

## PENYUSUNAN RENCANA SISTEM JARINGAN DRAINASE DI KAMPUS POLITEKNIK NEGERI MALANG

**Dian Agung Saputro**

**Abstrak:** Kerusakan jalan dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu kerusakan struktural yang mencakup kegagalan perkerasan atau kerusakan dari satu atau lebih komponen perkerasan yang mengakibatkan perkerasan tidak dapat lagi menanggung beban lalu lintas, dan kerusakan fungsional yang mencakup keamanan dan kenyamanan, oleh karena itu perlu dilakukan adanya Preservasi Jalan, yaitu kegiatan penanganan jalan yang meliputi perawatan, rehabilitasi, penunjangan, dan peningkatan. Metode evaluasi kerusakan jalan dengan menggunakan metode Bina Marga dan metode Paver. Metode Bina Marga umumnya digunakan di Indonesia yang menghasilkan prosentase kerusakan jalan. Sedangkan metode Paver mempunyai kelebihan dapat menentukan tingkat keparahan dari suatu kerusakan jalan. Pada penelitian ini umumnya didapatkan hasil tingkat kerusakan jalan yang relatif sama antara metode Bina Marga dan Metode Paver, yang membedakan dari kedua metode tersebut adalah tingkat kerusakannya. Dengan tingkat kerusakan jalan yang tinggi menyebabkan metode Paver mempunyai nilai yang lebih besar daripada metode Bina Marga.

**Kata kunci:** Saluran Sekunder, Saluran Tersier

Sistem Jaringan Air Drainase di lingkungan Politeknik Negeri Malang sebagai bagian layout struktur fasilitas kampus yang tak dapat dipisahkan dari jaringan utilitas penting lainnya dilingkungan kampus selain Jaringan Air Bersih dan Jaringan utilitas lainnya.

Upaya pembangunan peningkatan jaringandrainase dilingkungan kampus Politeknik Negeri Malang, belum pernah dilakukan bahkan oleh berbagai pihak dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir ini. Penyediaan prasarana pematuan baru, peningkatan dan pemeliharaan prasarana yang telah ada, dan upaya-upaya yang lain, ternyata jauh tertinggal dari kebutuhan prasarana yang sebenarnya sebagai konsekwensi bagi kota yang berkembang dengan pesat.

Hal ini mengakibatkan peningkatan kebutuhan sistem pematuan yang berfungsi secara terpadu, mulai dari jaringan utama, primer, sekunder sampai dengan Sistem Jaringan Drainase Tersier, sebagai upaya mengatasi banjir/genangan secara bertahap. Penanganan masalah saluran drainase diperlukan suatu upaya yang terpadu, tidak saja dilihat secara teknis dari aspek spasial tata ruang, dan sistem jaringan drainasenya saja, tetapi juga aspek sosial ekonomi dan peran serta masyarakat dalam menetapkan kebijakan serta kegiatan pengelolaannya.

### **METODE PERENCANAAN**

#### **Analisa Hidrologi**

Untuk keperluan rencana sistem jaringan drainase, data hidrologi yang diperlukan adalah data curah hujan rerata diseluruh daerah pengaliran. Data ini harus dikumpulkan dengan jangka waktu yang cukup panjang dari beberapa stasiun penakar hujan sehingga diperoleh hasil perhitungan yang teliti.

#### **Uji Konsistensi Data**

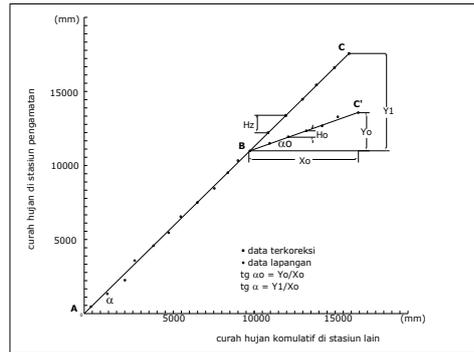
Uji konsistensi data dilakukan jika data hujan tidak konsisten karena perubahan atau gangguan lingkungan disekitar tempat penakar hujan dipasang, yang memungkinkan terjadi penyimpangan terhadap trend semula. Hal tersebut dapat diselidiki dengan menggunakan lengkung massa ganda seperti pada gambar.

Apabila terjadi penyimpangan ABC' maka dapat dikoreksi menjadi garis ABC dengan rumus sebagai berikut (Nemec,1973:178) :

$$H_z = \frac{tg \alpha}{tg \alpha_o} \cdot H_o$$

dengan:

- H<sub>z</sub> = data hujan terkoreksi (mm)
- H<sub>o</sub> = data hujan pada stasiun pengamatan (mm)
- Tg α = kemiringan garis sebelum penyimpangan
- Tg α<sub>o</sub> = kemiringan garis setelah penyimpangan



Gambar 1. Lengkung Massa Ganda

1. Curah Hujan Rerata Daerah (Average Basin Rainfall)

Untuk menentukan besarnya curah hujan rerata daerah digunakan cara polygon Theissen dengan memperhatikan sebaran dari n stasiun hujan yang tidak merata. Cara ini memberikan bobot tertentu untuk setiap stasiun hujan dengan pengertian bahwa setiap stasiun hujan dianggap mewakili hujan dalam suatu daerah dengan luas tertentu.

