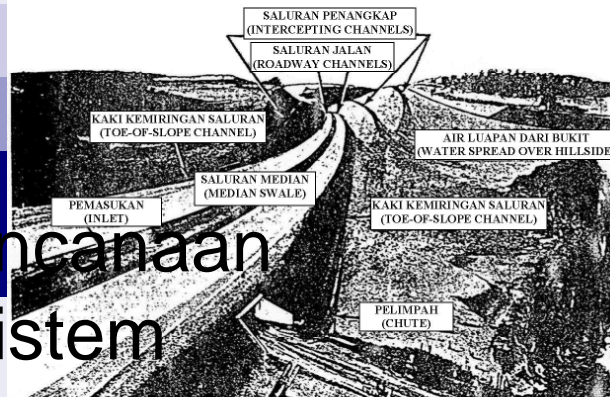




SOSIALISASI STANDAR PERENCANAAN TEKNIS BIDANG JALAN
DITJEN. BINA MARGA – DEP.PU

Perencanaan Sistem Drainase Jalan



GJW. Fernandez

Peneliti Utama IVd Bidang Geoteknik Jalan
Puslitbang Jalan dan Jembatan

SPESIFIKASI DIVISI 2 - DRAINASE

SEKSI 2.1 : SELOKAN DAN SALURAN AIR.

SEKSI 2.2 : PASANGAN BATU DENGAN MORTAR UNTUK
SELOKAN DAN SALURAN AIR.

SEKSI 2.3 : GORONG-GORONG.

SEKSI 2.4 : DRAINASE POROUS.



PERENCANAAN DRAINASE JALAN

1. PERENCANAAN DRAINASE PERMUKAAN (→ Seksi 2.1 s/d 2.3)
2. PERENCANAAN DRAINASE BAWAH PERMUKAAN (→ Seksi 2.4)

Klasifikasi (berdasarkan fungsi)

Drainase permukaan

- berfungsi mengendalikan limpasan air di permukaan jalan dan dari daerah sekitarnya agar tidak merusak konstruksi jalan.
- 3 fungsi utama :
 - a. membawa air dari permukaan ke pembuangan air
 - b. menampung air tanah (dari subdrain) dan air permukaan yang melimpas menuju jalan
 - c. membawa air menyeberang jalan melalui gorong2 dan bangunan lainnya secara terkendali.

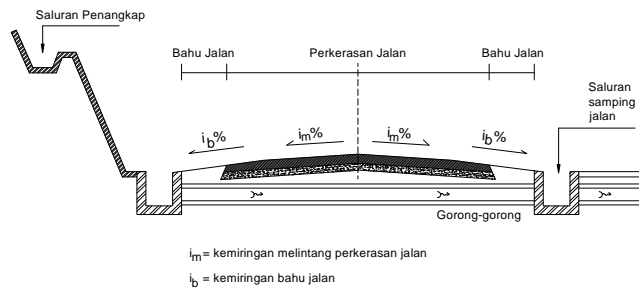
Klasifikasi (berdasarkan fungsi)

Drainase bawah permukaan (subdrain)

- berfungsi menurunkan muka air tanah dan mencegah serta membuang air infiltrasi dari daerah sekitar jalan dan permukaan jalan atau air yang naik dari subgrade jalan.
- 2 fungsi utama :
 - a. menurunkan m.a.t sampai kedalaman min 1.00 m di bawah permukaan tanah (di dalam base, urugan tanah atau tanah)
 - b. mencegah air dari daerah sekitar agar tidak merembes ke dalam urugan tanah.

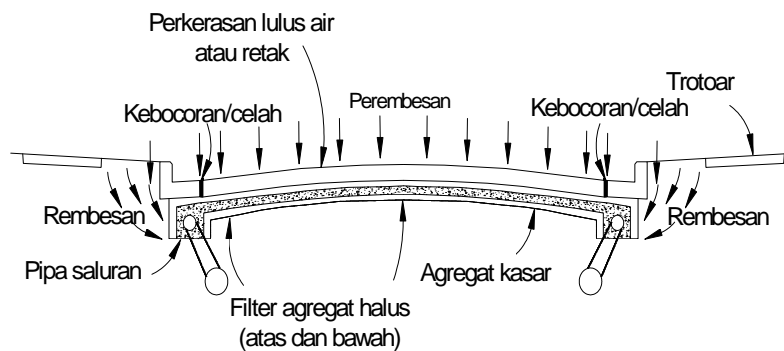
Tipikal Sistem Drainase Permukaan Jalan

- terdiri dari :
- kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan
 - selokan tepi dan gorong-gorong
 - drainase lereng



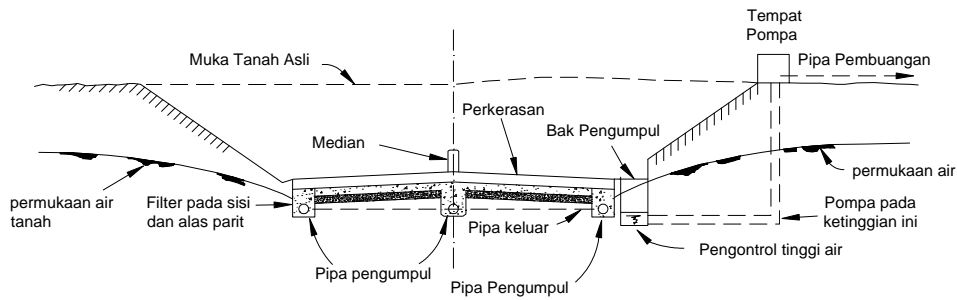
Sistem Drainase Jalan pada perkerasan porous

