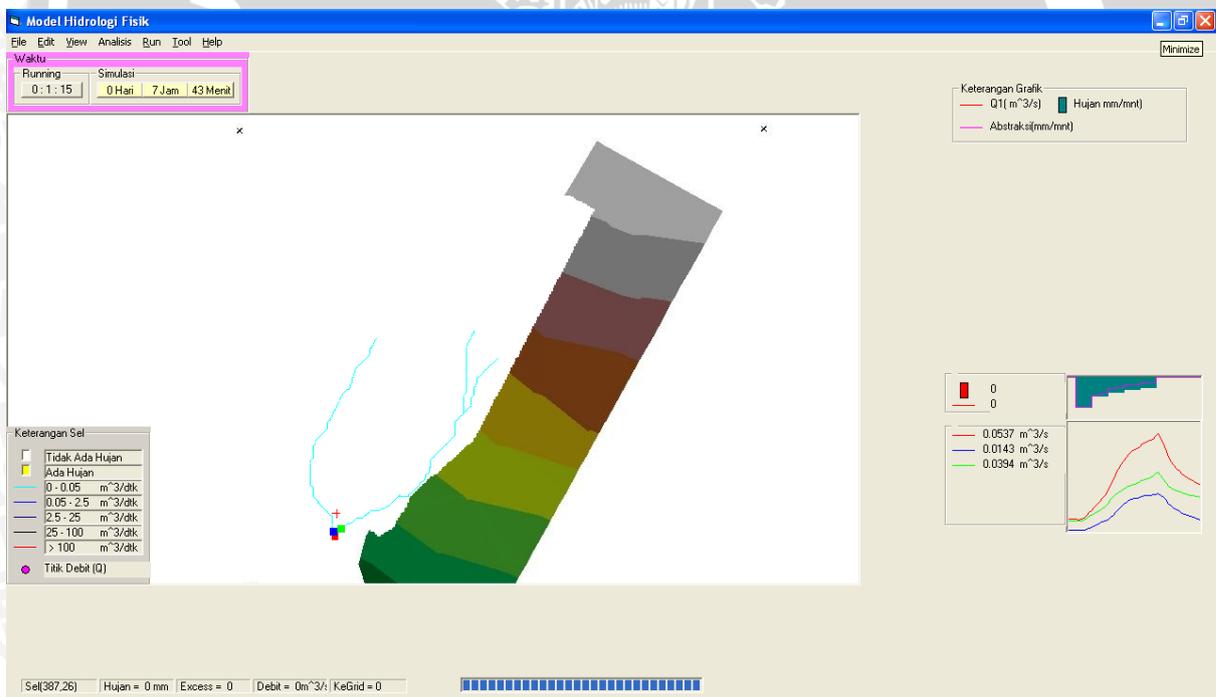
Gambar 4.34. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 3 jam 18 menit



Gambar 4.35. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 4 jam 26 menit



Gambar 4.36. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 5 jam 43 menit



Gambar 4.37. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 7 jam 43 menit

4.6.3. Output Simodas

Hasil keluaran berupa debit puncak dan waktu puncaknya. Untuk debit kala ulang 2 tahun memiliki debit puncak untuk luasan jalan Danau Ranau (I) (3,438 ha) memiliki debit 0,25 m³/dt pada menit 60 dan luasan jalan Danau Laut Tawar (II) (2,229 ha) memiliki debit 0,2 m³/dt pada menit 60. Untuk kala ulang 5 dan 10 tahun ditabelkan pada tabel 4.25.

Tabel 4.19. Rekapitulasi Debit Kala Ulang 2, 5 Dan 10 Tahun

Kala Ulang	Q 2 tahun			Q 5 tahun			Q 10 tahun		
	0	I	II	0	I	II	0	I	II
Qp(m ³ /dtk)	0,33	0,20	0,14	0,60	0,36	0,24	0,75	0,46	0,33
Tp(menit)	119	119	119	119	119	119	119	119	119

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

- 0 = Debit untuk semua lokasi studi
- I = Debit untuk jalan Danau Ranau
- II = Debit untuk jalan Danau Laut Tawar

