

**KAJIAN PENANGGULANGAN GENANGAN AIR DENGAN KOMBINASI PERBAIKAN  
SALURAN DRAINASE DAN PEMBUATAN POLDER  
( STUDI KASUS DI JALAN SUPRIADI BONDOWOSO )**

**Aris sugikarnata <sup>1</sup> , Nanang Saiful Rizal, ST. MT. <sup>2</sup> , Amri Gunasti, ST. MT. <sup>3</sup>**

**Abstrak**

Banjir merupakan permasalahan yang sering dijumpai di kota-kota besar, khususnya jl Supriadi bondowoso saat hujan, kondisi saluran air meluap kejalan raya yang berakibat timbulnya genangan air pada permukaan jalan dan permukiman warga disekitar jalan raya tersebut.

Biasanya untuk mengontrol hujan dan banjir dilakukan pengelolaan air melalui dam-dam pengendali banjir, sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah dapat di evaluasi dengan sistem drainase. Dalam mengevaluasi sistem drainase ini dapat diterapkan dengan sistem polder yaitu suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik saluran drainase lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit volume air yang akan di keluarkan dari sistem dapat dikendalikan

Untuk mengetahui berapa besar debit air yang masuk ke dalam saluran dan mengetahui kemampuan saluran menampung air dapat dilakukan dengan perhitungan curah hujan maksimum, dan mencari luasan daerah aliran sungai (DAS) dengan menggunakan metode Poligon Thiessen, dianalisa dengan menggunakan metode distribusi, kemudian debit banjir rencana lalu analisa hidroliknya.

Setelah melakukan analisa tentang sistem drainase dan polder yang berada dikawasan Jl.supriadi Bondowoso ini bisa menjadi dasar atau pelaksanaan teknis yang dapat diterapkan pada kenyataan dengan melakukan perubahan dimensi saluran yang ada sesuai besaran hasil analisa yang ada dalam evaluasi ini.

***Kata kunci : Drainase dan polder, Analisa Hidrologi, Analisa Hidrolika***

- 1. Mahasiswa**
- 2. Dosen Pembimbing I**
- 3. Dosen Pembimbing II**

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Definisi air merupakan kebutuhan sangat penting bagi kehidupan manusia, pertanian, perikanan, peternakan, transportasi, industri dan berbagai kepentingan lainnya.

Air sering menimbulkan bencana yang dahsyat jika datang berlebihan, air sering juga menghilang sehingga terjadi kekeringan. Akibat yang terjadi jika air berlebihan ialah terjadinya banjir yang terkadang disebabkan oleh perilaku manusia sendiri. Biasanya untuk mengontrol hujan dan banjir dilakukan pengelolaan air melalui dam-dam pengendali banjir, atau peningkatan sistem pembawa (sungai, drainase) dan pencegah hal yang merusak dengan cara mengelola tata guna lahan (Sugiyanto, 2002).

Drainase merupakan sebuah sistem yang dibuat untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan intensitas hujan yang tinggi atau akibat akibat durasi hujan yang lama. Secara umum drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan.

Khususnya jalan Supriadi bondowoso saat hujan, kondisi saluran air meluap kejalan raya yang berakibat timbulnya genangan air pada permukaan jalan dan permukiman warga disekitar jalan raya tersebut.

Maka dari permasalahan tersebut perlu adanya evaluasi kondisi drainase yang ada pada sistem drainase yang mengalir memasuki saluran utama di jalan Supriadi Bondowoso tersebut agar diketahui permasalahan yang sesungguhnya yang menyebabkan air meluap ke jalan.

### Identifikasi Masalah

Akibat terjadinya luapan air yang tidak tertampung saluran saat hujan di Jl. Supriadi Bondowoso.

### Rumusan Masalah

Untuk mengatasi masalah limpasan air hujan yang meluap dari saluran di Jl. Supriadi Bondowoso maka yang harus diketahui adalah

1. Berapa debit banjir rancangan yang melimpas di saluran?
2. Bagaimana Pola Kapasitas Saluran Existing ?

3. Berapa perubahan dimensi saluran di kawasan tersebut?
4. Bagaimana perencanaan polder yang akan di bangun di kawasan tersebut?

### Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Lingkup yang di amati atau penelitian hanya pada Jl. Supriadi Bondowoso yang telah disurvei.
2. Tidak membahas RAB untuk Saluran dan RAB polder
3. Tidak menghitung stabilitas perencanaan Polder / kolam Tampungan.

### Tujuan Studi

1. Mengetahui debit banjir rancangan dan kapasitas pada saluran.
2. Mengetahui sistem arah aliran guna dapat memperhitungkan panjang persaluran.
3. Mengetahui persentase perubahan dimensi saluran dari saluran *existing* ke saluran baru.
4. Mengetahui besarnya kapasitas air di dalam polder yang akan ditampung.

### Manfaat Penelitian

Untuk manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bagi Instansi terkait, penelitian ini diharapkan sebagai masukan yang teknis bagi instansi terkait untuk penanggulangan banjir di Jl. Supriadi Bondowoso
2. Bagi akademik, dari hasil penelitian ini dapat dijadikan bahan informasi dan menjadi acuan bagi peneliti lainnya khususnya yang mendalami bidang air, selain itu agar dapat berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dimasa kini bahkan dimasa mendatang.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian Umum

Pada prinsipnya setiap daerah aliran sungai mempunyai sifat-sifat khusus yang

berbeda, hal ini memerlukan kecermatan dalam menerapkan suatu teori yang cocok pada daerah pengaliran. Oleh karena itu, sebelum memulai perencanaan konstruksi drainase, perlu adanya kajian pustaka untuk menentukan spesifikasi-spesifikasi yang akan menjadi acuan dalam perencanaan pekerjaan konstruksi tersebut.

**Limpasan Permukaan**

Pengertian limpasan adalah apabila intensitas hujan yang jatuh di suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) melebihi kapasitas infiltrasi, setelah laju infiltrasi terpenuhi air akan mengisi cekungan-cekungan pada permukaan tanah. Setelah cekungan-cekungan tersebut penuh, selanjutnya air akan mengalir (melimpas) diatas permukaan tanah. Beberapa variable yang ditinjau dalam analisis banjir adalah volume banjir, debit puncak, tinggi genangan, lama genangan dan kecepatan aliran air tersebut.

**Analisa Data Data Curah Hujan**

Untuk data curah hujan yang digunakan dalam analisa terhadap alternatif penanganan banjir tersebut adalah data curah hujan yang maksimum. Hal ini bertujuan agar analisa dapat mendekati kondisi yang sebenarnya yang ada di lapangan. Data curah hujan tersebut didapat dari stasiun-stasiun penakar hujan maupun stasiun-stasiun pos hujan yang terdapat di sekitar daerah aliran, yang dapat mewakili frekuensi curah hujan yang jatuh dalam daerah tangkapan hujan (*catchment area*).

**Menghitung Curah Hujan (CH) Rata-Rata**

Untuk dapat mewakili besarnya CH di suatu wilayah/daerah diperlukan penakar CH dalam jumlah yang cukup. Semakin banyak penakar dipasang di lapangan diharapkan dapat diketahui besarnya rata-rata CH yang menunjukkan besarnya CH yang terjadi di daerah tersebut. Disamping itu juga diketahui variasi CH di suatu titik pengamatan. Menurut (*Hutchinson, 1970 ; Browning, 1987 dalam Asdak C. 1995*). Ada tiga cara dalam menentukan curah hujan (CH), sebagai berikut :

- ❖ Cara rata – rata aritmatik (*Aljabar*)
- ❖ Cara poligon (*Thiessen polygon*)
- ❖ Cara isohet (*Isohyetal*)

**Cara rata-rata aritmatik (Aljabar)**

Cara rata-rata aritmatik adalah cara yang paling mudah diantara cara lainnya (*poligon dan isohet*). Digunakan khususnya untuk daerah seragam dengan variasi CH kecil. Hujan kawasan diperoleh dari persamaan;

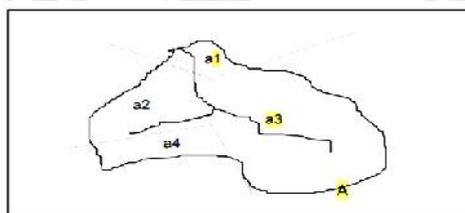
$$P = (P1 + P2 + p3 + ..... + Pn) / n$$

Dengan :

- P = Curah hujan rata-rata
- P1, P2, P3,..... = Curah hujan yang tercatat pada tiap pos pengukur hujan

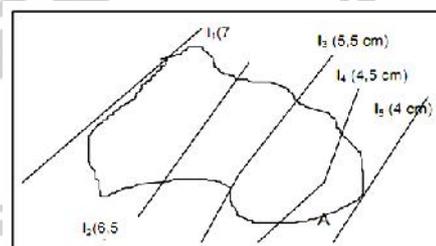
**Cara Poligon (Thiessen polygon)**

Cara ini untuk daerah yang tidak seragam dan variasi CH besar. Menurut Shaw (1985) cara ini tidak cocok untuk daerah bergunung dengan intensitas CH tinggi. Dilakukan dengan membagi suatu wilayah (luasnya A) ke dalam beberapa daerah-daerah membentuk poligon (luas masing – masing daerah ai), seperti pada gambar 2.1



**Cara Isohet (Isohyetal)**

Cara ini dipandang paling baik, tetapi bersifat subyektif dan tergantung pada keahlian, pengalaman, pengetahuan pemakai terhadap sifat curah hujan pada daerah setempat. Isohet adalah garis pada peta yang menunjukkan tempat -tempat dengan curah hujan yang sama (Gambar 2.2).