- terdiri dari :
- lapis agregat kasar
 - lapis filter agregat halus (atas dan bawah)
 - pipa saluran



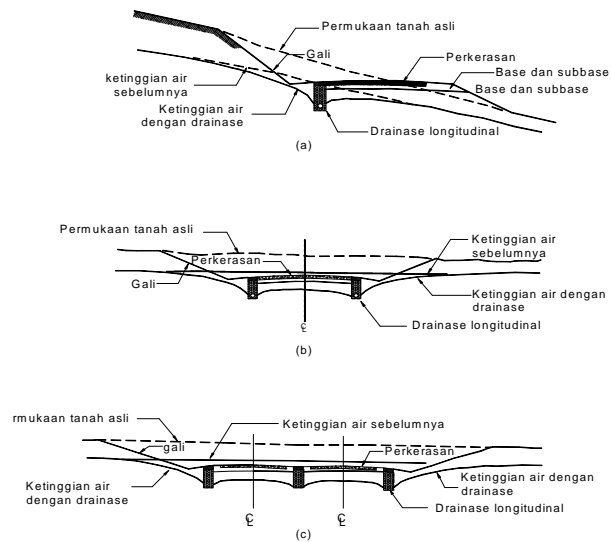
Tipikal Drainase untuk muka air rendah

- terdiri dari :
- pipa pengumpul dan filter
 - bak pengumpul dgn sistem pompa (pengontrol tinggi air)
 - lapis agregat dan pipa keluar



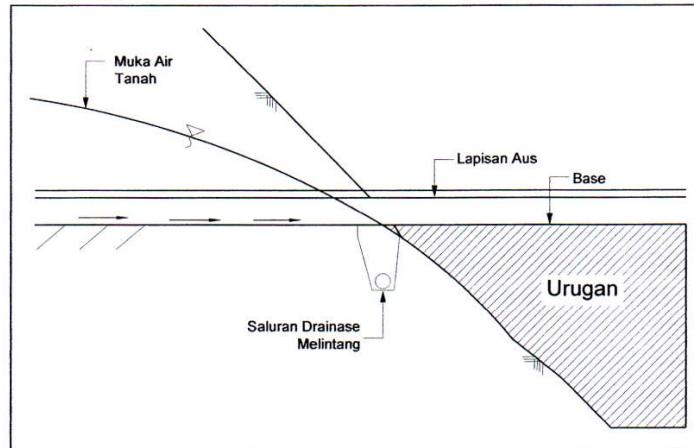
Tipikal Sub-drain samping jalan

- terdiri dari :
- material granular dan filter
 - pipa perforasi



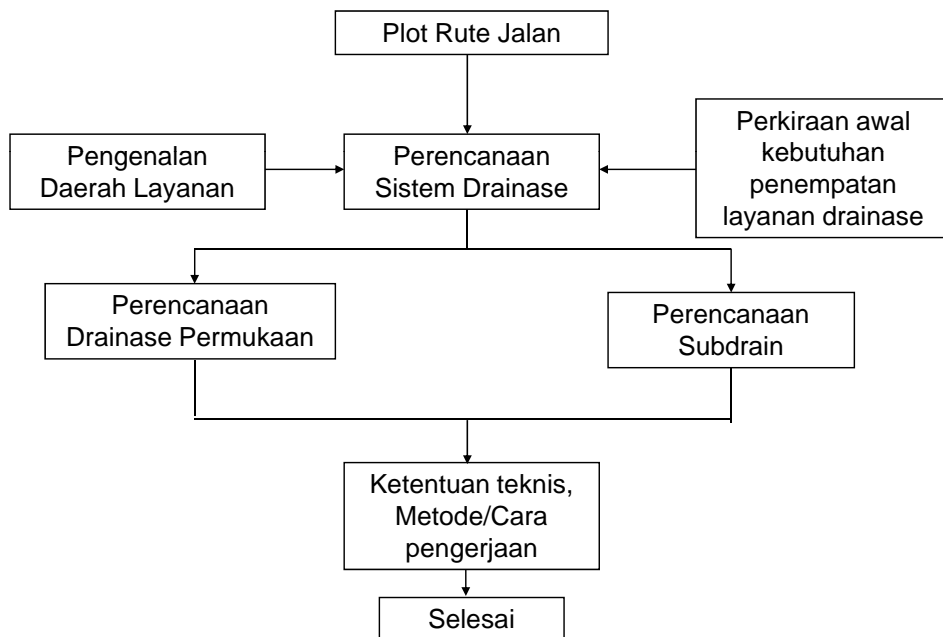
Tipikal Sub-drain melintang jalan

terdiri dari : - material granular dan filter
- pipa perforasi



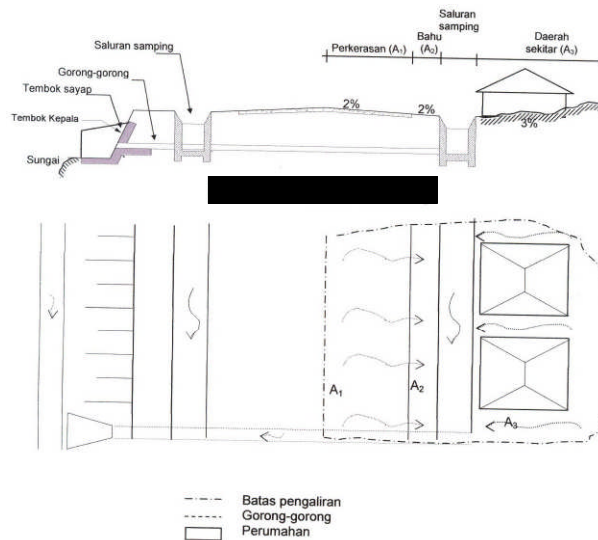
Gambar 28 Sketsa saluran drainase melintang