4.7. Pengujian numerik SIMODAS

Pengujian numerik dilakukan untuk menganalisa hasil perhitungan yang dilakukan software sudah mendekati benar atau masih jauh. Dalam hal ini pengujian dilakukan dengan cara mensimulasikan air hujan yang jatuh pada lahan akan menjadi limpasan, dengan kata lain memiliki *Curve Number* (CN) sebesar 100. Debit yang terjadi dirata-ratakan kemudian dikalikan dengan curah hujan R_{24} yang menjadi volume dari curah hujan yang jatuh seluas lokasi studi. Volume ini kemudian dibandingkan dengan volume dari curah hujan R_{24} dikalikan luas lokasi studi yang dihitung dengan manual. Jika perbedaan volume keduanya kurang dari 5% maka dapat dikatakan perhitungan yang dilakukan software benar. Analisis dilakukan pada debit kala ulang 5 tahun dengan memasukan CN 100, didapat seperti tabel 4.20.

Tabel 4.20. Debit kala ulang 5 tahun dengan CN 100

Waktu (menit)	Hujan (meter)	Abstraksi (meter)	Limpas (meter)	Qtitik0 (m ³ /dtk)	Qtitik1 (m ³ /dtk)	Qtitik2 (m ³ /dtk)
0	7.98E-04	0	7.98E-04	0.05	0.03	0.01
10	7.98E-03	-1.32E-09	7.98E-03	0.66	0.32	0.27
20	7.98E-03	2.65E-09	7.98E-03	0.88	0.43	0.35
30	7.98E-03	5.68E-09	7.98E-03	1.02	0.53	0.4
40	7.98E-03	-9.46E-09	7.98E-03	1.12	0.6	0.42
50	7.98E-03	-9.46E-09	7.98E-03	1.2	0.69	0.43
60	7.69E-03	-7.38E-09	7.69E-03	1.21	0.71	0.41
70	5.05E-03	-3.78E-09	5.05E-03	0.99	0.62	0.31
80	5.05E-03	-1.89E-08	5.05E-03	0.92	0.58	0.29
90	5.05E-03	-1.89E-08	5.05E-03	0.88	0.55	0.28
100	5.05E-03	-1.89E-08	5.05E-03	0.86	0.53	0.27
110	5.05E-03	-1.89E-08	5.05E-03	0.84	0.51	0.27
120	4.93E-03	-1.65E-08	4.93E-03	0.81	0.49	0.27
130	3.85E-03	4.96E-09	3.85E-03	0.71	0.44	0.22

Waktu (menit)	Hujan (meter)	Abstraksi (meter)	Limpas (meter)	Qtitik0 (m ³ /dtk)	Qtitik1 (m ³ /dtk)	Qtitik2 (m ³ /dtk)
140	3.85E-03	4.96E-09	3.85E-03	0.68	0.42	0.21
150	3.85E-03	4.96E-09	3.85E-03	0.66	0.4	0.21
160	3.85E-03	4.96E-09	3.85E-03	0.65	0.4	0.21
170	3.85E-03	4.96E-09	3.85E-03	0.64	0.39	0.21
180	3.78E-03	5.63E-09	3.78E-03	0.62	0.38	0.2
190	3.17E-03	-4.89E-08	3.17E-03	0.56	0.35	0.18
200	3.17E-03	-4.89E-08	3.17E-03	0.55	0.34	0.18
210	3.17E-03	-4.89E-08	3.17E-03	0.54	0.33	0.17
220	3.17E-03	-4.89E-08	3.17E-03	0.53	0.32	0.17
230	3.17E-03	-4.89E-08	3.17E-03	0.52	0.32	0.17
240	3.12E-03	-4.67E-08	3.12E-03	0.51	0.31	0.17
250	2.73E-03	-2.69E-08	2.73E-03	0.48	0.29	0.15
260	2.73E-03	-2.69E-08	2.73E-03	0.47	0.29	0.15
270	2.73E-03	-2.69E-08	2.73E-03	0.46	0.28	0.15
280	2.73E-03	-2.69E-08	2.73E-03	0.45	0.28	0.15
290	2.73E-03	-2.69E-08	2.73E-03	0.45	0.27	0.15
300	0.00246	-2.43E-08	2.46E-03	0.41	0.25	0.14
310	0	0	0	0.22	0.15	0.06
320	0	0	0	0.15	0.11	0.04
330	0	0	0	0.11	0.09	0.02
340	0	0	0	0.09	0.07	0.02
350	0	0	0	0.07	0.06	0.01
360	0	0	0	0.06	0.05	0.01
370	0	0	0	0.05	0.04	0.01
380	0	0	0	0.04	0.03	0
390	0	0	0	0.03	0.03	0
400	0	0	0	0.03	0.02	0
410	0	0	0	0.02	0.02	0
420	0	0	0	0.02	0.02	0
430	0	0	0	0.02	0.01	0
440	0	0	0	0.01	0.01	0
450	0	0	0	0.01	0.01	0
460	0	0	0	0.01	0.01	0
470	0	0	0	0.01	0.01	0
480	0	0	0	0.01	0.01	0
490	0	0	0	0.01	0.01	0
500	0	0	0	0.01	0.01	0
510	0	0	0	0.01	0	0