**Perhitungan Curah Hujan Rencana**

Hujan rencana merupakan kemungkinan tinggi hujan yang terjadi dalam kala ulang tertentu sebagai hasil dari suatu rangkaian analisis hidrologi yang biasa disebut analisis frekuensi. Secara sistematis metode analisis frekuensi perhitungan hujan rencana ini dilakukan secara berurutan sebagai berikut :

1. Parameter Statistik
3. Uji Kebenaran Sebaran
2. Pemilihan Jenis Metode
4. Perhitungan Hujan Rencana

- X : Variabel acak kontinyu  
 μ : Rata-rata nilai X  
 σ : Deviasi standar dari nilai X  
 (Soewarno, 1995, Hidrologi)

**Parameter Statistik**

Parameter yang digunakan dalam perhitungan analisis frekuensi meliputi parameter nilai rata-rata ( X ), deviasi standar (Sd), koefisien variasi (Cv), koefisien kemiringan / skewness (Cs) dan koefisien kurtosis (Ck). Sementara untuk memperoleh harga parameter statistik dilakukan perhitungan dengan rumus dasar sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xt-X)^2}{n-1}}$$

$$Cv = \frac{S}{X}$$

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)S^3} \sum (Ri - R)^3$$

$$Ck = \frac{\frac{1}{n} \sum (Ri - R)^4}{S^4}$$

Dengan :

- X = Tinggi hujan harian maksimum rata-1 rata selama n tahun (mm)
- Σ X = Jumlah tinggi hujan harian maksimum selama n tahun (mm)
- n = Jumlah tahun pencatatan data hujan
- Sd = Deviasi standar
- Cv = Koefisien variasi
- Cs = Koefisien kemiringan (*skewness*)
- Ck = Koefisien kurtosis

Lima parameter statistik di atas akan menentukan jenis metode yang akan digunakan dalam analisis frekuensi. Penentuan jenis metode akan digunakan untuk analisis frekuensi dilakukan dengan beberapa asumsi sebagai berikut :

- Metode Normal
- Metode Gumbel Tipe I
- Metode Log Pearson Tipe III
- Metode Log Normal

**Distribusi Normal**

Peluang distribusi normal dapat dituliskan dalam bentuk rata-rata dan simpangan baku. sebagai berikut :

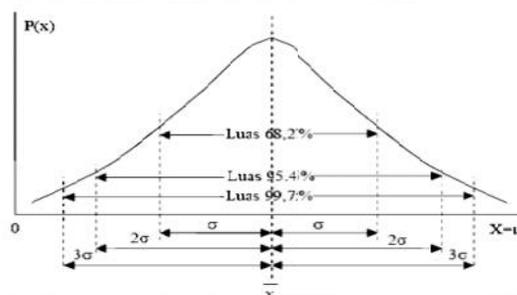
$$P(X) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(\frac{x-\mu}{\sigma})^2}$$

Dengan :

- P(X) : Peluang terjadinya x
- π : 3,14159
- e : 2,71828

Apabila sebuah populasi dari data hidrologi mempunyai distribusi normal, maka :

1. Kira-kira 68,27% terletak didaerah satu deviasi standar sekitar nilai rataratanya, yaitu antara (μ-σ) dan (μ+σ).
2. Kira-kira 95,45% terletak didaerah satu deviasi standar sekitar nilai rataratanya, yaitu antara (μ-2σ) dan (μ+2σ).
3. Kira-kira 99,73% terletak didaerah satu deviasi standar sekitar nilai rataratanya, yaitu antara (μ-3σ) dan (μ+3σ). Sedangkan nilai 50%-nya terletak didaerah antara (μ-0,6745σ) dan (μ+0,6745σ).



**Distribusi Gumbel**

Untuk menghitung curah hujan rencana dengan Metode Gumble digunakan persamaan distribusi frekuensi empiris sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$X_T = X + \frac{S}{Sn} (Y_T - Y_n)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Xt-X)^2}{n-1}}$$

Hubungan antara periode ulang T dengan YT dapat dihitung dengan rumus (Soemarto, 1999) :

$$Y_T = - \ln ( - \ln \frac{T-1}{T} )$$

**Distribusi Log Pearson Type III**

Metode Log Pearson Tipe III apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematik dengan persamaan sebagai berikut (Soemarto, 1999) :

$$Y = \bar{Y} + k.S$$

Dengan :

- Y = Nilai logaritmik dari X atau log X
- X = Curah hujan (mm)

$Y$  = Rata-rata hitung (lebih baik rata-rata geometrik) nilai  $Y$

$S$  = Deviasi standar nilai  $Y$

$K$  = Karakteristik distribusi peluang Log-Pearson Tipe III

### Metode Log Normal

Metode Log Normal apabila digambarkan pada kertas peluang logaritmik akan merupakan persamaan garis lurus, sehingga dapat dinyatakan sebagai model matematis dengan persamaan sebagai berikut (Soewarno, 1995) :

$$X_T = \bar{X} + K_T * S$$

Dengan :

$X_T$  = Besarnya curah hujan yang mungkin terjadi dengan periode ulang  $X$  tahun (mm)

$X$  = Curah hujan rata-rata (mm)

$S$  = Deviasi standar data hujan maksimum tahunan

$K_T$  = Standard Variable untuk periode ulang  $T$  tahun yang besarnya diberikan.

### Uji Keselarasan Distribusi

Ada dua jenis uji keselarasan, yaitu *Chi Square* dan *Smirnov Kolmogorof*. Pada tes ini yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan.

### Metode Smirnov Kolmogorof

Dikenal dengan uji kecocokan *non parametric* karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya sebagai berikut :

a. Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut.

b. Tentukan nilai variabel reduksi  $\{f(t)\}$ .

$$f(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S}$$

c. Tentukan peluang teoritis  $\{P'(X_i)\}$  dari nilai  $f(t)$  dengan tabel.

d. Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis.

$$D \text{ maks} = \text{Maks} \{P(X_i) - P'(X_i)\}$$

e. Berdasarkan tabel nilai kritis *Smirnov Kolmogorof* tentukan harga  $D_0$ . Lihat tabel 2.10 dan 2.11 (Suripin, Dr, Ir, M.Eng., 2004, "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan")

### Polder

Sistem Polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik saluran drainase, kolam restensi yang dikendalikan sebagai satu kesatuan. Dengan sistem polder maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit volume air yang akan di keluarkan dari sistem dapat dikendalikan

### Analisa Kapasitas Saluran Di Hilir

Kapasitas sungai yang diperhitungkan adalah kapasitas sungai di bagian hilir dari lokasi rencana kolam tampungan, dalam hal ini yaitu kapasitas penampang melintang saluran.

Perhitungan kapasitas dari lokasi yang ditinjau menggunakan rumus Manning sebagai berikut :

$$Q = I / n \cdot S^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$$

Dengan :

$Q$  = Kapasitas debit ( $m^3/s$ )

$n$  = Koefisien kekasaran Manning

### Analisa Kebutuhan Lebar Pintu Air

Dalam perencanaan kolam tampungan digunakan pintu air yaitu Pintu Romijn karena saat penampungan diperlukan mercu untuk membagi aliran sungai sehingga tampungan dapat berfungsi sesuai kapasitas saluran di lokasi tersebut. Debit maksimum yang masuk ke kolam tampungan. Untuk penentuan dimensi pintu yang diperlukan, terlebih dahulu dicari lebar bangunan pembagi banjir yang sesuai.