Cara perhitungannya adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1983:27):

$$R_{rerata} = R_1 \cdot P_1 + R_2 \cdot P_2 + \dots + R_n \cdot P_n$$

dengan:

R = tinggi curah hujan rata-rata daerah (mm)

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>..R<sub>n</sub> = tinggi curah hujan pada titik pengamatan (mm)

$P_1 = \frac{A_1}{\sum A}, P_2 = \frac{A_2}{\sum A} \dots P_n = \frac{A_n}{\sum A}$  : koefisien Theissen pada titik

pengamatan (mm)

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>...A<sub>n</sub> = luas daerah tiap titik pengamatan (km<sup>2</sup>)

2. Hujan Rancangan

Hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan kala ulang tertentu. Dalam perencanaan ini, perhitungan hujan rancangan maksimum dipilih cara Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua sebaran data (Pilgrim, 1991:207). Langkah-langkah perhitungan hujan rancangan adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987: 243) :

- 1) Hujan harian maksimum diubah dalam bentuk logaritma.
- 2) Menghitung harga logaritma rata-rata dengan persamaan :

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$$

- 3) Hitung Simpangan Baku (*standar deviasi*) dengan persamaan :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

- 4) Hitung koefisien kepeccengan (Cs) dengan persamaan :

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S^3)}$$

- 5) Hitung harga logaritma  $X_T$  sesuai persamaan :

$$\log X_T = \log \bar{X} + G.S$$

- 6) Besarnya curah hujan rancangan adalah antilog dari  $\log X_T$ .

dengan:

$\log X_i$  = nilai logaritma dari hujan rata-rata maksimum daerah.

$\log \bar{X}$  = rata-rata logaritma hujan rata-rata maksimum daerah.

S = simpangan baku (*standar deviasi*).

Cs = koefisien kepeccengan.

n = jumlah data.

G = variabel yang besarnya tergantung pada harga koefisien kepeccengan dan harga kala ulangnya.

$\log X_T$  = nilai logaritma dari curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu.

### 3. Batas Daerah Kepercayaan Periode Ulang

Nilai kesalahan standart dari perkiraan untuk periode ulang tertentu (SET) dapat ditentukan dengan metode momen atau dengan metode duga maksimum. Batas nilai SET terhadap nilai rata-ratanya disebut dengan batas daerah kepercayaan (*confidence limit, confidence interval*) selanjutnya ditulis BDK. Dengan demikian batas daerah kepercayaan periode ulang merupakan daerah densitas peluang pada kedua sisi kurva persamaan distribusi teoritis suatu data peluang kumulatif tertentu. Penentuan batas daerah kepercayaan untuk distribusi Log Pearson type III adalah:

$$\text{LogSET} = \delta \left\{ \frac{\sigma^2}{N} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

dengan:

Log SET = Kesalahan standar dari perkiraan

$\delta$  = parameter (ditentukan dengan tabel)

$\sigma$  = Deviasi standart populasi sampel

N = Jumlah pengamatan

#### **Pemeriksaan Uji Kesesuaian Distribusi**

Pengujian parameter yang biasanya dilakukan adalah :

##### ➤ Uji Smirnov-Kolmogorov

Pengujian ini dilakukan dengan menggambarkan probabilitas untuk tiap data, yaitu dari perbedaan distribusi empiris dan distribusi teoritis yang disebut  $\Delta_{\max}$ . Dalam bentuk persamaan dapat ditulis (Harto, 1993:180):

$$\Delta_{\max} = \left| P_{(T)} - P_{(E)} \right|$$

dengan:

- $\Delta_{\max}$  = selisih maksimum antara peluang teoritis dan peluang empiris  
 $P_{(T)}$  = peluang teoritis  
 $P_{(E)}$  = peluang empiris

Langkah berikutnya adalah membandingkan  $\Delta_{\max}$  dengan  $\Delta_{cr}$ . Interpretasinya adalah:

1.  $\Delta_{\max} < \Delta_{cr}$ , maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2.  $\Delta_{\max} > \Delta_{cr}$ , maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima

#### ➤ Uji Chi-Square

Tes uji chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisa.

