

**STUDI PENGENDALIAN BANJIR DI KELURAHAN PENANGGUNGAN
DENGAN SALURAN BANJIR (*FLOODWAY*)**

**NASKAH PUBLIKASI
TEKNIK SIPIL**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**HAMIM ZARKASI
NIM. 115060106111001**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2016**

STUDI PENGENDALIAN BANJIR DI KELURAHAN PENANGGUNGAN DENGAN SALURAN BANJIR (*FLOODWAY*)

Hamim Zarkasi, M. Ruslin Anwar, Pudyono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang

Jalan MT. Haryono 167 Malang 65145, Jawa Timur Indonesia

Email: zhamim69@gmail.com

ABSTRAK

Kelurahan Penanggungan merupakan kelurahan yang terletak di kota Malang. Kelurahan ini terletak pada sebelah utara kelurahan Sumpersari, yang memiliki luas daerah sebesar 782 km² dan terdiri dari 8 RW dengan total jumlah penduduk 10.699 jiwa. Kelurahan Penanggungan memiliki kontur yang lebih tinggi dibandingkan jalan disekitarnya yaitu jalan Mayjend Panjaitan. Pada kelurahan ini tepatnya pada desa Betek, dilalui oleh saluran drainase yang dulunya merupakan saluran irigasi. Saluran ini memiliki panjang $\pm 2,8$ km dan memiliki luas aliran sebesar $\pm 0,5897$ km² yang melintas dari kelurahan Penanggungan sampai kelurahan Ketawanggede.

Saluran ini sering mengalami peluapan saat musim penghujan, diakibatkan kondisi saluran yang berubah fungsi dari irigasi menjadi saluran drainase, tidak mampu menahan debit yang masuk kedalamnya. Selain itu intensitas hujan yang tinggi dan kondisi saluran yang terdapat banyak sampah menjadi penyebab banjir pada desa Betek. Meluapnya air pada saluran ini juga menyebabkan beberapa ruas jalan Mayjend Panjaitan juga tergenang dan mengganggu mobilitas para pengguna jalan. Selain itu desa Betek memiliki pemukiman yang padat, sehingga sulit untuk mengatasi masalah tersebut. Untuk itu perlu adanya alternatif penanggulangan banjir yang tepat guna menyelesaikan permasalahan pada daerah ini. Alternatif penanggulangan banjir yang akan direncanakan adalah normalisasi saluran dan *floodway* sehingga harapannya dapat mengatasi permasalahan banjir yang ada pada daerah tersebut.

Sebagai acuan perencanaan alternatif penanggulangan banjir maka digunakan debit rencana dengan kala ulang 25 tahun sebesar 11,8779 m³/dt. Kemudian dilakukan perencanaan normalisasi dan *floodway* dengan menggunakan debit berdasarkan pembagian luas daerah tangkapan masing-masing. Untuk kapasitas debit yang dapat dialirkan *floodway*, yaitu untuk *floodway* pertama dan *floodway* kedua sebesar 7,1289 m³/dt dan 2,4878 m³/dt.

Kata Kunci : Banjir, Kelurahan Penanggungan, Saluran, Debit, Normalisasi, Floodway.

ABSTRACT

Penanggungan is a village located in the city of Malang. This village lies in the northern village of Summersari, which has an extensive area of 782 km² and consists of 8 RW with a total population of 10.699 inhabitants. Penanggungan has a contour that is higher than the surrounding roads are Mayjend Panjaitan. In this village precisely in the village Betek, passed by a drainage channel that was once an irrigation canal. This channel has a +2.8 km long and has a wide stream of +0.5897 km² passing from Penanggungan to Ketawanggede village.

These channels often experience overflow during the rainy season, due to changing channel conditions the function of irrigation into the drainage channel, unable to withstand the incoming flow into it. Besides high rainfall intensity and channel conditions there are a lot of garbage to be the cause of flooding in the village Betek. Overflow on this channel also causes some streets were flooded and Mayjend Panjaitan also interfere with the mobility of road users. Besides the village Betek has a dense settlement, making it difficult to resolve the issue. For that we need a proper alternative flood prevention to resolve the problems in this area. Alternative flood prevention will be planned and floodway channel is normalized so that hope can overcome the flooding problems that exist in the area.

As a reference to an alternative plan for flood prevention, the use of design discharge with return period of 25 years amounted to 11.8779 m³/sec. Then do the normalization planning and floodway using debit based division catchment area respectively. To discharge capacity that can be streamed floodway, which is to first floodway and second floodway at 7.1289 m³/sec and 2.4878 m³/sec.

Keywords : Flood, Village Penanggungan, Channel, Overflow, Normalization, Floodway.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Banjir merupakan suatu kondisi dimana pada suatu daerah terjadi peristiwa tertahannya air di atas permukaan tanah dalam jangka waktu tertentu akibat dari volume air yang berlebihan. Banjir terjadi dikarenakan berbagai faktor, antara lain intensitas pada saat hujan, keadaan topografi dan kemampuan jaringan drainase pada daerah. Intensitas hujan yang turun pada permukaan harus diperhatikan. Banyaknya air hujan yang jatuh ke permukaan bisa menjadi pemicu terjadinya banjir apabila tidak dipikirkan solusi terlebih dahulu.

Dampak negatif dari banjir cukup beragam, misalkan kerugian. Kerugian tersebut terlihat dari hilangnya harta-benda korban bencana banjir, pencemaran lingkungan yang menimbulkan penyakit hingga terputusnya akses transportasi yang mengakibatkan terganggunya aktivitas masyarakat. Selain itu, air dapat merembes ke dalam bangunan menyebabkan tulangan menjadi berkarat sehingga mengurangi kekuatan bangunan itu sendiri.