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

0 = Debit untuk semua lokasi studi

I = Debit untuk jalan Danau Ranau

II = Debit untuk jalan Danau Laut Tawar

Dari tabel 4.20. didapat debit rerata sebesar 0,429 m³/dt, debit tersebut terjadi selama 510 menit maka volume yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

$$V = Q \times t$$

Dengan

V = Volume

Q = Debit

T = waktu (detik)

Maka volume dari software dengan hujan sebesar 136,7 mm dan CN 100 sebesar :

$$\begin{aligned} V &= Q \times t \\ &= 0,429 \times 510 \times 60 \\ &= 13.134,46 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sedangkan volume manual didapat sebagai berikut, luas lokasi studi yang terbaca pada SIMODAS sebesar 0,097 km².

$$\begin{aligned} V &= R_{24} \times A \\ &= 136,7 \times 97246,1 \\ &= 13.293,54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka perbedaan volume antara manual dan software sebesar 159,08 m³ atau 1,196%. Karena perbedaan kedua volume sebesar 1,2 % maka perhitungan software benar.

4.8. Perbandingan Antara Manual Dan Program

Dari perhitungan manual dan program yang sama-sama memakai metode SCS dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing dapat ditunjukkan seperti pada tabel 4.26.

Tabel 4.21. Debit Hasil Manual Dan Program

Kala ulang		2		5		10	
		I	II	I	II	I	II
Manual	m ³ /dt	0,530	0,355	0,688	0,461	0,807	0,541
Program	m ³ /dt	0,20	0,14	0,36	0,24	0,46	0,33

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

I = Debit untuk jalan Danau Ranau

II = Debit untuk jalan Danau Laut Tawar

4.9. Hasil Analisa

Dari analisa yang sudah dilakukan di atas dapat menjawab rumusan masalah yang ada pada bab 1, yang pertama kondisi saluran sebelah barat atau pada Jalan Danau Laut Tawar masih dapat menampung ketika mendapat debit kala ulang 5 dan 10 tahun dan untuk saluran sebelah timur atau pada jalan Danau Ranau tidak dapat menampung debit kala ulang 5 dan 10 tahun.

Debit yang tidak dapat ditampung dapat dicari dengan mengurangi Debit rencana dengan debit eksisting, pada debit kala ulang 5 tahun diketahui saluran yang tidak dapat menampung pada saluran timur atau jalan Danu Ranau.

➤ Debit 5 tahun

$$\begin{aligned} Q_{\text{tidak dapat menampung}} &= Q_{\text{rencana}} - Q_{\text{eksisting kondisi penuh}} \\ &= 0,360 - 0,339 \\ &= 0,021 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

➤ Debit 10 tahun

$$\begin{aligned} Q_{\text{tidak dapat menampung}} &= Q_{\text{rencana}} - Q_{\text{eksisting kondisi penuh}} \\ &= 0,460 - 0,339 \\ &= 0,121 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa di atas dapat diketahui ketika hujan rancangan 5 tahun dan 10 tahun terjadi saluran tidak dapat menampung debit yang akan terjadi. Rekomendasi kami jika tetap menggunakan drainase konvensional rehabilitasi saluran perlu dilakukan dengan memperbesar dimensi saluran, tindakan konservasi juga dapat dilakukan dengan dibangunnya sumur resapan, hanya perlu dilakukan penelitian lebih mendalam terhadap kecepatan tanah meresapkan air di lokasi studi.

Dimensi saluran yang kami rekomendasikan untuk kala ulang 5 tahun berukuran 0,7 m x 1 m, dimensi tersebut didapat dari peraturan Departemen Pekerjaan Umum (1986) untuk kawasan perumahan dan pendidikan menggunakan desain saluran 5 tahun.