Persamaan yang digunakan dalam uji chi-Square adalah (Shahin, 1976:186):

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

dengan:

- $X_h^2$  = Parameter chi-Square terhitung  
 $G$  = Jumlah sub kelompok  
 $O_i$  = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke -i  
 $E_i$  = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-i

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan rumus (Shahin, 1976:186) :

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

Sedangkan harga derajat kebebasan dapat dicari dengan persamaan (Shahin,1976:186) :  $\Delta k = k - 1 - m$

dengan:

- $K$  = Jumlah klas distribusi  
 $N$  = Banyaknya data  
 $\square k$  = Derajat kebebasan  
 $M$  = Parameter, untuk chi-Square= 2

Besarnya nilai kritis ( $X_{cr}^2$ ) dapat dilihat pada Lampiran 3. Interpretasinya :

1.  $X_h^2 < X_{cr}^2$ , maka distribusi teoritis yang digunakan dapat diterima
2.  $X_h^2 > X_{cr}^2$ , maka distribusi teoritis yang digunakan tidak dapat diterima

#### Debit Banjir Rancangan

Untuk mendapatkan kapasitas saluran drainasi, terlebih dahulu harus dihitung jumlah air hujan dan jumlah air kotor atau buangan yang akan dibuang melalui saluran drainasi tersebut. Debit banjir ( $Q_b$ ) adalah debit air hujan ( $Q_1$ ) ditambah debit air kotor ( $Q_2$ ). Untuk memperoleh debit banjir rancangan, maka debit banjir hasil perhitungan ditambah dengan kandungan sedimen yang terdapat dalam aliran banjir sebesar 10% sehingga diperoleh hasil (Sosrodarsono,1994:328) :

$$Q_{Ranc} = 1,1 \times Q_{banjir}$$

$$Q_{Ranc} = 1,1 \times (Q_1 + Q_2)$$

Tabel 1. Pemilihan kala ulang debit banjir rancangan berdasarkan jenis keperluan

Jenis	Kala Ulang Debit Banjir
Drainase (beton)	20 – 30 tahun
Sanitary	25 – 30 tahun
Stasiun Pompa	15 – 30 tahun

Sumber: L.A. Van Duijl, 1985: 60

Tabel 2. Pemilihan kala ulang debit banjir rancangan berdasarkan kelas jalan

Kelas Jalan	Kala Ulang Debit Banjir
Jalan Tol	100 tahun
Jalan Arteri	50 tahun
Jalan Pengumpul	50 tahun
Jalan Penghubung	25 tahun

Sumber: Hassing 1996 dalam Suripin, 2004: 269.

Tabel 3. Pemilihan kala ulang debit banjir rancangan berdasarkan luas DAS

Luas DAS (ha)	Kala Ulang Debit Banjir	Metode Perhitungan
< 10	2 tahun	Rasional
10 – 100	2 – 5 tahun	Rasional
101 – 500	5 – 20 tahun	Rasional
> 500	10 – 25 tahun	Hidrograf Satuan

Sumber: Suripin, 2004: 241

Tabel 4. Pemilihan kala ulang debit banjir rancangan berdasarkan jenis struktur

Tipe Struktur	Kala Ulang Debit Banjir
Drainase jalan tol	
• 0 – 400 ADT	10 tahun
• 400 -1700 ADT	10 – 25 tahun
• 1700 – 5000 ADT	25 tahun
• > 5000 ADT	50 tahun
Lapangan udara	5 tahun
Jalan Kereta Api	25 – 50 tahun
Drainase Hujan/Badai	2 – 10 tahun
Tanggul	2 – 50 tahun
Saluran Drainase	5 – 50 tahun

Sumber: Viessman and Lewis, 195: 366

ADT: Average Daily Traffic (Lalu lintas harian rata-rata, LHR).

Tabel 5. Pemilihan kala ulang debit banjir rancangan berdasarkan Jenis saluran

Jenis Saluran	Kala Ulang Debit Banjir
Saluran Kuartar	1 tahun
Saluran Tersier	2 tahun
Saluran Sekunder	5 tahun
Saluran Primer	10 tahun

Sumber: Anonim, 1997: 20

Dalam perhitungan ini, kecepatan aliran banjir dianggap konstan meskipun konsentrasi sedimen tinggi.

### 1. Debit Akibat Curah Hujan

Untuk menghitung debit air hujan dalam mendimensi saluran drainasi digunakan metode rasional, karena dapat digunakan untuk perencanaan drainasi daerah pengaliran yang relatif sempit (Sosrodarsono, 1983:144). Bentuk umum dari persamaan Rasional (jika daerah pengaliran kurang dari  $0,8 \text{ km}^2$ ) adalah sebagai berikut (Sosrodarsono, 1983:144) :

$$Q = 0,00278.C.I.A$$

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 ini dapat menghasilkan hidrograf untuk memperhitungkan koefisien limpasan, koefisien tampungan, intensitas hujan dan luas daerah aliran dalam menghitung debit limpasan. Maka rumus rasional termodifikasi (jika daerah pengaliran lebih dari 0,8 km<sup>2</sup>) adalah sebagai berikut (Subarkah,1980:197) :

$$Q = 0,00278 . C_s . C . I . A$$

dengan:

Q = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/det)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rerata selama waktu tiba banjir (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (ha)

C<sub>s</sub> = Koefisien Tampungan

➤ Koefisien Tampungan

Apabila daerah bertambah besar maka pengaruh tampungan dalam pengurangan debit puncak banjir semakin nyata. Untuk menghitung pengaruh tampungan pada metode rasional modifikasi, maka persamaan rasional yang ada ( $Q = C.I.A$ ) dikalikan dengan koefisien tampungan C<sub>s</sub>. Dimana rumus dari koefisien tampungan adalah sebagai berikut:

$$C_s = \frac{2T_c}{2T_c + T_d} \quad (2 - 20)$$

dengan:

T<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

T<sub>d</sub> = Waktu pengaliran/*Drain flow time* (jam)

➤ Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari suatu titik terjauh pada suatu DAS hingga titik pengamatan aliran (*outlet*). Waktu konsentrasi terdiri dari dua bagian yaitu waktu yang diperlukan air larian sampai ke sungai terdekat (T<sub>o</sub>), dan waktu yang diperlukan aliran air sungai sampai ke lokasi pengamatan (T<sub>d</sub>).