- Lebar Efektif Pintu Romijn

Dengan rumus (Kriteria Perencanaan 04,1986) :

$$Q = C_d * C_v * 2/3 * \sqrt{(2/3 * 2.g)} * B * h_1^{1,5}$$

Dengan :

$Q$  = Debit banjir  $m^3/dtk$

$C_d$  = Koefisien Debit

$$= 0,93 + 0,1 * H_1/L \text{ dengan } L = H_{max}$$

$C_v$  = Koefisien Kecepatan Datang

$$= C_d * A' / A_1$$

Dengan  $A'$  = Luas penampang basah diatas meja romijn

$A_1$  = Luas penampang basah saluran pintu

$$= C_d * b * h_1 / B * (h_1 * 0,5) = C_d * h_1 / (h_1 + 0,5)$$

$B$  = Lebar Efektif Pintu Romijn (m)

$H_1$  = Tinggi Energi di atas Meja (m)

$h_1$  = Tinggi Energi Hulu di atas Meja (m)

$g$  = Percepatan Gravitasi =  $9,81 \text{ m/dtk}^2$

$H_1 = V_1^2 / 2g$ , dengan kecepatan di hulu

### Lebar Pintu Romijn

Direncanakan jumlah pintu romijn yang akan di perlukan Lebar tiap pintu Romijn yang akan direncanakan :

$$b_p = B_e + (K_p + K_a) * H_{max}$$

$b_p$  = Lebar Pintu Romijn di

$B_e$  = Lebar Efektif pintu Romijn

$K_a$  = Koefisien abutmen = 0,1

$H_{max}$  = Tinggi Muka Air banjir di atas

b) Tentukan zona DAS per area saluran, guna untuk mengetahui luasan DAS per saluran.

c) Hitung curah hujan maksimum dengan metode poligon Thiessen akan memperoleh data yang lebih maksimal daripada menggunakan metode aljabar.

d) Hitung curah hujan rencana menggunakan beberapa distribusi sesuai dengan nilai CS, guna untuk mengetahui besarnya curah hujan maksimum dengan periode ulang tertentu.

e) Hitung intensitas hujan rencana, guna untuk mengetahui berapa intensitas curah hujan yang ada di area tujuan dalam beberapa periode.

f) Hitung debit rencana, guna untuk mengetahui berapa debit hujan yang ada pada lokasi penelitian.

g) Tentukan dimensi saluran dan hitung berapa debitnya yang dapat ditampung dimensi tersebut, jika debit dimensi lebih besar atau sama dengan debit rancangan kala ulang tahun tertentu maka dimensi tersebut dapat diterima.

h) Tentukan dimensi saluran dan hitung berapa debitnya yang dapat ditampung dimensi tersebut, jika debit dimensi lebih besar atau sama dengan debit rencana maka lakukan perubahan dimensinya.

i) Hitung polder/ kolam tampungan air dan kapasitas saluran di hilir serta kebutuhan lebar pintu air, guna untuk menentukan debit yang keluar pada lokasi penelitian.

## METODOLOGI

### Tempat Dan Waktu Penelitian

Studi ini dilaksanakan di kota Bondowoso yang bertempat di Jl Supriadi Bondowoso. Tempat penelitian evaluasi Sistem Drainase Di Kawasan jalan Supriadi Bondowoso (selengkapnya disajikan pada Gambar )



### Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data dibagi menjadi 2 yaitu data secara primer dan pengumpulan data secara sekunder. Pengumpulan data primer yaitu pengumpulan data yang diperoleh secara langsung, sedangkan data sekunder yaitu data yang bersumber dari publikasi instansi pemerintah. Data – data yang dibutuhkan untuk Evaluasi Sistem Drainase Di Jl Supriadi Bondowoso adalah :

- a) Data Sekunder
  - Data curah hujan
  - Tata guna lahan
  - Peta kontur kabupaten Bondowoso
- a) Data Primer
  - Pengukuran beda tinggi dengan GPS
  - Saluran Existing

### Alur Penelitian

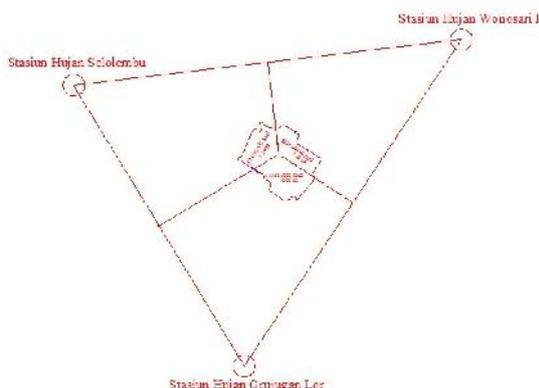
- a) Tentukan sistem drainase, untuk mengetahui sub – sub pencabangan drainase.

## HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi diperlukan untuk menentukan besarnya curah hujan rencana serta banjir rencana dalam periode ulang tertentu. Dalam sistem drainase di kawasan Jln. Supriadi Bondowoso direncanakan curah hujan rancangan dengan contoh periode ulang 10 tahun ( $R_{10}$ ) dan debit banjir dengan periode ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ).

### Analisa Curah Hujan Harian Maksimum Rata-Rata.



Kolom 3 = (R<sub>i</sub>) curah hujan harian maksimum tahun 2005, **83,94 mm**

Kolom 4 = (P) plotting = [(m/(n+1)) x 100] = [1/(10+1)x100 = **9,09%**

Kolom 5 = R<sub>i</sub> - R<sub>(rerata)</sub> = 83,94 - 91,12 = **-7,17**

Kolom 6 = (R<sub>i</sub> - R<sub>(rerata)</sub>)<sup>2</sup> = -7,17<sup>2</sup> = **51,5**

Kolom 7 = (R<sub>i</sub> - R<sub>(rerata)</sub>)<sup>3</sup> = -7,17<sup>3</sup> = **-369,4**

Kolom 8 = (R<sub>i</sub> - R<sub>(rerata)</sub>)<sup>4</sup> = -17,7<sup>4</sup> = **2650,2**

Supirin 2005, cara yang sebenarnya ditempuh untuk mendapatkan hujan maksimum harian rata-rata sebagai berikut, (data stasiun hujan Bondowoso tahun 2005).

1. Menentukan hujan harian maksimum pada tahun 2005 stasiun hujan bondowoso.
2. Tentukan hujan maksimum harian (seperti langkah 1) pada tahun yang sama untuk pos hujan yang sama.
3. Ulangi untuk langkah 2 untuk setiap tahun.

Dari hasil yang diperoleh merupakan hujan maksimum harian. Hasil perhitungan curah hujan harian maksimum dapat dilihat pada Tabel

Stasiun Hujan	Luasan	Tahun	Hujan Maksimum(mm)
Silolembu	3,24	2005	83,94
Wonosari I	3,23	2006	85,63
Grujugan Lor	4,44	2007	69,49
Tot Tuasan	10,91	2008	133,03
		2009	89,15
		2010	82,91
		2011	79,01
		2012	81,33
		2013	124,88
		2014	81,79

NO	TAHUN	R <sub>i</sub>	P	(R <sub>i</sub> -R)	(R <sub>i</sub> -R) <sup>2</sup>	(R <sub>i</sub> -R) <sup>3</sup>	(R <sub>i</sub> -R) <sup>4</sup>
1	2005	83,94	9,09	-7,17	51,5	-369,4	2650,2
2	2006	85,63	18,18	-5,48	30,1	-164,8	903,8
3	2007	69,49	27,27	-21,63	467,9	-10120,5	218911,2
4	2008	133,03	36,36	41,91	1756,9	73638,3	3086537,9
5	2009	89,15	45,45	-1,96	3,9	-7,6	14,9
6	2010	82,91	54,55	-8,21	67,3	-552,4	4532,8
7	2011	79,01	63,64	-12,10	146,5	-1773,1	21460,6
8	2012	81,33	72,73	-9,79	95,9	-938,6	9189,6
9	2013	124,88	81,82	33,76	1140,0	38493,0	1299698,8
10	2014	81,79	90,91	-9,33	87,0	-811,4	7568,2
RATA-RATA		91,12			3846,9	97393,5	4651467,9

$$\text{Standart Deviasi (S)} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{3846,9}{10-1}}$$

$$= \sqrt{427,43}$$

$$= 20,674$$

$$\text{Koef Swekness (Cs)} = \frac{1}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^3$$

$$= \frac{10}{(10-1)(10-2)} \times (97393,5)$$

$$= 1,531$$

$$\text{Koefisien Kourtosis (Ck)} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^4}{S^4}$$

$$= \frac{1}{10} \times \frac{4651467,9}{20,674^4}$$

$$= 2,546$$

### Analisa Frekuensi dan Distribusi Curah Hujan Rencana

Analisa frekuensi bertujuan untuk memilih metode distribusi curah hujan rancangan dari berbagai metode yang ada. Dalam contoh perhitungan analisa frekuensi dipakai pada tahun 2005, dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

### Log Person Tipe III

Langkah langkah perhitungan distribusi Log Person Tipe III sebagai berikut :

Kolom 3 = Data hujan maksimum hujan tahun 2005

Kolom 4 = Log X  
 = Log 83,94 = 1,924

Kolom 5 = (Log X - Log X)  
 = (1,924-911,17)

$$= -0,027$$

$$\text{Kolom 6} = (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^2$$

$$= (1,924-911,17)^2$$

$$= 0,00072$$

$$\text{Kolom 7} = (\text{Log } X - \overline{\text{Log } X})^3$$

$$= (1,924-911,17)^3$$

$$= -0,000019$$

Perhitungan analisa distribusi Log Person III dapat ditampilkan pada tabel distribusi log person III.