Skema Perencanaan



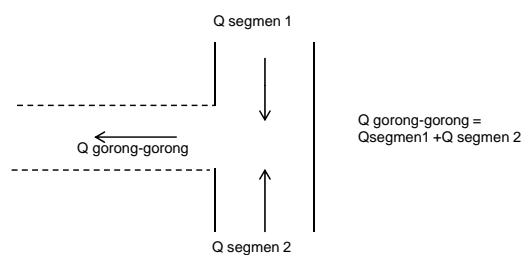
Contoh Perencanaan Drainase Permukaan

1. Data Kondisi



2. Penentuan daerah layanan

- Plot rute jalan di peta topografi.
- Panjang segmen 1 saluran (L) = 200 m ditentukan dari rute jalan yang telah diplot di peta topografi dan topografi daerah tersebut memungkinkan adanya pembuangan ke sungai di ujung segmen.
- Dianggap segmen saluran ini adalah awal dari sistem drainase sehingga tidak ada debit masuk (Q masuk) selain dari A_1 , A_2 , A_3 .
- Gorong-gorong merupakan pipa terbuat dari beton
- Direncanakan di ujung segmen aliran air akan dibuang ke sungai melalui gorong-gorong melintang badan jalan.
- Perencanaan gorong-gorong, menampung debit air dari segmen yang ditinjau dan segmen sesudah itu.



Gambar : Pertemuan saluran dengan gorong-gorong

3. Kondisi eksisting permukaan jalan

Panjang saluran drainase (L) = 200 meter
 l_1 = perkerasan jalan (aspal) = 5 meter
 l_2 = bahu jalan = 2 meter
 l_3 = bagian luar jalan (perumahan) = 10 meter

Selanjutnya tentukan besarnya koefisien C : (lihat Tabel 2)

-Aspal : l_1 , koefisien $C_1 = 0,70$
-Bahu jalan : l_2 , koefisien $C_2 = 0,65$
-Perumahan : l_3 , koefisien $C_3 = 0,60$

Kemudian tentukan luas daerah pengaliran diambil per meter panjang:

-Aspal $A_1 = 5,00 \times 200 \text{ m}^2 = 1000 \text{ m}^2$
-Bahu jalan $A_2 = 2,00 \times 200 \text{ m}^2 = 400 \text{ m}^2$
-Perumahan $A_3 = 10,00 \times 200 \text{ m}^2 = 2000 \text{ m}^2$
 f_k perumahan padat (dari Tabel 2) = 2,0

-Koefisien pengaliran rata-rata : (Rumus 1)

$$C = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 f_k}{A_1 + A_2 + A_3} = \frac{0,70 \cdot 1000 + 0,65 \cdot 400 + 0,60 \cdot 2000 \cdot 2,0}{1000 + 400 + 2000} = 0,988$$

4. Hitung waktu konsentrasi

Untuk menentukan waktu konsentrasi (T_c) digunakan rumus (3), (4), dan (2):

$$t_{\text{aspal}} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 5,0 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 1,00 \text{ menit}$$

$$t_{\text{bahu}} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 2,0 \times \frac{0,013}{\sqrt{0,02}} \right)^{0,167} = 0,86 \text{ menit}$$

$$t_{\text{perumahan}} = \left(\frac{2}{3} \times 3,28 \times 10,0 \times \frac{0,01}{\sqrt{0,03}} \right)^{0,167} = 1,04 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ dari badan jalan} = 1,00 + 0,86 = 1,86 \text{ menit}$$

$$t_1 \text{ dari perumahan} = 1,04 \text{ menit}$$

$$t_2 = \frac{200}{60 \times 1,5} = 2,2 \text{ menit}$$

$$T_c = t_1 + t_2 = 1,86 + 2,2 = 4,06 \text{ menit}$$

5. Data curah hujan

Data curah hujan dari pos pengamatan BMG adalah sebagai berikut :

Tahun	Data Curah Hujan Maksimum Rata-Rata per Tahun (mm)
1993	176,3
1994	100,0
1995	37,6
1996	157,0
1997	89,0
1998	127,7
1999	149,6
2000	92,5
2001	107,5
2002	128,0

6. Hitung dan gambar lengkung intensitas curah hujan

Dilakukan sesuai SNI 03-2415-1991, Metode perhitungan Debit Banjir pada beberapa periode ulang 5, 10, 15 tahunan

7. Tentukan intensitas curah hujan maksimum

Menentukan intensitas curah hujan maksimum (mm/jam) dengan cara memplotkan harga $T_c = 4,06$ menit, kemudian tarik garis ke atas sampai memotong lengkung intensitas hujan rencana pada periode ulang 5 tahun didapat: $I = 190$ mm/jam

8. Hitung besarnya debit

$$A = (1000 + 400 + 2000) = 3400 \text{ m}^2 = 0,0034 \text{ km}^2$$

$$C = 0,988$$

$$I = 190 \text{ mm/jam}$$

$$Q = 1/3,6 \times C.I.A$$

$$= 1/3,6 \times 0,988 \times 190 \times 0,0034$$

$$= 0,177 \text{ m}^3/\text{detik}$$

9. Penentuan dimensi saluran

Penentuan dimensi diawali dengan penentuan bahan

- Saluran direncanakan dibuat dari beton dengan kecepatan aliran yang diijinkan 1,50 m/detik (Tabel 4)
- Bentuk penampang : segi empat
- Kemiringan saluran memanjang yang diijinkan : sampai dengan 7,5% (Tabel 5)
- Angka kekasaran permukaan saluran Manning (dari Tabel 10) $\rightarrow n = 0,013$

