

# **DRAINASE SALURAN TERTUTUP PADA JALAN RAYA**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan**

**Ujian Sarjana**

**Disusun Oleh :**

***SUYANTO***

**NIM : 06. 811. 0065**



**PROGRAM TEKNIK JURUSAN SIPIL**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**MEDAN**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2008**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area (repository.uma.ac.id)2/1/24

# DRAINASE SALURAN TERTUTUP PADA JALAN RAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan

Ujian Sarjana



Disusun Oleh :

**SUYANTO**

NIM : 06. 811. 0065

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Edy Hermanto', written over a horizontal line.

( Ir. H. EDY HERMANTO )

Pembimbing II,

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Kamaluddin Lubis', written over a horizontal line.

( Ir. KAMALUDDIN LUBIS )



DEKAN,

( **DRS. DADAN RAMDAN, M.ENG, MSc** )

Ka. PROGRAM STUDY,



( Ir. H. EDY HERMANTO )

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat ALLAH SWT atas rahmat dan karunia yang telah dilimpahkan kepada kita semua, sehingga memungkinkan penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini walau banyak kendalanya.

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil yang ditetapkan menurut Kurikulum jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan.

Tentunya tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, untuk ini penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Ibu Hj. Siti Mariani Harahap, Ketua Yayasan Pendidikan H. Agus Salim.
2. Bapak Prof. DR. A. YAKUB MATONDANG, Selaku Rektor Universitas Medan Area.
3. Bapak Drs. Dadan Ramdan, M.ENG, MSc. Dekan Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, Ketua Program Study.
5. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, Pembimbing I Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, Pembimbing II Tugas Akhir.
7. Staf Dosen Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
8. Rekan-rekan se-ikatan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area Medan.
9. Kepada keluarga kami yang tercinta khususnya kepada orang tua kami yang telah banyak membantu, baik materi maupun moral selama dibangku perkuliahan hingga selesainya tugas akhir ini.

Menyadari keterbatasan pada diri penulis, dengan secara kerendahan hati penulis mohon maaf atas kekurangan-kekurangan yang terdapat dalam Tugas Akhir ini.

Oleh karena itu kritik serta saran-saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati.

Medan, Januari 2008

Penulis,

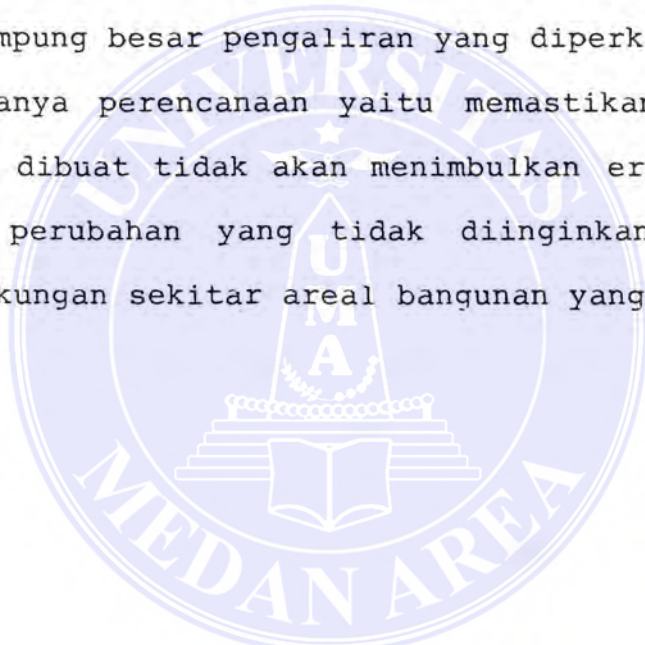
**SUYANTO**



## ABSTRAK

Dalam tugas akhir ini penganalisaan masalah drainase dilakukan dengan mengikuti tahapan-tahapan dasar yakni :

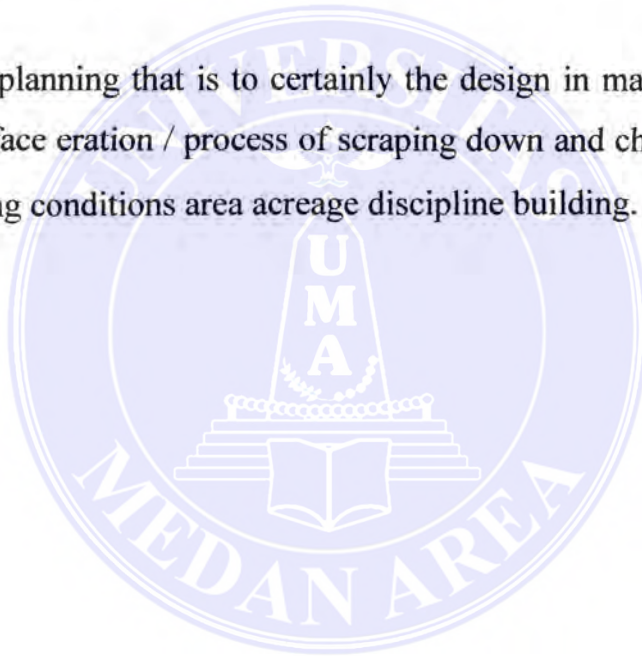
- a. Analisa Hidrologi, yang ditujukan untuk memperkirakan tingkat limpasan yang harus diatasi.
- b. Perencanaan Hidrolika, yaitu memilih jenis dan ukuran dari bangunan yang paling ekonomis dan sanggup menampung besar pengaliran yang diperkirakan.
- c. Idelanya perencanaan yaitu memastikan bahwa disain yang dibuat tidak akan menimbulkan erosi/penggerusan dan perubahan yang tidak diinginkan pada kondisi lingkungan sekitar areal bangunan yang disiplin.



## Abstract

In this end the order drainage analyzing problem done with stage base that is :

- a. Hydrology of analisis, is showed for step resemble possibly run off must be doing.
- b. Hydraulica planning that is kinds select and measuring tape from the building is the most economies and the able intercept large flow resembly possibly.
- c. The ideal planning that is to certainly the design in made never float on the surface eration / process of scraping down and change wan't of surrounding conditions area acreage discipline building.



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	iii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
A B S T R A K .....	ix
 BAB I : PENDAHULUAN	
I.1. Uraian Umum .....	1
I.2. Latar Belakang .....	2
I.3. Tujuan Penulisan .....	3
I.4. Pembatasan Masalah .....	3
I.5. Metodologi .....	4
 BAB II : RUANG LINGKUP PERMASALAHAN DRAINASE SALURAN TERTUTUP PADA JALAN RAYA	
II.1. Uraian Umum .....	6
II.2. Gorong-gorong (Culvert) .....	7
II.2.1. Lokasi dan Pemasangan Gorong Gorong .....	10
II.2.2. Desain Inlet dan Outlet Gorong-gorong .....	12
II.2.3. Pengendalian Sampah (Debris Control) .....	15
II.2.4. Gorong-gorong Jenis Bulat dan Kotak .....	17
II.3. Drainase Banjir di Kawasan Per kotaan (Municipal Storm Drainage) .....	17
II.4. Drainase Bawah Permukaan (Sub- Surface Drainage) .....	22

II.5. Drainase Khusus .....	24
II.6. Perlindungan Saluran Bawah Per mukaan (Protection of Sub- Surface Drain Tile) .....	
II.6.1. Perlindungan Erosi ( Erosion Protection) .....	29
II.6.2. Lapisan Penyaring (Filter)..	31
II.6.3. Kondisi Pembatalan ( Bedding Condition) .....	34
 BAB III : ANALISA HIDROLOGI	
III.1. Uraian Umum .....	39
III.2. Analisa Curah Hujan ( Rainfall Analysis )	
III.2.1. Presipitasi/Curah Hujan dan Pengamatannya .....	42
III.2.2. Curah Hujan Singkat Sebagai Dasar Rancangan Drainase ...	43
III.2.3. Intensitas Curah Hujan (Rainfall Intensity) .....	45
III.2.4. Perhitungan Intensitas Curah Hujan Cara Kwadrat Terkecil (Least Square) .....	49
III.2.5. Prakiraan Kemungkinan Curah Hujan .....	51
III.3. Prakiraan Debit Banjir .....	54
III.4. Limpasan Air Tanah .....	61
 BAB IV : PRINSIP-PRINSIP DESAIN HIDROLIKA	
IV.1. Uraian Umum .....	67
IV.2. Aliran Pada Pipa Saluran Ter- tutup (Flow in Closed Conduits)	69
 BAB V : KESIMPULAN .....	96

DAFTAR PUSTAKA



## DAFTAR TABEL

Tabel III.1.	Derajat Curah Hujan dan Intensitas Curah Hujan .....	46
III.2.	Variabel Normal $c$ yang Sesuai Pada $W(X)$ Utama .....	54
III.3.	Kecepatan Tiba dari Kraven .....	61
Tabel IV.1.	Harga-harga Koefisien Kekasaran Manning ( $n$ ), Untuk Berbagai Material Gorong-gorong .....	94

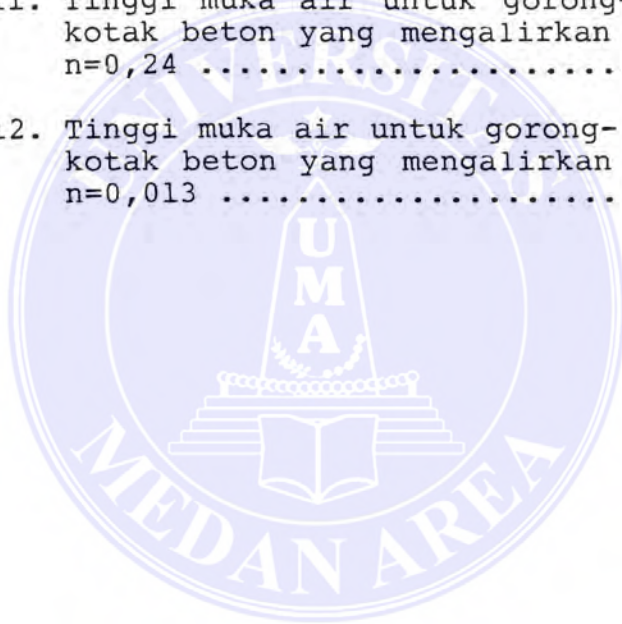


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gbr. II.1. Jenis dan Material Gorong-Gorong. Jenis Logam yang dipakai adalah besi dan baja berlapis seng serta campuran alumunium .....	8
II.2. Penempatan gorong-gorong yang di sesuaikan dengan bentuk saluran asli .....	11
II.3. Contoh Penempatan Gorong-gorong yang disesuaikan dengan bentuk timbunan badan jalan .....	11
II.4. Karakteristik aliran dari beberapa model inlet pipa bundar Mulut tergenang, kontrol mulut..	14
II.5. Pemasangan pengendalian sampah pada mulut gorong-gorong .....	16
II.6. Drainase kawasan perkotaan .....	19
II.7. Saluran bawah permukaan pada jalan raya .....	24
II.8. Pemasangan Gorong-gorong rangkap.	26
II.9. Contoh pemasangan pipa kedap air.	27
II.10. Pemasangan siphon pada jalan raya.....	28
II.11. Perlindungan erosi .....	30
II.12. Lapisan penyaring (filter) pada saluran bawah permukaan .....	31
II.13. Pipa saluran pada parit sempit..	35
II.14. Pipa saluran pada parit lebar...	35
II.15. Three-edge bearing test .....	35
II.16. Sand bearing test .....	36
II.17. Kondisi bantalan saluran bawah permukaan .....	38

Gbr.III.1. Siklus hidrologi di daerah tropis....	40
III.2. Sirkulasi air di bumi .....	41
III.3. Alat ukur hujan jenis siphon.....	43
III.4. Alat ukur hujan otomatis .....	43
III.5. Rumus-rumus dan kurva-kurva intensitas curah hujan optimum yang mungkin setiap tahun tersebut .....	48
III.6. Pertukaran antara air sungai dan air tanah .....	62
III.7. Penambahan air tanah dan peresapannya	63
III.8. Gorong-gorong dengan air yang keluar dari sisinya .....	64
III.9. Gorong-gorong dengan air yang keluar dari sisi-sisi dan dasarnya .....	65
III.10. Gorong-gorong dengan jarak dari dasarnya ke lapisan impermeabel yang dalam .....	66
Gbr. IV.1. Kriteria untuk gorong-gorong pipa, kotak, panjang dan pendek secara hidrolis; <del>dengan kubah beton; dan</del> masukan berbentuk persegi, lingkaran atau pengaruh miring dari dinding ujung vertikal; dilengkapi dengan atau tanpa dinding samping .....	73
IV.2. Kriteria untuk gorong-gorong pendek dan panjang secara hidrolis dengan kubah kasar dari pipa bergelombang...	74
IV.3. Pola aliran pada gorong-gorong standard .....	77
IV.4. Kedalaman muka air untuk gorong-gorong pipa beton dengan kontrol di mulut pemasukan .....	79
IV.5. Kedalaman muka air untuk gorong-gorong pipa logam dengan kontrol di mulut pemasukan .....	80

IV.7. Kedalaman muka air untuk gorong-gorong kotak dengan kontrol lubang pemasukan.....	82
IV.8. Tinggi muka air untuk gorong-gorong pipa beton yang mengalirkan penuh, n=0,015 .....	89
IV.9. Tinggi muka air untuk gorong-gorong pipa logam yang mengalirkan penuh, n=0,024 .....	90
IV.10. Tinggi muka air untuk gorong-gorong pipa busur logam yang mengalirkan penuh, n=0,024 .....	91
IV.11. Tinggi muka air untuk gorong-gorong kotak beton yang mengalirkan penuh, n=0,24 .....	92
IV.12. Tinggi muka air untuk gorong-gorong kotak beton yang mengalirkan penuh, n=0,013 .....	93



## BAB I P E N D A H U L U A N

### I.1. Uraian Umum

Permasalahan drainase pada jalan raya mempunyai ruang lingkup yang sangat luas, meliputi bidang-bidang seperti Hidrologi, Meteorologi, Geologi, Statistik dan bidang yang paling sangat dikenal yaitu Hidrolika.

Sejak semula, pada berbagai proyek pembangunan jalan raya, baik itu berupa proyek izin bangunan ataupun proyek peningkatan jalan yang sudah ada, air hampir menjadi salah satu permasalahan yang cukup penting, karena stabilitas konstruksi jalan dan kemampuannya untuk menahan beban (daya dukung) sangat tergantung pada struktur bangunan pondasi tanah dasar dari jalan tersebut dalam keadaan kering. Setiap penambahan kadar air yang berlebihan merupakan awal terjadinya kehancuran pada jalan tersebut, didalam banyak hal, dapat dikatakan bahwa tanah dasar yang basah dan lembek adalah merupakan salah satu akibat dari proses pengeringan yang kurang sempurna. Oleh sebab itu, bidang drainase menjadi dasar yang dinilai cukup penting dalam setiap perencanaan jalan raya.

Ada dua langkah dasar dalam menyelesaikan masalah drainase pada jalan raya, yakni : Analisa Hidrologi

(hidrologic Analysis) dan Disain Hidrolika (Hydraulic Design). Perencanaan drainase yang baik meliputi satu prakiraan yang sangat akurat tentang besar limpahan air permukaan maksimum untuk berbagai interval kemungkinan (Analisa Hidrologi) sesuai dengan rancangan bentuk dan ukuran dan bangunan fasilitas drainase yang paling ekonomis dan sanggup menampung besarnya Limpasan air prakiraan tersebut (Desain Hidrolika). Korelasi antara kedua analisa dasar ini adalah penting guna mencapai suatu perencanaan yang seimbang, sehingga biaya-biaya yang diperlukan dapat disesuaikan dengan kemampuan dan dana yang tersedia.

## I.2. Latar Belakang

Bidang drainase merupakan salah satu bidang yang sangat penting dan harus dipertimbangkan dengan benar pada waktu merencanakan jalan raya. Sebab, bagaimanapun baiknya konstruksi dari lapisan perkerasan jalan tersebut tanpa dibarengi dengan sistim drainase yang memadai, maka akan terjadilah kehancuran pada jalan sebelum mencapai umur rencana. Apalagi di negara kita yang beriklim tropis dengan curah hujan yang relatif tinggi, faktor pengaruh dari sistim drainase pada konstruksi jalan sangat membutuhkan perhatian yang

seksama, jika dikehendaki agar suatu jalan dapat bertahan lama sesuai dengan umur rencananya.

Berdasarkan pemikiran-pemikiran diatas, maka penulis merasa terdorong untuk mengadakan studi yang lebih mendalam mengenai salah satu bentuk drainase pada jalan raya, yaitu : Drainase Saluran Tertutup Pada Jalan Raya, yang terutama ditujukan pada perencanaan gorong-gorong pada jalan raya perkotaan (rural highway).

### I.3. Tujuan- Penulisan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan suatu sistematika perencanaan drainase saluran tertutup pada jalan raya, khususnya gorong-gorong. Maksud lain dari penulisan ini adalah sebagai bahan masukan bagi rekan-rekan mahasiswa, di samping itu menambah dan mengembangkan cakrawala ilmu pengetahuan penulis sendiri. Juga untuk memenuhi persyaratan ujian sarjana sesuai dengan kurikulum Fakultas Teknik Sipil Universitas Medan Area Medan.

### I.4. Pembatasan- Masalah

Sesuai dengan judul tugas akhir ini, yakni :

"Drainase Saluran Tertutup Pada Jalan Raya" maka penulis merasa perlu untuk membuat batasan-batasan agar tidak terjadi kerancuan dalam isi pembahasan nantinya.