Berdasarkan ketentuan nilai koefisien kemencengan Cs = 1,531 maka digunakan distribusi Log Person Type III sesuai dengan syarat pemilihan distribusi

**Hasil perhitungan distribusi log person tipe III**

NO	THN	x	log X	(Log X- Log X)	(Log X- Log X) <sup>2</sup>	(Log X- Log X) <sup>3</sup>
1	2005	83,94	1,924	-0,027	0,00072	-0,000019
2	2006	85,63	1,933	-0,018	0,00033	-0,000006
3	2007	69,49	1,842	-0,109	0,01187	-0,001293
4	2008	133,03	2,124	0,173	0,02997	0,005188
5	2009	89,15	1,950	-0,001	0,00000	0,000000
6	2010	82,91	1,919	-0,032	0,00104	-0,000033
7	2011	79,01	1,898	-0,053	0,00282	-0,000150
8	2012	81,33	1,910	-0,041	0,00165	-0,000067
9	2013	124,88	2,096	0,146	0,02122	0,003091
10	2014	81,79	1,913	-0,038	0,00145	-0,000055
RATA-RATA		911,17	19,508	0,000	0,071	0,006655
Log x		1,95084				

Nilai K dicari dengan interpolasi dengan rumus :

<p><b>Koef G</b> A = 0,0 Y = 0,1317 C = 0,1</p>	<p><b>Koef K</b> B = 1,282 K = ? D = 1,292</p>
---	--

$$K = B + \frac{(Y-A)}{(C-A)} \times (D-B)$$

$$= 1,282 + \frac{(0,1317-0,0)}{(0,1-0,0)} \times (1,292- 1,282)$$

$$K = 1,2788$$

Hasil interpolasi untuk mencari nilai K dari Tabel nilai K distribusi log person III maka dapat dilihat pada tabel interpolasi nilai K berikut ini :

**Hasil perhitungan nilai K untuk distribusi Log-Person III**

Kala tahun	A	B	C	D	K
100	2,4	0,1	2,326	0,132	2,3025
50	2,107	0,1	2,054	0,132	2,0372
25	1,785	0,1	1,751	0,132	1,7402
10	1,292	0,1	1,282	0,132	1,2788
5	0,836	0,1	0,842	0,132	0,8439
2	-0,017	0,1	0	0,132	0,0054

Perhitungan logaritma curah hujan rancangan dengan periode T menggunakan rumus :

$$\text{Log } X_{T \text{ 10 tahun}} = \text{Log } X_{\text{rata}} + (K \times S)$$

$$\text{Log } X_{T \text{ 10 tahun}} = 911,17 + (1,2788 \times 0,08886)$$

$$= 2,06448$$

$$X_{T \text{ 10 tahun}} = 116,01 \text{ mm}$$

**Analisa probabilitas hujan dengan distribusi Log-Person III**

NO	Kala Ulang	Log X	K	S	Log X2	Hujan Rancang (mm/detik)
1	100	1,9508	2,3025	0,08886	2,15545	143,04
2	50	1,9508	2,0372	0,08886	2,13187	135,48
3	25	1,9508	1,7402	0,08886	2,10548	127,49
4	10	1,9508	1,2788	0,08886	2,06448	116,01
5	5	1,9508	0,8439	0,08886	2,02583	106,13
6	2	1,9508	0,0054	0,08886	1,95132	89,40

**Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi**

Untuk mengetahui apakah pemilihan distribusi perhitungan curah hujan rancangan dapat diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Ada dua cara uji kecocokan distribusi yaitu secara horisontal dengan menggunakan metode Smirnov Kolmogorov dan vertical menggunakan metode Chi square.

**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) dibanding dengan Δ kritis dari (tabel Smirnov Kolmogorof) dengan tingkat keyakinan (n) tertentu. Distribusi dianggap sesuai jika :

Δ maks < kritis, sebelum melakukan uji keselarasan terlebih dahulu dilakukan plotting data dengan tahapan sebagai berikut :

- o Data hujan harian maksimum tahun disusun dari kecil – besar.

- o Hitung probabilitas dengan rumus

$$P = \frac{N}{r+1} \times 100\%$$

Dengan : P = Probabilitas (%)

N = nomor urut data

n = jumlah data

$$P = \frac{1}{10+1} \times 100\% = 0,0909$$

- Ploting data debit (X) dengan probabilitas P.
- Tarik garis durasi dengan mengambil 2 titik pada metode gumbel(garis teoritis berupa garis lurus) dan 3 titik pada metode log person III (garis teoritis lengkung kecuali untuk cs = 0, garis teoritis berupa garis lurus. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut

$$\Delta_{maks} = [Pe - Pt]$$

Dengan :

$\Delta_{maks}$  = selisih maksimum antara peluang dan teoritis

Pe = peluang empiris

Pt = simpangan kritis

Kemudian dibandingkan antara  $\Delta_{maks}$  dan  $\Delta_{\sigma}$  distribusi frekuensi yang dipilih dapat diterima apabila  $\Delta_{maks} < \Delta_{\sigma}$  dan  $\Delta_{maks} > \Delta_{\sigma}$  berarti gagal.

Keterangan : Jumlah data (n) = 10

Jumlah Log X = 19,508

Log Xrerata = 1,9508

S = 0,0889

Cs = 1,5307

Dari perhitungan di atas didapat nilai  $\Delta_{maks}$  sebesar 0,156 <  $\Delta_{CR}$  sebesar 0,322, maka distribusi Log Person III dapat diterima menggunakan uji smirnov kolomogorov. Kemudian dilanjutkan dengan uji chi-square.

### Uji Chi- Square

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu. Metode *Chi Square* ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

$$X_{hitung}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - ft)^2}{ft}$$

Dengan :

$X_{hitung}^2$  = Harga chi-square hitung

Fe = frekuensi pengamatan kelas

Ft = frekuensi teoritis kelas

K = jumlah kelas

Harga  $X^2$  dengan derajat bebas (n) seperti di atas dibandingkan dengan  $X^2$  dari tabel dengan tingkat keyakinan (a) tertentu. Jika  $X_{hitung}^2 < X^2$  tabel berarti data sesuai dengan distribusi bersangkutan.

Langkah – langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Langkah pertama yaitu mengurutkan data diurutkan (dari kecil ke besar atau sebaliknya), dalam analisa ini data diurutkan dari yang terkecil ke yang terbesar. Seperti tabel uji chi square.

### Uji Smirnov Kolomogorov

No	Pe (X)	x	log X	G	Pr (%)	Pt (X)	Pe(X)-Pt(X)
1	0,0909	69,49	1,842	-1,22557	99,00	0,0100	0,0809
2	0,1818	79,01	1,898	-0,59810	65,03	0,3497	-0,1679
3	0,2727	81,33	1,910	-0,45667	58,72	0,4128	-0,1401
4	0,3636	81,79	1,913	-0,42910	57,49	0,4251	-0,0615
5	0,4545	82,91	1,919	-0,36263	54,52	0,4548	-0,0002
6	0,5455	83,94	1,924	-0,30229	51,83	0,4817	0,0638
7	0,6364	85,63	1,933	-0,20488	48,40	0,5160	0,1204
8	0,7273	89,15	1,950	-0,00800	42,83	0,5717	0,1556
9	0,8182	124,88	2,096	1,63914	7,72	0,9228	-0,1046
10	0,9091	133,03	2,124	1,94811	7,37	0,9263	-0,0172
jumlah		19,508		jumlah		-0,0710	
log Xrerata		1,9508		$\Delta_{maks}$		0,156	
simpangan baku		0,0889		$\Delta_{CR}$		0,322	
Cs		1,5307					

### Data hujan harian maksimum tahunan rata-rata uji Chi-Square

NO	TAHUN	X	X(urut)	Log X
1	2005	83,94	69,49	1,8419
2	2006	85,63	79,01	1,8977
3	2007	69,49	81,33	1,9103
4	2008	133,03	81,79	1,9127
5	2009	89,15	85,75	1,9332
6	2010	82,91	86,94	1,9392
7	2011	79,01	89,93	1,9539
8	2012	81,33	97,42	1,9886
9	2013	124,88	98,84	1,9949
10	2014	81,79	107,08	2,0297
Jumlah				19,4022
log Xrerata				1,9402
Simpangan baku(s)				0,0889
Koef. Kemencengan				1,5307

2. Kelompokkan data menjadi K kelas, tiap kelas minimal 4 data pengamatan. Pengamatan pengelompokan data dengan rumus sebagai berikut :

$$K = 1 + 3,22 \log n$$

$$= 1 + 3,22 \log 10$$

$$= 4,22 \text{ diambil } 4 \text{ kelas}$$

3. Menghitung batas kelas dengan sebaran peluang dengan rumus sebagai berikut

$$: \frac{100\%}{n} = \frac{100\%}{4} = 25\%$$

4. Menghitung nilai X :

Untuk Pr = 75%, dan Cs = 1,5307.  
 Didapat nilai nilai G = -0,8217 (dari tabel distribusi)  
 $\text{Log } X = \text{Log } X_{\text{rerata}} + (G+S)$   
 $= 1,9402 + (-0,8217 + 0,08889)$   
 $= 1,86720$

Langkah nomer 2 hingga no 4 dapat ditampilkan dalam tabel uji simpangan chi-square 1 sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

### Uji Simpangan Chi-Square 1

No	Pr	Log Xrerata	Cs	G	S	Log X	X(mm)
1	75	1,9402	1,5307	-0,8217	0,0889	1,86720	73,65386
2	50	1,9402	1,5307	-0,2612	0,0889	1,91701	82,60481
3	25	1,9402	1,5307	0,6215	0,0889	1,99545	98,95794