Gambar 4.38. Perkiraan Lokasi Genangan

4.10. Dimensi rencana

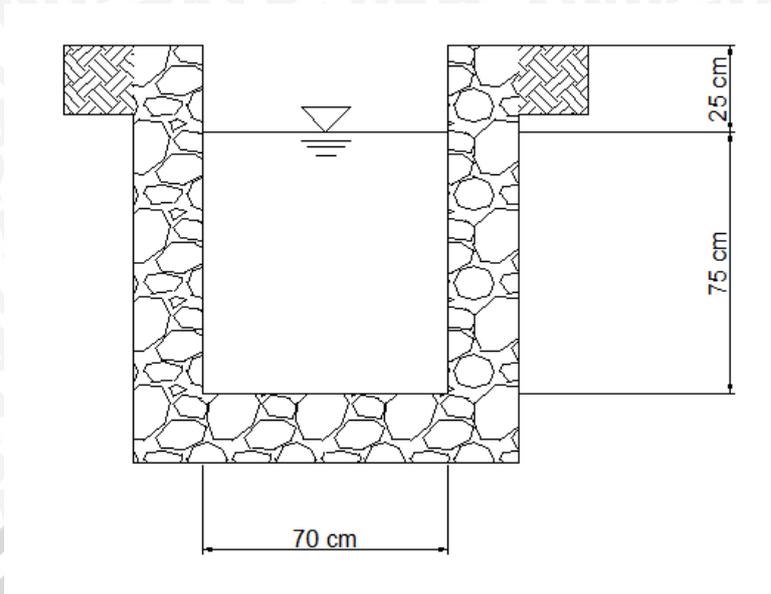
Dimensi saluran dapat dicari menggunakan rumus Manning. Saluran rencana menggunakan dasar saluran yang pada sub bab sebelumnya telah didapat sebesar 0,004. Perencanaan saluran menggunakan material seperti pada lokasi studi menggunakan pasangan batu. Pada tabel 2.4. pasangan batu memiliki kekasaran Manning sebesar 0,023. Karena dimensi saluran rencana akan digunakan untuk merubah dimensi yang telah ada maka nilai b menggunakan b saluran eksisting sebesar 0,6 m. Dengan memasukkan nilai Manning, lebar saluran dan kemiringan saluran pada rumus manning maka akan didapat dimensi saluran, dengan tinggi jagaan sebesar $1/3h$. Debit rancangan yang dimasukkan merupakan debit rancangan kala ulang 10 tahun pada SIMODAS, yaitu sebesar $0,36 \text{ m}^3/\text{dt}$.

$$Q = F \times v$$

$$= (b \times h) \times \left(\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \right)$$

Dengan menggunakan *trial error* didapat h sebesar 0,893 m. Karena didapatkan nilai h sebesar 0,893 m terlalu dalam maka nilai b diubah sehingga perbandingan nilai b/h tidak terlalu besar. Dimensi yang direkomendasi sebesar 0,7 m x 1,0 m, dengan tinggi jagaan sebesar 0,25 m.

Gambar rencana dimensi saluran ada pada gambar 4.7.



Gambar 4.39. Desain rencana saluran drainase Jalan Danau Ranau kala ulang 5 tahun.





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari analisa yang sudah dilakukan di atas dapat menjawab rumusan masalah yang ada pada bab 1 yaitu :

1. Kodisi saluran sebelah barat atau pada Jalan Danau Laut Tawar (II) masih dapat menampung ketika mendapat debit kala ulang 5 dan 10 tahun saluran dan untuk saluran sebelah timur atau pada jalan Danau Ranau (I) tidak dapat menampung untuk kala ulang 5 tahun maupun debit kala ulang 10 tahun.
2. Besaran debit yang tidak dapat ditampung oleh saluran sebelah timur atau pada jalan Danau Ranau untuk debit kala ulang 5 tahun sebesar $0,021 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan debit kala ulang 10 tahun sebesar $0,121 \text{ m}^3/\text{dt}$.
3. Rekomendasi kami rehabilitasi saluran perlu dilakukan dengan memperbesar dimensi saluran, tindakan konservasi juga dapat dilakukan dengan dibangunnya sumur resapan, hanya perlu dilakukan penelitian lebih mendalam terhadap kecepatan tanah meresapkan air di lokasi studi. Dimensi saluran yang kami rekomendasikan untuk kala ulang 5 tahun berukuran $0,7 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$.