10. Tentukan kecepatan saluran (V) < kecepatan ijin dan kemiringan saluran (i_s)

- $V = 1,3$ m/detik ($< V$ ijin = 1,50 m/detik)
- $i_s = 3\%$ (d disesuaikan dengan kemiringan memanjang jalan, i_s)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i_s^{1/2} \quad (\text{rumus 13})$$

Dengan dimensi : $h = 0,5$ m
maka $R = F/P = (h \times b)/(2h + b) = 0,5b/(1 + b)$

Dari persamaan rumus 13 didapat :

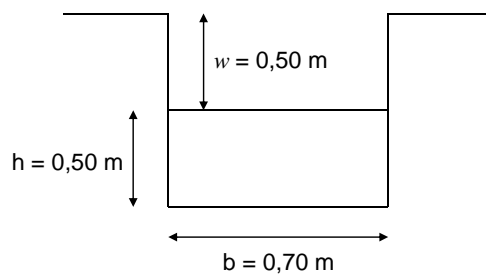
$$1,3 = (1/0,013) \times [0,5b/(1+b)]^{2/3} \times (3\%)^{1/2}$$

→ maka lebar saluran (b) = 0,7m

11. Tentukan tinggi jagaan (rumus 24)

$$w = \sqrt{0,5h} = \sqrt{0,5 \times 0,5} = 0,5 \text{ m}$$

Jadi gambar dimensi saluran drainase permukaan :



12. Hitung dimensi gorong-gorong ke sungai

Direncanakan gorong-gorong dari jenis Portland Cement (PC).
Gorong-gorong menampung aliran debit air dari segmen sebelum dan sesudahnya $\rightarrow Q_{\text{gorong2}} = Q_{\text{segmen 1}} + Q_{\text{segmen 2}}$

Perhitungan debit yang masuk (rumus 14)

Debit Segmen 1 = $Q = F \times V = 0,5 \times 0,7 \times V = 0,35 \times 1,3 = 0,455 \text{ m}^3/\text{detik}$

Debit Segmen 2 = $0,545 \text{ m}^3/\text{detik}$ (diasumsikan)

Gorong-gorong dianggap saluran terbuka

Digunakan PC dengan $D=0,8\text{m}$, $n=0,012$ (angka kekasaran Manning, Tabel 10 untuk saluran beton halus dan rata, tipe sedang)

- Tinggi jagaan gorong-gorong : $h = 0,8D = 0,8 \times 0,8 = 0,64\text{m}$
- $Q_{\text{gorong-gorong}} = Q_{\text{segmen 1}} + Q_{\text{segmen 2}} = 0,455 + 0,545 = 1,0 \text{ m}^3/\text{detik}$



12. Hitung dimensi gorong-gorong ke sungai (lanjutan) :

- Hitung sudut kemiringan dengan rumus (17)

$$\theta = \cos^{-1} \left(\frac{h - 0,5D}{0,5D} \right) = \cos^{-1} \left(\frac{0,64 - 0,5 \times 0,8}{0,5 \times 0,8} \right) = 53,13$$

- Luas Basah dengan rumus (19)

$$F = \frac{\pi D^2}{4} \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) + (h - 0,5D)^2 \tan \theta = \frac{\pi \times 0,8^2}{4} \left(1 - \frac{53,13}{180} \right) + (0,64 - 0,5 \times 0,8)^2 \tan 53,13 = 0,338 \text{ m}^2$$

- Keliling basah dengan rumus (21)

$$P = \pi D \left(1 - \frac{\theta}{180} \right) = \pi \times 0,8 \times \left(1 - \frac{53,13}{180} \right) = 1,77 \text{ m}$$

- Jari-jari hidrolis : $R = F/P = 0,338 / 1,77 = 0,19$
- Kecepatan aliran pada gorong-gorong :
 $V = Q_{\text{gorong-gorong}} / F = 1,0 / 0,338 = 2,958 \text{ m/detik}$
- Kemiringan gorong-gorong, rumus (26)

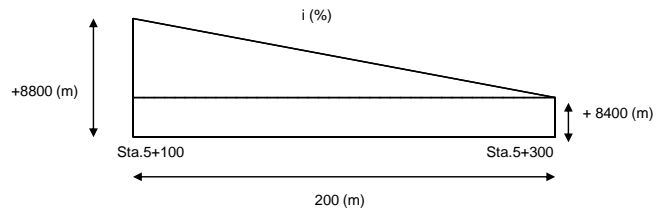
$$i_s = \left(\frac{V \times n}{R^{2/3}} \right)^2 = \left(\frac{2,958 \times 0,012}{0,19^{2/3}} \right)^2 = 0,01154 = 1,1\%$$

(masih dalam rentang kemiringan 0,5%-2% yang diijinkan)

13. Periksa kemiringan tanah eksisting penempatan saluran di lapangan

Sta : 5 + 100 ; elev₁ = 8,800 meter

Sta : 5 + 300 ; elev₂ = 8,400 meter

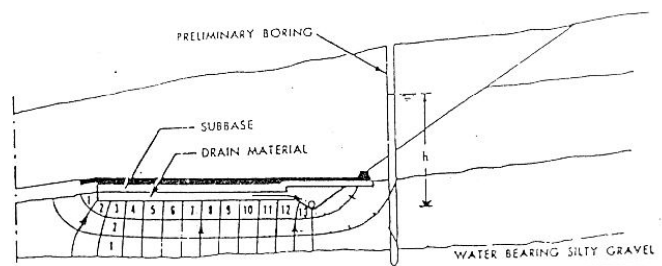


$$i_{s, \text{lapangan}} = \frac{elev_1 - elev_2}{L} = \frac{8,800 - 8,400}{200} \times 100\% = 0,20\%$$

i_s di lapangan $0,2\% \leq i_s$ di gunakan (3%) maka tidak diperlukan pematah arus.