5. Menghitung nilai frekuensi teoritis / yang dihitung Ft :

$$F_t = 25\% \times n$$

$$= 25\% \times 10$$

$$= 2,5$$

6. Menghitung  $X^2$  dengan persamaan :

$$X^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - ft)^2}{ft}$$

Untuk batas kelas (0 - 73,653), dengan jumlah data Fe - 1 (pada Xurut dihitung jumlah data dari 0 - 73,653)

$$X^2_{hitung} = \frac{(1-2,5)^2}{2,5}$$

$$= 0,90$$

Maka dapat ditabelkan dalam tabel uji simpangan Chi-Square II, sebagai berikut :

### Uji Simpangan Chi-Square II

No	batas kelas	jumlah data		Fe-Ft	(Fe-Ft) <sup>2</sup> /ft
		Fe	Ft		
1	0 - 73,653	1	2,5	-1,5	0,90
2	73,653 - 82,604	3	2,5	0,5	0,10
3	82,604 - 98,957	4	2,5	1,5	0,90
4	98,957 - dst	2	2,5	-0,5	0,10
Jumlah		10	10		2,00

7. Hitung nilai Chi Kuadrat ( $X^2$ ) untuk setiap kelas, kemudian hitung nilai total  $X^2$ . Nilai Chi Kuadrat ( $X^2$ ) dari perhitungan harus lebih kecil dari nilai Chi Kuadrat kritis ( $X^2_{Cr}$ ) untuk derajat kebebasan tertentu.

Rumus:  $DK = K - (P + 1)$   
 dengan:

DK = Derajat kebebasan

K = Jumlah kelas ( 4 kelas)

P = Banyaknya keterikatan;

- nilai P = 2, untuk distribusi normal dan log normal

- nilai P = 1, untuk distribusi Pearson dan Gumbel

$$DK = 4 - (1+1)$$

$$= 4 - 3 = 2$$

### Memperkirakan Debit Banjir Rencana

Berdasarkan luasan pengaliran kurang dari 300 Ha, maka memperkirakan debit banjir rencana menggunakan Metode Rasional dengan kala ulang 2,5,10,25 tahun. Persamaan metode rasional.

### Perhitungan Waktu Konsentrasi (tc)

Perhitungan waktu konsentrasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{S}\right)^{0,77}$$

Dengan :

Tc = Waktu konsentrasi

L = Panjang jarak dari tempat terjauh di daerah aliran sampai tempat pengamatan banjir di Saluran A1 (147,54 m)

$\Delta H$  = Selisih ketinggian antara tempat terjauh dan tempat pengamatan disaluran A1

S = Perbandingan selisih tinggi antara tempat terjauh dan tempat pengamatan terhadap L, yaitu  $\Delta H : L$ ,

atau sama dengan kemiringan rata-rata dari daerah aliran  
 $= 0,148/50$   
 $= 0,00296$

$$T_c = 0,0195 \left( \frac{50}{0,00296} \right)^{0,77}$$

$$T_c = 3,7307 \text{ menit}$$

$$T_c = 0,0621 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan waktu konsentrasi (tc) tiap-tiap saluran berbeda-beda tergantung panjang saluran serta beda tinggi dasar saluran. Hasil perhitungan waktu konsentrasi (tc).

### Intensitas Hujan Rata-rata

Metode perhitungan intensitas hujan rata-rata menggunakan metode Mononobe yaitu sebagai berikut :

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

Dengan :

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

R<sub>24</sub> = curah hujan rancangan setempat

Curah hujan rancangan 10 tahun

$$= 137,917 \text{ mm}$$

t<sub>c</sub> = waktu konsentrasi (0,14657 jam)

$$I = \frac{137,917}{24} \left( \frac{24}{0,14657} \right)^{2/3}$$

$$= 171,994 \text{ mm/jam}$$

( Tabel 4.11 Intensitas )

### Hasil perhitungan Intensitas hujan rata-rata

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
1ka	2	89,40	0,062	196,680
	5	106,13	0,062	233,493
	10	116,01	0,062	255,225
	25	127,49	0,062	280,494
	50	135,48	0,062	298,067
	100	143,04	0,062	314,698
1ki	2	89,40	0,053	219,478
	5	106,13	0,053	260,558
	10	116,01	0,053	284,810
	25	127,49	0,053	313,008
	50	135,48	0,053	332,618
	100	143,04	0,053	351,176

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
2ka	2	89,40	0,039	267,627
	5	106,13	0,039	317,719
	10	116,01	0,039	347,290
	25	127,49	0,039	381,675
	50	135,48	0,039	405,587
	100	143,04	0,039	428,217
2ki	2	89,40	0,038	272,119
	5	106,13	0,038	323,052
	10	116,01	0,038	353,120
	25	127,49	0,038	388,082
	50	135,48	0,038	412,395
	100	143,04	0,038	435,404

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
3ka	2	89,40	0,036	281,236
	5	106,13	0,036	333,875
	10	116,01	0,036	364,950
	25	127,49	0,036	401,083
	50	135,48	0,036	426,211
	100	143,04	0,036	449,992
3ki	2	89,40	0,036	284,794
	5	106,13	0,036	338,099
	10	116,01	0,036	369,567
	25	127,49	0,036	406,157
	50	135,48	0,036	431,603
	100	143,04	0,036	455,684

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
4ka	2	89,40	0,070	181,844
	5	106,13	0,070	215,880
	10	116,01	0,070	235,973
	25	127,49	0,070	259,336
	50	135,48	0,070	275,584
	100	143,04	0,070	290,960
4ki	2	89,40	0,073	176,951
	5	106,13	0,073	210,071
	10	116,01	0,073	229,623
	25	127,49	0,073	252,358
	50	135,48	0,073	268,168
	100	143,04	0,073	283,131

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
5ka	2	89,40	0,049	232,034
	5	106,13	0,049	275,464
	10	116,01	0,049	301,103
	25	127,49	0,049	330,914
	50	135,48	0,049	351,646
	100	143,04	0,049	371,266
5ki	2	89,40	0,049	229,896
	5	106,13	0,049	272,926
	10	116,01	0,049	298,328
	25	127,49	0,049	327,865
	50	135,48	0,049	348,406
	100	143,04	0,049	367,845

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
8ka	2	89,40	0,035	286,982
	5	106,13	0,035	340,697
	10	116,01	0,035	372,407
	25	127,49	0,035	409,278
	50	135,48	0,035	434,920
	100	143,04	0,035	459,186
8ki	2	89,40	0,035	289,123
	5	106,13	0,035	343,239
	10	116,01	0,035	375,185
	25	127,49	0,035	412,332
	50	135,48	0,035	438,164
	100	143,04	0,035	462,612

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
6ka	2	89,40	0,047	235,946
	5	106,13	0,047	280,108
	10	116,01	0,047	306,179
	25	127,49	0,047	336,493
	50	135,48	0,047	357,575
	100	143,04	0,047	377,525
6ki	2	89,40	0,047	235,946
	5	106,13	0,047	280,108
	10	116,01	0,047	306,179
	25	127,49	0,047	336,493
	50	135,48	0,047	357,575
	100	143,04	0,047	377,525

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
9ka	2	89,40	0,039	267,627
	5	106,13	0,039	317,719
	10	116,01	0,039	347,290
	25	127,49	0,039	381,675
	50	135,48	0,039	405,587
	100	143,04	0,039	428,217
9ki	2	89,40	0,038	272,119
	5	106,13	0,038	323,052
	10	116,01	0,038	353,120
	25	127,49	0,038	388,082
	50	135,48	0,038	412,395
	100	143,04	0,038	435,404

Saluran	kala ulang	Hujan Rancangan	Tc	Intensitas
7ka	2	89,40	0,044	245,786
	5	106,13	0,044	291,791
	10	116,01	0,044	318,949
	25	127,49	0,044	350,527
	50	135,48	0,044	372,488
	100	143,04	0,044	393,271
7ki	2	89,40	0,045	244,889
	5	106,13	0,045	290,725
	10	116,01	0,045	317,784
	25	127,49	0,045	349,248
	50	135,48	0,045	371,128
	100	143,04	0,045	391,835

### Koefisien Tata Guna Lahan

Berdasarkan fungsi tata guna lahan, maka koefisien tata guna lahan di saluran 1ka sebagai berikut :

Perumahan 0,65, dengan luasan 232,136 m<sup>2</sup>

Tanah kosong 0,15, dengan luasan 0 m<sup>2</sup>

Sawah 0,7, dengan luasan 0 m<sup>2</sup>

Dengan menggunakan rumus C<sub>DAS</sub> sebagai berikut :

$$C_{DAS} = \frac{232,136 \times 0,65 + 0 \times 0,15 + 0 \times 0,7}{232,136 + 0 + 0} = 0,650$$

Untuk perhitungan C<sub>DAS</sub> saluran lainnya dapat dilihat pada tabel koefisien tata guna lahan , pada halaman berikutnya.