5.2. Saran

Dari hasil studi yang dilakukan terdapat saran-saran yang diberikan, yaitu antara lain:

1. Dalam studi ini disarankan data kontur harus bisa mewakili daerah studi atau sebelumnya telah dimodifikasi sehingga bisa menggambarkan kontur lokasi studi.
2. Untuk lebih melihat arah aliran di lokasi studi karena kemungkinan ada air yang tidak searah dengan penurunan topografi dari peta Badan Informasi Geospasial.



RINGKASAN

Sapto Hari Dwi Oktavianto, jurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2014, *STUDI REDUKSI GENANGAN LIMPASAN PERMUKAAN SALURAN DRAINASE DI JALAN DANAU RANAU DAN JALAN DANAU LAUT TAWAR KOTA MALANG MENGGUNAKAN APLIKASI SISTEM INFORMASI DAN MODEL DAERAH ALIRAN SUNGAI (SIMODAS)*.

Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Donny Harisuseno, ST. MT. Dan Dr.Ir. A. Tunggul Sutan Haji, MT.

Perkotaan merupakan pusat segala kegiatan manusia, pusat perdagangan, sekaligus pusat konsumen. Searah dengan berkembangnya suatu kota terdapat berbagai masalah, salah satunya drainase. Kualitas manajemen suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air. Sawojajar merupakan suatu daerah didalam kota Malang yang ketika hujan turun terlihat indikasi saluran tidak dapat menampung debit air sehingga air meluap, maka perlu adanya penanganan.

Tujuan dari studi ini digunakan untuk mendapatkan debit dengan menggunakan metode *Soil Conservation Service* (SCS). Debit tersebut digunakan untuk analisa dimensi saluran yang terdapat pada lokasi studi. SIMODAS merupakan program yang menggunakan metode SCS (soil conservation service) yang mempunyai beberapa masukan data : Curve Number, Topografi, Curah Hujan. Topografi digunakan untuk menentukan arah aliran dan curah hujan untuk menentukan kala ulang dan penyesuaian model. Keluarannya berupa besaran debit yang dapat digunakan untuk menentukan dimensi saluran rencana.

Hasil dari studi ini menghasilkan nilai debit ketika kala ulang 2, 5 dan 10 tahun dengan masing-masing untuk jalan Danau Ranau sebesar 0,20 m³/dt, 0,36 m³/dt dan 0,46 m³/dt serta pada jalan Danau Laut Tawar sebesar 0,14 m³/dt, 0,24 m³/dt dan 0,33 m³/dt. Dan hasil debit tersebut digunakan untuk perbandingan dengan kapasitas tampungan eksisting pada Jalan Danau Ranau yang memiliki daya tampung sebesar 0,339 m³/dt. Diketahui lokasi studi berada kasawan pemukiman dan pendidikan yang pada umumnya menggunakan debit kala ulang 5 tahun untuk mendesain saluran dan debit curah hujan kala ulang 5 tahun pada jalan Danau Ranau tidak dapat menampung. Sehingga perlu ada perubahan dimensi saluran agar debit curah hujan 5 tahun dapat tertampung. Setelah diketahui itu semua diharapkan adanya perencanaan mengarah pada konservasi, dengan cara : sumur resapan atau eco drainage lainnya

Kata kunci : Genangan, SIMODAS, SCS, Sistem Informasi Geografis (SIG)

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR GAMBAR v

BAB I 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Identifikasi Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Rumusan Masalah 3