- Untuk itu, karya tulis ini difokuskan untuk membicarakan
- a. Jenis-jenis permasalahan drainase saluran tertutup yang paling sering dijumpai dalam perencanaan jalan raya seperti masalah gorong-gorong, drainase perkotaan, drainase bawah permukaan, drainase khusus dan perlindungan erosi.
  - b. Analisa Hidrologi yang didasarkan pada curah hujan singkat sebagai dasar rancangan yang ditujukan untuk mendapatkan kemungkinan curah hujan dan perkiraan debit banjir (limpahan permukaan).
  - c. Prinsip Perencanaan Hidrolika yang difokuskan pada pengaliran pipa saluran tertutup (gorong-gorong) guna mendapatkan penampung ekonomis.
  - d. Pengaruh dari limpasan air tanah dan juga metode penanggulangannya tidak dibahas secara lebih mendalam. Demikian juga halnya mengenai perencanaan strukturalnya, baik itu ditinjau dari segi analisa biaya maupun analisa pembebanan dan tegangan gorong-gorong.

### I.5. Metodologi

Dalam pengumpulan data-data selama proses penulisan dimulai hingga selesainya tugas akhir ini, penulis memilih metode penelitian kepustakaan (studi literatur), yaitu dengan cara mengumpulkan data-data teoritis yang



ada hubungannya dengan topik pembahasan sebagai bahan masukan dan bahan pertimbangan bagi penulis. Data-data tersebut diperoleh dari buku-buku literatur, karya tulis dan lain sebagainya.



## BAB II

### RUANG LINGKUP PERMASALAHAN DRAINASE

#### SALURAN TERTUTUP PADA JALAN RAYA

##### II.1. Uraian-Umum

Tujuan utama perencanaan dan pembangunan sistem drainase pada jalan raya adalah untuk menjaga kestabilan konstruksi jalan dengan cara menjaga agar muka air tanah rendah. Usaha ini menyangkut 3 langkah utama, yakni :

(a) pengumpulan dan pembuangan air dari permukaan jalan dan areal di sekitarnya, (b) pengumpulan dan pembuangan air tanah yang ada di bawah lapisan permukaan jalan, dan (c) penyaluran air drainase, baik secara alam ataupun yang dikumpulkan, keluar dari areal jalan tanpa merusak badan jalan tersebut.

Seiring dengan perkembangan teknik konstruksi jalan raya yang lebih tinggi. Dewasa ini para ahli perencana jalan dituntut lebih memperhatikan bidang drainase. Rata-rata seperempat dari anggaran biaya pembangunan jalan dihabiskan untuk menyediakan bangunan struktur drainase seperti gorong-gorong dan jembatan; tambahan pengeluaran yang besar pada pembangunan jalan di luar kota dibutuhkan untuk membangun parit, tanggul saluran dan instalasi pengendalian banjir/erosi. Sedang untuk kawasan perkotaan dan pinggiran kota, investasi

modal terbesar digunakan untuk menyalurkan banjir besar berikut perlengkapannya. Disamping itu, pembersihan dan perbaikan fasilitas drainase yang rutin dan ditambah dengan pengeluaran biaya untuk pembangunan ulang setelah terjadinya banjir besar menyerap dana yang besar. (\*

## II.2. Gorong-Gorong (culverts)

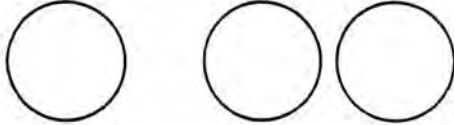


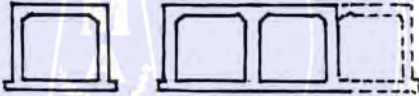

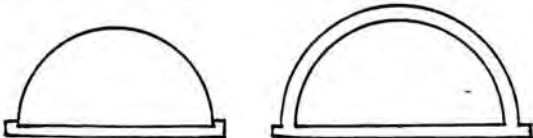
Berbagai pipa saluran tertutup yang dipakai untuk mengalirkan dan melewati limpasan air permukaan dari satu sisi jalan ke sisi yang lainnya disebut gorong-gorong. Secara umum istilah gorong-gorong meliputi semua bangunan bangunan yang berada di bawah jalan raya, jalan kereta api, ataupun tanggul-tanggul yang dipakai sebagai jalur penghubung yang ditempatkan dibawah tanah seperti saluran air, jalur lintasan kabel telepon, pipa kabel listrik, dan sebagainya. Tapi, dalam bab ini pembahasan tentang gorong-gorong, difokuskan terhadap penggunaannya sebagai saluran drainase pada jalan raya.

Gorong-gorong berbeda dalam bahan, ukuran dan bentuk. Ukuran bervariasi mulai dari yang berupa instalasi lebar yang digunakan sebagai pengganti jembatan sampai ke bentuk sirkulasi kecil dan perencanaannya berbeda-beda atau untuk lebih jelasnya

---

\*) Sumber : Clarkson H.Oglesby, R.Gary Hicks, Teknik Jalan Raya, Alih Bahasa : Ir. Purwa Setianto Jilid 1, Edisi Keempat, Erlangga, 1988, hal. 343.

dapat dilihat pada gambar II.1

<u>Jenis Gorong-Gorong</u>	<u>Penampang</u>	<u>Material</u>
Pipa, tunggal atau majemuk Bundar		Logam bergelombang, beton bertulang atau tembok keramik, be-tuang, sem-asbes.
Elips, sumbu panjang vertikal atau horizontal.		Logam bergelombang beton bertulang.
Busur pipa, bentang tunggal atau majemuk		Logam bergelombang beton bertulang pra cetak.
Gorong-gorong kotak bentang tunggal atau majemuk		Beton bertulang.
Gorong-gorong jembatan, bentang tunggal atau majemuk.		Beton bertulang
Busur		Beton bertulang logam bergelombang atau bus pasangan batu atas pondasi beton bertulang

Gbr.II.1. Jenis dan material gorong-gorong, jenis logam yang dipakai adalah besi dan baja berlapis

seng serta campuran aluminium (\*)

Dalam pembahasan selanjutnya, gorong-gorong yang akan dibicarakan adalah jenis pipa bulat dan kotak dengan material beton bertulang (reinforced concrete pipe and box culvert). Disamping itu, gorong-gorong juga harus dikelompokkan sebagai produksi siap pakai supaya standard disainnya dapat dipakai berulang kali. Hal ini sangat berbeda dengan jembatan yang membentang diatas sungai yang lebih besar, dimana umumnya harus dibuat berdasarkan suatu disain yang khusus.

Keuntungan penggunaan gorong-gorong dibanding dengan jembatan antara lain adalah :

- Transportasi mudah dan murah.
- Galian atau timbunan sedikit.
- Perencanaan lebih sederhana.
- Pemasangannya lebih mudah dan sederhana.

Pada umumnya, saluran di bawah jalan seperti gorong-gorong, untuk semua ukuran dan bentuk, total bentangnya hingga 20 kaki (6 m).

Untuk struktur dengan bentang di atas 6 meter dipakai jembatan. Meskipun satuan biaya dari gorong-gorong lebih sedikit dibanding dengan jembatan, tapi jumlahnya jauh lebih banyak dan pada kenyataannya kira-kira seperenam

---

\*) Sumber : Clarkson H.Oglesby, R.Gary Hicks, Teknik Jalan Raya, Alih Bahasa : Ir.Purwo Setianto, Jilid 1 Edisi Keempat, Erlangga, 1988, hal.455.

biaya pembuatan jalan dipakai untuk membangun gorong-gorong. Statistik memperlihatkan bahwa kira-kira 15 sen dari tiap dollar biaya konstruksi jalan raya dipergunakan untuk membangun gorong-gorong, sedang jembatan hanya 10 sen. (\* Jadi jelasnya, perencanaan gorong-gorong sama pentingnya dengan perencanaan jembatan atau bagian lain dari jalan raya dan haruslah dibuat sesuai dengan petunjuk.

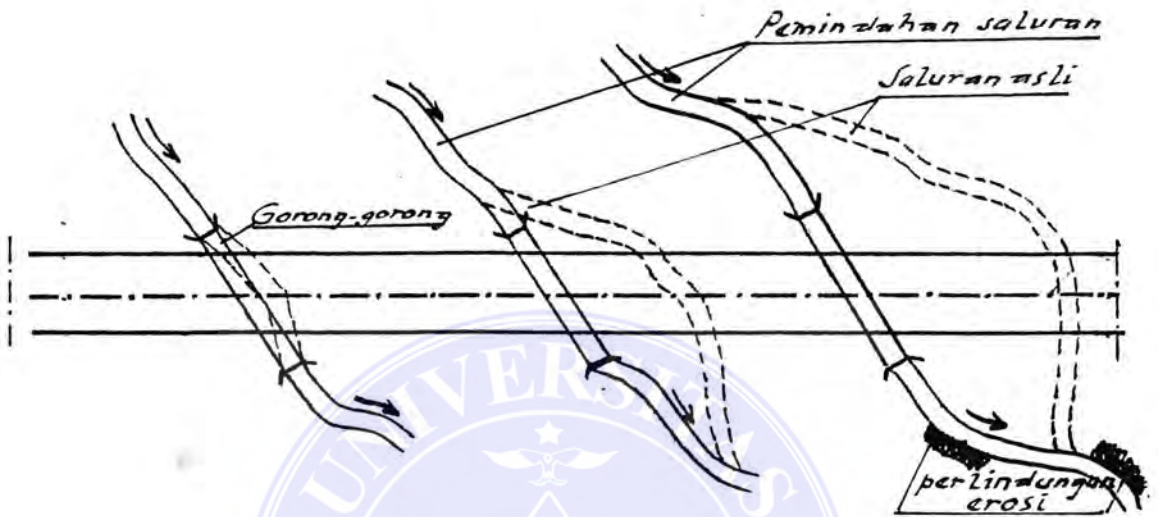
### II.2.1. Lokasi dan Pemasangan Gorong-Gorong.

Pada umumnya, gorong-gorong dipasang di dasar sungai asli dan membentuk garis kelandaian (grade line) dan garis arus (flow line) sesuai dengan saluran alamiah. Dengan pemilihan lokasi seperti ini, gangguan aliran sungai dan masalah erosi/pengikisan dapat ditekan sampai seminimum mungkin. Khusus untuk daerah bergelombang (bergunung), pemasangan gorong-gorong secara tegak lurus dapat mengakibatkan terjadinya pengikisan di satu sisi saluran sedang di sisi lainnya terjadi pengendapan. Sementara itu, pemasangan gorong-gorong dengan sudut besar akan mengakibatkan penambahan biaya karena bangunan struktur yang dibutuhkan menjadi lebih panjang. Penyelesaian yang terbaik biasanya dicapai dengan cara

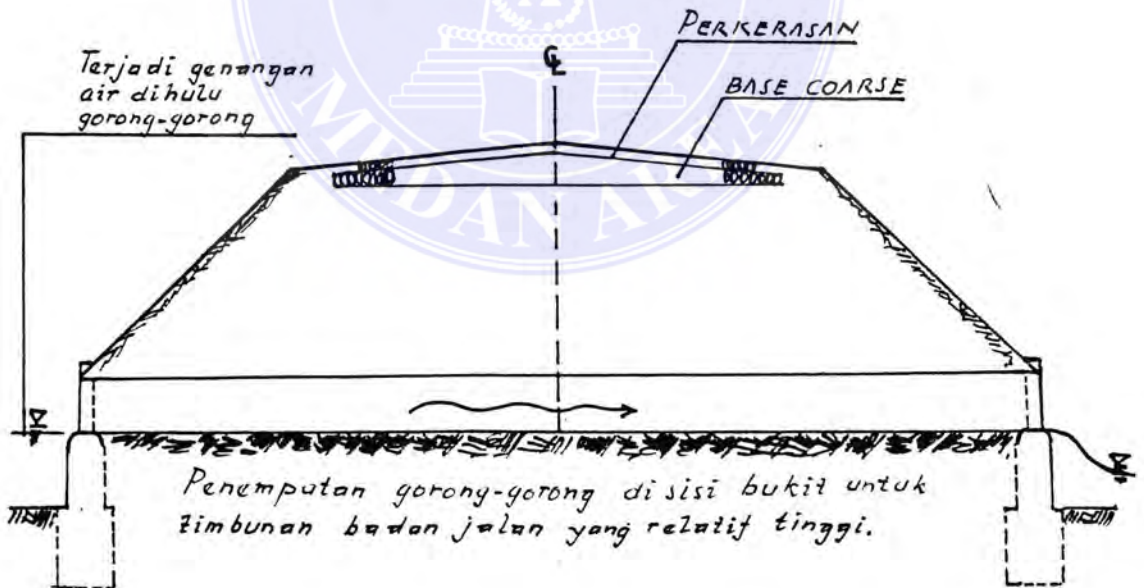
---

\*) Sumber : Kennets B.Woods, Highways Engineering Hand Book, Section 12, Drainage for Highways and Airports, by Eugene M.West, Associate, L.E.Gregg and Associates, Lexington, Ky.

mengurangi sudut penempatan gorong-gorong dan mengadakan perubahan arah saluran guna mengurangi terjadinya pengikisan (lihat Gbr.II.2).



Gbr.II.2 . Penempatan Gorong-gorong yang disesuaikan dengan bentuk saluran asli.



Gbr.II.3. Contoh penempatan gorong-gorong yang disesuaikan dengan bentuk timbunan badan jalan

Untuk timbunan yang relatif tinggi, penempatan gorong-gorong di dalam saluran cukup mahal karena bangunan yang dibutuhkan relatif panjang serta beban yang dipikul gorong-gorong cukup besar. Pemilihan lokasi di sisi bukit dapat mengurangi panjang serta beban yang diterimanya. Namun di pihak lain, perlu dipikirkan pengikisan yang mungkin akan terjadi pada outlet, dan juga terjadi genangan air di atas inlet menimbulkan dampak yang cukup serius terhadap kestabilan timbunan. Untuk sungai dengan dasar yang curam, penurunan lubang masuk gorong-gorong lebih rendah dari dasar sungai atau menempatkan gorong-gorong di sisi bukit kemungkinan merupakan salah satu alternatif pemilihan lokasi yang cukup memuaskan. Masih banyak lagi cara-cara penyelesaian yang dapat di tempuh, tergantung dari permasalahan yang dihadapi di lapangan, tetapi satu hal yang perlu kita ingat, bahwa perencanaan yang kita pilih harus dapat dipertanggungjawabkan baik secara hidrolis maupun strukturnya.

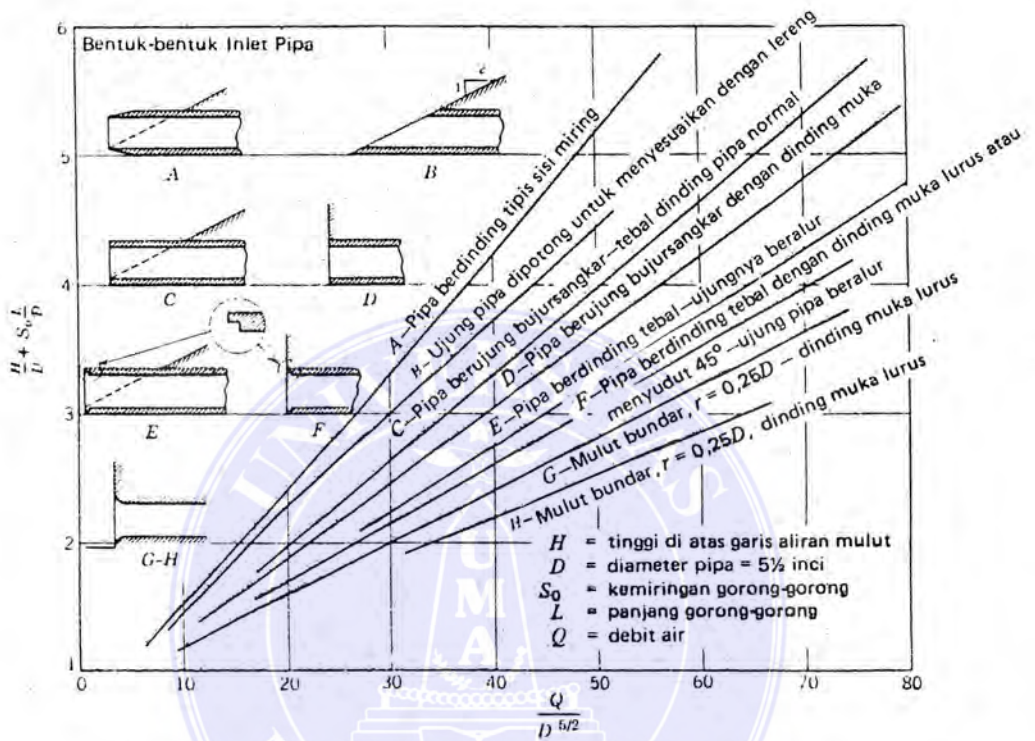
### II.2.2 Desain Inlet dan Outlet Gorong-Gorong.

Didalam istilah teknik hidrolika, desain standar mulut gorong-gorong jalan raya dikelompokkan dalam bentuk : bujur sangkar, bundar, meruncing, atau berbentuk mulut lonceng. Pemilihan desain mulut ini dipengaruhi oleh



jenis material dan bentuk gorong-gorong yang dipakai. Umpamanya, mulut gorong-gorong pipa bergelombang pada umumnya agak melebar, pipa beton umumnya diletakkan dengan ujung lonceng (bell end) dan sudut mulut gorong-gorong kotak beton sedikit terpotong. Namun demikian, tidak satupun bentuk tersebut yang mempengaruhi segi hidroliknya.