Gambar Tata Guna Lahan

Perhitungan Koefisien Tata Guna Lahan

NO	SALURAN	LUAS AREA (m2)			C
		PERSAWAHAN	PERUMAHAN	TANAH KOSONG	
		0,7	0,65	0,15	
1	SAL 1ka	0	232,136	0	0,650
2	SAL 1ki	0	625,185	0	0,650
3	SAL 2ka	0	614,289	0	0,650
4	SAL 2ki	0	4.484,116	0	0,650
5	SAL 3ka	0	1.291,740	662,152	0,481
6	SAL 3ki	0	3.286,432	0	0,650
7	SAL 4ka	0	1.276,460	816	0,455
8	SAL 4ki	0	4.628,222	0	0,650
9	SAL 5ka	0	8.692,300	1.087,324	0,594
10	SAL 5ki	0	8.769,600	0	0,650
11	SAL 6ka	0	3.491,474	1.506,471	0,499
12	SAL 6ki	0	2.653,416	0	0,650
13	SAL 7ka	1.807,53	3.009,485	0	0,669
14	SAL 7ki	0	0	452,124	0,150
15	SAL 8ka	1.333,153	2.478,954	0	0,667
16	SAL 8ki	0	3.592,447	0	0,650
17	SAL 9ka	0	2.347,790	0	0,650
18	SAL 9ki	0	2.946,594	0	0,650

Debit Banjir Rencana

Persamaan Metode Rasional dengan contoh perhitungan pada saluran A1 sebagai berikut :

$Q =$  Debit banjir maksimum ( $m^3/dtk$ )

$C =$  koefisien pengaliran/limpasan tata guna lahan = 0,650

$I =$  intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

Intensitas hujan rancangan 10 tahun

= 255,225 mm/jam

$A =$  luas daerah pengaliran ( $km^2$ ) luas daerah DAS saluran 1ka

= 0,000232136  $km^2$

$Q = 0,2778 \cdot C \cdot I \cdot A$

= 0,2778 . 0,650 . 255,225 . 0,000232136

= 0,010698206  $m^3/dtk$

Kemudian untuk debit banjir rencana saluran lainnya maka dapat dilihat pada tabel 4.13 dengan kala ulang 2, 5, 10, dan 25 tahun yaitu sebagai berikut.

Hasil perhitungan debit banjir rencana

Saluran	Kala Ulang	C	I(mm)/jam	A(km2)	Q( $m^3/detik$ )
1ka	2	0,650	196,680	0,000232136	0,008244186
	5	0,650	233,493	0,000232136	0,009787269
	10	0,650	255,225	0,000232136	0,010698206
	25	0,650	280,494	0,000232136	0,011757418
	50	0,650	298,067	0,000232136	0,012494025
	100	0,650	314,698	0,000232136	0,013191119
1ki	2	0,650	219,478	0,000625185	0,024776823
	5	0,650	260,558	0,000625185	0,029414359
	10	0,650	284,810	0,000625185	0,032152058
	25	0,650	313,008	0,000625185	0,035335381
	50	0,650	332,618	0,000625185	0,037549159
	100	0,650	351,176	0,000625185	0,039644185
2ka	2	0,650	267,627	0,000614289	0,029685748
	5	0,650	317,719	0,000614289	0,035242098
	10	0,650	347,290	0,000614289	0,038522206
	25	0,650	381,675	0,000614289	0,042336227
	50	0,650	405,587	0,000614289	0,044988611
	100	0,650	428,217	0,000614289	0,047498715
2ki	2	0,650	272,119	0,004484116	0,220333924
	5	0,650	323,052	0,004484116	0,261574335
	10	0,650	353,120	0,004484116	0,285919991
	25	0,650	388,082	0,004484116	0,314228466
	50	0,650	412,395	0,004484116	0,333915024
	100	0,650	435,404	0,004484116	0,352545549

Saluran	Kala Ulang	C	I(mm)/jam	A(km2)	Q( $m^3/detik$ )
3ki	2	0,650	284,794	0,003286432	0,16900537
	5	0,650	338,099	0,003286432	0,200638496
	10	0,650	369,567	0,003286432	0,219312637
	25	0,650	406,157	0,003286432	0,241026425
	50	0,650	431,603	0,003286432	0,256126842
	100	0,650	455,684	0,003286432	0,270417237
4ka	2	0,455	181,844	0,002092879	0,048099707
	5	0,455	215,880	0,002092879	0,057102641
	10	0,455	235,973	0,002092879	0,062417387

	25	0,455	259,336	0,002092879	0,068597231
	50	0,455	275,584	0,002092879	0,072894879
	100	0,455	290,960	0,002092879	0,076961992
4ki	2	0,650	176,951	0,004628222	0,147881192
	5	0,650	210,071	0,004628222	0,175560458
	10	0,650	229,623	0,004628222	0,191900496
	25	0,650	252,358	0,004628222	0,210900252
	50	0,650	268,168	0,004628222	0,22411325
	100	0,650	283,131	0,004628222	0,236617472
5ka	2	0,594	232,034	0,009779624	0,374706145
	5	0,594	275,464	0,009779624	0,444840763
	10	0,594	301,103	0,009779624	0,48624368
	25	0,594	330,914	0,009779624	0,534385877
	50	0,594	351,646	0,009779624	0,567865398
	100	0,594	371,266	0,009779624	0,599549
5ki	2	0,650	229,896	0,0087696	0,364045846
	5	0,650	272,926	0,0087696	0,432185151
	10	0,650	298,328	0,0087696	0,472410165
	25	0,650	327,865	0,0087696	0,519182729
	50	0,650	348,406	0,0087696	0,551709765
	100	0,650	367,845	0,0087696	0,582491976
6ka	2	0,499	235,946	0,004997945	0,163564683
	5	0,499	280,108	0,004997945	0,194179463
	10	0,499	306,179	0,004997945	0,212252439
	25	0,499	336,493	0,004997945	0,233267208
	50	0,499	357,575	0,004997945	0,247881506
	100	0,499	377,525	0,004997945	0,261711859

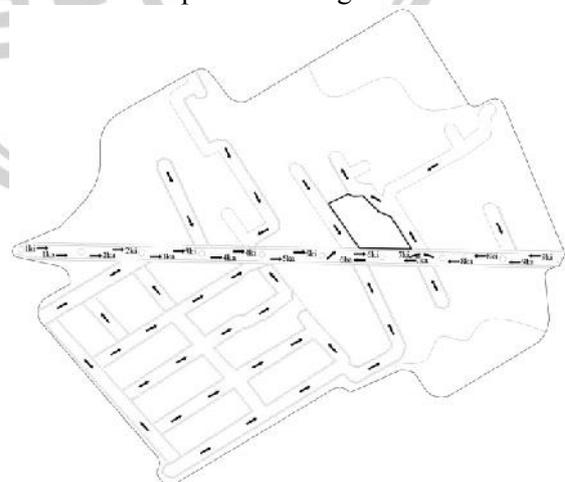
	25	0,150	349,248	0,000452124	0,006579826
	50	0,150	371,128	0,000452124	0,006992056
	100	0,150	391,835	0,000452124	0,007382172
8ka	2	0,667	286,982	0,003812107	0,202858843
	5	0,667	340,697	0,003812107	0,240828402
	10	0,667	372,407	0,003812107	0,263243161
	25	0,667	409,278	0,003812107	0,289306439
	50	0,667	434,920	0,003812107	0,307431621
	100	0,667	459,186	0,003812107	0,324584525
8ki	2	0,650	289,123	0,003592447	0,18755064
	5	0,650	343,239	0,003592447	0,222654928
	10	0,650	375,185	0,003592447	0,243378216
	25	0,650	412,332	0,003592447	0,267474699
	50	0,650	438,164	0,003592447	0,284232111
	100	0,650	462,612	0,003592447	0,300090618
9ka	2	0,650	267,627	0,00234779	0,113457838
	5	0,650	317,719	0,00234779	0,134694004
	10	0,650	347,290	0,00234779	0,147230456
	25	0,650	381,675	0,00234779	0,161807504
	50	0,650	405,587	0,00234779	0,171944819
	100	0,650	428,217	0,00234779	0,181538344

Saluran	Kala Ulang	C	I(mm)/jam	A(km2)	Q(m <sup>3</sup> /detik)
9ki	2	0,650	272,119	0,002946594	0,14478542
	5	0,650	323,052	0,002946594	0,171885242
	10	0,650	353,120	0,002946594	0,187883215
	25	0,650	388,082	0,002946594	0,206485227
	50	0,650	412,395	0,002946594	0,219421622
	100	0,650	435,404	0,002946594	0,231664078

Saluran	Kala Ulang	C	I(mm)/jam	A(km2)	Q(m <sup>3</sup> /detik)
6ki	2	0,650	235,946	0,002653416	0,113048046
	5	0,650	280,108	0,002653416	0,134207511
	10	0,650	306,179	0,002653416	0,146698683
	25	0,650	336,493	0,002653416	0,161223082
	50	0,650	357,575	0,002653416	0,171323782
	100	0,650	377,525	0,002653416	0,180882657
7ka	2	0,669	245,786	0,00481701	0,219957669
	5	0,669	291,791	0,00481701	0,261127655
	10	0,669	318,949	0,00481701	0,285431738
	25	0,669	350,527	0,00481701	0,313691871
	50	0,669	372,488	0,00481701	0,333344811
	100	0,669	393,271	0,00481701	0,351943521
7ki	2	0,150	244,889	0,000452124	0,00461371
	5	0,150	290,725	0,000452124	0,005477269
	10	0,150	317,784	0,000452124	0,005987058

**Analisa Hidrolika**

Pola jaringan saluran di wilayah Jalan Supriadi Bondowoso dapat dilihat di gambar ini.