Maka, rumus yang digunakan untuk menentukan waktu konsentrasi:

$$T_c = T_o + T_d \quad (2 - 18)$$

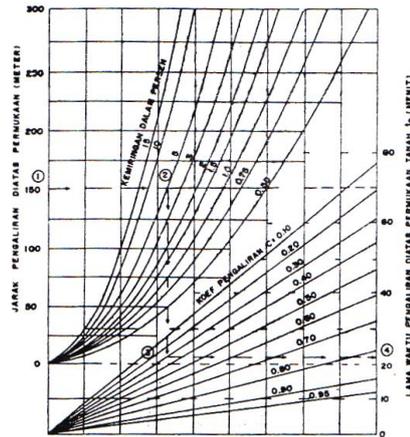
dengan:

T<sub>c</sub> = Waktu konsentrasi (jam)

T<sub>o</sub> = *Overland flow time*/Waktu aliran air permukaan (*runoff*) untuk mengalir melalui permukaan tanah ke saluran/sungai terdekat. Rumusnya adalah sebagai berikut (Suripin,2003:82):

$$T_o = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times Lx \frac{n}{\sqrt{S}} \right] \text{menit}$$

Nilai dari T<sub>o</sub> juga dapat ditentukan dengan menggunakan gambar dibawah ini, ( Subarkah, 1980; 197).



Gambar 2. Diagram Perkiraan *Overland time of flow nomograph (To)*

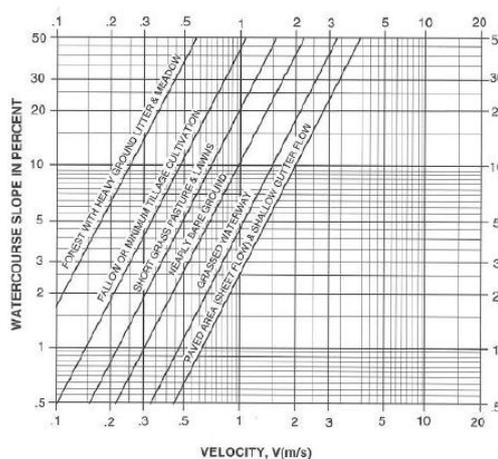
Sumber: Subarkah, 1980;198

Td = Drain flow time/Waktu aliran dimana air jatuh pada titik awal ke outlet pengamatan. Td dapat diperkirakan dari kondisi hidrolik pada saluran. Jika aliran dimana parameter-parameter hidroliknya sulit ditentukan maka Td dapat diperkirakan dengan menggunakan kecepatan aliran yang ditentukan dari Tabel 3.1. Rumus dari Td adalah :

$$T_d = \frac{L_s}{60V} \text{ menit}$$

dengan:

- n = Angka kekasaran manning
- S = Kemiringan lahan
- L = Panjang pengaliran di atas permukaan lahan (m)
- L<sub>s</sub> = Panjang pengaliran didalam saluran/sungai (m)
- V = Kecepatan aliran rerata (m/dt). Berdasarkan Gambar 3.3, atau bila dirumuskan adalah:
  - Untuk permukaan tertutup (*paved*),  $V = 4.918.S^{0.5}$
  - Untuk permukaan tidak tertutup (*unpaved*) =  $6.196.S^{0.5}$



Gambar 3. Perkiraan kecepatan air (untuk saluran alami)

➤ Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) pada suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi oleh:

- Kemiringan daerah aliran
- Struktur geologi tanah
- Jenis permukaan tanah
- Klimatologi

Untuk menentukan harga koefisien pengaliran adalah (Subarkah,1980:51):

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

dengan:

$C_m$  = koefisien pengaliran rata-rata

$A_i$  = luas masing-masing tata guna lahan

$C_i$  = koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan

$n$  = banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu pengaliran

Besarnya koefisien pengaliran dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 6. Koefisien pengaliran berdasarkan karakteristik permukaan

Karakteristik Permukaan	Koefisien Pengaliran
Paving, Asphal, dan beton	0.70 – 0.90
Atap	0.70 – 0.85
Kebun	
• Tanah berpasir datar 2%	0.05 – 0.10
• Tanah berpasir rata-rata 2% -7%	0.10 – 0.15
• Tanah berpasir curam 7%	0.15 – 0.20
Kebun	
• Tanah berat datar 2%	0.13 – 0.17
• Tanah berat rata-rata 2% -7%	0.18 – 0.22
• Tanah berat curam 7%	0.25 – 0.35