Gambar II.4 memperlihatkan ringkasan sekilas dari beberapa penemuan Biro Standar A.S. Mulut bundar (kurva-H) adalah yang paling efektif, sementara pipa berdinding tipis yang menonjol (kurva-A) merupakan yang paling jelek. Kapasitas pipa berujung bujur sangkar dengan dinding muka (kurva-D), yang merupakan desain yang paling banyak dipakai, terletak diantara kedua kondisi ekstrim di atas. Dari kurva-kurva tersebut dapat di buat kesimpulan sementara bahwa dengan desain inlet yang dilakukan dengan seksama, dapat diperoleh pengurangan ukuran gorong-gorong tanpa penambahan elevasi tinggi muka air.



Gbr.II.4 Karakteristik aliran dari beberapa model inlet pipa bundar.Mulut tergenang, kontrol mulut. (\*

Gorong-gorong dengan kemiringan besar atau dilewati oleh debit air yang besar cenderung mengakibatkan kecepatan aliran yang besar, juga dalam hal ini dapat menimbulkan terjadinya pengikisan pada

\*) Sumber : Clarkson H.Oglesby, R.Gary Hicks, Teknik Jalan Raya, Alih Bahasa : Ir.Purwo Setianto, Jilid 1, Edisi Ke-empat, Erlangga, 1988, hal.467.

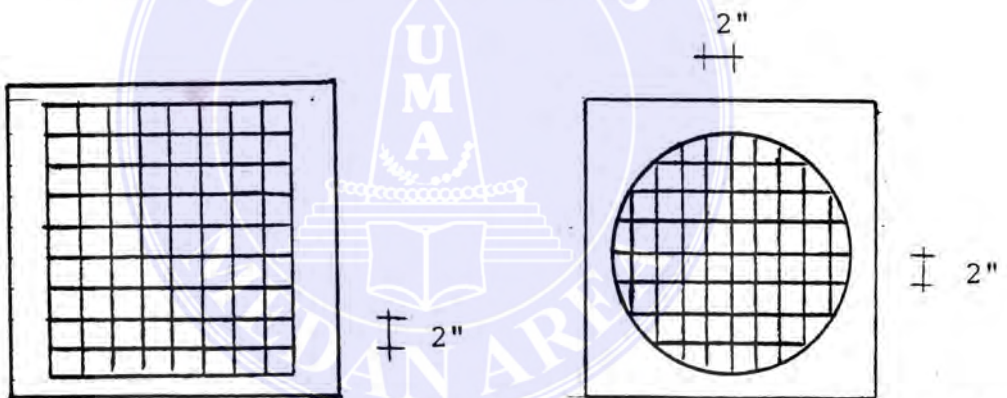
saluran yang tidak terlindung. Beberapa cara untuk mengurangi kecepatan aliran pada gorong-gorong dapat ditempuh, umpamanya dengan memperkasar dasar dan dinding saluran atau memakai pipa bergelombang yang mempunyai hambatan yang lebih besar.

Namun demikian, biasanya kelebihan energi ini diredam di ujung gorong-gorong dengan cara membuat loncatan air untuk aliran super kritis, atau dengan cara mengerahkan aliran air ke kolam berlapis batu. Berbagai cara lain telah dikembangkan untuk meredam kecepatan aliran ini antara lain dengan membuat terjunan di hulu saluran atau inlet terjunan ke gorong-gorong.

### II.2.3. Pengendalian Sampah (Debris Control).

Biasanya, pada saat banjir terjadi, sungai/saluran membawa sampah atau benda-benda terapung lainnya, yang mana sampah-sampah ini dapat menyumbat mulut gorong-gorong sehingga elevasi muka air kemungkinan akan naik yang pada akhirnya air saluran menggenangi permukaan jalan. Kejadian seperti ini cukup berbahaya, karena genangan air cukup berbahaya terhadap lalu lintas dan kestabilan timbunan badan jalan. Jadi apabila kemungkinan gorong-gorong sebaiknya dirancang untuk dapat mengalirkan sampah yang ikut terbawa dalam aliran. Atau sebagai alternatif lain, untuk gorong-gorong yang

mempunyai bentang rangkap, pengendalian sampah ini dapat dilakukan dengan cara memasang dinding pemisah yang menonjol di hulu dimana puncaknya dimiringkan ke bawah. Dengan cara seperti ini, diharapkan sampah akan tersangkut di atas dinding ini atau paling sedikit sampah tersebut akan berputar akibat arus aliran sehingga lebih mudah masuk kedalam gorong-gorong. Dalam beberapa kasus, pemasangan kisi-kisi di hulu gorong-gorong dinilai cukup efektif, tapi pada instalasi semacam ini, diperlukan petugas-petugas untuk mengangkat sampah yang tersangkut setelah banjir terjadi (lihat Gbr.II.5).



Gbr.II.5. Pemasangan pengendalian sampah pada mulut gorong-gorong.

Desain perlengkapan pengendalian sampah ini tergantung pada bentuk sampah atau runtuhan (detritus) yang harus diatasi, volume air banjir dan kondisi tiap medan. Pengalaman dari situasi yang serupa merupakan suatu petunjuk yang paling praktis dan berguna.

#### II.2.4. Gorong - Gorong Jenis Bulat dan Kotak.

Gorong-gorong jenis bulat adalah paling banyak dipakai. karena bentuk ini secara konstruksi efisien dalam kondisi pembebanan paling besar. dan panjang baku dalam kelas kelakuan baku tersedia dari persediaan lokal dengan harga yang wajar. Perlunya pembangunan cor di tempat umumnya terbatas pada perlakuan akhir gorong-gorong yang bersangkutan.

Gorong-gorong dengan penampang persegi dapat dirancang untuk menyalurkan banjir besar dan menyesuaikan hampir semua kondisi setempat. Gorong-gorong persegi menjadikannya lebih siap dibandingkan bentuk lain untuk keadaan tinggi air rendah yang diperkenankan, karena tingginya dapat diturunkan dan panjang total dinaikkan untuk memenuhi persyaratan lokasi. Panjang total yang diperlukan dapat terdiri dari sel tunggal atau majemuk. Waktu pembangunan yang lama yang diperlukan untuk kotak yang di car di tempat merupakan pertimbangan penting dalam pemilihan jenis gorong-gorong ini. (\*)

#### II.3. Drainase Banjir di Kawasan Perkotaan

(Municipal Storm Drainage)

---

\*) Pedoman Drainase Jalan raya  
Penerjemah : Ir.Sutanto MSc.  
Cet.1. Jakarta, 1992.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

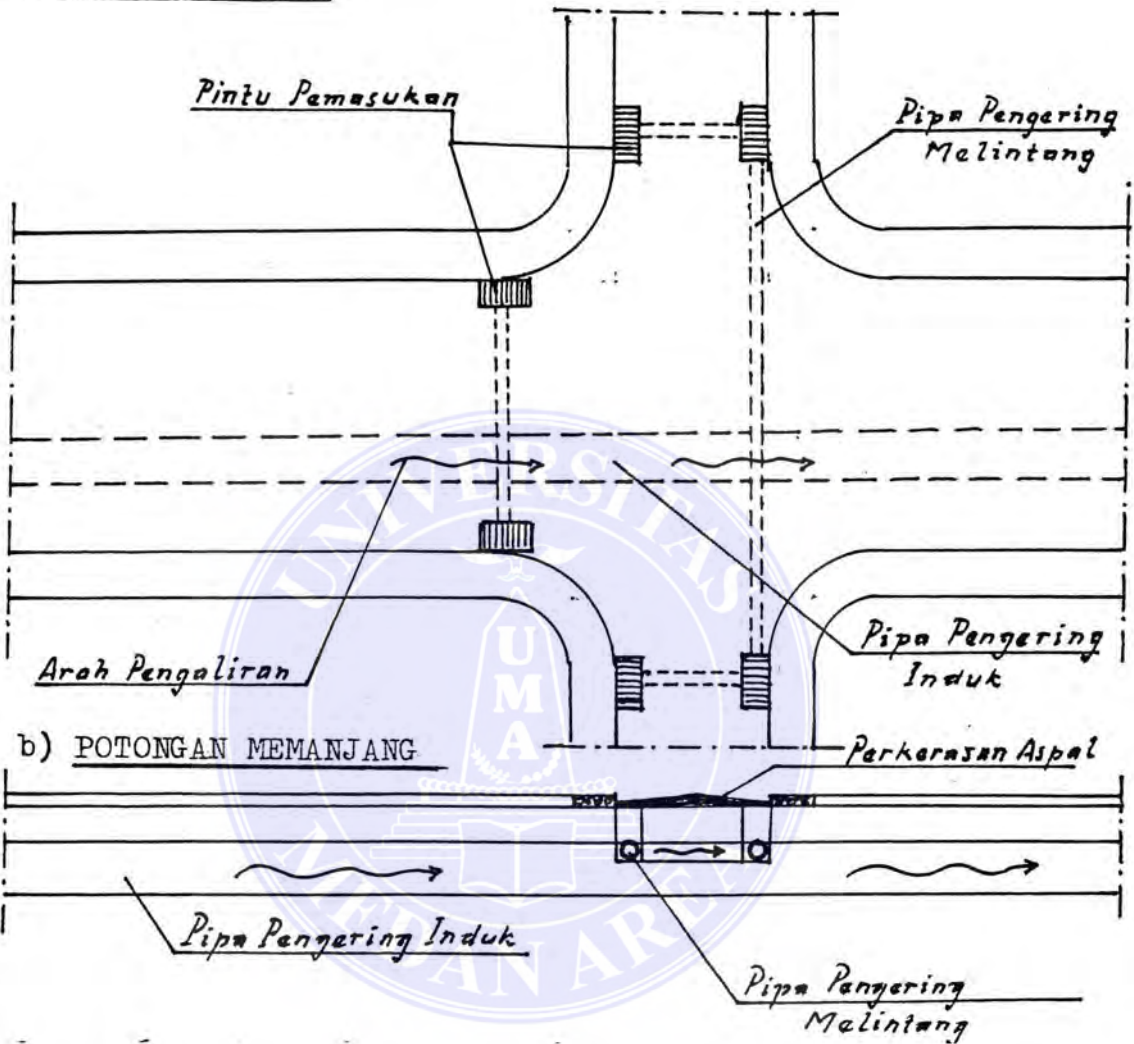
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)2/1/24

Struktur drainase di jalan kawasan perkotaan dan pinggiran kota (rural highway), disamping berfungsi untuk mengendalikan air limbah permukaan jalan dan daerah sekitarnya, juga dirancang untuk dapat berfungsi sebagai saluran air kotor baik itu berupa limbah rumah tangga ataupun limbah industri. Air yang jatuh di dekat jalan atau tempat pejalan kaki di kota dan jalan bebas hambatan serta jalan-jalan ekspres di perkotaan, biasanya diarahkan melalui kemiringan melintang jalan ke parit samping (side ditches), dan sepanjang parit ini air mengalir menuju inlet-kerb atau parit yang lebih besar dan selanjutnya dari sini masuk ke dalam saluran bawah tanah. Pembangunan instalasi semacam ini sangat mahal di banding dengan instalasi bertujuan serupa yang di bangun di jalan luar kota (urban highway). Di lain pihak, pengeluaran ini memiliki dasar pertimbangan yang lebih besar karena fasilitas kota umumnya dibebani volume lalu lintas kendaraan yang lebih besar dan biasanya juga melayani pengendara sepeda dan pejalan kaki. Lebih lanjut, kerusakan harta benda akibat banjir di kawasan perkotaan mungkin sangat besar, sehingga permasalahannya cukup kompleks.

Problema drainase di daerah ini bertambah terutama disebabkan oleh 2 hal, yakni : sifat kedap air dari tanah (permeabilitas tanah rendah) di daerah ini

a) TAMPAK ATAS



Gbr.II.6. Drainase kawasan perkotaan.

menyebabkan limpasan yang sangat tinggi dan yang kedua adalah kurangnya ruang bebas untuk membangun selokan samping atau talud, dan adanya perlengkapan-perengkapan kota seperti kawat-kawat listrik, pipa gas dan pipa air minum serta pipa-pipa saluran pembuang limbah rumah

tangga dan industri. Pada hal, ruang bebas ini sangat dibutuhkan untuk mengumpulkan semua air limbah ke dalam suatu sistem pipa saluran dan meneruskannya sedapat mungkin sampai ke saluran pembuang. Pengiriman dan pengumpulan lebih lanjut menambah problema, karena saluran air harus dikumpulkan tanpa terjadi genangan, dan juga pembersihan terhadap beberapa lokasi penyimpanan alami sangat dibutuhkan pada drainase perkotaan ini, di samping pengendalian limpasan puncak. Juga, waktu pengaliran yang relatif pendek mengakibatkan sistem menjadi lebih sensitif terhadap intensitas puncak curah hujan. Saluran pelimpah curah hujan (storm Sewers) sama seperti gorong-gorong dan jembatan, juga direncanakan terhadap berbagai limbah yang berhubungan dengan intensitas dan periode, disesuaikan dengan dana yang tersedia dan jumlah genangan yang dapat ditolerir.

Hidrolika dari saluran pelimpah dan perlengkapannya kemungkinan akan lebih kritis dibanding dengan jembatan dan bangunan gorong-gorong, karena sistem lebih sensitif dan kompleks. Selokan dan inlet saluran di jalan raya dalam kota, umumnya dirancang untuk mengatasi penyebaran air di atas permukaan jalur jalan sampai batas maksimum. Untuk jalan arbei sebidang, AASHTO menganjurkan agar genangan air di jalur luar tidak melebihi 6 kaki (1,8 m) untuk banjir 10 tahunan.



Untuk fasilitas yang terletak di bawah permukaan tanah dianjurkan periode ulang 50 tahun. Selain itu juga disarankan bahwa disain inlet dan sambungan selokan dengan median yang terletak di bawah muka tanah harus didasarkan pada periode ulang yang sama. Saluran air utama untuk jalan bebas hambatan harus dapat menampung banjir besar pada periode 50 sampai 100 tahunan, dan pada jalan arteri, 20 sampai 50 tahun. Perkiraan volume dari banjir didasarkan pada rumus rasional dengan menggunakan besar harga  $c$ , yaitu koefisien limpasan permukaan, antara 0,8 dan 0,9 untuk perkerasan, 0,4 dan 0,6 untuk kerikil, 0,1 sampai 0,7 untuk daerah berumput. (\*)

Disain selokan dan inlet median untuk jalan bebas hambatan dan jalan perkotaan patut mendapat perhatian khusus. Fasilitas ini harus dapat melewati banjir rencana tanpa tersumbat oleh sampah. Di samping itu selokan dan inlet median juga tidak boleh membahayakan kendaraan, yang berarti bahwa inlet harus sama tingginya dengan permukaan selokan atau median. Bila jalan tersebut juga dilalui oleh sepeda, maka lubang pada sisi penutup inlet harus direncanakan sedemikian rupa agar ban sepeda tidak terjebak di dalamnya.

---

\*) Sumber : Clarkson H.Oglesby, R.Gary Hicks, Teknik Jalan Raya, Alih Bahasa : Ir.Purwo Setianto, Jilid 1, Edisi Keempat, Erlangga, 1988, hal.

#### **II.4. Drainase Bawah Permukaan**

(Subsurface Drainage).

Untuk mencegah timbulnya air tanah yang berlebihan dalam sub-grade yang akhirnya akan menyebabkan hilangnya stabilitas karena daya tahan badan jalan yang rendah terhadap berat roda, adalah diperlukan sekali untuk memastikan bangunan fasilitas drainase sub-base yang paling sesuai untuk jalan tersebut.

Kandungan/kadar air (water content) pada sub base dibagi dalam dua kategori utama, yakni : air bebas (free water) dan air kapiler (capillary water), yang mana keduanya harus diperhitungkan oleh para perencana teknik jalan raya guna mendapatkan suatu perencanaan yang baik dan memadai.