**Gambar Analisa Arah Aliran**

### Kemiringan Dasar Saluran

Perbandingan selisih tinggi antara tempat terjauh ( $\Delta H$ ) dan tempat pengamatan terhadap panjang saluran ( $L$ ), yaitu  $\Delta H / L$ . Penentuan kemiringan dasar saluran diusahakan mengikuti kemiringan permukaan kontur tanah didaerah rencana. Contoh perhitungan pada saluran A1 dengan data sebagai berikut :

$$L = 50 \text{ m}, \Delta H = 1,48 \text{ m}$$

$$I = \frac{\Delta H}{L} = \frac{1,48}{50} = 0,00296$$

Setelah melakukan perhitungan kemiringan saluran seperti persamaan diatas maka dapat ditabelkan dalam tabel 4.14. kemiringan dasar saluran sebagai berikut :

### Hasil perhitungan ( I ) kemiringan dasar saluran

No	Nama Saluran	L (m)	$\Delta H$ (m)	I (mm/jam)
1	SAL 1ka	50	0,148	0,00296
2	SAL 1ki	50	0,227	0,00454
3	SAL 2ka	50	0,492	0,00984
4	SAL 2ki	50	0,525	0,01050
5	SAL 3ka	50	0,597	0,01194
6	SAL 3ki	50	0,627	0,01254
7	SAL 4ka	50	0,109	0,00218
8	SAL 4ki	50	0,098	0,00196
9	SAL 5ka	50	0,282	0,00564
10	SAL 5ki	50	0,272	0,00544
11	SAL 6ka	50	0,301	0,00602
12	SAL 6ki	50	0,301	0,00602
13	SAL 7ka	50	0,353	0,00706
14	SAL 7ki	50	0,348	0,00696
15	SAL 8ka	50	0,646	0,01292
16	SAL 8ki	50	0,665	0,01330
17	SAL 9ka	50	1,392	0,02784
18	SAL 9ki	50	1,988	0,03976

### Penentuan Unsur Geometrik

#### Evaluasi Dimensi Saluran Persegi

Dalam evaluasi jaringan dan dimensi saluran drainase, terlebih dahulu harus mengetahui debit maksimum rancangan dengan kala ulang tahun tertentu dan peneliti merencanakan debit maksimum selama 10 tahun, dari debit tersebut maka dapat direncanakan dimensi saluran.

### Perhitungan perencanaan saluran Existing Persegi untuk debit rancangan 10 tahun

No	Nama Saluran	b (m)	h (m)	Q.sal (m³/s)	Qrec (m³/s)	Tindakan
1	SAL 1ka	0,75	0,55	0,33	0,01	Tetap Dimensinya
2	SAL 1ki	0,75	0,55	0,41	0,03	Tetap Dimensinya
3	SAL 2ka	0,75	0,55	0,60	0,05	Tetap Dimensinya
4	SAL 2ki	0,75	0,55	0,62	0,32	Tetap Dimensinya
5	SAL 3ka	0,75	0,55	0,66	0,14	Tetap dimensinya
6	SAL 3ki	0,75	0,55	0,68	0,54	Tetap Dimensinya
7	SAL 4ka	0,75	0,55	0,28	0,34	Dirubah Dimensinya
8	SAL 4ki	0,75	0,55	0,27	0,60	Dirubah Dimensinya
9	SAL 5ka	0,7	0,5	0,31	0,82	Dirubah Dimensinya
10	SAL 5ki	0,7	0,5	0,30	1,07	Dirubah Dimensinya
11	SAL 6ka	0,6	0,5	0,25	1,03	Dirubah Dimensinya
12	SAL 6ki	0,7	0,6	0,40	2,25	Dirubah Dimensinya
13	SAL 7ka	0,6	0,5	0,28	1,32	Dirubah Dimensinya
14	SAL 7ki	0,7	0,6	0,43	2,69	Dirubah Dimensinya
15	SAL 8ka	0,6	0,5	0,37	0,41	Dirubah Dimensinya
16	SAL 8ki	0,6	0,5	0,38	0,43	Dirubah Dimensinya
17	SAL 9ka	0,6	0,5	0,55	0,15	Tetap Dimensinya
18	SAL 9ki	0,6	0,5	0,60	0,19	Tetap Dimensinya

### Perhitungan perencanaan saluran persegi baru untuk debit rancangan 10 tahun

No	Nama Saluran	b (m)	h (m)	Q.sal (m³/s)	Qrec (m³/s)	Tindakan
1	SAL 1ka	0,75	0,55	0,33	0,01	Tetap Dimensinya
2	SAL 1ki	0,75	0,55	0,41	0,03	Tetap Dimensinya
3	SAL 2ka	0,75	0,55	0,60	0,05	Tetap Dimensinya
4	SAL 2ki	0,75	0,55	0,62	0,32	Tetap Dimensinya
5	SAL 3ka	0,75	0,55	0,66	0,14	Tetap Dimensinya
6	SAL 3ki	0,75	0,55	0,68	0,54	Dirubah Dimensinya
7	SAL 4ka	0,9	0,55	0,36	0,34	Dirubah Dimensinya
8	SAL 4ki	1,5	0,55	0,68	0,60	Dirubah Dimensinya
9	SAL 5ka	0,7	0,5	0,31	0,82	Dirubah Dimensinya
10	SAL 5ki	2	0,5	1,18	1,07	Dirubah Dimensinya
11	SAL 6ka	1,9	0,5	1,17	1,03	Dirubah Dimensinya
12	SAL 6ki	2,6	0,6	2,23	2,25	Dirubah Dimensinya
13	SAL 7ka	2	0,5	1,35	1,32	Dirubah Dimensinya
14	SAL 7ki	2	0,6	1,74	2,69	Dirubah Dimensinya
15	SAL 8ka	0,9	0,5	0,65	0,41	Dirubah Dimensinya
16	SAL 8ki	0,7	0,5	0,47	0,43	Dirubah Dimensinya
17	SAL 9ka	0,6	0,5	0,55	0,15	Tetap Dimensinya
18	SAL 9ki	0,6	0,5	0,60	0,19	Tetap Dimensinya

• **Perencanaan Polder**  
**Perhitungan Analisa Kapasitas Saluran Di Hilir**

Kapasitas saluran yang diperhitungkan adalah kapasitas saluran di bagian hilir dari lokasi rencana kolam tampungan, dalam hal ini yaitu kapasitas penampang melintang saluran.

**Hasil Perhitungan kapasitas**

No	Nama Saluran	B	h	Q.sal	Qrec
		(m)	(m)	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
1	SAL 1ka	0,75	0,55	0,33	0,01
2	SAL 1ki	0,75	0,55	0,41	0,03
3	SAL 2ka	0,75	0,55	0,60	0,05
4	SAL 2ki	0,75	0,55	0,62	0,32
5	SAL 3ka	0,75	0,55	0,66	0,14
6	SAL 3ki	0,75	0,55	0,68	0,54
7	SAL 4ka	0,75	0,55	0,28	0,34
8	SAL 4ki	0,75	0,55	0,27	0,60
9	SAL 5ka	0,7	0,5	0,31	0,82
10	SAL 5ki	0,7	0,5	0,30	1,07
11	SAL 6ka	0,6	0,5	0,25	1,03
12	SAL 6ki	0,7	0,6	0,40	2,25
13	SAL 7ka	0,6	0,5	0,28	1,32
14	SAL 7ki	0,7	0,6	0,43	2,69
15	SAL 8ka	0,6	0,5	0,37	0,41
16	SAL 8ki	0,6	0,5	0,38	0,43
17	SAL 9ka	0,6	0,5	0,55	0,15
18	SAL 9ki	0,6	0,5	0,60	0,19

Jadi Q kapasitas maksimum dengan tinggi muka air di hilir sebesar 0,43 m<sup>3</sup>/s.