Contoh Perencanaan Drainase Bawah Permukaan

1. Contoh Perhitungan dengan Cara Grafis



Gambar Jaringan aliran (Flow Net)

Data : Tinggi muka air tanah dari pipa (hap) = 3 meter

Jenis lapisan tanah pada bukit : lanau, $k = 10^{-4}$ m/det

Jenis lapisan pengering, batu kerikil, $k = 10^{-2}$ m/det

Kemiringan melintang perkerasan = 0,02 m/m

Panjang jalan yang dipasang lapisan pengering : 300 meter

Pipa yang digunakan : Pipa beton

Koefisien n (Tabel 10) = 0,02

Kemiringan pipa (i_s) = 0,01

- Menggambar garis-garis aliran rembesan (*flow net*) dari Gambar, diperoleh : Jumlah garis aliran (N_f) = 3
Jumlah garis equipotensial (N_q) = 13

- Perhitungan debit pengaliran, dari rumus (45) didapat:

$$q = kh_{ap} \times \frac{N_f}{N_q} = 10^{-4} \times 3 \times \frac{3}{13} = 13 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{det} / \text{m}'$$

Sehingga debit pengaliran yang terjadi adalah $1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}'$

- Perhitungan tebal lapisan pengering, menggunakan rumus (46) :

$$T = \frac{q}{k \cdot i_p} = \frac{1,3 \cdot 10^{-4}}{10^{-2} \cdot 0,02} = 0,65 \text{ m}$$

- Perhitungan Dimensi Pipa Porous

Debit yang masuk dalam pipa :

$$Q_{\text{tot}} = Q \times L$$

$$Q_{\text{tot}} = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{det}/\text{m}' \times 300 \text{ m} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{det}$$

Diasumsikan kapasitas maksimum pipa pada keadaan pengaliran pipa penuh.

Maka dengan Debit $3,9 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{det}$, diameter pipa dapat dicari dengan Rumus (14) :

$$Q = F \cdot V$$

$$3,9 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot \frac{1}{0,02} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot d\right)^{2/3} \cdot (0,01)^{1/2}$$

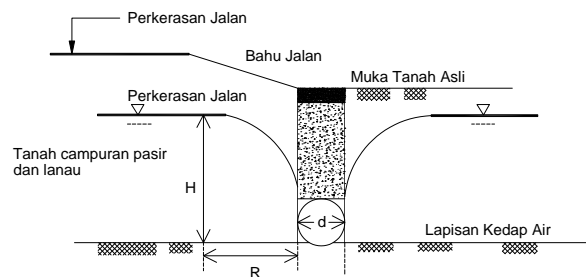
$$3,9 \cdot 10^{-2} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 5 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot d\right)^{2/3}$$

$$3,9 \cdot 10^{-2} = 3,926 \cdot d^2 \cdot (0,25 \cdot d)^{2/3} = 0,9813 \text{ d}^{8/3}$$

$$d = 0,29 \text{ meter}$$

Sehingga pipa yang digunakan adalah pipa porous dengan diameter 30cm dan kemiringan 0,01 m/m (1%).

2. Contoh Perhitungan dengan Cara Analitis :



Gambar Subdrain Interception Drain

Data : Tinggi muka air tanah (H) = 3 meter
 Tanah campuran pasir dan lanau, nilai $k=10^{-5}$ m/det
 Diameter pipa (d) = 0,2 meter
 Panjang pipa (L) = 200 meter
 Dari percobaan lapangan diketahui gradien hidrolis (i_{at}) = 0,01

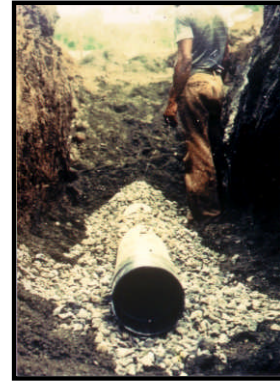
- Debit rembesan yang mengalir ke dalam pipa dihitung menggunakan rumus (43) dan (42)

$$R_h = \frac{H^2 - h^2}{2 \cdot i_{at} \cdot H} = \frac{3^2 - (0,2)^2}{2 \cdot 0,01 \cdot 3} = 149,33 \text{ meter}$$

$$Q = \frac{k \cdot L \cdot (H^2 - h^2)}{R_h} = \frac{10^{-5} \cdot 200 \cdot (3^2 - 0,2^2)}{149,33} = 1,2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{det ik}$$

- Perhitungan pipa, sama dengan contoh sebelumnya di atas

Beberapa Contoh Jenis Subdrain



***Konstruksi Subdrain
untuk penanganan longsor jalan***

Contoh Perhitungan Subdrain untuk Penanggulangan Longsoran

1. Evaluasi hasil penyelidikan :
 - Situasi dan penampang melintang daerah longsoran
 - Stratifikasi (perlapisan) tanah
 - Kondisi air tanah
 - Pengujian tanah di laboratorium (parameter kuat geser, gradasi, dsb)
 - Tipe dan kedalaman longsoran
2. Analisis
 - Kestabilan lereng setelah longsoran diam ($FK \approx 1,00$)

$$FK = \frac{\sum_1^n (N - U_2) \tan \phi^r + \sum_1^n c^r \cdot L}{\sum_1^n T} = 1,00$$

dengan $FK = 1,00$ dan sudut geser dalam ϕ residual = ϕ^r lab serta kondisi muka air tanah U_2 , maka didapat nilai c^r .