Pada studi ini membahas masalah daerah Kelurahan Penanggungan yang memiliki letak dekat dengan sungai Brantas, dan merupakan daerah yang padat penduduk. Dapat dilihat, Kelurahan Penanggungan memiliki luas 782 km² yang terdiri dari 8 RW, dengan jumlah 10.699 penduduk. Adapun yang sering mengalami banjir adalah Desa Betek yang akan dijadikan sebagai wilayah studi. Desa Betek memiliki letak yang strategis, yaitu dekat dengan kawasan fasilitas pendidikan dan kawasan perdagangan, sehingga selalu ramai dilewati. Kesan padat semakin terlihat dengan banyaknya pembangunan pemukiman.

Betek merupakan daerah yang memiliki kontur lebih tinggi dari jalan sekitarnya yaitu jalan Mayjen Panjaitan. Desa Betek dilintasi oleh saluran drainase yang dulunya

merupakan saluran irigasi sehingga fungsinya sebagai pembagi air untuk mengairi sawah sekarang telah berubah fungsi menjadi saluran drainase akibat dari padatnya pemukiman daerah tersebut. Saluran drainase ini melintasi daerah pemukiman warga yang apabila meluap sering menjadi penyebab banjir dan berimbas pada tergenangnya jalan Mayjen Panjaitan yang memiliki kontur lebih rendah daripada saluran drainase yang mulanya saluran irigasi tersebut.

Ini diakibatkan saluran drainase yang melintasi Desa Betek tidak bisa menampung debit air saat hujan besar. Ditambah dengan Desa Betek merupakan daerah padat pemukiman, dengan beberapa pembangunan di daerah tersebut tidak teratur. Ini dibuktikan masih ada penempatan bangunan yang salah yaitu contohnya kolom pada bangunan yang menghalangi laju air pada sungai tersebut. Selain itu ditemukan banyak sampah yang terdapat pada sungai tersebut.

Tertutupnya beberapa saluran sehingga saluran tersebut tidak bekerja secara optimal dan menambah penyebab terjadinya banjir. Disamping itu juga kemampuan dari saluran yang tidak mampu menampung debit air saat hujan, sehingga air pun tidak dapat mengalir pada saluran dengan optimal dan menambah permasalahan banjir pada Desa Betek.

Adapun perencanaan yang dilakukan sebagai solusi untuk masalah ini adalah pembuatan *floodway* dan normalisasi saluran, dikarenakan kondisi setempat yang sangat mendukung, seperti tersedianya alur sungai Brantas yang akan digunakan untuk jalur pembuangan akhir dari *floodway*. Dekatnya wilayah Desa Betek dengan aliran sungai Brantas sehingga mengurangi dampak dari segi ekonomi. Pembangunan *floodway* digunakan karena daerah pemukiman yang padat, tidak memerlukan biaya yang besar, tidak memerlukan lahan yang luas, serta kemudahan dalam konstruksi.

Selain itu upaya normalisasi saluran digunakan dengan melihat kondisi dilapangan. Dikarenakan daerah tersebut merupakan daerah yang padat pemukiman sehingga perlu disesuaikan antara yang bisa dilakukan pembangunan *floodway* dan dimana yang bisa dilakukan normalisasi saluran. Oleh karena itu, pembuatan *floodway* dan normalisasi saluran merupakan salah alternatif dalam penanggulangan banjir di Wilayah Penanggulangan khususnya Desa Betek.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat diambil rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Berapa besar debit banjir rancangan pada kala ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun?
2. Apakah kondisi eksisting saluran masih mampu untuk mengalirkan debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun?
3. Apabila saluran drainase eksisting tidak mampu menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun, bagaimana alternatif yang sesuai dengan perencanaan debit banjir rancangan?
4. Berapakah besar kapasitas debit banjir yang dapat dialirkan melalui alternatif yang sesuai untuk penanggulangan banjir?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin penulis capai dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui berapa debit banjir rancangan pada kala ulang 5, 10, 25, 50, 100, dan 200 tahun.
2. Mengetahui apakah kondisi eksisting saluran mampu mengalirkan debit banjir dengan kala 25 tahun.
3. Mengetahui cara mengatasi apabila saluran drainase eksisting tidak mampu

menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun, menggunakan alternatif antara normalisasi dan saluran *floodway*.

4. Mengetahui besar kapasitas debit banjir yang dapat dialirkan melalui alternatif penanggulangan banjir.

Batasan Masalah

Berikut ini adalah beberapa batasan masalah dalam penelitian ini yaitu daerah yang akan dianalisis hanya pada daerah utara dari pada Kelurahan Penanggulangan dan Ketawanggede yang menggunakan data curah hujan selama 10 tahun terakhir, serta peta topografi yang digunakan hanya disekitar Kelurahan Penanggulangan dan Ketawanggede yang menggunakan gabungan peta Kelurahan Penanggulangan dan peta saluran eksisting.

TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan Maksimum

Untuk menghitung curah hujan rata-rata dapat digunakan beberapa metode. Metode yang digunakan adalah metode aljabar, metode ini memberikan asumsi bahwa pengaruh dari masing-masing stasiun penakar hujan sama besarnya. Dan metode ini cocok untuk daerah dengan topografi datar dengan luas DAS yang tidak terlalu besar. Adapun rumus untuk metode ini adalah :

$$d = \frac{\Sigma(P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n)}{n}$$

$$d = \frac{\Sigma P_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

d = Curah Hujan Rerata Daerah Maksimum (mm)

Pi = Curah Hujan Stasiun ke -i (mm)

n = Jumlah Stasiun Hujan

Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan merupakan besarnya kedalaman hujan yang digunakan sebagai acuan dalam perencanaan bangunan keairan. Adapun untuk metodenya ada banyak yang dapat digunakan. Untuk metode yang digunakan adalah metode *Log Pearson Tipe III* setelah itu dilakukan uji kesesuaian distribusi dengan uji *Smirnov-Kolmogorov*.