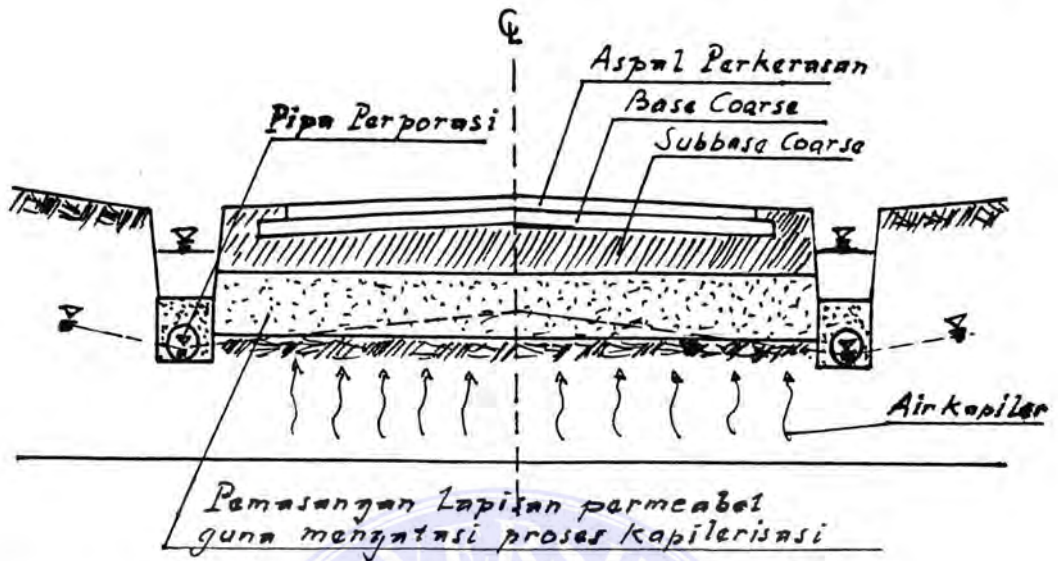
Air bebas berasal dari lapisan di bawah perkerasan ataupun berupa air rembesan dari sub-base. Sedang air kapiler adalah merupakan hasil atau akibat dari terjadinya proses kapillerisasi, dimana partikel-partikel air dipindahkan dari kumpulan air bebas ataupun dari lapisan tanah yang menyimpan banyak air atau lapisan jenuh.

langkah awal dalam pencegahan kondisi sub-surface yang kurang baik akibat pengaruh dari air tanah yang berlebihan adalah dengan cara mengontrol air bebas, kemudian mengurangi sumber-sumber terjadinya

kapilerisasi. Hal ini dapat dilakukan dengan menahan air permukaan agar tidak masuk ke sub-grade. Pengaruh dari air kapiler yang lebih serius dapat dikurangi dengan pengadaan saluran bawah tanah (sub drains) yang bertujuan untuk mengurangi jumlah air (water table) di bawah tanah, yaitu dengan cara memakai bahan-bahan yang lebih mudah ditembusi air (permeabilitas tinggi) untuk sub-base serta pemakaian tanah sub-grade dimana tanah ini membutuhkan air sebagai akibat dalam jumlah yang relatif sedikit (porositasnya rendah).

Pada umumnya, penyediaan sistem drainase bawah tanah membutuhkan biaya awal yang agak tinggi dibanding dengan biaya awal saluran terbuka, tapi bila diperhitungkan biaya hilangnya tanah pertanian pada saluran terbuka, biaya dari kedua sistem tersebut sering sama besar. Di samping itu, saluran bawah permukaan memerlukan pemeliharaan yang lebih sedikit dari pada saluran terbuka. Kerugian dari sistem drainase bawah tanah ini adalah perihal sulitnya untuk mengetahui apakah pengoperasian saluran tersebut telah sesuai dengan kapasitasnya atau tidak.

Material yang dipakai untuk saluran bawah permukaan meliputi variasi yang cukup banyak. Material-material ini meliputi : pipa tanah liat untuk jarak-jarak yang relatif pendek, pipa beton dengan



Gbr.II.7. Saluran bawah permukaan pada jalan raya.

panjang bervariasi, lapisan kerikil penutup di dalam tanah, material kayu ber serat semacam cabang-cabang pohon yang di tanam dalam tanah, saluran pasangan batu tertutup, material serta beraspal, pipa-pipa plastik dan material-material lain yang dapat ditanam dalam tanah dan cukup tahan lama. Semua saluran bawah tanah dipergunakan untuk tujuan yang serupa yakni untuk mencegah terjadinya air tanah yang berlebihan pada lapisan bawah jalan, tanpa membedakan dari material apa saluran tersebut dibuat.

## II.5. Drainase Khusus

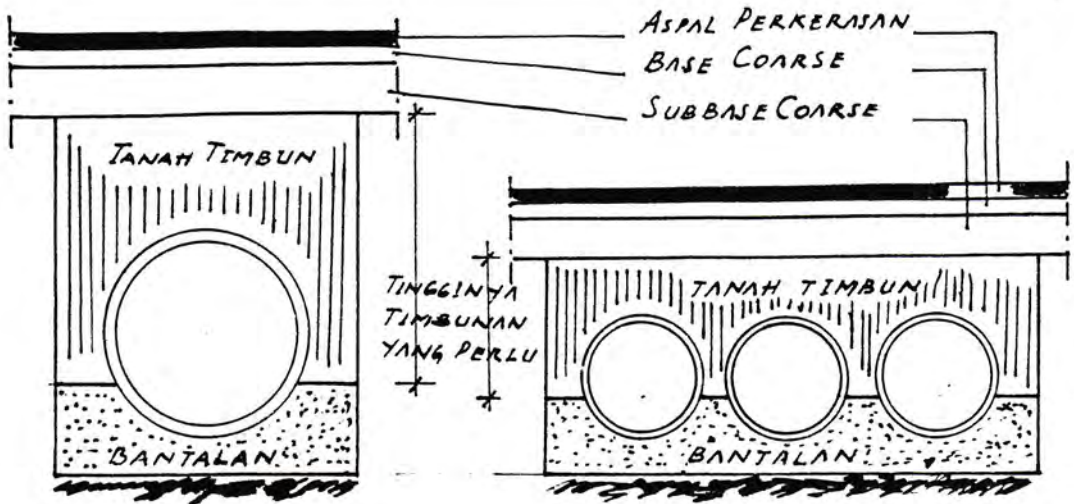
Pada pasal-pasal diatas dibahas mengenai perencanaan dan penggunaan saluran drainase gorong-gorong yang lazim

dipakai pada jalan raya. Selanjutnya, penulis akan mencoba memberikan gambaran sepintas mengenai penggunaan gorong-gorong pada jalan raya yang sifatnya khusus seperti : pemasangan gorong-gorong ganda guna melewati debit aliran yang besar, persilangan saluran irigasi dengan jalan raya yakni dengan menggunakan siphon (gorong-gorong dalam tanah).

### 1. Pemasangan Gorong-gorong.

Umumnya alternatif pilihan ini timbul apabila di lapangan dijumpai permasalahan di mana pengaliran yang memotong jalan raya diperkirakan relatif besar, sementara ruang dalam arah vertikal yang tersedia terbatas, sehingga penggunaan gorong-gorong berukuran penampang besar tidak mungkin. Untuk mengatasi hal ini, para perencana drainase sering memilih penggunaan gorong-gorong berukuran kecil yang dipasang secara rangkap, dimana jumlah luas penampang melintangnya sama dengan luas penampang yang diperlukan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar II.8.

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa pemakaian gorong-gorong A dengan diameter 120 cm dapat diganti dengan penggunaan pipa B dengan diameter 70 cm yang dipasang rangkap tiga. Jelas, dalam pengoperasian ini kapasitas pengaliran ini tidak akan berkurang, karena



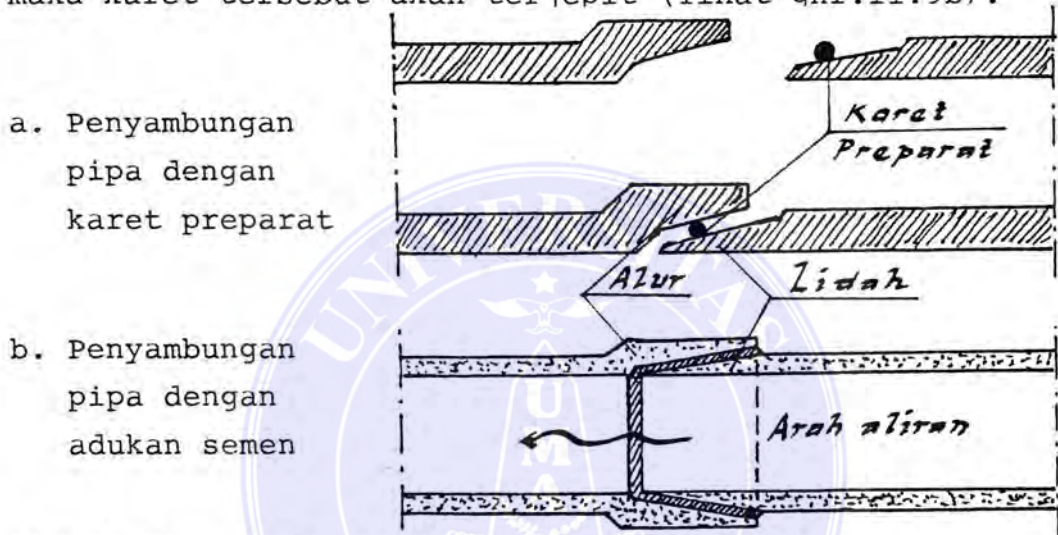
Gbr.II.8. Pemasangan gorong-gorong rangkap.

luas pipa A hampir sama dengan tiga kali luas pipa B. Tetapi, dalam pemakaian gorong-gorong pipa ganda perlu diperhatikan agar ruangan antara pipa-pipa tersebut cukup memadai sehingga pemadatan tanah urusan dapat dilakukan dengan sempurna. Biasanya diambil jarak minimum 30 cm.

## 2. Pemasangan Pipa Kedap Air.

Rembesan air yang terjadi pada bangunan gorong-gorong masih dapat ditoleransi apabila tidak terlalu mempengaruhi stabilitas struktur bangunan pondasi jalan. Namun demikian, pada hakekatnya pipa-pipa ini haruslah bersifat kedap air. Ada beberapa cara yang dapat ditempuh agar pipa gorong-gorong yang kita pakai bersifat kedap air. Cara yang umum di tempuh adalah dengan membuat sambungan alur dan lidah di mana pada

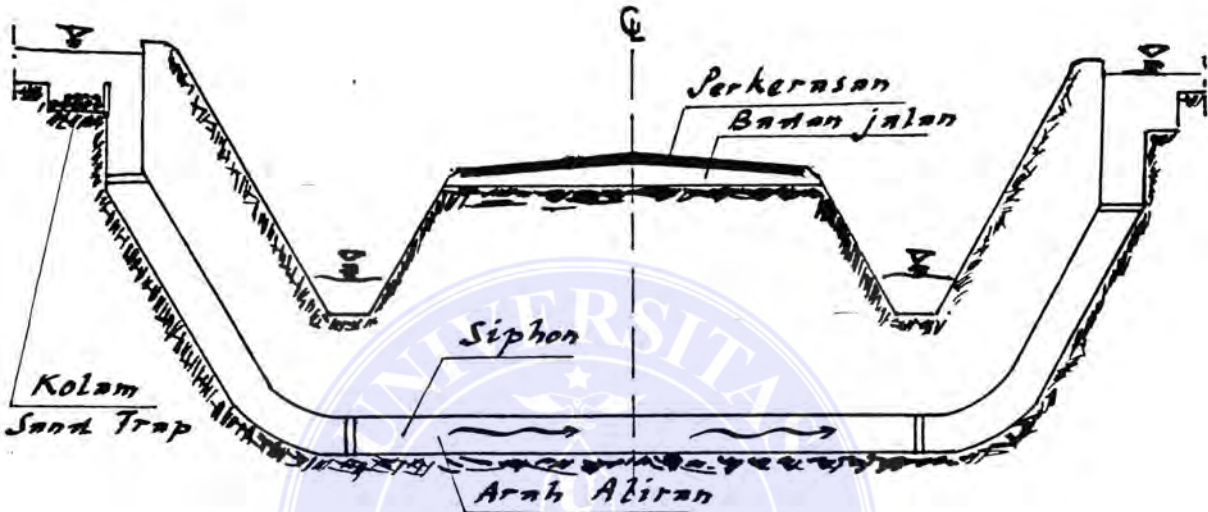
sambungan ini kemudian diberi adukan semen, sebagai terlihat pada gambar II.9a. Sedang bentuk lain dari sambungan kedap air ini adalah dengan menggunakan pipa gorong-gorong beton khusus yang dibuat kedap air dengan memasang cincin karet preparat pada bagian ujung lidah maka karet tersebut akan terjepit (lihat qnr.II.9b).



Gbr.II.9. Contoh pemasangan pipa kedap air.

Contoh dari penggunaan pipa kedap air adalah pada pipa siphon, yang berfungsi mengalirkan air saluran irigasi melalui bawah badan jalan, seperti terlihat pada Gbr.II.10. Karena pipa siphon ini pada umumnya berbentuk yang relatif panjang, dan sering mengalami penyumbatan akibat terjadinya endapan, maka dianjurkan agar pada pintu masuknya dipasang bak beton yang sekaligus berfungsi sebagai kolam pengendapan (sand trap) dengan cara membangun dasar kolam yang diperendah, sehingga

regu-regu pemelihara dapat membuang endapan-endapan tersebut secara berkala.



Gbr.II.10. Pemasangan siphon pada jalan raya.

Siphon sebaiknya tidak digunakan apabila aliran diperkirakan mengangkut sedimen atau sampah yang relatif banyak. Walaupun kecepatan pada saat aliran puncak dapat tetap menjaga kebersihan lubang saluran, endapan dapat terjadi pada saat debit aliran menurun.

## II.6. Perlindungan Saluran Bawah Permukaan

(Protection of Subsurface Drain Tile)

Perlindungan Saluran Bawah permukaan sangat penting karena hal ini merupakan sangat penting karena hal ini



merupakan salah satu faktor yang memungkinkan keadaan tanah di atas/lereng atau tanah di bawah bisa bertahan lama. Dalam hal ini ada 2 perlindungan saluran Bawah Permukaan, yaitu :

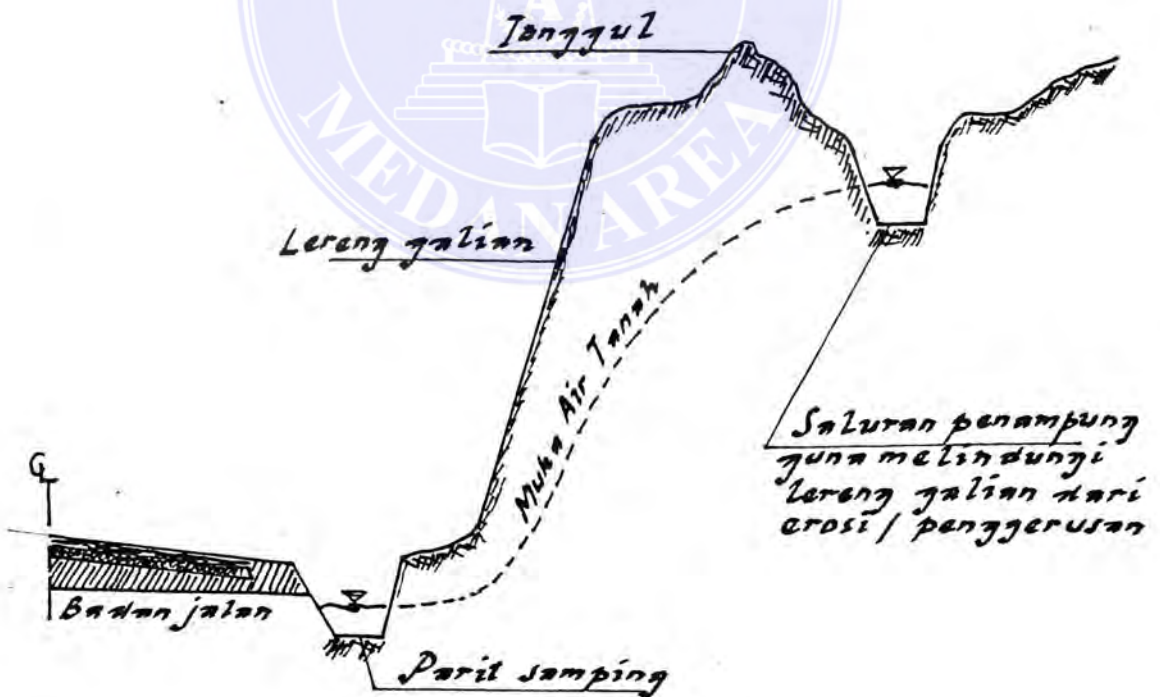
- a. Perlindungan Erosi (Erosion Protection).
- b. Lapisan Penyaring (Filter).

#### II.6.1. Perlindungan Erosi (Erosion Protection).

Umumnya, jika perencanaan struktur drainase di buat dengan baik, maka sumber-sumber untuk terjadinya erosi hampir tidak ada. Dalam kasus-kasus khusus, dimana struktur drainase tidak dirancang untuk sanggup mencegah terjadinya erosi, maka para perencana harus melengkapi struktur drainase tersebut dengan fasilitas-fasilitas lain yang berfungsi sebagai perlindungan erosi.

Pada kasus-kasus gorong-gorong misalnya harus dirancang untuk perlambatan kecepatan dalam tingkat yang tidak akan tererosi pada pintu keluarnya. Prinsip-prinsip yang sama digunakan pada saluran-saluran ataupun selokan. Jika disain hidrolika memungkinkan, perlindungan terbaik adalah dengan memberikan suatu keadaan yang tidak akan menyebabkan terjadinya pengikisan akibat kecepatan pengaliran; tetapi, dalam beberapa kasus kecepatan tidak dapat dikontrol dalam perencanaan ; untuk itu, tindakan-tindakan perlindungan tambahan sangat dibutuhkan.

Perlindungan lereng dan pinggiran jalan akibat limpasan permukaan juga harus dijaga dengan jalan mempertimbangkannya dalam perencanaan. Biasanya, pengumpulan dan penyaluran air yang tergenang di atas tanah dapat melindungi areal tersebut dari proses pengikisan; tetapi bila analisis menunjukkan bahwa kondisi pengikisan terjadi secara merata, ketentuan/syarat-syarat yang sifatnya khusus, menjadi perlu. Hal ini meliputi pembuatan rancangan saluran yang khusus, penyediaan tanda pemeriksaan pada selokan dan pemasangan kolam peredam pintu keluar gorong-gorong.



Gbr.II.11. Perlindungan Erosi (Erosion Protection).

