

# REDESAIN SALURAN DRAINASE DENGAN EFISIENSI BALOK MELINTANG (Studi Kasus Proyek Peningkatan Jalan Bengkalis - Perapat Tunggal (Dak))

Iis Sahru<sup>1</sup>, Alamsyah<sup>2</sup>, Efan Tifani<sup>3</sup>

Politeknik Negeri Bengkalis

iissahru8@gmail.com<sup>1</sup>, alamsyah@polbeng.ac.id<sup>2</sup>, efantifani@polbeng.ac.id<sup>3</sup>

## Abstrak

Banyak saluran drainase yang telah dibangun di Kabupaten Bengkalis. Salah satunya adalah proyek perbaikan jalan dari kota Bengkalis ke Perapat Tunggal. Saluran drainasenya telah dirancang dengan skor balok melintang yang banyak dan berdekatan sementara beban yang ditahan hanya tekanan tanah, beban mati dan beban hidup yang relatif kecil. Untuk mengetahui tekanan tanah samping pada saluran, telah dilakukan uji hand-boring. Perhitungan beton bertulang struktur beton bertulang yang mengacu pada SNI 03-2847-2002 dilakukan setelah mendapatkan gaya dalam akibat beban. Dari perhitungan kemampuan balok melintang yang dibebani beban sentris, diperoleh gaya aksial (PU) 227,05 kN. Sedangkan pemodelan dan analisis balok dengan menggunakan SAP2000 yang menggunakan beban tekanan tanah, didapat nilai gaya aksial sebesar 9,796 kN dengan jarak balok 2,5 m. Hasil ini dapat memberikan kesimpulan bahwa jarak balok melintang 2,5 meter sangat aman, sehingga perhitungan skor balok dengan jarak balok 5 m juga masih aman karena beban aksial yang terjadi hanya Pu 19,462 kN.

**Kata Kunci:** balok skor, drainase, efisiensi balok

## Abstract

*There are many drainage have been built in Bengkalis Regency. One of them is a road improvement project from Bengkalis city to Perapat Tunggal. The drainage has been designed with more transverse beam scores and near each others while the load only relatively small soil load, dead load and live load. To find out the soil pressure against the drainage, a hand boring test has been done. The design of reinforced concrete structures base on SNI 03-2847-2002 carried out after obtaining the internal axial force. From the calculation of the ability of the transverse beam which is burdened with centric load, an axial force (PU) of 227.05 kN. Futhermore, the modeling and analysis of beams using SAP2000 against soil pressure, the axial force of 9.796 kN with a beam distance of 2.5 m. These results can conclude that the transverse beam distance of 2.5 meters is very safe, so calculating the score of the beam with a beam distance of 5 m is also still safe because the axial load that occurs was only Pu 19,462 kN.*

**Keywords:** score beam, drainage, beam efficiency.

## 1. PENDAHULUAN

Saluran drainase merupakan hal utama yang perlu diperhatikan disekitar tempat tinggal masyarakat. Setiap tempat tinggal masyarakat umumnya dibuat saluran drainase sedemikian rupa, salah satunya merupakan upaya untuk mencegah genangan air yang akan menyebabkan terjadinya bencana banjir. Terlebih lagi pada waktu musim hujan, khususnya dikota Bengkalis yang daerahnya rawan terjadi banjir. Saat ini hampir setiap saluran drainase yang ada disekitar tempat tinggal masyarakat Bengkalis sudah banyak dilakukan pembangunan saluran drainase. Salah satunya pada proyek Peningkatan Jalan Bengkalis - Perapat Tunggal (DAK), akan

tetapi saluran drainase tersebut didesain dengan *score* balok melintang yang rapat(2,5 m) padahal beban yang dipikul hanya beban tekanan tanah dan sedikit beban dari atas.

Hal tersebut sangat memungkinkan biaya yang dikeluarkan untuk membuat saluran drainase tersebut relatif besar dan memakan waktu yang lama. Sehingga perlu ditinjau ulang dalam mendesain saluran drainase yang lebih efektif, hemat biaya dan tidak memakan waktu yang lama dalam pembuatan saluran drainase tersebut.

Melihat hasil desain saluran drainase pada proyek Peningkatan Jalan Bengkalis - Perapat Tunggal (Dak), untuk itu dicoba mendesain ulang saluran drainase dengan efisiensi *score* balok melintang. Sehingga hasil desain saluran

drainase tersebut dapat diaplikasikan dilapangan dengan harapan dapat menghemat biaya yang akan dikeluarkan, disamping juga memperhatikan kekuatan saluran drainase yang didesain akan mampu menahan genangan air yang ada dalam jangka waktu yang lama.