- Dengan parameter tanah kondisi residual di atas, maka dapat diketahui FK pada kondisi muka air tanah = U_1 (kondisi musim kemarau)

$$FK = \frac{\sum_1^n (N - U_1) \tan \phi^r + \sum_1^n c^r \cdot L}{\sum_1^n T}$$

- Untuk mendapatkan keadaan aman pada musim hujan, maka penanggulangan dengan menurunkan muka air tanah menggunakan subdrain ke kondisi U_0 yang lebih rendah dari U_1 ($FK \approx 1,50$)

$$FK = \frac{\sum_1^n (N - U_0) \tan \phi^r + \sum_1^n c^r \cdot L}{\sum_1^n T} = 1,50$$

maka didapat nilai $\sum_1^n U_0$

Dari nilai di atas didapat nilai U_0 yang menggambarkan berapa kedalaman muka air tanah harus diturunkan dengan konstruksi subdrain.

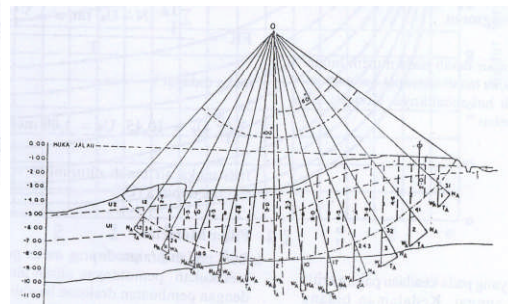
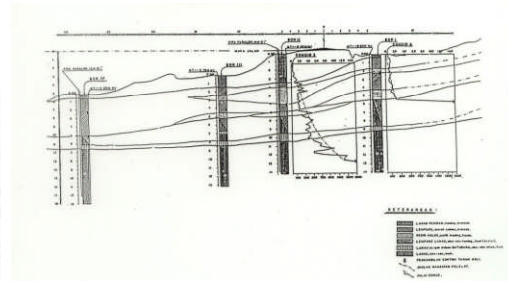
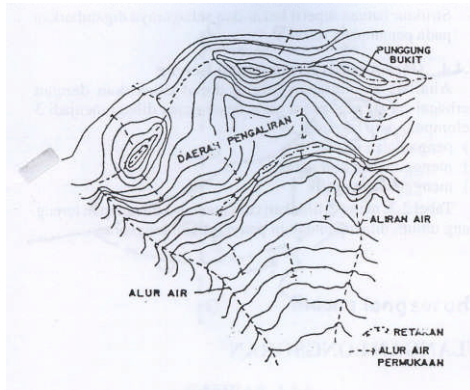
*Contoh Kasus 1 :
Longsoran Jalan Sumber Km.3+500
Prov.Kaltim (1983)*



Kondisi Lapangan
Sumber Km.3+500



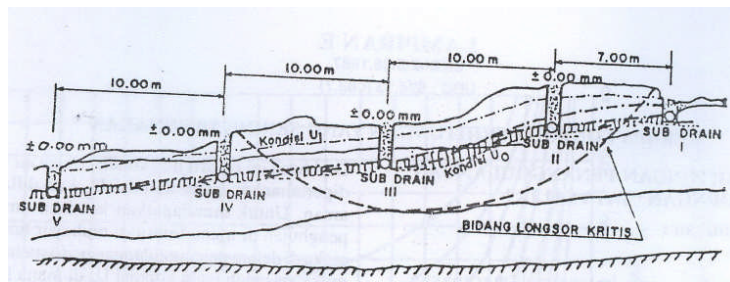
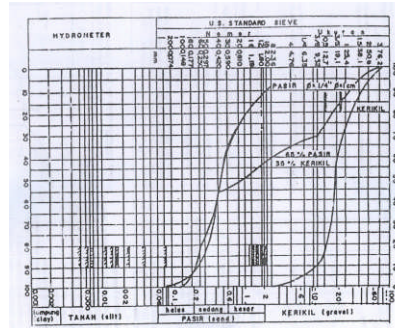
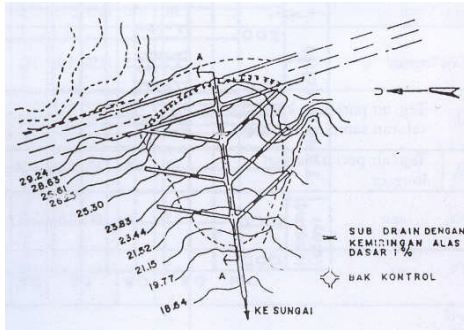
Data dan Analisis Longsoran Sumber Km.3+500 Kaltim



Longsoran Jalan Balikpapan-Somber Km.3+500 (1983)

- Identifikasi lapangan : timbunan jalan 3 m pada daerah cekungan
- Tata guna lahan : di atas jalan berupa rumah dan kolam ikan
- Penanganan gagal : turap kayu, bronjong, tiang pancang pipa, dsb
- Penyelidikan : 6 ttk sondir, 6 ttk bor mesin, uji lab
- Klasifikasi tanah : lempung pasiran kuning-coklat
- Klasifikasi longsoran : rotasi tanah, bid.gelincir ± 7.00 meter
- Evaluasi : FK dapat naik menjadi 1.50 dengan menurunkan m.a.t sedalam -1.00 meter dari m.a.t musim kemarau (FK=1.23)
- Penanganan akhir : sistem drainase (subdrain, selokan tepi, gorong-gorong, drainase sirip ikan)