Intensitas Hujan

Intensitas hujan untuk menyatakan besar dari curah hujan yang menggambarkan derasnya hujan perjam. Lalu dicari hubungan antara intensitas, durasi dan frekuensi dari curah hujan tersebut dengan lengkung IDF. Persamaan yang dipakai untuk mencari lengkung IDF adalah persamaan Sherman yang ditunjukkan sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t^n} \dots \dots \dots (2)$$

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

$$a = \left[\frac{\Sigma(\log I) \cdot \Sigma(\log t)^2 - \Sigma(\log t \cdot \log I) \cdot \Sigma(\log t)}{N \cdot \Sigma(\log t)^2 - \Sigma(\log t) \cdot \Sigma(\log t)} \right]^{10}$$

$$n = \frac{\Sigma(\log I) \cdot \Sigma(\log t) - \Sigma(\log t \cdot \log I)}{N \cdot (\log t)^2 - \Sigma(\log t) \cdot \Sigma(\log t)}$$

t = Lamanya hujan (jam)

N = Banyaknya data

Koefisien Aliran Permukaan (C)

Faktor yang dapat mempengaruhi koefisien aliran permukaan adalah laju infiltrasi tanah, lahap kedap air, kemiringan lahan, tanaman penutup tanah, dan intensitas hujan. Pada DAS yang terdiri dari bermacam-macam penggunaan lahan untuk koefisien aliran permukaan yang berbeda, maka nilai C yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \dots \dots \dots (3)$$

dengan :

Ai = Luas lahan dengan jenis penutup tanah i

Ci = Koefisien aliran permukaan jenis penutup tanah

n = Jumlah jenis penutup tanah

Waktu Konsentrasi (tc)

Biasa diartikan sebagai waktu tiba banjir. Dengan menghitung tc dapat diperkirakan berapa lama waktu yang dibutuhkan suatu aliran bergerak pada permukaan. Persamaan yang digunakan adalah persamaan *Kirpich*, yaitu :

$$t_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times S^{-0,385} \dots \dots \dots (4)$$

dengan :

tc = Waktu konsentrasi (menit).

L = Panjang maksimum perjalanan air (m).

S = Kemiringan daerah aliran sungai.

Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan diperlukan untuk menentukan kapasitas pada saluran drainase. Debit banjir rancangan didapat dari akumulasi debit air hujan dengan debit buangan domestik dan non domestik. Untuk debit air hujan menggunakan metode Rasional dengan rumus :

$$Q_p = 0,002778 \cdot C \cdot I \cdot A \dots \dots \dots (5)$$

dengan:

Q = Debit banjir rancangan (m³/detik)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (ha)

C = Koefisien pengaliran rata-rata

Sedangkan untuk debit buangan didapat dari 80% kebutuhan air domestik dan non domestik yang meliputi kebutuhan air rumah tangga, hidran umum dan fasilitas yang ada pada daerah yang dianalisis. Metode yang digunakan untuk analisis adalah metode geometrik yang didasarkan pada perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata-rata per tahun.

Kapasitas Saluran

Fungsi dari kapasitas saluran adalah untuk mengetahui kapasitas saluran kemudian dibandingkan dengan debit rancangan yang telah dihitung. Kapasitas saluran dapat dihitung dengan dimensi saluran, berikut ini adalah persamaan yang digunakan :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (6)$$

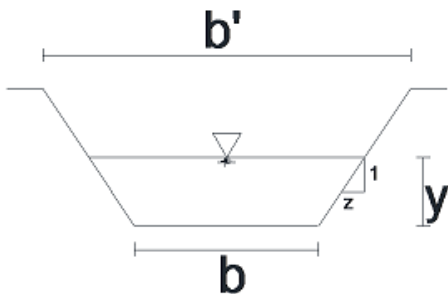
dengan :

- Q = Kapasitas saluran (m³/detik)
- A = Luas penampang saluran (m²)
- V = Kecepatan aliran rerata (m/detik)

Normalisasi Saluran

Alternatif ini bertujuan untuk mengubah kondisi saluran eksisting menjadi seperti baru. Maksudnya adalah dengan mendesain ulang dimensi saluran yang mampu menahan debit rancangan yang dihitung. Agar tidak saluran tidak meluap dan menyebabkan banjir kembali. Untuk mengetahui dimensi yang mampu menahan debit perhitungannya sama dengan menghitung kapasitas saluran, dengan jenis penampang persegi dan trapesium.

- Trapesium



Gambar 1. Penampang saluran trapesium.

$$A = (b + z y)y \dots\dots\dots (7)$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2} \dots\dots\dots (8)$$

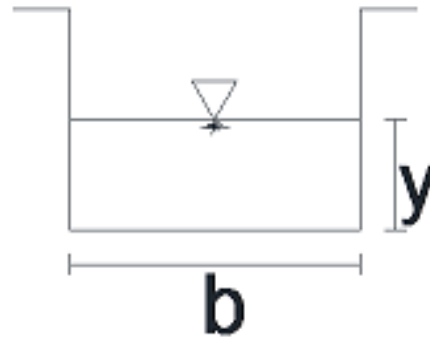
$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (9)$$

dengan :

- b = Lebar saluran (m)
- y = Dalam saluran tergenang air (m)

- z = Kemiringan saluran
- A = Luas (m²)
- P = Keliling basah (m)
- R = Jari jari hidrolis (m)

- Persegi



Gambar 2. Penampang saluran persegi.

$$A = b \cdot y \dots\dots\dots (10)$$

$$P = b + 2y \dots\dots\dots (11)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots\dots\dots (12)$$

dengan :

- b = Lebar saluran (m)
- y = Dalam saluran tergenang air (m)
- A = Luas (m²)
- P = Keliling basah (m)
- R = Jari jari hidrolis (m)