UNIVERSITAS MEDAN AREA

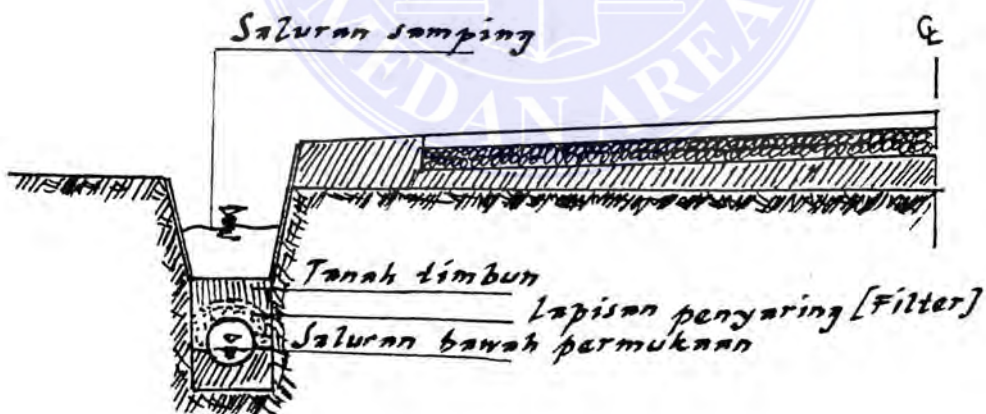
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

### II.6.2. Lapisan Penyaring (Filter).

Setelah saluran selesai dipasang dan tanah timbun dipadatkan secara baik, nasabah besar yang timbul adalah pengaliran air ke dasar (bawa) pipa. Pengaliran ini akan mendesak partikel tanah dan tegangan yang ditimbulkannya sanggup mengangkat partikel tanah ke dalam pipa apabila tegangan tersebut lebih besar dari berat basah partikel tanah. Kondisi seperti ini harus cepat diketahui dan diatasi karena apabila dibiarkan berlangsung terus, stabilitas tanah akan berkurang dan jumlah partikel tanah yang dipindahkan ke dalam pipa saluran akan bertambah yang pada akhirnya dapat menyumbat pengaliran air dalam pipa tersebut.



Gbr.II.12. Lapisan penyaring (filter) pada saluran bawah permukaan.

Perpindahan ini dapat dicegah dengan merancang suatu bentuk lapisan penyaring (filter), misalnya dari material kerikil atau pasir. Kriteria perencanaan suatu filter kerikil guna mencegah mengalirnya pasir atau lumpur ke dalam saluran telah dikembangkan oleh Jawatan Pertanian Amerika Serikat. Perencanaan didasarkan pada rasio antara batasan umum ukuran tanah dan material filter pembungkus. Jawatan tersebut mengajukan kriteria berikut untuk material filter pembungkus. (\*)

$$\text{Uniform Material } \frac{D_{50} \text{ filter}}{D_{50} \text{ filter}} = 5 \text{ hingga } 10$$

$$\text{Graded Material } \frac{D_{50} \text{ filter}}{D_{50} \text{ base}} = 12 \text{ hingga } 58$$

Sedang filter dari material lain harus sedemikian kasar sehingga lebih besar dari tanah sub-grade, atau :

$$D_{15} \text{ filter} < (4 - 5) D_{85} \text{ sub-grade}$$

Selanjutnya, filter harus lebih permeabel dibanding dengan sub-grade, maka :

$$D_{15} \text{ filter} > 5 \cdot D_{15} \text{ sub-grade}$$

Disamping itu, ukuran material filter juga tergantung pada diameter lubang pipa perporasi, yang ditunjukkan oleh ketentuan berikut :

---

\*) Sumber : James Luthin, Drainage Engineering, Chapter 11 hal.185.

$$D_{85} \text{ filter} > 2 \cdot d_0$$

dimana :  $D_{15}$  = 15 % ukuran material pada kurva pembagian ukuran material.

$D_{50}$  = 50 % ukuran material pada kurva pembagian ukuran material.

$D_{85}$  = 85 % ukuran material pada kurva pembagian ukuran material.

$d_0$  = diameter lubang perporasi atau bukaan sambungan pipa.

Material filter yang seragam kurang efektif menyaring partikel tanah atau lumpur. Material ini harus bergradasi baik guna menjamin fungsinya dengan baik. Tetapi, perlu diperhatikan agar filter ini tidak terlalu efektif dalam proses penyaringan, artinya material yang relatif halus seperti tanah liat dapat melewatinya tetapi material yang lebih besar/kasar seperti pasir tidak dapat lewat dari saringan tersebut. Kondisi seperti ini penting guna mencegah agar filter tidak terlalu cepat menjadi impermeabel (kedap air) akibat berkumpulnya partikel tanah liat di sisi luarnya.

Di samping berfungsi untuk menyaring lumpur dan pasir, lapisan pembungkus sekaligus juga berfungsi sebagai konduktor air dengan pintu masuk (lubang berporasi pipa). Fungsi ini penting untuk tanah dasar yang relatif kedap air.

Pengaliran air kedalam pipa saluran bawah permukaan dipengaruhi oleh kondisi hidrolis sekeliling pipa. Jika lapisan pembungkus cukup permeabel, kehilangan head hidrolis akan cepat terjadi di sekitar pipa, yang secara langsung hal ini akan berpengaruh terhadap jumlah pengaliran ke dalam pipa saluran bawah permukaan.

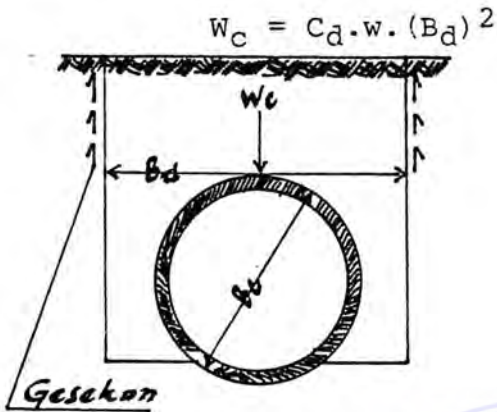
Jadi, kategori di atas, dapat dilihat bahwa di samping berfungsi sebagai filter, lapisan pembungkus juga berfungsi sebagai konduktor pengaliran air ke dalam pipa.

### II.6.3. Kondisi Pembatalan (Bedding Condition).

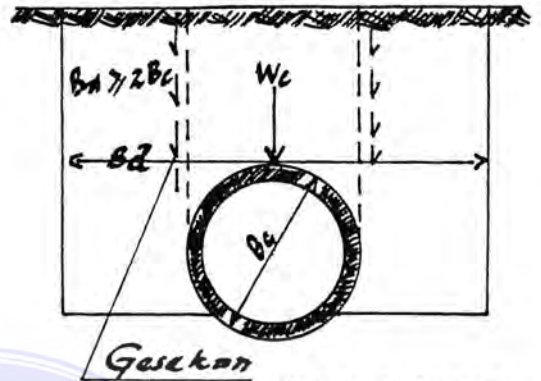
Selain bahaya pengikisan dan penyumbatan saluran pipa bahwa juga sensitif terhadap kerusakan-kerusakan lain seperti : keruntuhan akibat pembebanan yang berlebihan dan penurunan akibat kondisi pondasi yang kurang stabil.

Daya tahan pipa terhadap kerusakan di atas dapat diperbesar dengan cara memilih prosedur pembatalan yang sesuai. Untuk menghitung pembebanan pada pipa, ada 2 formula yang dikemukakan. Satu dari formula itu disebut sebagai Formula Projecting-Conduit, yang mengaplikasikan penempatan pipa pada dasar suatu parit lebar, sedang untuk parit yang sempit dipakai Formula Ditch-Conduit.

- Formula Ditch-Conduit (untuk parit sempit).



Gbr.II.13. Pipa saluran pada parit sempit



Gbr.II.14. Pipa saluran pada parit lebar.

- Formula Projecting-Conduit (untuk parit lebar).

$$W_c = C_c \cdot W \cdot (B_c)^2$$

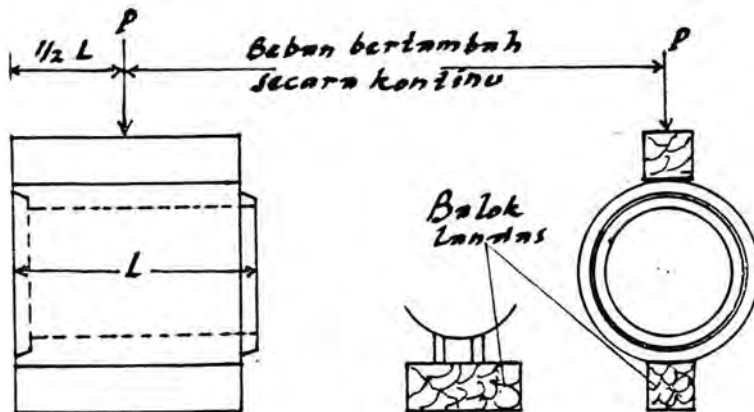
dimana :  $W_c$  = Beban total pipa

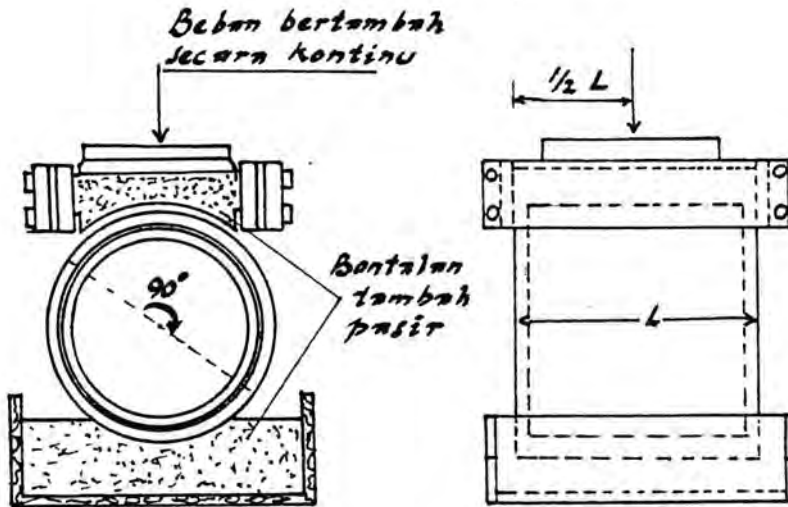
$C_c, C_d$  = Koefisien pembebanan

$B_c$  = Diameter luar pipa saluran

$B_d$  = Lebar parit di puncak pipa saluran

$w$  = Diameter luar pipa saluran.





Gbr.II.16. Sand-bearing test.

Kekuatan pipa saluran sangat erat hubungannya dengan besar beban dan tegangan yang dapat dipikulnya. Ada 2 metode yang umum dipakai dalam pengujian pipa saluran rigid (kaku). Metode yang sering dipakai adalah Three-Edge Bearing Test. Peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian ini cukup simpel. Pipa ditempatkan pada balok kayu seperti pada gbr.II.15. Kemudian dasar dari pipa ditopang pada 2 tempat. Puncak pipa dibebani dengan suatu beban yang bertambah secara kontiniu. Pengujian ini dapat dikerjakan dengan dongkrak mekanik atau sibten hidrolik. Sedang dalam Sand-Bearing Test, bagian dasar pipa dipotong dengan suatu bantalan pasir (lihat gbr.II.16).

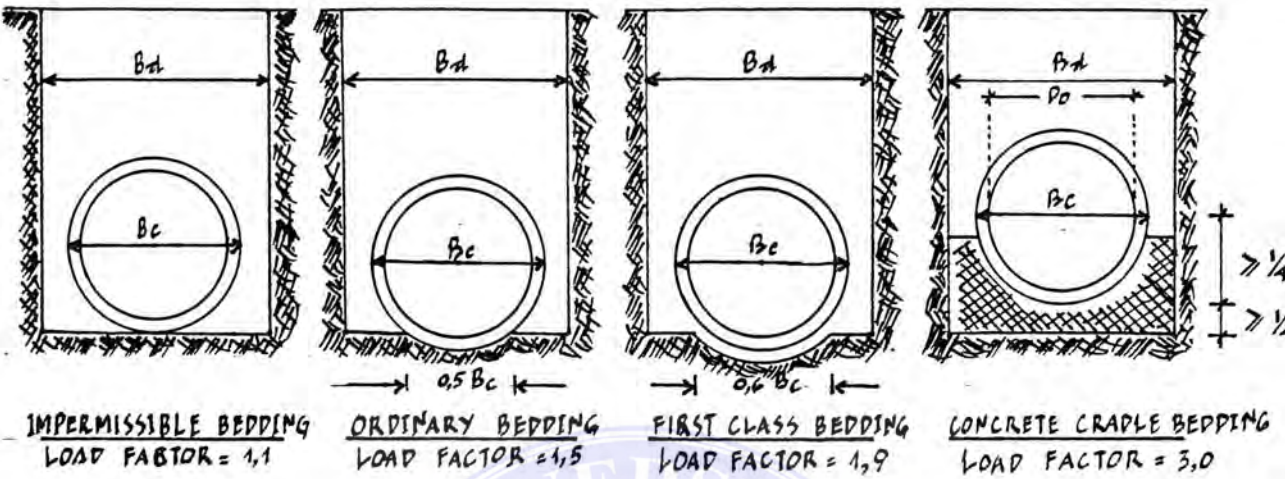


Tetapi, sebagaimana telah kami utarakan dalam pasal Pembatasan Masalah, mengenai analisa pembebanan dan tegangan gorong-gorong tidak kami bahas secara mendalam. Di lihat pada appendiks ASTM C412-60, Standard Specification for Concrete Drain Tile, ASTM C4-59T Tentative Specifications for Clay Drain Tile, atau pada Concrete Pipe Handbook yang diterbitkan oleh American Concrete Pipe Association.

Cara pembatalan (bedding) pipa mempunyai pengaruh pada jumlah beban yang dapat dipikulnya. Faktor beban menggambarkan perbedaan jumlah tersebut. Makin baik kelas pembatalan, maka faktor bebanya pun akan semakin besar juga.

Beberapa type pembatalan ini digambarkan pada Gbr.II.17. Ordinary Bedding adalah salah satu bentuk pembatalan yang paling umum di tentukan pada instalasi drainase. Kondisi ini hampir menyerupai Sand-Bearing Test dengan faktor beban 1,5. Jika pipa hanya ditempatkan di dasar suatu parit, merupakan kondisi impermissibel Bedding dengan faktor beban 1,1.

First Class Bedding dengan faktor beban 1,9 dan Concrete Cradle Bedding dengan faktor beban 3,0 tidak umum dipakai pada instalasi drainase pertanian, tetapi sering diperlukan untuk instalasi pipa saluran bawah permukaan pada bendungan tanah, tanggul dan jalan raya.



Gbr.II.17. Kondisi pembantalan saluran bawah permukaan.

## BAB III

### ANALISA HIDROLOGI

#### III.1. Uraian Umum.

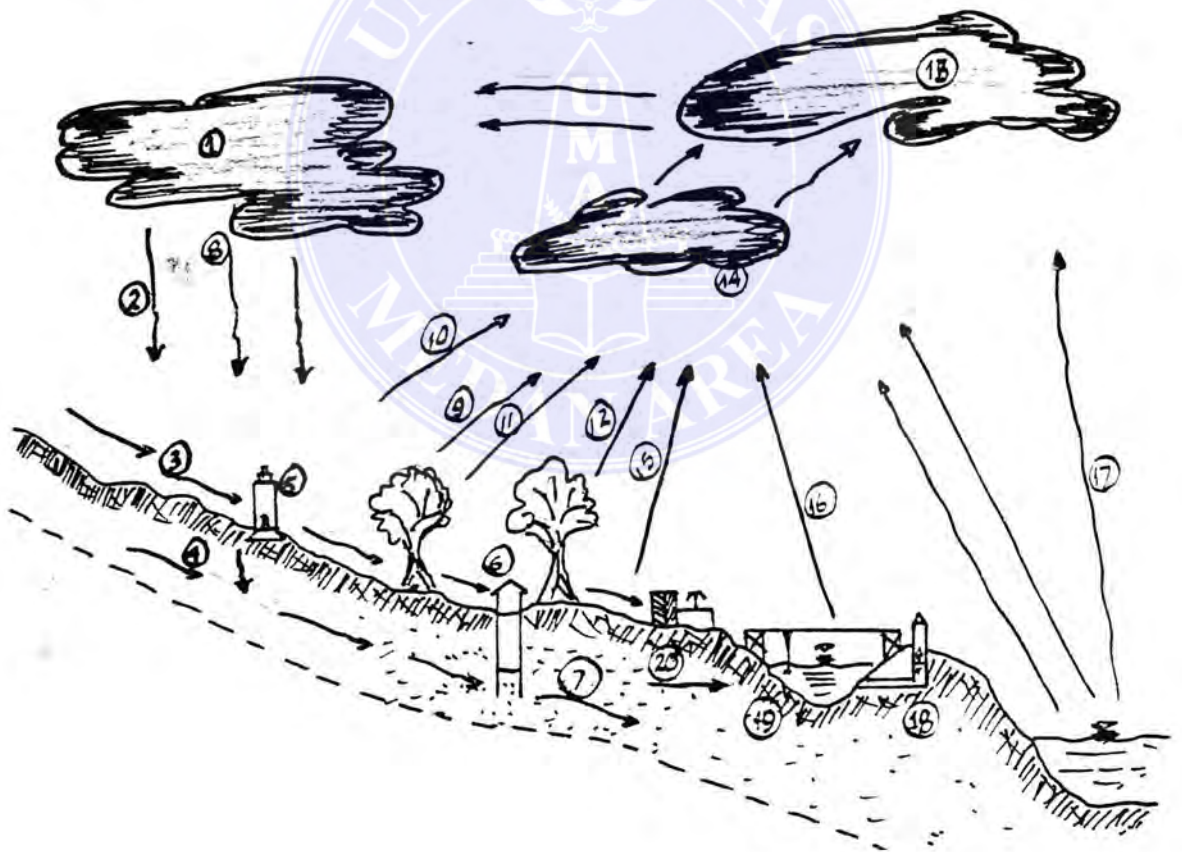
Menurut defenisi, Hidrologi adalah suatu ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan proses-proses pertambahan dan pengurangan sumber-sumber air yang ada di daratan bumi ini. Air di bumi mengulangi secara kontinu sirkulasi ; penguapan (evaporasi), curah hujan (presipitasi) dan pengaliran keluar (out flow). Penguapan yang terjadi melalui permukaan tanah dan permukaan kumpulan-kumpulan air (waduk, sungai, danau ataupun lautan), lazim disebut dengan evaporasi, sedang penguapan yang terjadi melalui tumbuh-tumbuhan disebut transpirasi.