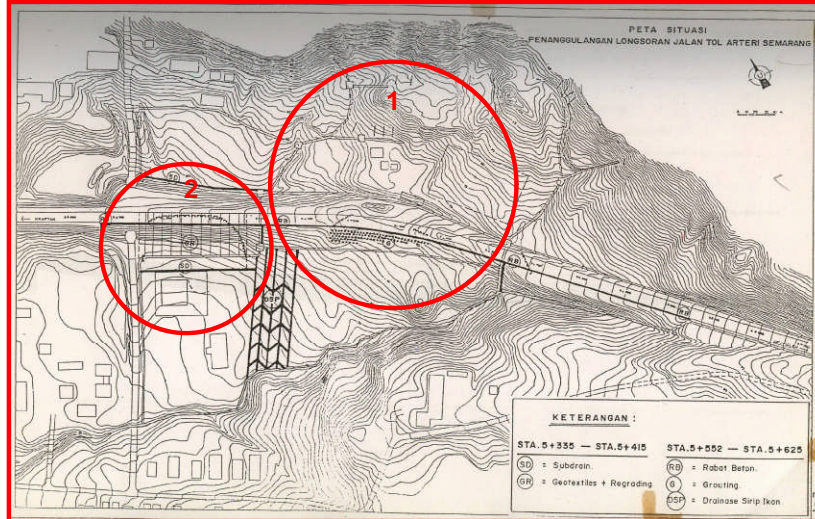
Sistem Subdrain Longsoran Sumber Km.3+500 Kaltim



Contoh Kasus 2: Longsoran Jalan Tol Semarang Seksi A Prov. Jateng (1986 dan 1991)



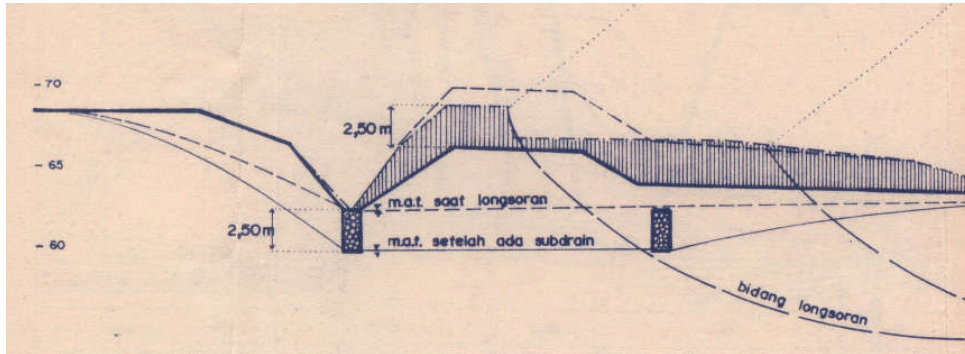
Situasi dan Penanggulangan Longsor Jalan Tol Semarang Seksi A



Pola Retakan dan Aliran Air (Investigasi Maret 2007)



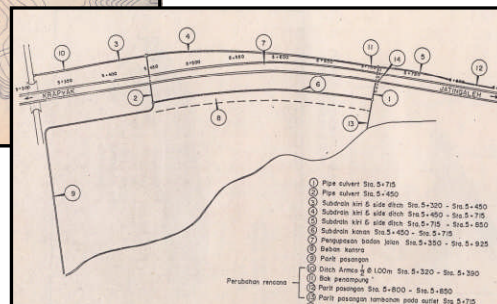
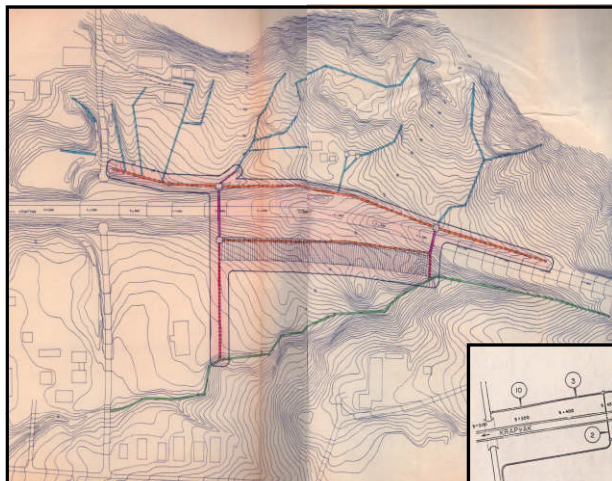
Konstruksi Subdrain Untuk Meningkatkan Stabilitas