Floodway

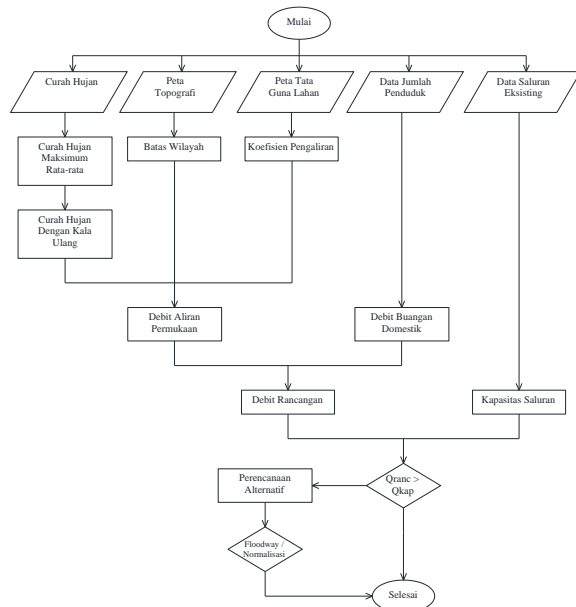
Konsep alternatif *floodway* adalah dengan mengurangi beban atau debit yang masuk kedalam saluran dan membuangnya keluar. Sehingga kapasitas yang masuk pada saluran menjadi lebih kecil, selain itu juga membuat lebih efisien dalam hal merencanakan ulang dimensi yang digunakan. Perencanaan *floodway* harus diperhatikan profil aliran guna menghasilkan *floodway* yang sesuai dengan kondisi dilapangan dan tidak menyebabkan masalah baru kembali.

METODE

Data – data yang dibutuhkan kemudian diolah sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Adapun data-data yang diolah sebagai berikut :

- Peta topografi
- Data curah hujan tahun 2006 - 2015
- Data jumlah penduduk tahun 2008 - 2013
- Peta tata guna lahan
- Data fisik saluran eksisting
- Pengamatan lokasi genangan

Berikut ini adalah diagram alir dari penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Curah Hujan Maksimum

Untuk menghitung curah hujan maksimum, perlu mencari stasiun penakar hujan mana yang terdekat dengan wilayah studi dan masuk kedalam wilayah studi. Stasiun penakar hujan yang terdekat adalah stasiun penakar hujan Universitas Brawijaya. Dari data curah hujan harian diambil curah hujan maksimum bulanan, kemudian dicari

curah hujan harian maksimum tahunan. Untuk curah hujan maksimum tahunan stasiun penakar hujan Universitas Brawijaya adalah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Perhitungan Nilai Curah Hujan Maksimum Masing-masing Tahun

Tahun	Curah Hujan Maksimum (mm)
2006	102,5
2007	71,5
2008	220,0
2009	83,0
2010	156,5
2011	93,5
2012	111,5
2013	119,0
2014	73,5
2015	111,0

Curah Hujan Rancangan

Terlebih dahulu ditentukan parameter statistik guna menentukan pemilihan sebaran yang digunakan. Didapatkan sebaran yang digunakan adalah distribusi *Log Pearson Tipe III*. Selanjutnya dapat dihitung curah hujan rancangan (X_t) dari masing-masing kala ulang yang ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Masing-masing Kala Ulang

No	Tr	G	Log X_t	X_t
1	5	0,767	2,147	140,368
2	10	1,339	2,233	170,919
3	15	1,568	2,267	184,910
4	25	2,023	2,335	216,237
5	50	2,506	2,407	255,382
6	100	2,969	2,476	299,479

Intensitas Hujan

Sebelum menghitung lengkung IDF, terlebih dahulu dihitung intensitas hujan dengan metode *Hasper Der Weduwen*. Lalu dicari metode yang digunakan menggunakan uji *Peak Weight Root Mean Square Error*

dengan menghitung tetapan a dan b dari masing-masing persamaan analisis intensitas hujan. Didapatkan persamaan analisis intensitas adalah persamaan Sherman yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perhitungan Intensitas Hujan Masing-masing Kala Ulang

Kala Ulang	Tetapan (Sherman)		tc (menit)	I (mm/jam)
	a	b		
5	2474,574	0,8527	36,3022	115,7141
10	2546,864	0,8377	36,3022	125,6737
25	2606,497	0,8172	36,3022	138,4478
50	2628,488	0,8008	36,3022	148,1046
100	2632,063	0,7834	36,3022	157,8731

Koefisien Aliran Permukaan (C)

Untuk daerah studi ini terlebih dahulu menentukan jenis tata guna lahannya. Tata guna lahan yang dimaksud adalah pemukiman, perkebunan, dan sawah. Tujuannya mendapatkan nilai rata-rata dari koefisien berdasarkan luas daerah tata guna lahan. Untuk nilai koefisien pengaliran ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Koefisien Pengaliran

Tata Guna Lahan	C _{T. Guna Lahan} 1	A (km ²) 2	1 * 2	A _{total} (km ²)	C
Taman dan kebun	0,4	0,147	0,059	0	0
Pemukiman	0,6	0,442	0,265	0,590	0,55
Sawah	0,5	0	0	0	0

Waktu Konsentrasi (tc)

Perhitungan waktu konsentrasi digunakan untuk mengetahui waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir keluar DAS dan mendapatkan angka intensitas. Adapun hal-hal yang digunakan untuk mendapatkan waktu konsentrasi adalah kemiringan saluran, panjang saluran, kecepatan rata-rata saluran, dan jarak titik terjauh pada fasilitas drainase. Berikut ini adalah perhitungan waktu konsentrasi.