Air hujan yang jatuh di atas permukaan bumi sebahagian kecil akan terabsorpsi ke dalam tanah (infiltrasi), sedang yang lainnya akan menjadi limpasan permukaan (surface runoff). Air yang meresap ini, ada yang segera keluar kembali ke permukaan melalui mata-mata air, (aliran intra = inter flow), tapi sebahagian besar akan tetap tersimpan dalam tanah sebagai air tanah (ground water). Air tanah ini umumnya membutuhkan jangka waktu yang relatif lama untuk dapat muncul kembali ke permukaan, yang biasa disebut dengan limpasan air tanah (ground water runoff). Semua bagian-

bagian air yang disebutkan di atas tadi, pada akhirnya akan mengalir menuju sungai, danau, waduk ataupun lautan.

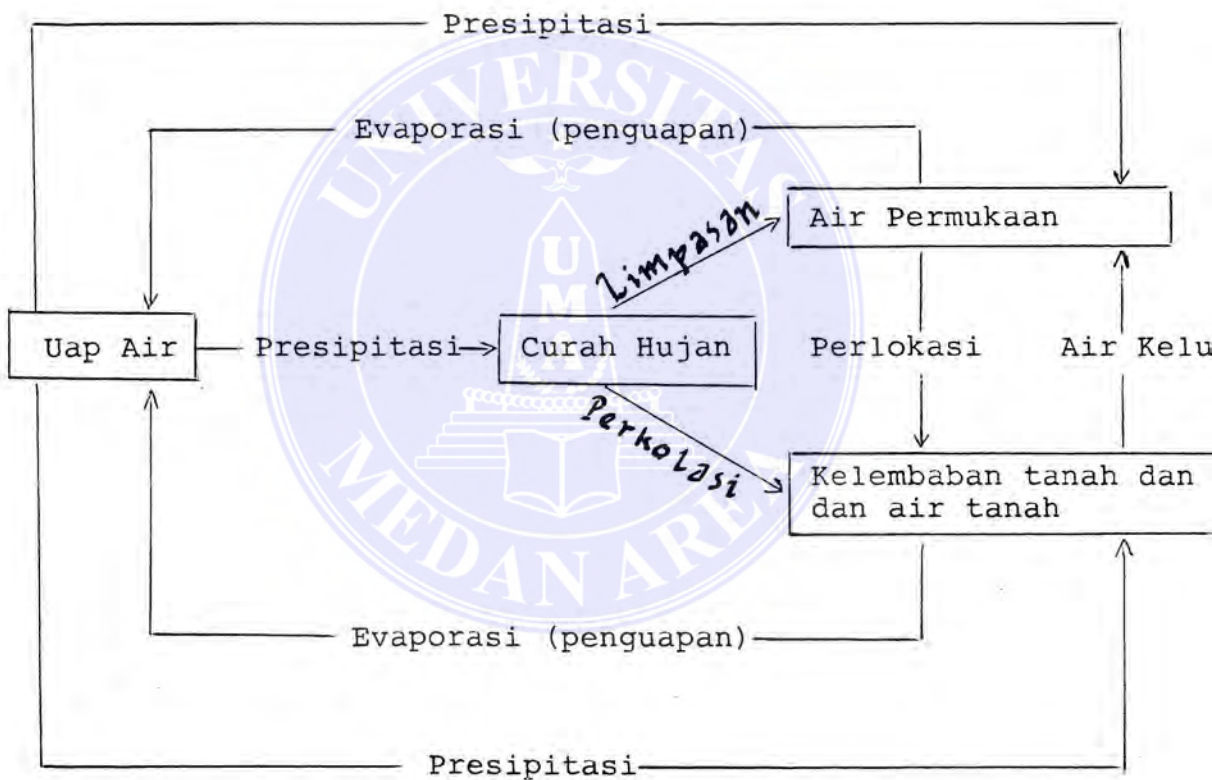
Jadi, dari uraian-uraian tersebut, dapat diketahui bahwa sungai pada umumnya akan mengumpulkan dan mengalirkan 3 jenis limpasan, yakni : (1) Limpasan permukaan, (2) aliran intra dan (3) limpasan air tanah. Untuk lebih jelasnya mengenai proses perputaran air di bumi, dapat diperhatikan.

Gbr.III.1. dan gbr.III.2.



Gbr.III.1. Siklus Hidrologi.

- |   |  |
|---|--|
| 1. Awan dan uap air di udara                  | 11. Evapotranspirasi                               |
| 2. Hujan                                      | 12. Transpirasi                                    |
| 3. Limpasan permukaan                         | 13. Awan dan uap air                               |
| 4. Perkolasi                                  | 14. Evaporasi                                      |
| 5. Alat ukur hujan                            | 15. Evaporasi dari tanah                           |
| 6. Sumur pengamatan                           | 16. Evaporasi dari sungai<br>sungai & danau-danau. |
| 7. Air Tanah                                  | 17. Evaporasi dari laut                            |
| 8. Presipitasi                                | 18. Pengamatan debit                               |
| 9. Intersepsi                                 | 19. Pengamatan kualitas air                        |
| 10. Evaporasi dari hujan yang<br>sedang jatuh | 20. Pengamatan evaporasi.                          |



Gbr.III.2. Sirkulasi air di bumi.

Karena hidrologi ini sangat erat hubungannya dengan peristiwa pergerakan air, baik di atas maupun di bawah permukaan tanah, maka bidang hidrologi ini cukup menarik

perhatian bagi para perencana teknik drainase. Ahli-ahli teknik drainase harus berhubungan dengan berbagai elemen dasar yakni menyangkut curah hujan dan limpasan (rainfall and runoff) dengan frekwensi dan Intensitas curah hujan (rainfall intensity) yang menyebabkan terjadinya limpasan maksimum tersebut.

### III.2. Analisa Curah Hujan (Rainfall Analysis)

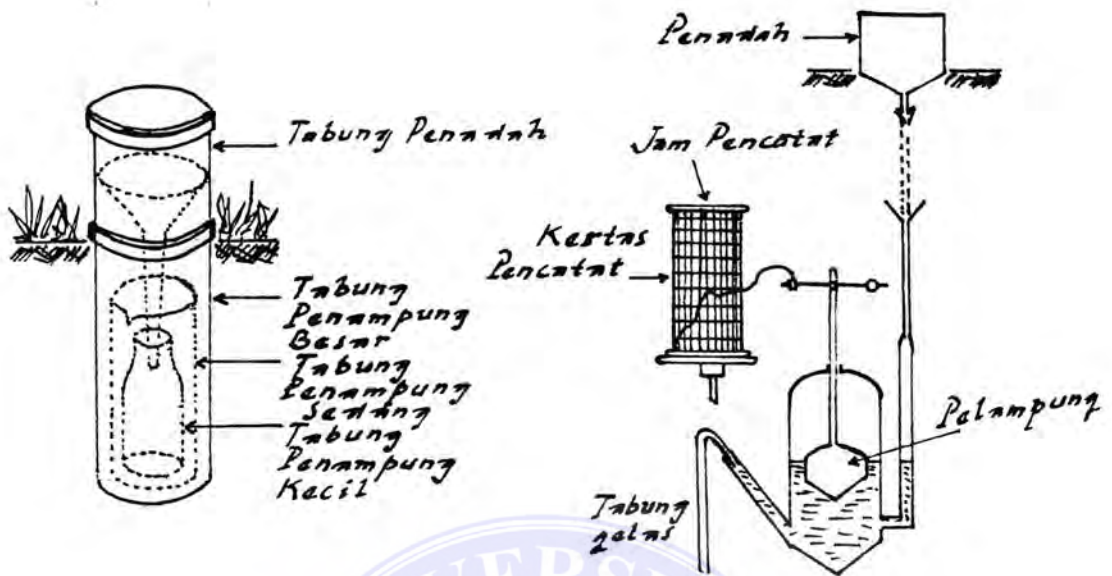
Dalam analisa curah hujan masalah yang akan di bahas adalah :

#### III.2.1. Presipitasi/curah hujan dan pengamatannya.

Presipitasi adalah nama umum dari uap air yang mengkondensasi dan jatuh ke permukaan tanah, biasanya dinyatakan dengan dalamnya presipitasi (mm).

Pengamatan curah hujan dilakukan dengan mempergunakan alat ukur curah hujan, yang dapat dibedakan dalam 2 jenis, yaitu ; jenis biasa dan jenis otomatis.

Alat ukur biasa ditempatkan di daerah terbuka, dimana bagian atasnya dipasang 20 cm lebih tinggi dari permukaan tanah di sekelilingnya dan pada umumnya dipilih daerah berumput. Lihat gbr.III.3. Ketelitian pembacaan sampai 1/10 mm. Pembacaan dilakukan sekali dalam satu hari (pada pagi hari). Perlu diperhatikan curah hujan kurang dari 0,10 mm harus dicatat sebesar 0,00 mm.



Gbr.III.3 alat ukur hujan      Gbr.III.4 alat ukur hujan otomatis jenis sifon

Untuk pengamatan curah hujan secara kontinu dipergunakan alat ukur otomatis. Gbr.III.4 memperlihatkan alat ukur hujan otomatis jenis siphon. Air hujan ditampung di dalam sebuah silinder dimana terdapat sebuah pelampung. Seiring dengan pertambahan air hujan yang tertampung, pelampung akan terangkat, sehingga dengan sendirinya curah hujan tersebut akan tercatat pada suatu sistim kertas pencatat berputar yang dihubungkan dengan pena pencatat pada pelampung tadi.

### III.2.2. Curah hujan singkat dasar rancangan drainase

Hal yang penting dalam pembuatan rancangan dan

rencana drainase adalah distribusi curah hujan. Distribusi curah hujan umumnya berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau, yakni ; curah hujan per-jam. Harga-harga yang diperoleh ini dapat dipergunakan untuk menentukan prospek dikemudian hari dan akhirnya untuk rancangan sesuai dengan tujuan yang dimaksudkan.

Dalam pembuatan rancangan dan rencana (misalnya perhitungan potongan melintang saluran drainase), yang berdasarkan volume debit (yang disebabkan oleh curah hujan) dari daerah pengaliran kecil, seperti perhitungan debit banjir gorong-gorong melintas jalan, curah hujan yang diperlukan adalah curah hujan jangka waktu pendek, bukan curah hujan bulanan atau tahunan.

Intensitas curah hujan jangka waktu yang singkat tersebut (biasanya 2 jam) dirubah menjadi intensitas curah hujan per-jam. Volume debit dihitung berdasarkan rumus rasional yang menggunakan intensitas curah hujan tadi.

Makin pendek jangka waktu curah hujan, maka sebaliknya intensitasnya akan semakin besar. Hal ini erat hubungannya dengan sifat-sifat curah hujan yang tidak konstan, kadang-kadang berhenti atau menjadi lemah/kecil, sehingga jika jangka waktu curah hujan yang diambil relatif panjang maka intensitasnya akan



menjadi kecil.

Selain itu, apabila daerah pengaliran makin kecil maka jangka waktu curah hujan atau waktu konsentrasi (time of concentration = arrival time = waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir dari titik paling jauh ke titik yang ditentukan dibagian hilir daerah pengaliran) akan semakin besar. Namun demikian, meskipun jangka waktu itu sama, intensitas curah hujan akan berbeda-beda yang tergantung dari kemungkinan frekuensi kejadiannya. Seperti telah dikemukakan di atas, untuk menghitungnya volume debit dari sebuah daerah pengaliran yang kecil, kita harus mempelajari benar-benar tentang intensitas curah hujan jangka waktu yang pendek, lamanya curah hujan, frekuensi kejadiannya, karakteristik daerah pengaliran.

### III.2.3. Intensitas Curah Hujan (Rainfall Intensity)

Intensitas curah hujan adalah derajat atau jumlah curah hujan dalam satu satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam mm/jam. Jadi intensitas curah hujan berarti jumlah presipitasi/curah hujan dalam jangka waktu yang relatif singkat (biasanya 2 jam). Intensitas curah hujan ini dapat diperoleh /dibaca dari kemiringan kurva (tangen kurva) yang dicatat oleh alat ukur curah hujan otomatis. Hubungan antara intensitas dan derajat curah hujan dapat

dilihat pada tabel III.1

Tabel III.1. Derajat curah hujan dan intensitas curah hujan. (\*)

Derajat hujan	Intensitas curah hujan (mm/min)	Kondisi
Hujan sangat lemah	< 0,02	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit.
Hujan lemah	0,02–0,05	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel.
Hujan normal	0,05–0,25	Dapat dibuat puddel dan bunyi curah hujan kedengaran.
Hujan deras	0,25–1	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan kedengaran dari genangan.
Hujan sangat deras	> 1	Hujan seperti ditumpahkan, saluran dan drainasi meluap.

Intensitas curah hujan rata-rata dalam jangka waktu yang pendek ( $t$  jam) dinyatakan dengan rumus berikut ini. (\*)

$$I_t = R_t/t \dots \dots \dots (3.1)$$

dimana :  $I_t$  = Intensitas curah hujan rata-rata (mm/jam)

$R_t$  = Curah hujan selama  $t$  jam (mm)

$t$  = selang waktu (jam).

Besarnya curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya curah hujan (durasi) dan frekwensi. Di bawah ini akan dikemukakan beberapa rumus untuk mencari intensitas

\*) dan \*) Sumber : Kiyotok Mori, Hidrologi untuk Pengairan, Alih Bahasa : Ir.L. Taulu, Editor: Ir.Suyono Sosrodarsono-Kensaku Takeda, cet.6. Pradnya Paramita Jakarta, 1987.

curah hujan untuk jangka waktu yang pendek.

$$1). I = a/(t + b) \dots\dots\dots (3.2)$$

$$2). I = a/t^n \dots\dots\dots (3.3)$$

$$3). I = a/t(t + b)^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$4). I = \frac{R_{24}}{24} \cdot (24/t)^m \dots\dots\dots (3.5)$$

Untuk persamaan (1) sampai (4) :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam).

t = Lamanya curah hujan; untuk (1), (2) dan (3) dalam (menit) sedang untuk (4) dalam jam.

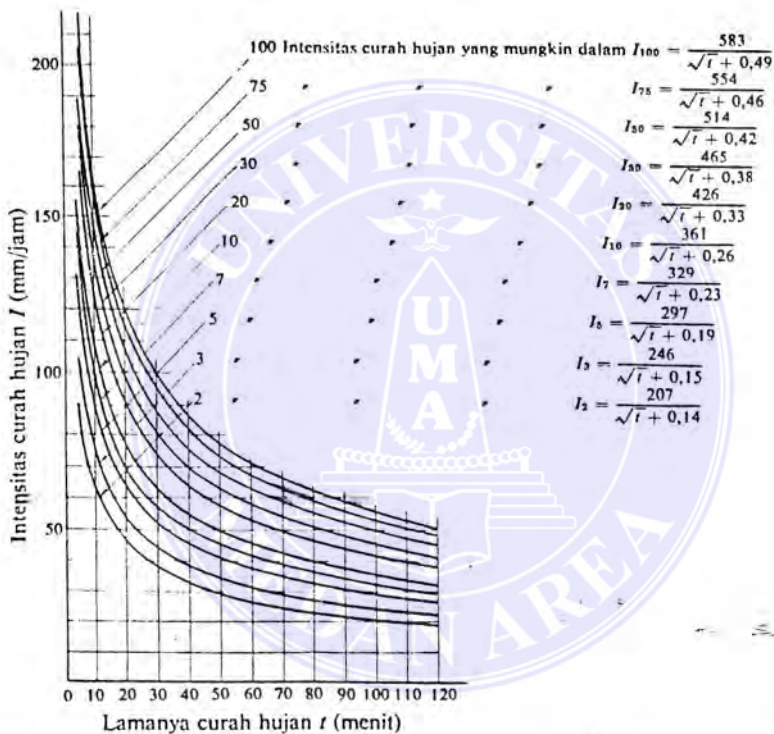
a,b,m,n = Tetapan-tetapan yang diperoleh secara eksperimental.

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm).

Rumus (1), (2), dan (3) adalah untuk mencari intensitas curah hujan jangka waktu yang pendek, sedang rumus (4) digunakan untuk menghitung intensitas curah hujan setiap waktu berdasarkan data curah hujan harian.