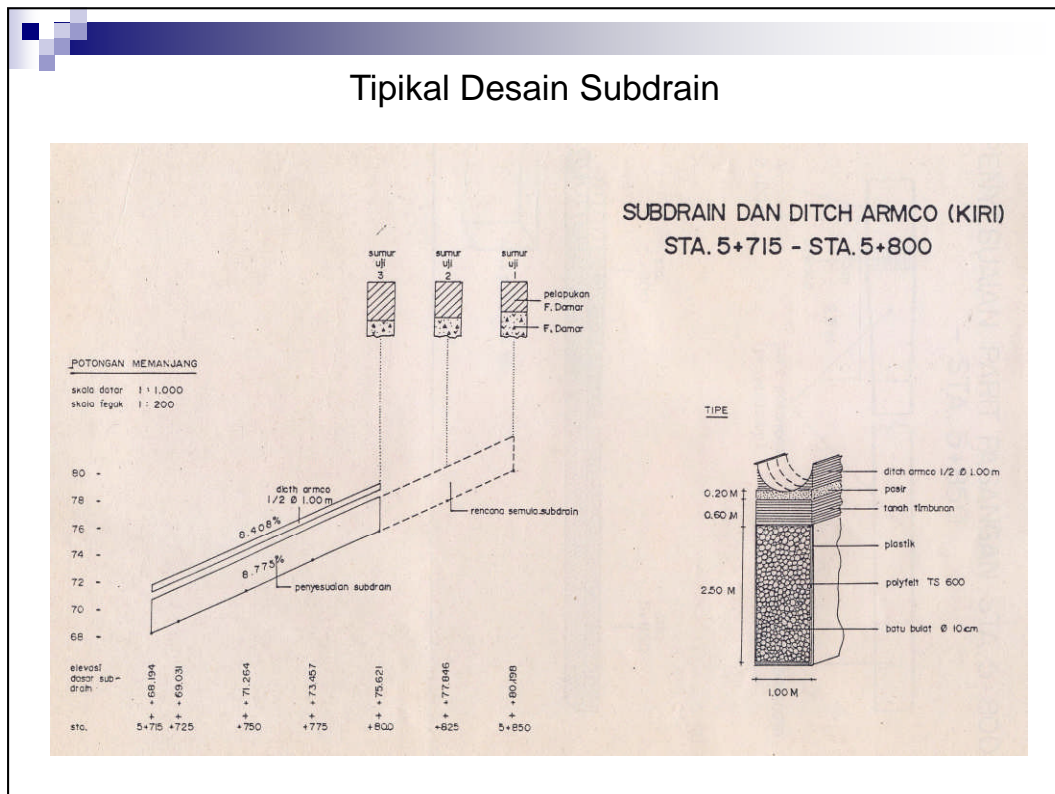
Tanpa subdrain : FK = 1.12

Dengan subdrain : FK = 1.30

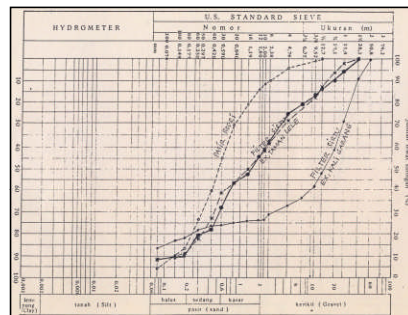
Penanganan dengan sistem drainase



Tipikal Desain Subdrain



Konstruksi Subdrain



Konstruksi Pipe Culvert dan Side Ditch

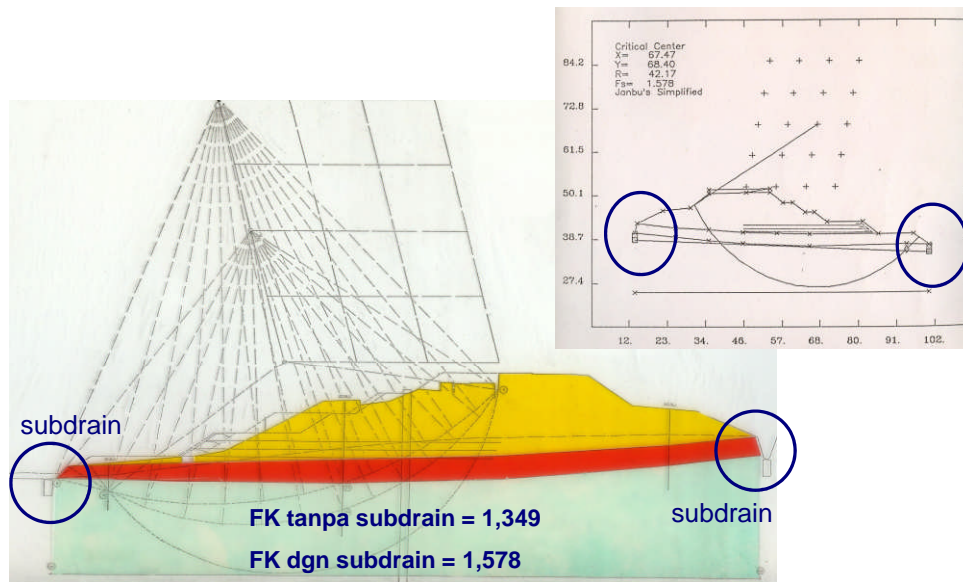


Longsor Badan Jalan Tol Seksi A Semarang Krapyak-Jatingaleh Km.5+350 (1991)

- Identifikasi lapangan : timbunan setinggi 10 meter pada daerah sesar (patahan) Semarang.
- Tata guna lahan : daerah kampus Kopertis Jateng.
- Penyelidikan : 5 titik pemboran teknik, uji lab dan slip indicator
- Klasifikasi tanah : lanau lempungan abu-abu kehitaman
- Klasifikasi longsor : rotasi tanah, bid. longsor terletak pada -3.55 m di daerah kaki timbunan.
- Evaluasi : FK Janbu = 1.578 (sebelum subdrain FK=1,349)
- Penanganan akhir : regrading, 3 lapis perkuatan geotekstil 200 kN/m' (sistem *wrapping*) dan subdrain.



Data dan Analisis Longsoran Jalan Tol Arteri Semarang



Subdrain vs Longsoran Jalan

1. Subdrain efektif meningkatkan stabilitas timbunan jalan (1984/1987/1991 → 2008)
2. Dari 3 kasus : kenaikan FK akibat pemasangan subdrain berkisar 0,17 – 0,27.



TERIMA KASIH