Menentukan kemiringan daerah aliran (S) :

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

$$S = \frac{531 - 461}{2797} = 0,02503$$

Menentukan waktu konsentrasi (tc) :

$$t_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

$$t_c = 0,01947 \times 2797^{0,77} \times 0,02503^{-0,385}$$

$$t_c = 36,3022 \text{ menit}$$

Debit Air Hujan

Setelah didapatkan hasil dari berbagai perhitungan diatas, lalu dapat dicari debit air hujan di setiap daerah wilayah dengan kala ulang tertentu. Untuk mendapatkan debit air hujan dengan kala ulang tertentu diperlukan luas daerah tangkapan, intensitas hujan, dan koefisien pengaliran (C). Perhitungan dari debit air hujan dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Perhitungan Debit Air Hujan

Kala Ulang	A (km ²)	I (mm/jam)	C	Q _{Air Hujan} (m ³ /dt)
5	0,5897	115,7141	0,55	10,4334
10	0,5897	125,6737	0,55	11,3314
25	0,5897	138,4478	0,55	12,4832
50	0,5897	148,1046	0,55	13,3539
100	0,5897	157,8731	0,55	14,2346

Debit Buangan

Debit buangan didapat dengan menghitung debit domestik dan non domestik. Selanjutnya didapatkan kebutuhan air bersih saat FJP, kemudian dapat dihitung debit buangan dari 80% kebutuhan air bersih. Untuk perhitungannya dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Perhitungan Debit Buangan

Kala Ulang	Q (m ³ / dt)
	Buangan
5	0,0496
10	0,0665
25	0,1580
50	0,6692
100	12,1855

Debit Banjir Rancangan

Setelah dilakukan perhitungan pada debit air hujan dan debit buangan, maka dapat dihitung besarnya debit rancangan yang akan membebani saluran, dengan menjumlahkan kedua debit tersebut. Untuk hasil perhitungan debit rancangan ditunjukkan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Perhitungan Debit Rencana Total

Kala Ulang	Q (m ³ /dt)		
	Air hujan	Buangan	Total
5	10,4334	0,0496	10,4830
10	11,3314	0,0665	11,3978
25	12,4832	0,1580	12,6412
50	13,3539	0,6692	14,0230
100	14,2346	12,1855	26,4201

Disimpulkan bahwa debit rancangan total dengan kala ulang 25 tahun yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan alternatif adalah 12,6412 m³/dt.

Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran yang disurvei sebanyak 108 titik sepanjang Sardo sampai dengan bundaran UNMER. Dimensi didapatkan dengan cara pengukuran langsung. Selanjutnya dapat dianalisis kapasitas saluran dari masing-masing titik yang telah disurvei. Dapat disimpulkan bahwa dari 108 titik, hanya 2 titik saluran yang mampu menahan debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun, yaitu titik 32 dan titik 81 saluran.

Pemilihan Alternatif yang Sesuai Kondisi

Pemilihan alternatif ditentukan dari kondisi dilapangan dan perhitungan normalisasi sebelumnya. Dalam hal ini sudah dilakukan perhitungan normalisasi saluran, pada perhitungan normalisasi saluran

sebelumnya ada beberapa saluran yang memiliki kedalaman yang terlalu dalam dari kondisi eksistingnya. Disini peran *floodway* digunakan sebagai mengurangi debit yang diterima normalisasi, agar kedalaman saluran yang dibutuhkan normalisasi tidak terlalu dalam. Setelah debit yang masuk dikurangi *floodway*, lalu dihitung kembali normalisasi saluran yang mampu menerima debit tersebut.

Untuk menentukan alternatif yang digunakan, pertama-tama yang harus dilakukan adalah membagi luas daerah tangkapan menjadi beberapa bagian sesuai dengan kondisi yang sesuai dan yang menjadi batas masing-masing daerah tangkapan adalah *floodway* yang direncanakan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.

Dimana dalam hal ini, masing-masing daerah tangkapan dihitung kembali debit yang dihasilkan. Letak *floodway* berdasarkan perhitungan normalisasi yang dihitung sebelumnya, diletakkan pada daerah yang titik normalisasinya tidak efisien. Untuk perhitungan debit rancangan total masing-masing daerah tangkapan ditunjukkan pada **Tabel 8**.



Gambar 4. Pembagian Daerah Tangkapan.

Tabel 8. Debit Rancangan Total Masing-masing Daerah Tangkapan

Jenis	Kala Ulang	Q (m ³ /dt)		
		Air hujan	Buangan	Total
D. Tangkapan 1	5	8,006	0,022	8,028
	10	8,592	0,030	8,622
	25	9,313	0,072	9,385
	50	9,833	0,303	10,137
	100	10,338	5,523	15,861
D. Tangkapan 2	0	0,000	0,000	0,000
	5	1,182	0,007	1,189
	10	1,269	0,010	1,278
	25	1,375	0,022	1,397
	50	1,452	0,090	1,542
D. Tangkapan 3	100	1,526	1,580	3,106
	0	0,000	0,000	0,000
	5	2,136	0,008	2,144
	10	2,293	0,011	2,303
	25	2,486	0,026	2,511
	50	2,625	0,108	2,733
	100	2,761	1,954	4,715

Normalisasi Saluran

Setelah dilakukan perhitungan *floodway*, perlu dihitung kembali normalisasi saluran akibat adanya *floodway*. Debit sisa yang mengalir menjadi 20% dari debit rancangan total masing-masing daerah tangkapan. Daerah tangkapan yang akan dilakukan normalisasi adalah daerah tangkapan 1, 2 dan 3, dengan cara saluran diubah kemiringan dasar saluran (S_0), koefisien manning (n), lebar bawah saluran (b) dan tinggi muka air (h). Saluran yang dimensinya diubah harus mampu menahan debit rencana dengan kala ulang 25 tahun. Saluran yang akan di normalisasi adalah semua saluran yang telah disurvei.

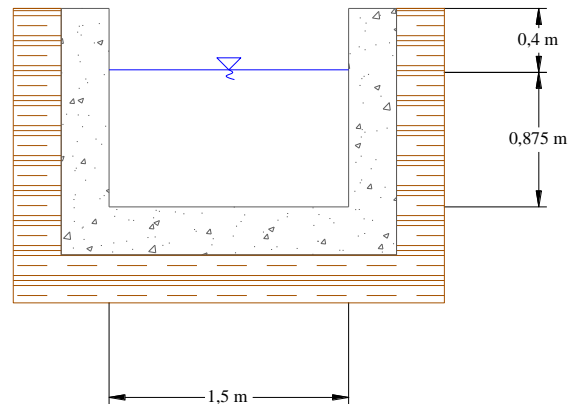
Floodway

Letak *floodway* berada pada batas daerah Brawijaya dengan Kelurahan Penanggungan. Ini dikarenakan, kondisi disana memungkinkan untuk diletakkan *floodway* dan diharapkan debit yang masuk kedalam kelurahan Penanggungan akan lebih kecil sehingga tidak terjadi luapan yang menggenangi daerah tersebut. Terdapat 2