**Hasil Perhitungan Volume Kolam Tampungan**

Untuk mengetahui besarnya volume air yang perlu di tampung di kolam penampungan maka perlu dibandingkan antara debit aliran dengan kapasitas saluran yaitu Q kapasitas rencana – Q kapasitas saluran yaitu:  
 Q kapasitas rencana 2,69 – Q kapasitas saluran 0,43 = 2,26 m<sup>3</sup>/detik

**Perhitungan Volume Tampungan Kolam**

t (jam)	Q (m <sup>3</sup> /det)	volume (m <sup>3</sup> )
1	2,26	135,6
2	2,26	271,2
3	2,26	406,8
4	2,26	542,4
5	2,26	678
6	2,26	813,6
Total		2847,6

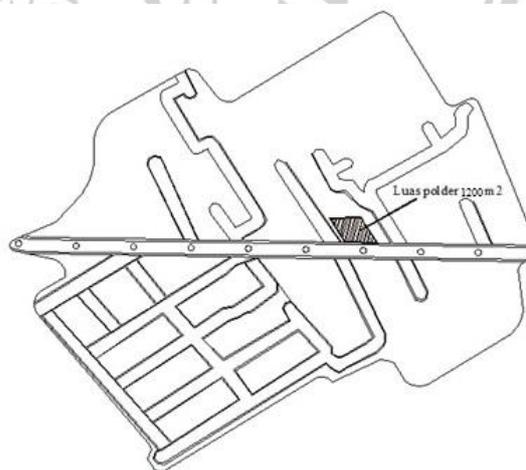
Dengan direncanakan kolam tampungan tanpa pompa maka tinggi muka air maksimum kolam tampungan

sama dengan tinggi muka air maksimum pada saluran, sehingga diambil kedalaman kolam tampungan (H) yaitu 2,4 m. Untuk luasan kolam tampungan disesuaikan dengan kebutuhan volume tampungan.

Dimensi kolam tampungan dengan dinding miring sebesar 1:2 maka luasan kolam yang direncanakan diprediksi dengan pengeplotan lahan pada denah lokasi.

Dalam penempatan lokasi polder ada beberapa faktor yang harus di pertimbangkan supaya pembuatan polder tidak mengalami masalah, faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Lahan yang digunakan haruslah lahan kosong.
2. Lokasi polder tersebut berada pada drainase yang tidak mampu menampung debit air.
3. Elevasi polder haruslah lebih rendah dari pada hulu, agar air mengalir dengan lancar ke lokasi penampungan ( polder ), lokasi yang sesuai dengan persyaratan tersebut yaitu pada elevasi -0,331 karena elevasi tersebut lebih rendah dari -0,159 ( elevasi hulu ).



**Gambar Penempatan Lokasi Kolam Tampungan**

Kapasitas kolam yang direncanakan dapat diketahui dengan membandingkan hubungan tinggi muka air (H) dan kumulatif tampungan (S kumulatif), yang dapat dilihat di Tabel 4.20

**Tabel Perhitungan Hubungan H dengan Volume**

H (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )	S Kumulatif (m <sup>3</sup> )
0,1	1200	120	120
0,2	1200	240	360
0,3	1200	360	720
0,4	1200	480	1200
0,5	1200	600	1800
0,6	1200	720	2520
0,7	1200	840	3360
0,8	1200	960	4320
0,9	1200	1080	5400
1	1200	1200	6600
1,1	1200	1320	7920
1,2	1200	1440	9360
1,3	1200	1560	10920
1,4	1200	1680	12600
1,5	1200	1800	14400
1,6	1200	1920	16320
1,7	1200	2040	18360
1,8	1200	2160	20520
1,9	1200	2280	22800
2	1200	2400	25200
2,1	1200	2520	27720
2,2	1200	2640	30360
2,3	1200	2760	33120
2,4	1200	2880	36000
2,5	1200	3000	39000
2,6	1200	3120	42120

**Perhitungan Analisa Kebutuhan Lebar Pintu Air**

Dalam perencanaan kolam tampungan digunakan pintu air yaitu Pintu Romijn karena saat penampungan diperlukan mercu untuk membagi aliran sungai sehingga tampungan dapat berfungsi sesuai kapasitas saluran di lokasi tersebut. dimensi pintu yang diperlukan :

- Lebar Efektif Pintu Romijn

Dengan rumus (Kriteria Perencanaan 04,1986) :

$$Q = Cd * Cv * 2/3 * \sqrt{(2/3 * 2.g) * B * h1^{1,5}}$$

Dengan :

- Q = Debit banjir m<sup>3</sup>/dtk
- Cd = Koefisien Debit = 0,93 + 0,1 \* H1/L dengan L = Hmax
- Cv = Koefisien Kecepatan Datang

$$= Cd * A' / A1$$

Dengan A' = Luas penampang basah diatas meja romijn

A1 = Luas penampang basah saluran

pintu

$$= Cd * b * h1 / B * (h1 * 0,5) = Cd * h1 / (h1 + 0,5)$$

B = Lebar Efektif Pintu

Romijn (m)

H1 = Tinggi Energi di atas

Meja (m)

h1 = Tinggi Energi Hulu

di atas Meja (m)

g = Percepatan Gravitasi

$$= 9,81 \text{ m/dtk}^2$$

H1 =  $V1^2 / 2g$ , dengan

kecepatan di hulu

**Tabel Perhitungan Lebar Efektif Pintu**

V	V <sup>2</sup> /(2*g)	H1	h1	Cd	Cv	B	Q
0,36	0,007	0,6	0,593	0,96	0,682	0,85	0,43

- Lebar Pintu Romijn

Direncanakan jumlah pintu romijn yang akan di perlukan 1 buah.

1. Lebar pintu Romijn yang akan direncanakan :

$$bp = Be + Ka * Hmax$$

$$= (0,85) + (0,1 * 2,4)$$

$$= 1,09 \text{ m}$$

- bp = Lebar Pintu Romijn
- Be = Lebar Efektif Pintu Romijn
- Ka = Koefisien abutmen = 0,1
- Hmax = Tinggi Muka Air banjir di atas 2,4

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil surve lapangan dan hasil analisa perhitungan maka dapat dibuat sebuah kesimpulan dan berikut ini kesimpulan-kesimpulan yang dapat ditarik dari evaluasi sistem drainase di kawasan Jln. Supriadi – Bondowoso

1. Debit terkecil dari sistem drainase terletak pada saluran 1ka yaitu sebesar 0,33 m<sup>3</sup>/detik yang berbentuk persegi, sedangkan debit terbesar ada pada saluran 7ka yaitu sebesar 1,35 m<sup>3</sup>/detik yang berbentuk persegi.
2. Sistem drainase di kawasan di Jl. Supriadi Bondowoso, memiliki pola arah aliran yang semuanya berujung

pada saluran 7ki sebagai saluran akhir pembuangan.

3. Rata-rata saluran yang mengalami perubahan dimensi existing ke dimensi saluran baru mengalami penambahan lebar sebanyak 10-50%.
4. Dengan pembangunan polder tersebut mampu menampung kapasitas air sebesar 2847,6 m<sup>3</sup> dengan luas bangunan 1200 m<sup>2</sup>, dan kedalaman 2,4 m. Sehingga saluran di hilir polder yaitu saluran 7ki tidak perlu penambahan lebar, Karena air yang mengalir ke saluran hilir sudah diatur oleh pintu polder.

## 5.2. Saran

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dilaksanakan guna mengatasi luapan air yang terjadi dengan perhitungan sebagai mana terdapat dalam studi kasus ini, dan tidak kalah pentingnya pemeliharaan rutin saluran agar dapat berfungsi sebagai mana mestinya.
2. Apabila bangunan polder dibangun maka harus diperhitungkan stabilitas pondasi dan abutmen.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Diktat Aplikasi Perencanaan Irigasi Dan Bangunan Air, Nanang Saiful Rizal, ST.MT, Penerbit LPPM Unmuh Jember.
2. Bahrawi 2014, Evaluasi Sistem Jaringan Salurandrainase Pada Jalan Sukosari – Cumedak Kabupaten Jember.
3. Fahmi Hariri. 2014, Evaluasi Sistem Jaringan Drainase Jalan Raya Jember Ke. Maesan Kab. Bondowoso.
4. Suripin, M.Eng 2004, Drainase Perkotaan yang berkelanjutan, Yogyakarta.
5. Soemarto, B.I.E Dipl, H,1987, Hidrologi Teknik, Surabaya.
6. Soewarno, 1995, Hidrologi, Penerbit Nova, Bandung.
7. [http://eprints.undip.ac.id/34176/7/1666\\_chapter\\_III.pdf](http://eprints.undip.ac.id/34176/7/1666_chapter_III.pdf). Diunduh pada tanggal 4 Juni 2014
8. [http://eprints.undip.ac.id/33980/6/1868\\_CHAPTER\\_III.pdf](http://eprints.undip.ac.id/33980/6/1868_CHAPTER_III.pdf). Diunduh pada tanggal 4 Agustus 2014
9. [http://eprints.undip.ac.id/34698/4/1699\\_CHAPTER\\_II.pdf](http://eprints.undip.ac.id/34698/4/1699_CHAPTER_II.pdf). Diunduh pada tanggal 4 September 2014
10. <http://thesis.binus.ac.id/Asli/Bab2/2007-3-00388-SP%20BAB%20II.pdf>. Diunduh pada tanggal 20 September 2014
11. [http://eprints.undip.ac.id/34653/2/2051\\_cover.pdf](http://eprints.undip.ac.id/34653/2/2051_cover.pdf). Diunduh pada tanggal 20 September 2014
12. <http://ampl.bandungkab.go.id/wp-content/uploads/2014/02/draft-tata-cara-pembuatan-kolam-retensi-dan-polder-2.pdf>. Diunduh pada tanggal 20 September 2014