Sumber: L.A. Van Duijl, 1985: 30

Tabel 7. Koefisien pengaliran berdasarkan kondisi daerah

Kondisi daerah	Koefisien Pengaliran
Apartemen	0.50 – 0.70
Industri:	
• Jarang	0.50 – 0.80
• Padat	0.60 – 0.90
Lapangan Parkir	0.10 – 0.25
Playgrounds	0.20 – 0.35
Daerah Jalan Kereta Api	0.20 – 0.35
Tak dikembangkan	0.10 – 0.30
Bisnis:	
• Dalam kota	0.75 – 0.95
• Lingkungan sekitar	0.50 – 0.70
Permukiman:	
• Keluarga tunggal	0.30 – 0.50
• Multi-unit, terpisah	0.40 – 0.60
• Multi-unit, berdempetan	0.60 – 0.75
Permukiman sub-urban	0.25 – 0.40

Sumber: L.A. Van Duijl, 1985: 30

➤ Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan (I) menyatakan besarnya curah hujan dalam periode tertentu yang dinyatakan dalam satuan mm/jam.

Untuk mendapatkan intensitas hujan selama waktu konsentrasi digunakan rumus *Mononobe* (Sosrodarsono,1983:145):

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

dengan:

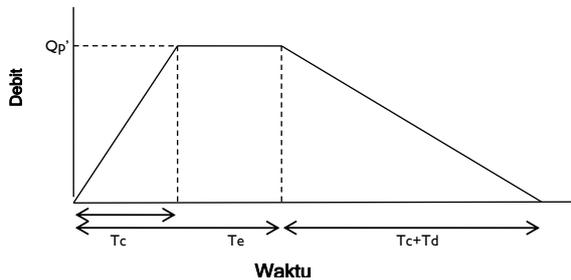
$R_{24}$  = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$tc$  = waktu konsentrasi (jam)

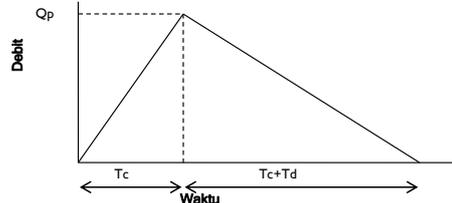
➤ **Desain Hidrograf**

Metode Rasional modifikasi ini diaplikasikan untuk menampilkan hidrograf. Bentuk dari hidrograf ditunjukkan oleh gambar 3.4 dibawah ini :



Gambar 4. Desain Hidrograf Metode Rasional Modifikasi

Untuk daerah tangkapan dimana waktu terjadinya banjir puncak ( $T_e$ ) lebih besar daripada waktu konsentrasi, maka hidrograf ditunjukkan pada Gambar 3.5 Situasi ini pada umumnya terjadi ketika debit rerata outlet pada daerah tangkapan tersebut kurang dari 50% dari debit inflow.



Gambar 5. Desain Hidrograf bila  $T_e > T_c$

Debit puncak  $Q_p'$  didapatkan dari :

$$Q_p' = C_s' \cdot C \cdot I_e \cdot A$$

dengan:

$$C_s = \frac{2T_e}{2T_e + t_d}$$

$T_e$  = Waktu banjir puncak/durasi terjadinya genangan (jam). Ditentukan dari data pengamatan lapangan tentang lama terjadinya genangan.

$I_e$  = Curah hujan rerata yang terjadi pada waktu banjir puncak (mm/jam).

**2. Perhitungan Debit Air Kotor**

Debit air kotor berasal dari air buangan hasil aktivitas penduduk yang berasal dari rumah tangga, bangunan gedung, pabrik dan sebagainya. Untuk memperkirakan jumlah air harus diketahui kebutuhan air bersih rata-rata dan jumlah penduduk kota. Air buangan rumah tangga diperkirakan sebesar 90 % dari kebutuhan rata-rata air bersih, sedangkan untuk fasilitas sosial, pemerintahan dan industri diperkirakan 70 – 90 % kebutuhan air bersih.

Debit air kotor yang merupakan aliran buangan rumah tangga dianalisa dengan menggunakan rumus:

$$Q_K = 150 \text{ liter/jiwa/hari} \times 70\% \times \square \square \text{Penduduk} \times A$$

Penghitungan pertumbuhan penduduk digunakan untuk menghitung resapan jumlah air buangan yang akan ditampung masing-masing saluran. Untuk lingkungan daerah studi perhitungan jumlah penduduk diproyeksikan sama dengan evaluasi dan revisi RTRW Kota Malang dengan pendekatan perhitungan Metode Pertumbuhan Eksponensial.