Kurva frekwensi intensitas-durasi (frekwensi I-t) adalah diagram persamaan-persamaan tersebut di atas dengan t sebagai absis dan I sebagai ordinat. Kurva ini digunakan untuk perhitungan debit puncak dengan menggunakan intensitas curah hujan yang sebanding dengan waktu pengaliran curah hujan dari titik yang paling atas ke titik yang ditinjau di bagian hilir daerah pengaliran tersebut (waktu tiba = arrival time). Kurva ini menunjukkan besarnya kemungkinan terjadinya intensitas curah hujan yang berlaku untuk lamanya curah hujan

sembarangan. Pada gbr.III.5 dapat dilihat bahwa rumus intensitas curah hujan (diambil sebagai contoh rumus 3), mempunyai tetapan-tetapan yang berbeda, yang berhubungan dengan frekwensi kejadiannya. Jadi untuk perhitungan limpasan hujan diperlukan rumus intensitas curah hujan tersendiri sesuai dengan kemungkinan tahun kejadiannya yang diperhitungkan.



Gbr.III.5. Rumus-rumus dan kurva-kurva intensitas curah hujan optimum yang mungkin setiap tahun tersebut. (\*)

\*) Sumber : Kiyotoka Mori, Hidrologi untuk Pengairan Alih Bahasa : Ir.L. Taulu. Editor : Ir. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda. Cetakan Keenam, Pradnya Paramita, Jakarta 1987.

### III.2.4. Perhitungan Intensitas Curah Hujan dengan cara Kwadrat Terkecil (Leastsquare).

Perhitungan ini ditujukan untuk menentukan dasar dari tetapan a, b, dan n, dalam rumus-rumus (1) sampai (3) di atas. Di sini diperlukan perhitungan dan pekerjaan yang relatif banyak seperti pembacaan dan penyusunan data curah hujan untuk setiap t pada kertas pencatat curah hujan otomatis sepanjang pengamatan yang alau. Untuk perhitungan ini diperlukan sedikitnya 8 jenis lamanya curah hujan t (menit), misalnya : 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 120. Kedelapan data curah hujan ini disusun dengan cermat.

Dengan menggunakan kedelapan harga t dalam setiap tahun kemungkinan itu, maka diadakan perhitungan tetapan-tetapan dengan cara kwadrat terkecil. Perhitungan tetapan-tetapan untuk setiap rumus intensitas curah hujan adalah sebagai berikut : (\*)

$$\text{Jenis (1) ; } I = \frac{a}{t + b}$$

$$a = \frac{[I \cdot t] [I^2] - [I^2] [I]}{N \cdot [I^2] - [I] [I]}$$

$$b = \frac{[I] [I \cdot t] - N \cdot [I^2 \cdot t]}{N \cdot [I^2] - [I] [I]} \dots \dots \dots (3.6)$$

\*) Sumber : Kiyotoka Mori, Hidrologi Untuk Pengairan Alih Bahasa: Ir.L.Taulu, Editor; Ir.Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Cetakan Keenam Pradnya Paramita, Jakarta 1987.

$$\text{Jenis (2) ; } I = \frac{a}{t^n}$$

$$\begin{aligned} \text{Log } a &= \frac{[\log I] [(\log t)^2] - [\log t \cdot \log I] [\log t]}{N [(\log t)^2] - [\log t] [\log t]} \\ n &= \frac{[\log I] [\log t] - N \cdot [\log t \cdot \log I]}{N \cdot [(\log t)^2] - [\log t] [\log t]} \dots (3.7) \end{aligned}$$

$$\text{Jenis (3) ; } I = \frac{a}{t^{0,5} + b}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{[I \cdot t^{0,5}] [I^2] - [I^2 \cdot t^{0,5}] [I]}{N \cdot [I^2] - [I] [I]} \\ b &= \frac{[I] [I \cdot t^{0,5}] - [I^2 \cdot t^{0,5}] [I]}{N \cdot [I^2] - [I] [I]} \dots \dots \dots (3.8) \end{aligned}$$

dimana : [ ] = menyatakan jumlah angka dalam tiap suku  
 I = intensitas curah hujan (mm/jam)  
 t = lamanya curah hujan (jam)  
 N = banyaknya data

Harga-harga tetapan a, b dan n yang diperoleh dari persamaan (3,6) sampai (3.8) di atas, disubstitusikan ke dalam persamaan intensitas curah hujan (persamaan 3.2 sampai persamaan 3.3). Selanjutnya harus diadakan pemeriksaan terhadap rumus tersebut sehingga diketahui rumus yang mana yang paling sesuai dipergunakan pada permasalahan yang sedang dihadapi.

Harga-harga I dari persamaan (1), (2) dan (3) akan diperoleh setelah harga-harga dari ke-8 jenis t disubstitusikan ke dalamnya. Kemudian dihitung besarnya deviasi (penyimpangan) antara harga perolehan dari rumus

diatas dengan data curah hujan pada tahun sebelumnya (data tahun lalu). Dengan menelaah besar deviasi rata-rata untuk masing-masing persamaan, maka akan dapat ditentukan rumus yang mana dari ketiga persamaan tadi yang paling cocok dipakai.

III.2.5. Prakiraan Kemungkinan Curah Hujan.

Penyelidikan-penyelidikan mengenai distribusi curah hujan cukup banyak dilakukan. Sehingga cara-cara untuk memperkirakan kemungkinan curah hujan tersedia berbagai macam cara. Tapi dalam tugas akhir ini, metode perkiraan kemungkinan curah hujan yang penulis pilih adalah salah satu cara yang menggunakan distribusi normal, yaitu cara Iawai.

Dalam perhitungan cara Iawai, beberapa tetapan dan variabel sangat diperlukan, antara lain adalah : (\*)

$$\xi = c \cdot \log \frac{x + b}{x_0 + b} \dots\dots\dots (3.9)$$

$\log (x_0 + b)$  adalah harga rata-rata dari  $\log (x_i + b)$  dengan  $(i = 1, 2, 3, \dots\dots\dots n)$  dan dinyatakan dengan  $(X_0; b, c, \text{ dan } x_0)$  diperkirakan pertama dari  $x_0$  ;

$$\log x_0 = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n \log x_i \dots\dots\dots (3.10)$$

\*) Sumber : Kiyotoka Mori, Hidrologi Untuk Pengairan Alih Bahasa: Ir.L.Taulu, Editor: Ir. Suyono Keenam, Pradnya Paramita, Jakarta, 1987  
 UNIVERSITAS MEDAN AREA  
 © Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Perkiraan harga b :

$$b = 1/m \cdot \sum_{i=1}^n b_i ; m = n/10$$

$$b_i = \frac{x_s \cdot x_t - x_o^2}{2x_o - (x_s + x_i)} \dots\dots\dots (3.11)$$

perkiraan harga X<sub>o</sub> :

$$\begin{aligned} X_o &= \log (x_o + b) \\ &= 1/n \cdot \sum_{i=1}^n \log (x_i + b) \dots\dots\dots (3.12) \end{aligned}$$

Perkiraan harga c ;

$$1/c = \sqrt{2/(n-1) \sum_{i=1}^n [\log \frac{x_i + b}{x_o + b}]^2} \dots\dots\dots (3.13)$$

$$1/c = \sqrt{2n/(n-1) \cdot (X)^2 - (X_o)^2} \dots\dots\dots (3.14)$$

$$(X)^2 = 1/n \cdot \sum_{i=1}^n [\log (x_i + b)]^2 \dots\dots\dots (3.15)$$

dengan : x<sub>s</sub> = harga pengamatan dengan nomor urut m dari yang terbesar.

x<sub>t</sub> = Harga pengamatan dengan nomor urut m dari yang terkecil.

n = banyaknya data

Jika tetapan-tetapan di atas telah didapat, maka curah hujan yang mungkin (probable rainfall) akan dapat dihitung dengan rumus berikut :



$$\log (x+b) = \log (x_0 + b) + (1/c) \cdot \xi \dots \dots \dots (3.16)$$

Urutan-urutan perhitungan adalah sebagai berikut

1. Setiap data curah maksimum tahunan dalam beberapa tahun yang lalu ( $x_i$ ) ditabelkan mulai dari harga yang paling besar, dan kemudian dibuat kolom-kolom perhitungan yang diperlukan pada tabel tersebut, yaitu :  $\log x_i$  ;  $x_i + b$  ;  $\log (x_i + b)$  ;  $[\log (x_i + b)]^2$ .
2. Dengan memasukkan harga-harga dari tabel di atas kedalam persamaan-persamaan (3.10); (3.12) dan (3.14), maka akan diperoleh harga perkiraan pertama dari  $x_0$ ,  $X_0$  dan  $(X)^2$ .
3. Kemudian data curah hujan dari yang terbesar sampai urutan yang ke- $m$  ( $x_s$ ) serta data curah hujan dari yang terkecil sampai urutan yang ke- $m$  ( $x_t$ ) dimana  $m=n/10$  (angka bulat terdekat), disusun pada suatu tabel. Kemudian pada tabel tersebut dibuat kolom-kolom perhitungan untuk :  $x_s \cdot x_t$  ;  $x_s + x_t$  ;  $x_s \cdot x_t - (x_0)^2$  ;  $2x_0 - (x_s + x_t)$ . Dengan memasukkan harga-harga di atas ke dalam persamaan (3.11) maka akan diperoleh harga  $b_1$  dan  $b$ .
4. dengan mempergunakan harga  $(X)^2$  dan  $(X_0)^2$  maka besar  $(1/c)$  akan dapat dihitung dari persamaan (3.13).
5. Harga variabel normal ( $\xi$ ) yang sesuai dengan kemungkinan lebih sembarang dapat dilihat pada tabel

UNIVERSITAS MEDAN AREA  
III.2 di lembaran berikutnya.

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 2/1/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

6. Harga ( $\xi$ ) yang sesuai dengan kemungkinan lebih sembarang ( $1/T$ ) =  $W(x)$  dihitung dalam tabel dimana dalam tabel tersebut dibuat kolom-kolom perhitungan untuk ( $1/c$ ) $\xi$  ;  $X_0 + (1/c)$  $\xi$  ;  $x + b$  dan  $x$  yang diperoleh dari persamaan (3.15).

Tabel III.2. Variabel normal  $\xi$  yang sesuai pada  $W(x)$  utama. (\*)

T	$W(x)=1/T$	$\xi$	T	$W(x)=1/T$	$\xi$
500	0,00200	2,0352	30	0,03333	1,2971
400	0,00250	1,9840	25	0,04000	1,2379
300	0,00333	1,9227	20	0,05000	1,1631
250	0,00400	1,8753	15	0,06667	1,0614
200	0,00500	1,8214	10	0,10000	0,9062
150	0,00667	1,7499	8	0,12500	0,8134
100	0,01000	1,6450	5	0,20000	0,5951
80	0,01250	1,5851	4	0,25000	0,4769
60	0,01667	1,5049	3	0,33333	0,3045
50	0,02000	1,4522	2	0,50000	
40	0,02500	1,385			

### III.3. Prakiraan Debit Banjir.

Semua cara untuk memperkirakan debit banjir yang berdasarkan curah hujan lebat dapat diklassifikasikan dalam 3 cara yakni :

1. Cara dengan penggunaan rumus empiris.

\*) Sumber : Kiyotoka Mori, Hidrologi untuk Pengairan Alih Bahasa: Ir.L.Taulu, Editor: Ir. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Cetakan Keenam, Pradnya Paramita, Jakarta, 1987.

2. Cara dengan unit hidrograf.

3. Cara statistik atau kemungkinan.

Tetapi mengingat keterbatasan kemampuan penulis, maka yang akan dibicarakan di sini adalah salah satu bentuk penggunaan rumus empiris yang paling tua dan banyak dipergunakan yakni rumus rasional.

Rumus ini adalah yang tertua dan yang terkenal di antara rumus-rumus empiris. Rumus ini banyak digunakan untuk sungai-sungai biasa dengan daerah pengaliran yang luas dan juga untuk perencanaan drainase daerah pengaliran yang relatif sempit, seperti gorong-gorong. Bentuk umum rumus rasional ini adalah sebagai berikut : (\*)

$$Q = 1/3,6 \cdot (f.I.A) = 0,277 f.I.A \dots\dots (3.17)$$

dimana :

Q = debit banjir maksimum (m<sup>3</sup>/detik)  
 f = koefisien pengaliran/limpasan  
 I = intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dari banjir (mm/jam).  
 A = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>)

Arti rumus ini dapat segera diketahui yakni, jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1 km<sup>2</sup>, maka debit banjir adalah sebesar 0,277 m<sup>3</sup>/detik dan limpasan merata selama 1 jam. Jadi rumus ini tidak dikelompokkan dalam kategori yang sama dengan rumus-rumus empiris di atas, karena proses penyusunannya berbeda.

\*) Sumber : Kiyotoka Mori, Hidrologi untuk Pengairan Alih  
 UNIVERSITAS MEDAN AREA Ir. L.Taulu, Editor: Ir.Suyono  
 Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Cetakan Ke-2  
 Pradnya Paramita, Jakarta 1987.

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber  
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah  
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area  
 Access From (repository.uma.ac.id)2/1/24

a. Koefisien pengaliran/koefisien limpasan.

Koefisien pengaliran ini mempunyai 2 defenisi yakni :

$$f_1 = \frac{Q}{I \times A} \dots\dots\dots (3.18)$$

dimana ; Q = besar puncak limpasan  
 I = intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dari banjir  
 A = luas daerah pengaliran

$$f_2 = \frac{(\text{jumlah limpasan})}{(\text{jumlah curah hujan})} \dots\dots\dots (3.19)$$

Rumus (3.18) disebut koefisien pengaliran puncak sedang untuk sungai-sungai biasa dipergunakan persamaan (3.19).

b. Intensitas curah hujan.

Pada persamaan (3.20), r adalah intensitas curah hujan rata-rata selama waktu tiba dari banjir (t). Rumus perkiraan intensitas curah hujan untuk lama curah hujan sembarangan yang dihitung dari curah hujan harian adalah sebagai berikut :

$$r_t = R_{24}/24 \cdot (24/t)^{2/3}$$

$$r_t = R_{24}/24 \cdot [34,7/(t^{1,35} + 1,5)]$$

$$r_t = R_{24}/24 \cdot [30/(t + 6)] \dots\dots\dots (3.20)$$

dimana : r<sub>t</sub> = intensitas curah hujan rata-rata selama t jam.  
 t = Lama curah hujan atau waktu tiba dari banjir (jam).  
 R<sub>24</sub> = curah hujan harian, yakni curah hujan 24 jam (mm).

Umpamanya, dalam rumus-rumus tersebut, suku pertama bagian kanannya adalah  $r_o$  dan suku keduanya adalah  $C$ , maka rumus-rumus tersebut akan menjadi :

$$r_t = r_o \cdot C \dots\dots\dots (3.21)$$

Jadi ketiga rumus (3.20) dapat dinyatakan dengan  $r_o$  dikali dengan koefisien intensitas  $C$ . Jadi  $r_o$  pada persamaan (3.21) adalah curah hujan areal (intensitas curah hujan dalam 24 jam), maka rumus intensitas untuk curah hujan harian adalah sebagai berikut :

$$I_N^{24} = R_N^{24} \cdot \beta N \dots\dots\dots (3.22)$$

dimana :  $I_N^{24}$  = intensitas curah hujan untuk curah hujan harian (24 jam).

$R_N^{24}$  = curah hujan 24 jam (mm/24 jam).

$\beta N$  = koefisien karakteristik gradien kurva intensitas curah hujan.

$N$  = kemungkinan  $N$  tahun

Jadi rumus (3.22) disamakan dengan bentuk yang dikemukakan oleh Talbot dalam persamaan (3.20), maka  $I_N^{24}$  akan menjadi :

$$I_N^{24} = R_N^{24} \left( \frac{a}{t + b} \right) \dots\dots\dots (3.23)$$

Bentuk ini adalah sama dengan bentuk rumus kurva intensitas curah hujan untuk curah hujan jangka waktu yang singkat. Jadi kurva intensitas curah hujan 24 jam itu akan dapat diketahui setelah koefisien-koefisien  $a$

dan b diketahui.

$$a = b + 24 \quad ; \beta_N^t = I_N^t / I_N^{24}$$

$$b = \frac{24 - \beta_N^t \cdot t}{\beta_N^t - 1} \quad ; \beta_N^t = \frac{a}{t - b} \dots\dots (3.24)$$

dimana :  $R_N^t$  = curah hujan t jam

$R_N^{24}$  = curah hujan 24 jam

$$I_N^{24} = R_N^{24} \quad (\text{mm})$$

$$I_N^t = R_N^t \cdot (24/t) \dots\dots\dots (3.25)$$

$\beta_N^t$  = Koefisien karakteristik = perbandingan intensitas curah hujan dengan kemungkinan N tahun ( $I_N^t$ ), terhadap intensitas curah hujan 24 jam dengan kemungkinan N tahun ( $I_N^{24}$ ).

Waktu t adalah waktu sembarang, umpamanya diambil curah hujan 1 jam, jadi t=1, sehingga :

$$I_N^1 = R_N^1 \cdot (24/1) = 24 R_N^1$$

Jadi, intensitas curah hujan yang mungkin untuk curah hujan harian dapat dihitung dengan hanya menggunakan curah hujan 1 jam dengan curah hujan 24 jam yakni data curah hujan yang biasanya dapat diperoleh dengan mudah.

Semua harga-harga dari koefisien yang diperlihatkan pada rumus (3.25) adalah harga rata-rata pada beberapa daerah di Jepang. Jadi, apabila rumus-rumus ini hendak digunakan di daerah lain, maka sebelumnya harus diperiksa apakah rumus-rumus ini cocok dengan karakteristik curah hujan di daerah tersebut atau tidak. Jika terdapat data curah hujan harian dan curah hujan per-jam di daerah itu, maka intensitas curah hujan yang mungkin untuk curah hujan harian dapat dihitung menurut cara karakteristik koefisien yang tersebut di atas.