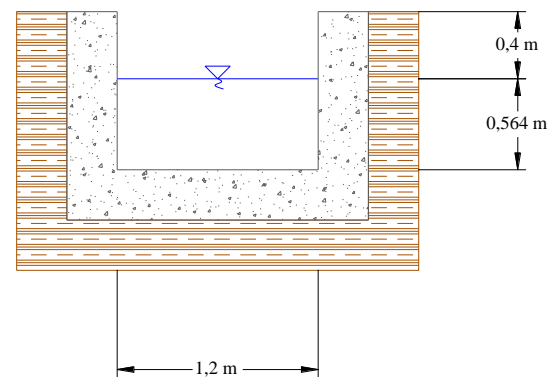
floodway serta letak penempatannya yang berada pada titik 36 saluran dan titik 65 saluran, kedua titik tersebut dipilih dikarenakan normalisasi pada kedua titik tersebut tidak efisien dan kondisinya memungkinkan untuk diletakkan *floodway*.

Untuk saluran yang menggunakan *floodway* sebagai contoh adalah di titik saluran 36, agar saluran 37 dan seterusnya menerima beban lebih sedikit yaitu 20% dari debit rancangan total. Sehingga kedalaman yang diperlukan jadi mampu dikurangi dibandingkan dengan kondisi normalisasi saat dihitung dengan 100% debit rancangan total. Untuk penampang *floodway* F1 dan F2 yang akan dipakai adalah penampang persegi.

- Dimensi *Floodway* F1 dan F2

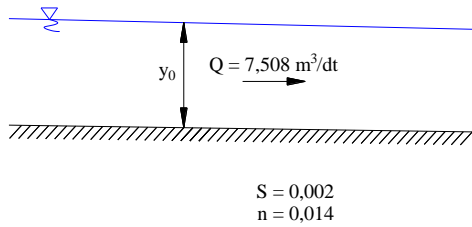


Gambar 5. Dimensi *Floodway* F1.



Gambar 6. Dimensi *Floodway* F2.

• Hidrolika *Floodway* F1



Gambar 7. Potongan melintang *floodway* F1 dengan S baru.

Menghitung kedalaman kritis (y_{cr}) pada saluran *floodway* F1 untuk titik 36 ke titik A.

$$q = \frac{Q_{F1}}{b_{F1}} = \frac{7,508}{1,5} = 5,005 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$y_{cr} = \sqrt[3]{\frac{(q)^2}{g}}$$

$$y_{cr} = \sqrt[3]{\frac{5,005^2}{9,81}} = \sqrt[3]{\frac{25,05}{9,81}} = 1,367 \text{ m}$$

Menghitung kedalaman awal (y_0) pada saluran *floodway* F1 untuk titik 36 ke titik A. Kemiringan dasar saluran baru $S = 0,002$.

$$Q = A \cdot V = b \cdot y_0 \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$7,508 = 1,5y_0 \cdot \frac{1}{0,014} \cdot \left(\frac{1,5y_0}{1,5 + 2y_0}\right)^{2/3} \cdot 0,002^{1/2}$$

$$1,567 = y_0 \left(\frac{1,5y_0}{1,5 + 2y_0}\right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba didapatkan $y_0 = 2,295 \text{ m}$. $y_0 = 2,295 \text{ m} > y_{cr} = 1,367 \text{ m}$ Kemiringan landai (Mild chanel). Jadi dapat disimpulkan bahwa dari perhitungan diatas, $y_0 = 2,295 \text{ m}$, dan $Q = 7,508 \text{ m}^3/\text{dt}$, dengan $S = 0,002$.

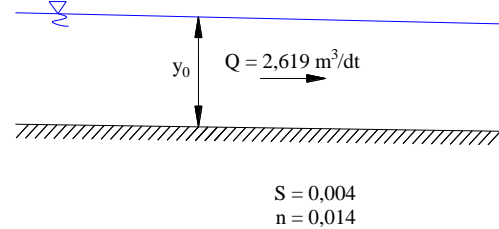
Aliran dimulai dari titik 36 saluran dengan $y_{cr} = 1,367 \text{ m}$ menuju $y_0 = 2,295 \text{ m}$ dan sampai pada titik $y = (1 - 0,01)y_0 = 0,99 \cdot 2,295 = 2,272 \text{ m}$. Untuk perhitungannya ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Profil Aliran *Floodway* F1