#### Analisa Hidrolika

Besar kapasitas saluran drainasi dihitung berdasarkan kondisi *steady flow* menggunakan rumus Manning (Chow, 1989) :

$$Q = V \cdot A$$

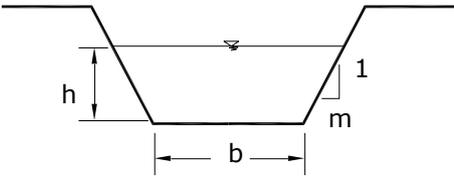
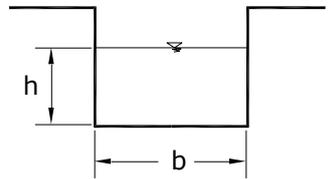
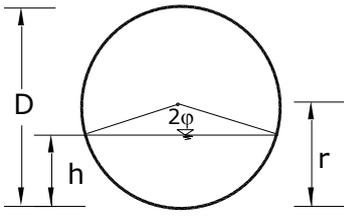
$$V = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

dengan:

- Q = debit air (m<sup>3</sup>/dt)
- V = kecepatan aliran (m/dt)
- A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)
- n = koefisien kekasaran Manning
- R = jari-jari hidrolis (m)
- S = Kemiringan dasar saluran

Rumus ini merupakan bentuk yang sederhana namun memberikan hasil yang tepat, sehingga penggunaan rumus ini sangat luas dalam aliran seragam untuk perhitungan dimensi saluran. Gambar penampang saluran disajikan pada tabel 3.8. Koefisien kekasaran 'n' Manning dapat diperoleh dari Tabel 3.9 dengan memperhatikan faktor bahan pembentuk saluran.

Tabel 6. Gambar Penampang Saluran

Gambar Penampang Saluran	Jenis Penampang Saluran
	Penampang saluran trapesium $A = (b + m \cdot h) \cdot h$ $P = b + 2h\sqrt{1^2 + m^2}$ $R = \frac{A}{P}$
	Penampang saluran segiempat $A = b \cdot h$ $P = b + 2h$ $R = \frac{A}{P}$
	Penampang saluran lingkaran $A = r^2 \left( \varphi - \frac{1}{2} \sin 2\varphi \right)$ $P = 2\varphi r$ $h = r(1 - \cos \varphi)$ $R = \frac{A}{P}$ $\varphi$ dalam radian

dengan:

A = Luas penampang basah ( $m^2$ )

P = Keliling basah saluran (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

b = Lebar dasar saluran (m)

h = Kedalaman air di saluran (m)

d = Diameter saluran (m)

m = Kemiringan saluran

Tabel 9. Nilai Koefisien Kekasaran Manning (n)

Tipe Saluran	n
<b>A. Saluran Tertutup Terisi Sebagian</b>	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas kikisan	0,010 – 0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan	0,011 – 0,014
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013 – 0,017
4. Pasangan bata dilapisi dengan semen	0,011 – 0,014
5. Pasangan batu kali disemen	0,015 – 0,017
<b>B. Saluran dilapis atau disemen</b>	
1. Pasangan bata disemen	0,012 – 0,018
2. Beton dipoles	1,013 – 0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,017 – 0,030
4. Pasangan batu kosong	0,023 – 0,035

Sumber : Ven Te Chow, 1985

➤ Perencanaan Slope Dasar Saluran /Kecepatan Aliran

a. Kecepatan Aliran air yang diijinkan

Pemilihan jenis materail untuk saluran pada umumnya ditentukan oleh besarnya kecepatan aliran air yang akan melewati selokan. jenis material dan kecepatan aliran air yang diijinkan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 10. Kecepatan aliran air ijin berdasarkan jenis material

No	Jenis Bahan	Kecepatan aliran yang diijinkan (m/dt)
1	Pasir halus	0.45
2	Lempung kepasiran	0.50
3	Lanau aluvial	0.60
4	Kerikil halus	0.75
5	Lempung kokoh	0.75
6	Lempung padat	1.10
7	Kerikil kasar	1.20
8	Batu-batu besar	1.50
9	Pasangan batu	1.50
10	Beton	1.50
11	Beton Bertulang	1.50

Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No. 008/T/BNKT/1990, Binkot, Bina Marga, Dep.PU, 1990

Tabel 11. Harga-harga kecepatan maksimum dan koefisien Strickler

No	Bahan	V max (m/dt)	K ( $m^{1/3}/dt$ )
1	Pasangan Batu	2	60
2	Beton	3	70

Sumber : Kriteria Perencanaan 05.