1.5. Tujuan 3

1.6. Manfaat 3

BAB II 4

2.1. Umum 4

2.2. Analisa Hidrologi 4

2.2.1. Uji Konsistensi Data 4

2.2.2. Pemeriksaan outlier (data di luar ambang batas) 5

2.2.3. Curah Hujan Rerata Daerah 6

2.2.4. Curah Hujan Rancangan 6

2.2.5. Uji Kesesuaian Distribusi 8

2.2.5.1. Uji Smirnov – Kolmogorov 8

2.2.5.2. Uji Chi-Square 9

2.2.6. Intensitas Hujan/Rainfall Intensity 10

2.3. Luas daerah pengaliran 11

2.3.1. Penelusuran Aliran (Routing) 11

2.3.2. Limpasan Metode Rasional 12

2.3.2.1. Koefisien Pengaliran 13

2.3.2.2. Prediksi Laju Aliran Permukaan (Surface Runoff) DAS 14

2.3.2.3. Cara Estimasi (Pendugaan) Nilai CN (BK) (Mc Cuen 1982) 17

2.3.2.4. Klasifikasi Kelompok Tanah 17

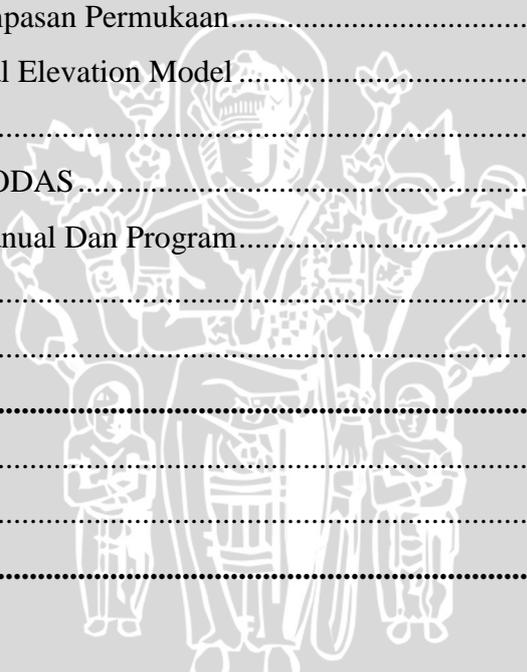
2.3.2.5. Klasifikasi Kompleks Penutup Tanah 18

2.3.2.6. Pendugaan Bilangan Kurva 18

2.3.2.7. Kandungan Air Tanah Sebelumnya 19

2.3.3. Waktu Konsentrasi (Tc)	22
2.4. Air Permukaan	23
2.4.1. Daerah Aliran Sungai	23
2.4.2. Hidrograf	24
2.5. Sistem Informasi Geografis (SIG)	24
2.5.1. Komponen Utama Sistem Informasi Geografis	25
2.5.2. DEM (Digital Elevation Model)	25
2.5.3. Akumulasi aliran (Flow Accumulation)	26
2.5.4. Arah Aliran (Flow Direction)	27
2.5.5. Definisi Sistem Informasi Geografis	28
2.5.6. Input Data Geometrik	29
2.5.7. Sistem Informasi Dan Model Daerah Aliran Sungai (SIMODAS)	29
BAB III	31
3.1. Umum	31
3.2. Kondisi Lokasi Studi	31
3.2.1. Geografis	31
3.2.2. Klimatologi Dan Hidrologi	32
3.2.3. Topografi	34
3.2.4. Kondisi Geologi dan Jenis Tanah	35
3.3. Jumlah Penduduk	36
3.4. Data Pendukung Penelitian	37
3.5. Rancangan Penelitian	37
BAB IV	42
4.1. Umum	42
4.2. Analisa Hidrologi	42
4.2.1. Uji Konsistensi	42
4.2.2. Uji Outlier	42
4.2.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Log Pearson Type III	44
4.2.4. Uji Distribusi Frekuensi	46
4.2.4.1. Uji Smirnov Kolmogorof	46
4.2.4.2. Uji Chi – Square	48
4.3. Luas Daerah Pengaliran	49
4.3.1. Kemiringan lahan (Slope)	61
4.3.2. Kemampuan Debit Existing	61

4.3.3. Waktu Pengaliran (Time Of Concentration).....	63
4.3.4. Intensitas Hujan Dengan Menggunakan Metode Mononobe.....	64
4.3.5. Limpasan Metode Rasional.....	65
4.4. Kesesuaian Data	67
4.4.1. Curah hujan Survei.....	67
4.4.2. Curah hujan jam-jaman untuk pengerjaan SIMODAS	70
4.5. Perhitungan Metode SCS.....	71
4.5.1. Nilai Curve Number (CN).....	71
4.5.2. Analisa Besaran Limpasan Permukaan Pada Jalan Danau Ranau Dengan Manual	71
4.5.3. Nilai Kalibrasi	74
4.6. Pengerjaan dengan Bantuan SIMODAS.....	76
4.6.1. Analisa Besar Limpasan Permukaan.....	76
4.6.2. Pengolahan Digital Elevation Model	76
4.6.3. Output Simodas.....	91
4.7. Pengujian numerik SIMODAS.....	92
4.8. Perbandingan Antara Manual Dan Program.....	94
4.9. Hasil Analisa.....	95
4.10. Dimensi rencana	96
BAB V	98
5.1. Kesimpulan.....	98
5.2. Saran	98
DARTAR PUSTAKA	vi





DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai G untuk Distribusi Log Pearson Tipe III..... 7

Tabel 2.2. Nilai n Manning untuk aliran limpasan 11

Tabel 3.3. Besaran koefisien hambatan (nd) 11

Tabel 2.4. Nilai n Manning untuk saluran terbuka 12

Tabel 2.5. Koefisien Pengaliran (C) untuk persamaan rasional 14

Tabel 2.6. Hubungan Laju Infiltrasi Minimum Dengan Kelompok Tanah 18

Tabel 2.7. Curah Hujan Untuk Ketiga Kondisi Air Tanah Sebelumnya 19

Tabel 2.8. Bilangan Kurva (CN) Aliran Permukaan Untuk Berbagai Komplek Tanah
Penutup Tanah (Kondisi Kandungan Air Tanah Sebelumnya: II, dan Ia = 0,2S)
..... 20

Tabel 2.9. Nilai Bilangan Kurva Untuk Kondisi Kandungan Air Tanah Sebelumnya I Dan
III..... 22

Tabel 3.1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Per Kelurahan..... 36

Tabel 4.1 Uji Outlier pada stasiun hujan Kedungkandang 2002-2011..... 43

Tabel 4.2 Data curah hujan yang diurutkan stasiun hujan Kedungkandang 44

Tabel 4.3 Data yang digunakan pada outlier stasiun hujan Kedungkandang 44

Tabel 4.4 Perhitungan Log Perason III..... 45

Tabel 4.5 Nilai curah hujan dengan kala ulang tertentu 46

Tabel 4.6 Uji kesesuaian distribusi frekuensi Smirnov Kolmogorov..... 48

Tabel 4.7 Rekapitulasi uji Smirnov Kolmogorov..... 48

Tabel 4.8 Perhitungan chi square test..... 49

Tabel 4.9. Nilai C pada saluran jalan Danau Ranau 54

Tabel 4.10 Nilai C pada saluran jalan Danau Laut Tawar..... 58

Tabel 4.11. Data Curah Hujan Otomatis 69

Tabel 4.12. Curah hujan konversi..... 69

Tabel 4.13. Komulatif curah hujan otomatis 70

Tabel 4.14. Hujan Jam-Jaman 70

Tabel 4.15. Luas Lahan Timur 72

Tabel 4.16. Luas Lahan Barat..... 73

Tabel 4.17. Nilai Curve Number 73

Tabel 4.18. Perhitungan Abstraksi Dan Limpasan Dengan Metode SCS curah hujan survei
..... 74



Tabel 4.19. Q survey.....	74
Tabel 4.20. Rekapitulasi Debit Kala Ulang 2, 5 Dan 10 Tahun.....	92
Tabel 4.21. Debit kala ulang 5 tahun dengan CN 100.....	92
Tabel 4.22. Debit Hasil Manual Dan Program.....	94



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Hubungan Antara Curah Hujan, Aliran Permukaan, Dan Retensi (McCuen 1982).....	16
Gambar 2.2. Hubungan Antara Curah Hujan Aliran Permukaan Dinyatakan Dalam Kurva Massa (McCuen 1982).....	16
Gambar 2.3. Penelusuran kemiringan, aspek arah aliran akumulasi aliran.....	26
Gambar 2.4. Aliran masing-masing grid.....	27
Gambar 2.5. Tampilan awal SIMODAS.....	30
Gambar 3.1. Lokasi Studi.....	32
Gambar 3.2 Kondisi Hidrologi Kawasan Kedungkandang.....	33
Gambar 3.3. Grafik curah hujan maksimum tahunan Kecamatan Kedungkandang.....	34
Gambar 3.4. Topografi Kawasan Kedungkandang.....	35
Gambar 3.5. Diagram Alir Pengerjaan.....	39
Gambar 3.6. Diagram Alir Pengerjaan.....	40
Gambar 3.7. Diagram Alir SIMODAS.....	41
Gambar 4.1. Peta Pembagian Kawasan Lokasi Studi.....	51
Gambar 4.2. Peta Arah Aliran Lokasi Studi.....	52
Gambar 4.3. Peta layanan Tangkapan Air Saluran Danau Ranau.....	56
Gambar 4.4. Peta layanan Tangkapan Air Saluran Danau Laut Tawar.....	60
Gambar 4.5. Dimensi saluran eksisting.....	62
Gambar 4.6. Genangan pada jalan Danau Ranau 1.....	67
Gambar 4.7. Genangan pada jalan Danau Ranau 2.....	68
Gambar 4.8. Genangan pada jalan Danau Ranau 3.....	68
Gambar 4.9. Foto citra satelit lokasi studi.....	72
Gambar 4.10. Lokasi Genangan.....	76
Gambar 4.11. Gambar DEM Sawojajar.....	77
Gambar 4.12. kontur sekitar lokasi studi.....	78
Gambar 4.13. Kontur hasil surfer.....	79
Gambar 4.14. Kiri garis kontur, Kanan daerah Studi.....	80
Gambar 4.15. TIN hasil penggabungan garis kontur dan daerah studi.....	80
Gambar 4.16. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 7 jam 43 menit.....	91