y (m)	A (m ²)	R (m)	V (m/dt)	V ² /2g	E (m)	AE (m)	S _c	S _c - S ₀ - rata-rata	S ₀ - S _c - rata-rata	ΔX (m)	X (m)
1,3668	2,080266	0,484	3,662	0,683	2,050	0,0024	0,00691		-0,00463	-0,51397	0
1,4145	2,121730	0,490	3,538	0,638	2,053	0,0067	0,00635	0,00663	-0,00410	-1,64103	-0,514
1,4621	2,193193	0,496	3,423	0,597	2,059	0,0105	0,00585	0,00610	-0,00363	-2,90198	-2,155
1,5098	2,264657	0,501	3,315	0,560	2,070	0,0139	0,00541	0,00521	-0,00321	-4,32231	-5,057
1,5574	2,336120	0,506	3,214	0,526	2,084	0,0169	0,00502	0,00484	-0,00284	-5,93430	-9,379
1,6051	2,407584	0,511	3,118	0,496	2,101	0,0195	0,00466	0,00450	-0,00250	-7,77948	-15,314
1,6527	2,479048	0,516	3,028	0,467	2,120	0,0218	0,00434	0,00420	-0,00220	-9,91218	-23,093
1,7003	2,550511	0,520	2,944	0,442	2,142	0,0239	0,00406	0,00393	-0,00193	-12,40491	-33,005
1,7480	2,621975	0,525	2,863	0,418	2,166	0,0258	0,00380	0,00368	-0,00168	-15,35669	-45,410
1,7956	2,693439	0,529	2,787	0,396	2,192	0,0274	0,00356	0,00345	-0,00145	-18,90634	-60,767
1,8433	2,764902	0,533	2,715	0,376	2,219	0,0289	0,00334	0,00324	-0,00124	-23,25486	-79,673
1,8909	2,836366	0,537	2,647	0,357	2,248	0,0303	0,00315	0,00306	-0,00106	-28,70450	-102,928
1,9386	2,907830	0,541	2,582	0,340	2,278	0,0315	0,00297	0,00288	-0,00088	-35,73185	-131,633
1,9862	2,979293	0,544	2,520	0,324	2,310	0,0327	0,00280	0,00272	-0,00072	-45,13475	-167,364
2,0338	3,050757	0,548	2,461	0,309	2,343	0,0337	0,00265	0,00258	-0,00058	-58,35775	-212,499
2,0815	3,122220	0,551	2,405	0,295	2,376	0,0346	0,00251	0,00244	-0,00044	-78,31419	-270,857
2,1291	3,193684	0,555	2,351	0,282	2,411	0,0354	0,00238	0,00232	-0,00032	-111,88909	-349,171
2,1768	3,265148	0,558	2,299	0,269	2,446	0,0362	0,00226	0,00221	-0,00021	-149,15192	-461,060
2,2244	3,336612	0,561	2,250	0,257	2,481	0,0370	0,00215	0,00211	-0,00015	-192,88948	-614,102
2,2721	3,408075	0,564	2,203	0,247	2,519	0,0378	0,00204	0,00202	-0,00002	-244,88948	-799,121
2,2950	3,442500	0,565	2,181	0,242	2,537	0,0380	0,00200	0,00199	-0,00000	-299,88948	-1014,102

Keterangan :
 Tinggi muka air akhir sebelum normal
 Tinggi muka air normal
 Jarak GVF
 Jarak aliran seragam

• Hidrolika *Floodway* F2



Gambar 8. Potongan melintang *floodway* F2 dengan S baru.

Menghitung kedalaman kritis (y_{cr}) pada saluran *floodway* F1 untuk titik 36 ke titik A.

$$q = \frac{Q_{F2}}{b_{F2}} = \frac{2,619}{1,2} = 2,1825 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$y_{cr} = \sqrt[3]{\frac{(q)^2}{g}}$$

$$y_{cr} = \sqrt[3]{\frac{2,1825^2}{9,81}} = \sqrt[3]{\frac{4,763}{9,81}} = 0,786 \text{ m}$$

Menghitung kedalaman awal (y_0) pada saluran *floodway* F1 untuk titik 36 ke titik A. Kemiringan dasar saluran baru $S = 0,004$.

$$Q = A \cdot V = b \cdot y_0 \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$2,619 = 1,2y_0 \cdot \frac{1}{0,014} \cdot \left(\frac{1,2y_0}{1,2 + 2y_0} \right)^{2/3} \cdot 0,004^{1/2}$$

$$0,483 = y_0 \left(\frac{1,2y_0}{1,2 + 2y_0} \right)^{2/3}$$

Dengan cara coba-coba didapatkan $y_0 = 0,943$ m. $y_0 = 0,943$ m $>$ $y_{cr} = 0,786$ m Kemiringan landai (Mild chanel). Jadi dapat disimpulkan bahwa dari perhitungan diatas, $y_0 = 0,943$ m, dan $Q = 2,619$ m³/dt, dengan $S = 0,004$.

Aliran dimulai dari titik 65 saluran dengan $y_{cr} = 0,786$ m menuju $y_0 = 0,943$ m dan sampai pada titik $y = (1 - 0,01)y_0 = 0,99 \cdot 0,943 = 0,934$ m. Untuk perhitungannya ditunjukkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Profil Aliran *Floodway* F2

y (m)	A (m ²)	R (m)	V (m/dt)	V ² /2g	E (m)	AE (m)	S _t	S _t Ratio-sta	S ₀ - S _t Ratio-sta	AX (m)	X (m)
0,7860	0,943180	0,340	2,777	0,393	1,179	0,0001	0,00636	0,00628	-0,00228	-0,05644	0
0,7942	0,953096	0,342	2,748	0,385	1,179	0,0004	0,00619	0,00611	-0,00211	-0,17928	-0,056
0,8025	0,963013	0,343	2,720	0,377	1,179	0,0006	0,00603	0,00595	-0,00195	-0,31685	-0,236
0,8108	0,972930	0,345	2,692	0,369	1,180	0,0008	0,00587	0,00580	-0,00180	-0,47199	-0,553
0,8190	0,982847	0,346	2,665	0,362	1,181	0,0011	0,00572	0,00565	-0,00165	-0,64834	-1,025
0,8273	0,992764	0,348	2,638	0,355	1,182	0,0013	0,00558	0,00551	-0,00151	-0,85062	-1,673
0,8356	1,002681	0,349	2,612	0,348	1,183	0,0015	0,00544	0,00537	-0,00137	-1,08505	-2,524
0,8438	1,012598	0,351	2,586	0,341	1,185	0,0017	0,00530	0,00524	-0,00124	-1,36002	-3,609
0,8521	1,022515	0,352	2,561	0,334	1,186	0,0019	0,00517	0,00511	-0,00111	-1,68712	-4,969
0,8604	1,032431	0,353	2,537	0,328	1,188	0,0021	0,00505	0,00499	-0,00099	-2,08280	-6,656
0,8686	1,042348	0,355	2,513	0,322	1,190	0,0022	0,00492	0,00487	-0,00087	-2,57124	-8,738
0,8769	1,052265	0,356	2,489	0,316	1,193	0,0024	0,00481	0,00475	-0,00075	-3,18955	-11,310
0,8852	1,062182	0,358	2,466	0,310	1,195	0,0026	0,00469	0,00464	-0,00064	-3,99761	-14,499
0,8934	1,072099	0,359	2,443	0,304	1,198	0,0027	0,00459	0,00453	-0,00053	-5,09881	-18,497
0,9017	1,082016	0,360	2,420	0,299	1,200	0,0029	0,00448	0,00443	-0,00043	-6,68834	-23,596
0,9099	1,091933	0,362	2,398	0,293	1,203	0,0030	0,00438	0,00433	-0,00033	-9,18409	-30,284
0,9182	1,101849	0,363	2,377	0,288	1,206	0,0031	0,00428	0,00423	-0,00023	-13,67095	-39,468
0,9265	1,111766	0,364	2,356	0,283	1,209	0,0032	0,00418	0,00414	-0,00014	-19,72116	-53,139
0,9348	1,120284	0,365	2,338	0,279	1,212	0,0033	0,00410	0,00405	-0,00005	-28,86076	-72,860
0,9430	1,131600	0,367	2,314	0,273	1,216	0,0034	0,00400			-40,367	-148,367