Sedangkan kecepatan aliran ijin berdasarkan debit ditampilkan pada tabel De Vos sebagai berikut:

Tabel 12. Kecepatan aliran air ijin berdasarkan debit

Q (m <sup>3</sup> /dt)	b/h	V (m/dt)	Talud (m)	k
0 - 0.15	1	0.25 - 0.30	1 : 1	45
0.15 - 0.30	1	0.30 - 0.35	1 : 1	
0.30 - 0.40	1.5	0.35 - 0.40	1 : 1	
0.40 - 0.50	1.5	0.40 - 0.45	1 : 1	
0.50 - 0.75	2	0.45 - 0.50	1 : 1	
0.75 - 1.50	2	0.50 - 0.55	1 : 1	
1.50 - 3.00	2.5	0.55 - 0.65	1 : 1	
3.00 - 4.50	3	0.65 - 0.70	1 : 1.5	47.5
4.50 - 6.00	3.5	0.70	1 : 1.5	
6.00 - 7.500	4	0.70	1 : 1.5	
7.50 - 9.00	4.5	0.70	1 : 1.5	
9.00 - 11.00	5	0.70	1 : 1.5	50
11 - 15	6	0.70	1 : 1.5	
15 - 25	8	0.70	1 : 2	
25 - 40	10	0.75	1 : 2	
40 - 80	12	0.80	1 : 2	

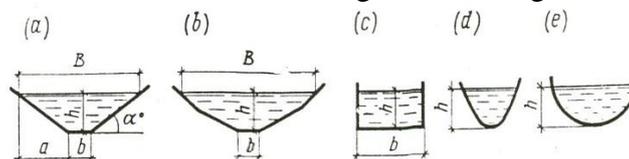
Sumber : Kriteria Perencanaan 05

Angka-angka yang didapat de Vos tersebut didasarkan pengalaman-pengalaman di daerah Pekalen Sampean, hingga sangat tepat sekali bila angka-angka tersebut digunakan dalam rumus-rumus aliran uniform flow.

#### b. Perencanaan Slope Dasar

Penampang efektif saluran yaitu berbentuk, polygon, segiempat, trapesium, parabola, setengah lingkaran atau bentuk lainnya.

Untuk kestabilan slope, maka penampang trapesium dan segiempat lebih sering digunakan dan sering diaplikasikan. Saluran dengan penampang segiempat direkomendasikan lebih utamanya menggunakan pasangan batu. Sedangkan bentuk parabola lebih direkomendasikan untuk digunakan sebagai flume.



Gambar 7. Macam-macam penampang saluran

(a) Trapesium, (b) Poligon, (c) Segiempat, (d) parabola, (e) setengah lingkaran

Lebar dasar saluran minimum pada penampang trapesium dipilih tergantung dengan konstruksi yang digunakan, namun lebar darar saluran tersebut tidak kurang dari 1.5 – 2.0 m. Untuk analisa selanjutnya, dapat digunakan data pada tabel di bawah ini.

Tabel 13. Nilai Pendekatan kemiringan sisi saluran dengan kedalaman lebih dari 5 meter

Jenis Bahan	Side Slope	
	Underwater	Above Water (above berm)
<i>Unweathered rock</i>	0.10 - 0.25	0
<i>Wheated</i>	0.25 - 0.50	0.25
<i>Soil-rock, impermeable</i>	0.50 - 1.00	0.50
<i>Pebble, gravel with Sand</i>	1.25 - 1.50	1.00
<i>Clay, heavy and medium texture loam</i>	1.0 - 1.50	0.50 - 1.00
<i>Light loam, sandy loam</i>	1.25 - 2.00	1.00 - 1.50
<i>Coarse and medium grade sand</i>	1.25 - 2.25	1.50
<i>Fine-grain sand</i>	1.50 - 2.50	2.00
<i>Dusted sand</i>	3.00 - 3.50	2.50
<i>Peat (depending on thickness and extent of decompositon)</i>	0.25 - 2.00	--

Sumber: V. KSolykhatov, 1982:172

➤ Bangunan Gorong–Gorong (*Culvert*)

Berdasarkan lokasi, dikenal ada dua macam pengontrol yang dapat digunakan pada gorong-gorong, yaitu:

• **Kontrol pemasukan (*inlet control*)**

Terjadi jika kapasitas gorong-gorong lebih besar daripada kapasitas pemasukan (Inlet). Kedalaman aliran kritis terletak pada pemasukan dan di dalam gorong-gorong terjadi aliran superkritis.

Besarnya debit yang melalui gorong-gorong dapat dihitung dari persamaan berikut (Henderson 1966 dalam Suripin, 2003;197):

Pemasukan tidak tenggelam atau  $H < 1,2 D$

$$Q = \frac{2}{3} CBH \sqrt{\frac{2}{3} gH}$$

dengan:

B = Lebar gorong-gorong

C = Koefisien kontraksi pada sisi pemasukan. Apabila ujungnya persegi, maka  $C = 0,9$ , sedangkan apabila ujungnya dibulatkan maka  $C = 1$

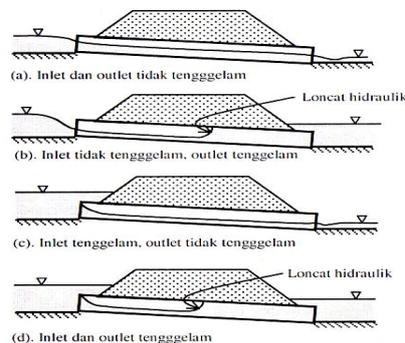
Pemasukan tenggelam atau  $H > 1,2 D$

$$Q = CBH \sqrt{2g(H - CD)}$$

dengan:

D = Diameter gorong-gorong

C = Koefisien kontraksi pada sisi pemasukan. Apabila ujungnya persegi, maka  $C = 0,6$ , sedangkan apabila ujungnya dibulatkan maka  $C = 0,8$



(Sumber : Suripin, 2003;198)

Gambar 8. Kondisi Aliran pada gorong-gorong untuk kontrol pemasukan

• **Kontrol Pengeluaran (*outlet control*)**

Terjadi jika kapasitas gorong-gorong lebih kecil daripada kapasitas pemasukan. Dalam kondisi ini, dapat terjadi aliran subkritis ataupun tertekan di dalam gorong-gorong.