Gambar 4.17. DEM daerah studi setelah sink/fill	81
Gambar 4.18. Arah aliran daerah studi.....	81
Gambar 4.19. Aliran akumulasi.....	82
Gambar 4.20. Visual basic v 6.0.....	83
Gambar 4.21. Tampilan awal SIMODAS	83
Gambar 4.22. Gambar kontur wilayah sungai brantas	84
Gambar 4.23. Layer Memasukkan Data.....	84
Gambar 4.24. Gambar menyimpan model.....	85
Gambar 4.25. Tampilan peta indonesia	85
Gambar 4.26. Pilihan menjalankan SIMODAS.....	85
Gambar 4.27. Layer memasukkan data	86
Gambar 4.28. Gambar memasukkan data.....	86
Gambar 4.29. Gambar layer memasukkan data.....	87
Gambar 4.30. Gambar DEM setelah data dimasukkan pada project property	88
Gambar 4.31. Layer pilihan analisis koefisien manning	88
Gambar 4.32. Layer pilihan analisis Curve Number	89
Gambar 4.33. Memilih running SIMODAS	89
Gambar 4.34. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 1 jam 33 menit.....	89
Gambar 4.35. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 3 jam 18 menit.....	90
Gambar 4.36. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 4 jam 26 menit.....	90
Gambar 4.37. Proses running kala ulang 10 tahun setelah hujan 5 jam 43 menit.....	91
Gambar 4.38. Perkiraan Lokasi Genangan.....	96
Gambar 4.39. Desain rencana saluran drainase Jalan Danau Ranau kala ulang 5 tahun..	97



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. **Profil Dan Potensi Kecamatan Kedungkandang Kota Malang**. Laporan Tidak dipublikasikan. Malang.
- Asdak, C.2004. **Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai**. Cetakan ketiga (revisi). Gadjah Mada University, Yogyakarta.
- Arsyad, Sitanala.2010. **Konservasi Tanah dan Air**. Cetakan kedua.IPB Press, Bogor.
- Hadihardhaja,et. 1997. **Drainase Perkotaan**. Jakarta : Universitas Gunadarma.
- Harto, Sri.1981.**Analisis Hidrologi**, Jakarta : Gramedia
- Husein, rahmad.2006. **KONSEP DASAR SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (GEOGRAPHICS INFORMATION SYSTEM)**.
http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ed=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Ftsi.files.wordpress.com%2F2008%2F04%2Frahmat-sig.pdf&ei=R_eZUNvWBM2NrgfSxoCgAQ&usq=AFQjCNH9ckI4Wp5qRn6G2FlmEJqcC8xf8Q&sig2=vV4g8zNyOzWTQdU1D77BHg .Tanggal akses 7 Nopember 2012.
- Soemarto, CD. 1987. **Hidrologi Teknik**, Surabaya : Usaha Nasional
- Soewarno. 1995. **Hidrologi aplikasi metode statistik untuk analisa data jilid 1**, Bandung : Nova
- Suripin. 2004. **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**, Yogyakarta : Andi
- Sutan Haji, A.T. 2005. **Integrasi Model Hidrologi Sebar Keruangan dan Sistem Informasi Geografis untuk Program Banjir Daerah Aliran Sungai**. Desertasi. Institut Teknologi Bandung. Bandung.