Keterangan :
 Tinggi muka air akhir sebelum normal
 Jarak GVF
 Tinggi muka air normal
 Jarak aliran seragam

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan analisis hasil dari perhitungan penelitian ini, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Besarnya debit banjir rancangan dengan masing-masing periode ulang pada saluran drainase eksisting adalah :

- a. Debit rancangan dengan kala ulang 5 tahun = 10,483 m³/dt.
- b. Debit rancangan dengan kala ulang 10 tahun = 11,3978 m³/dt.
- c. Debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun = 12,6412 m³/dt.
- d. Debit rancangan dengan kala ulang 50 tahun = 14,023 m³/dt.
- e. Debit rancangan dengan kala ulang 100 tahun = 26,4201 m³/dt.

2. Dengan jumlah 108 titik saluran yang dianalisis kapasitas salurannya maka didapatkan saluran drainase sebagian besar tidak mampu menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 25 tahun. Untuk saluran eksisting yang tidak mampu adalah saluran di titik 1 – titik 108 saluran, kecuali saluran di titik 32 dan titik 81 saluran yang mampu menahan debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun.

3. Untuk mengatasi saluran eksisting yang tidak mampu menahan debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun, maka dibuat alternatif pengendalian banjir, yaitu :

- a. *Floodway*, dibangun 2 *floodway* berbentuk persegi antara lain *floodway* F1 dan *floodway* F2. Dimana untuk dimensi F1, lebar bawah saluran (b) = 1,5 m, tinggi muka air (h) = 0,875 m, dan tinggi jagaan (w) = 0,4 m. Sedangkan untuk dimensi F2, lebar bawah saluran (b) = 1,2 m, tinggi muka air (h) = 0,564 m, dan tinggi jagaan (w) = 0,4 m.

- b. Normalisasi saluran, dilakukan normalisasi dari titik 1 – titik 108 saluran dengan cara membuat saluran berbentuk persegi dan terbuat dari jenis material beton. Selain itu juga dengan mengubah tinggi muka air (h), lebar bawah saluran (b), dan kemiringan dasar saluran (S) sesuai dengan yang dibutuhkan untuk bisa menampung

- debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun.
4. Besar kapasitas debit bajir yang dapat dialirkan oleh *floodway* diambil dari 80% debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun masing-masing daerah tangkapan, yaitu $Q_{\text{untuk F1}} = 7,508 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $Q_{\text{untuk F2}} = 2,619 \text{ m}^3/\text{dt}$. Sedangkan untuk normalisasi debit yang dialirkan adalah 20% dari debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun masing-masing daerah tangkapan, yaitu :
 - a. Debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun untuk normalisasi pada daerah tangkapan 1 = $9,385 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 - b. Debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun untuk normalisasi pada daerah tangkapan 2 = $3,2742 \text{ m}^3/\text{dt}$.
 - c. Debit rancangan dengan kala ulang 25 tahun untuk normalisasi pada daerah tangkapan 3 = $3,166 \text{ m}^3/\text{dt}$.

Saran

Penelitian ini masih banyak memiliki kekurangan dikarenakan kondisi dilapangan. Tidak dibahasnya kondisi drainase dibagian selatan desa Betek, selain itu analisis hidrolika dari alternatif normalisasi saluran tidak dibahas. Tidak dibahasnya secara detail bangunan peredam energi untuk pembuangan di sungai Brantas, dan perhitungan biaya dalam hal ini juga tidak dibahas.

Untuk penelitian selanjutnya, perlu diperhatikan hal-hal dibawah ini agar mendapatkan hasil yang lebih baik dan kekurangan dalam studi ini bisa semakin berkurang dan menjadi lebih baik.

1. Pengambilan data hujan hendaknya dilakukan saat intensitas musim hujan tinggi.
2. Dibutuhkan data topografi yang lebih detail untuk menentukan tata guna lahannya.
3. Perlu dianalisis drainase bagian selatan Desa Betek.
4. Perlu diperhitungkan rancangan anggaran biaya.
5. Tidak memperhitungkan struktur dari bangunan terjun.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2005, "Hidrolika Saluran Terbuka", Surabaya : Srikandi.
- Chow, Ven Te. 1997, "*Open Channel Hydraulics*", Jakarta : Erlangga.
- Giles, Ranald V. 1986, "Mekanika Fluida dan Hidraulika", Jakarta : Erlangga.
- Hadisusanto, Nugroho, 2010, "Aplikasi Hidrologi", Malang : Jogja Media Utama.
- Loebis, Joesron, 2008, "Hidrologi Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data", Penerbit Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Suripin, 2004, "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan", Yogyakarta : ANDI.
- Takeda, Kensaku, 1999, "Hidrologi untuk Pengairan", Jakarta : Pradnya Paramita.
- Wilson, E. M. 1993, "Hidrologi Teknik", Bandung : ITB.
- Yuwono, Nur, 1977 "Hidrolika 1", Yogyakarta : HANINDITA.