Pada gorong-gorong bertekanan, tinggi tekan air ditentukan dengan menggunakan persamaan energi antara hulu dan hilir sebagai berikut:

$$Z_u + \frac{V_u^2}{2g} = H_f + Z_d + \frac{V_d^2}{2g}$$

dengan:

$Z_u$  = Elevasi muka air hulu (*upstream*) diukur dari datum

$Z_d$  = Elevasi muka air hilir (*downstream*) diukur dari datum

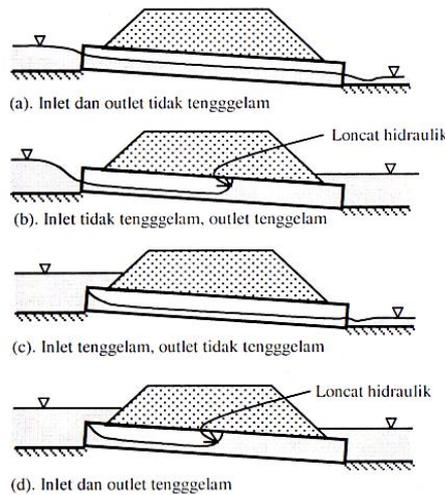
$H_f$  = Total kehilangan energi antara hulu dan hilir gorong-gorong.

Kehilangan energi pada gorong-gorong terdiri dari:

1. Kehilangan energi pada pemasukan (*entrance*),  $h_e = 0,5 \frac{V^2}{2g}$
2. Kehilangan energi sepanjang gorong-gorong,  $h_f = \frac{\lambda L V^2}{D 2g}$
3. Kehilangan energi pada pengeluaran (*exit*),  $h_o = \frac{V^2}{2g}$

dengan :

- V = kecepatan aliran dalam gorong-gorong
- $\lambda$  = koefisien gesekan pada dinding gorong-gorong
- L = Panjang gorong-gorong
- D = diameter gorong-gorong



(Sumber : Suripin, 2003;198)

Gambar 9. Kondisi Aliran pada gorong-gorong dengan kontrol pengeluaran

Tabel 14. Tipe Penampang Gorong-gorong

No.	Tipe gorong-gorong	Potongan melintang	Material yang dipakai
1.	Pipa tunggal atau lebih		Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor, dll.
2.	Pipa lengkung tunggal atau lebih		Metal gelombang
3.	Gorong-gorong persegi ( <i>box culvert</i> )		Beton bertulang

Sumber : Tata Cara Perencanaan Drainase (SNI 03.3424.1994)

### Debit Genangan/Limpasan Yang Terjadi

Debit genangan atau limpasan yang dimaksud adalah selisih antara besarnya debit drainasi yang terdiri dari debit yang berasal dari air hujan dan air limbah penduduk dengan kapasitas saluran drainase yang ada.

**KESIMPULAN**

Dari analisis diatas dapat diambil kesimpulan :

1. Kecepatan rata-rata yang diijinkan dengan dimensi gorong-gorong beton  $\varnothing$  0,4 m adalah sebesar 0,2 m/detik (minimum) sampai dengan 3 m/detik (maksimum).
2. Jenis saluran yang digunakan yaitu box culvert monolit dengan ukuran 100 cm x 100 cm dan box U beton bertulang ukuran 60 cm x 60 cm yang dilengkapi dengan penutupnya.
3. Untuk bak kontrol digunakan bahan beton bertulang dengan penutup ram besi standart.

**SARAN**

Dengan memperhatikan hasil dari pembahasan pada sebelumnya dapat diberikan saran sebagai berikut:

1. Untuk perhitungan debit rencana sebaiknya diperlukan update data dan lebih diperbanyak untuk data dari stasiun curah hujan terdekat
2. Perlunya antisipasi perkembangan jumlah mahasiswa di kampus tersebut
3. Perlunya penelitian ini dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan saluran drainase selanjutnya.

**REFERENSI**

- Undang-Undang No. 1 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Pemukiman  
Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang  
Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air  
Undang-Undang No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah  
Undang-Undang No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup  
Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2011 tentang Sungai  
Peraturan Pemerintah No. 15 Tahun 2010 tentang Penyelenggaraan Penataan Ruang  
Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006 tentang Irigasi Malang Drainase Master Plan (SDMP)  
Rencana Tata Ruang dan Wilayah Politeknik Negeri Malang (RTRW) 2013  
Rencana Detail Tata Ruang Kota