#### c. Waktu tiba dar banjir.

Waktu tiba dari banjir juga merupakan elemen yang penting dalam penentuan debit banjir, terutama dalam penggunaan rumus rasional, perhitungan debit banjir tersebut dilakukan berdasarkan intensitas curah hujan rata-rata selama tiba waktu banjir yakni dengan asumsi bahwa debit maksimum itu terjadi bilamana curah hujan pada titik terjauh di daerah pengaliran telah tiba dan mengkonsentrasi pada titik yang ditinjau. jadi perkiraan waktu tiba dari banjir mempunyai pengaruh yang besar pada perkiraan debit banjir yang terjadi.

#### 1. Rumus yang digunakan di distrik Bayern di Jerman.

$$t = L/W$$

$$\begin{aligned}
 W_1 &= 72 (H/L)^{0,6} \text{ km/jam} \\
 W_2 &= 20 (h/l)^{0,6} \text{ m/detik} \dots\dots\dots (3.26)
 \end{aligned}$$

dimana ; t = waktu tiba dari banjir (jam).

W = kecepatan tiba dari banjir (km/jam, m/dtk)

L, l = panjang sungai, yakni panjang horizontal dari titik teratas dimana lembah sungai terbentuk sampai ke titik tempat perkiraan waktu tiba dari banjir itu (km, m).

h, h = selisih elevasi titik-titik tersebut.

## 2. Rumus Kraven

Dr. Kraven memperlihatkan pada tabel III.3 harga W yang sesuai dengan persamaan (3.26) dan perbandingan H/L nya. Jadi perhitungan waktu tiba banjir dengan cara ini, memerlukan pengukuran jarak horizontal L sepanjang sungai pada peta tofografi dan tinggi terjunan H yang di dapat dengan menggunakan garis-garis kontur. Penentuan L dan H memerlukan penentuan titik teratas di mana lembah sungai mulai terbentuk, bukan batas daerah pengaliran. Jika terdapat titik perubahan tiba-tiba dari gradien sungai, maka daerah pengaliran tersebut harus dibagi dalam bagian atas dan bawah. Perhitungan waktu tiba banjir harus diadakan secara terpisah dan kemudian dijumlahkan. Seperti telah dikemukakan diatas, waktu tiba dari banjir diperoleh dari gradien memanjang sungai.



Akan tetapi, sebenarnya waktu tiba mengalami perubahan yang tergantung dari besarnya banjir. Jadi, jika mungkin maka akan lebih baik apabila perhitungan waktu tiba tersebut ditetapkan juga dengan pengukuran sebenarnya.

Tabel III.3 Kecepatan tiba dari Kraven. (\*)

Gradien H/L	>1/100	1/100-1/200	<1/200
Kecepatan tiba (m/detik)	3,5	3,0	2,1

#### III.4. Limpasan Air Tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat dalam ruang-ruang antara butir-butir tanah yang membentuknya (disebut air limpasan) dan di retak-retak batuan (disebut air celah). Yang disebut juga dengan kandungan Akuifer. tapi berhubung pergerakan dari air celah ini sangat sulit diketahui, maka air tanah umumnya diidentikkan dengan air lapisan.

Sebagaimana telah diterangkan sebelumnya, bahwa jumlah dan pergerakan air tanah ini sangat berpengaruh terhadap stabilitas jalan raya, maka pengendalian terhadap air tanah tersebut sangat penting dilakukan, seperti hubungan/pengaruh air tanah terhadap air saluran

\*) Sumber: Kiyotaka Mori, Hidrologi untuk Pengairan, Universitas Medan Area, Editor: Ir. Suyono  
 A. In Bahasa; Ir. L. Taulu, Editor: Ir. Suyono  
 Besrodarsono, Kensaku Takeda, Cetakan  
 Kesenan Pradnya Paramita, Jakarta 1987.

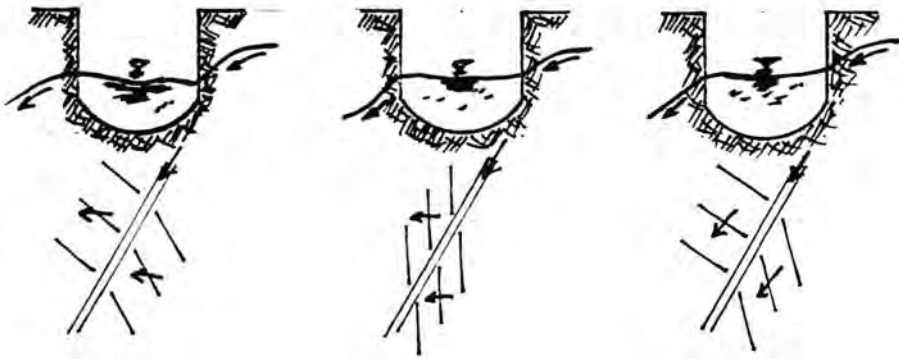
dan juga kemungkinan diperlukan penurunan muka air tanah.

a. Hubungan air tanah dengan air saluran.

Hubungan antara air tanah dan air sungai dapat ditentukan dengan garis kontur permukaan air tanah (lihat gbr.III.6). Pada gbr.III.6a terlihat bahwa air tanah bertambah karena terjadinya proses peresapan pada air saluran, sedang gbr.III.6b memperlihatkan air tanah yang mengalir ke dalam saluran. Di samping kedua keadaan di atas, terkadang bisa juga terjadi bahwa air tanah dan air pada saluran bersifat netral (gbr.III.6c). Selanjutnya, terdapat juga keadaan di mana pada sisi yang satu, air saluran bertambah oleh air tanah dan pada sisi yang lainnya air sungai meresap ke dalam tanah. Keadaan-keadaan seperti ini bisa terjadi pada daerah bekas saluran yang lama atau di dataran banjir (flood plain) seperti terlihat pada gbr.III.7.



Gbr.III.6. Pertukaran antara air sungai dengan air tanah



Gbr.III.7. Penambahan air tanah dan peresapannya.

#### b. Penurunan muka air tanah.

Air tanah dapat diambil melalui sumur atau serambi infiltrasi. Tapi, berhubung penggunaan sumur pengambilan sangat jarang dipakai pada proses drainase jalan raya, maka yang akan dibahas disini khusus mengenai penggunaan serambi infiltrasi berupa gorong-gorong. Permukaan air disekelilingnya dapat diturunkan dengan menurunkan permukaan air pada serambi infiltrasi tersebut.

Jadi besarnya air yang keluar itu harus diselidiki dengan berbagai cara untuk menentukan besarnya air yang dapat diambil secara tetap dan kontinu.

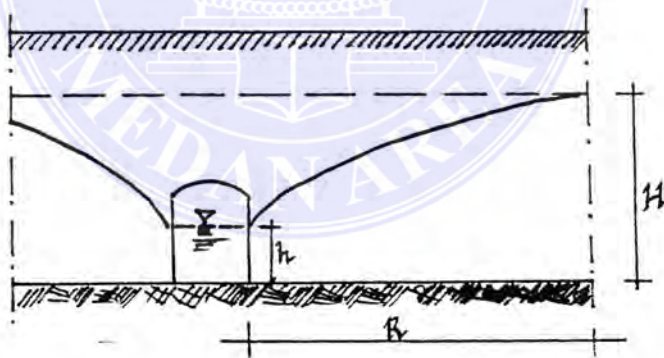
Penerapan rumus dari perhitungan banyaknya air yang keluar dari serambi infiltrasi memerlukan pengetahuan yang cukup mengenai kondisi yang sesuai dengan rumus tersebut.

1. Air keluar dari dinding samping untuk serambi yang dipasang di atas lapisan kedap air yang horizontal dimana airnya keluar dari dinding-dinding samping (gbr.III.8), maka :

$$Q = \frac{K.L. (H^2-h^2)}{R} \dots\dots\dots (3.27)$$

$$R = \frac{H^2 - h^2}{2.I.H} \dots\dots\dots (3.28)$$

- dimana :
- Q = bear debit air yang keluar
  - K = koefisien permeabilitas
  - L = panjang serambi infiltrasi
  - H = tinggi muka air tanah dari lapisan kedap air di bawah.
  - h = tinggi muka air dalam serambi
  - R = jari-jari lingkaran pengaruh
  - I = gradien hidrolik permukaan air tanah.



Gbr.III.8. Gorong-gorong dengan air yang keluar dari sisinya.

2. Air keluar dari dasar dan dinding -dinding samping serambi. Jika letak lapisan kedap air tidak mencapai lapisan tersebut (gbr.III.9). maka :

$$Q = \frac{K.L/R \cdot (H^2 - h^2)}{[h/(t + 0,5 r_w)]^{0,5} \cdot [h/(2h - t)]^{0,25}} \dots\dots\dots (3.29)$$

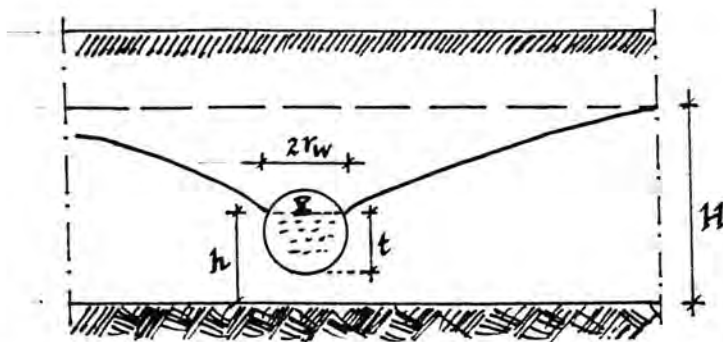
dimana : Q = besar debit air yang keluar  
 K = koefisien permeabilitas  
 L = panjang serambi infiltrasi  
 H = tinggi muka air tanah dari lapisan kedap air di bawah.  
 h = tinggi muka air di serambi dari lapisan kedap air di bawah  
 t = dalamnya air di serambi  
 r<sub>w</sub> = jari-jari serambi  
 R<sup>w</sup> = jari-jari lingkaran pengaruh.

3. Air keluar dari dasar serambi.

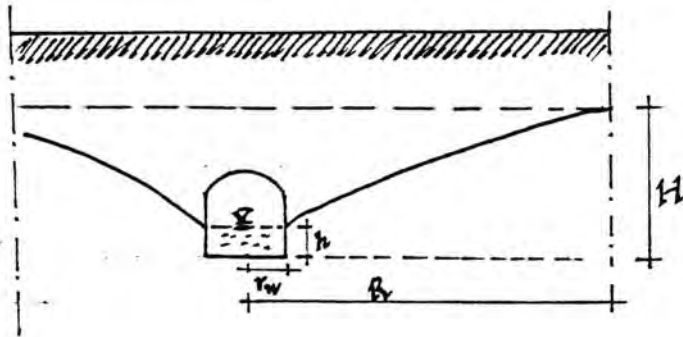
Jika letak lapisan kedap air itu dalam dan air hanya keluar dari dasar serambi (lihat gbr.III.10), maka :

$$Q = \frac{1,36 K.L. (H - h)}{\log (2R/r_w)} \dots\dots\dots (3.30)$$

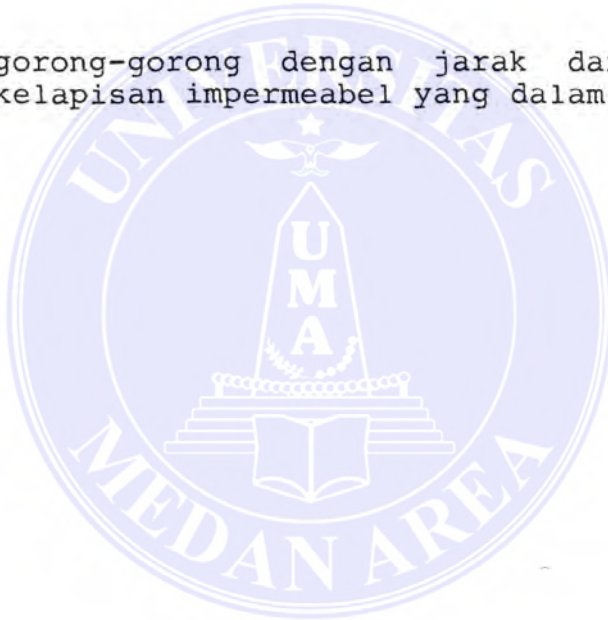
dimana : Q = besar debit air yang keluar  
 K = koefisien permeabilitas  
 H = dalam dari permukaan air tanah ke dasar serambi.  
 h = dalam air di serambi.  
 R = jari-jari lingkaran pengaruh  
 r<sub>w</sub> = jari-jari serambi  
 L<sup>w</sup> = panjang serambi infiltrasi.



Gbr.III.9. Gorong-gorong dengan air yang keluar dari sisi-sisi dan dasarnya.



Gbr.III.10. gorong-gorong dengan jarak dari dasarnya kelapisan impermeabel yang dalam.



## BAB V

### KESIMPULAN

Bertitik tolak dari uraian yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Peencanaan drainase saluran tertutup pada jalan raya khususnya gorong-gorong mencakup berbagai bidang permasalahan yang cukup rumit dan kompleks. Oleh karena itu, ahli-ahli perencanaan teknik drainase, di samping dituntut kemampuan/keahliannya dalam mengantisipasi setiap problema yang dihadapi di lapangan, juga yang tak kalah pentingnya adalah pengalaman si perencana tersebut.
2. Sebelum langkah-langkah perencanaan gorong-gorong dimulai, pemeriksaan terhadap tanah lokasi cukup penting dilakukan, seperti pengambilan data-data mengenai lokasi garis pusat, kemiringan saluran alamiah, dimana data-data ini akan sangat bermanfaat terhadap perkiraan pada elevasi mana air dapat mengalir dengan aman tanpa terjadi erosi ataupun pengendapan.
3. Dalam menyelesaikan permasalahan dalam analisa hidrologi seperti penentuan faktor limpasan, intensitas curah hujan serta periode ulangan dan juga dalam memperkirakan besar limpasan yang akan

ditangani (Q), para perencana harus betul-betul teliti karena cukup faktor yang mempengaruhi antara lain, luas tangkapan hujan, kondisi topografi, struktur permukaan tanah dan lain-lain.

4. Berhubung penyelesaian problema-problema drainase ini banyak mempergunakan formula-formula yang sifatnya empiris (terutama dalam memperkirakan debit banjir), maka para perencana teknik drainase harus tanggap dan siap menerima perbedaan-perbedaan antara analisa teoritis dan permasalahan yang dijumpai di lapangan.
5. Dalam memilih jenis material maupun bentuk dari penampang gorong-gorong yang sesuai dengan tingkat limpasan yang direncanakan, para perencana juga harus betul-betul memahami kondisi di mana gorong-gorong akan ditempatkan.
6. Dengan meninjau permasalahan dari segi hidroliknya, kita akan memperoleh data-data mengenai kemiringan struktur, panjang pipa saluran, elevasi lubang inlet dan outlet, tinggi muka air maksimum, dan kecepatan outlet yang diijinkan. Dengan menganalisa data-data di atas, terhadap suatu ukuran penampang pipa yang dipilih (percobaan), maka akan dapat diperoleh tinggi muka air (HW), keadalaman air hilir (TW) dan klasifikasi dari jenis aliran.



7. Dari beberapa kali percobaan yang dilakukan, maka akan dapat diperoleh suatu ukuran penampang gorong-gorong yang paling ekonomis bagi perencanaan yang kita lakukan.



## DAFTAR PUSTAKA



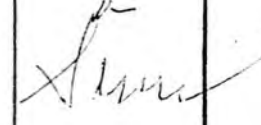
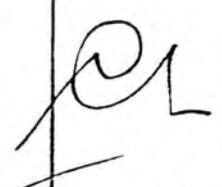
1. Clarkso H.Oglesby, R.Gary Hicks, Teknik Jalan Raya, Alih bahasa : Ir. Purwo Setianto, jilid pertama, edisi ke-empat, Erlangga, 1988.
2. James Luthin, Drainage Engineering.
3. Kennes B.Woods, Highway Engineering Hand Book, Section 12, Drainage for Highways and Airports, by Eugene M.West, Associate, L.E. Gregg and Associates, Lexington, Ly.
4. Proyek Training Support Service, Dept. P.U dan Tenaga Listrik, Dir. Jen. Bina Marga, Drainase 213 cetakan ke-dua.
5. Mori Kiyotoka, Hidrologi untuk Pengairan, Alih bahasa Ir. L. Tauli, Editor : Ir. Suryono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Cetakan ke-enam. PT.Pradnya Paramita Jakarta'87
6. Kazuto Nakazawa, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Alih bahasa : Ir. L. Tauli dkk, Eitor :: Ir. Suryono Sosrodarsono Kazuto Nakazawa, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, cetakan ke-tiga, 1984.
7. Ven Te Chou Ph.D, Alih bahasa : Ir. E. V. Rosalina M. Eng, Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics) Erlangga, Jakarta 1989.

8. Pedoman Drainase Jalan Raya.

Penerjemah : Ir. Sutanto MSc. Cetakan-pertama,  
Jakarta, 1992.



DAFTAR ASSISTENSI

TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
18/11-93	Daftar Tri ? Nomor sumber ? Lengkap gbr. Perbaiki kesalahan	
22/11-93	Lampiran ke pb I	
25/11 93	dapat di sunnah	
22/01-94	Teruskan ke pb I	
22/11 94	Dapat dijilid & diperbanyak	