## 2. METODE

### A. Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan ini untuk menghasilkan nilai berat volume tanah untuk menghitung tekanan tanah. Adapun pengujian yang dilaksanakan yaitu Pengujian *Hand Boring*.

Pengujian *Hand Boring* ini dimaksudkan untuk mendapatkan sampel tanah yang dalam keadaan tidak terganggu. *Hand Boring* adalah pengeboran tangan pada suatu tanah untuk mendapatkan keadaan bawah permukaan tanah dengan cara mengebor. Pengujian *Hand Boring* pada tugas akhir ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu untuk tanah asli sebanyak dua titik dan satu titik untuk tanah timbunan. Untuk tanah asli dilakukan pengujian *Hand Boring* sebanyak dua titik yaitu satu titik pada sta 0+000 dan sta 0+500, sedangkan untuk tanah timbunan pada sta 0+250. Pengambilan sampel dalam pengujian *Hand Boring* untuk tanah asli diambil sebanyak dua titik berdasarkan penglihatan secara visual (kasat mata) pada permukaan atas tanah mempunyai jenis tanah yang sama. Sedangkan untuk tanah timbunan pengambilan sampel hanya satu titik, karena tanah timbunan pada saluran tersebut mempunyai jenis yang sama dan berasal dari Aquary yang sama.

### B. Tahapan perencanaan

Untuk tahapan perencanaan harus mengetahui terlebih dahulu desain saluran drainase yang ada sebelumnya pada pembangunan saluran drainase beton pada proyek Peningkatan Jalan Bengkalis - Perapat Tunggal (Dak) yang terletak didesa Senderak-Prapat Tunggal.

Secara rinci tahapan perencanaan dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

- 1) Pengumpulan data primer yaitu data *Hand Boring*

Data *Hand Boring* ini didapat dari pengujian *Hand boring* di saluran drainase pada proyek peningkatan jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK). Pengujian *Hand Boring* bertujuan untuk mencari berat volume tanah ( $\gamma$ ) yang ada dilokasi tersebut. Berat volume tanah yang didapat dari pengujian ini digunakan untuk menghitung tekanan tanah yang terjadi.

- 2) Pengumpulan data sekunder

- a) Gambar kerja pembangunan saluran drainase

Gambar kerja didapat dari konsultan perencana yaitu CV. Buhara Persada dimana gambar kerja ini adalah gambar kerja dalam proyek peningkatan jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK). Data dari gambar kerja ini yang nantinya akan didesain ulang dengan efisiensi score balok melintang.

- b) Data Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Data RAB ini didapat dari perhitungan RAB pada proyek Peningkatan Jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK). Data RAB ini akan dijadikan contoh untuk perhitungan RAB dari desain ulang jika score balok melintang pada saluran drainase tersebut di buat lebih efisien. Selain itu juga untuk memperhitungkan kembali analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) sesuai data yang ada pada proyek tersebut.

- 3) Analisis data

- a) Menghitung Tekanan Tanah

Dalam pembangunan saluran drainase beton beban yang pertama yang mempengaruhi adalah tekanan tanah. Oleh karena itu menghitung tekanan tanah sangat perlu dilakukan sebelum perencanaan, karena pada kondisi lapangan banyak dinding penahan bergerak sedikit ke depan, apabila hal ini terjadi, maka tekanan pada dinding akan berkurang akibat tekanan lateral pada tanah yang menyebabkan dinding penahan bergeser [6], dengan memperoleh data tanah dari hasil pengujian *Hand Boring* dilokasi proyek. Beban yang diperhitungkan untuk beton bertulang dari tekanan tanah adalah beban yang bekerja kearah dinding yang akan dipikul oleh dinding.

Karena hanya beban tekanan tanah dari samping yang lebih dominan dipikul oleh dinding ataupun kolom.

#### b) Perencanaan Beton Bertulang

Dalam pelaksanaannya, pendirian beton bertulang harus memperhatikan dasar-dasar tertentu agar mutu dan kualitasnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Dasar-dasar perencanaan beton bertulang bertujuan untuk menjamin beton bertulang dapat menahan beban yang bekerja dengan baik. Ini berarti pembangunan beton bertulang wajib memperhatikan dasar keamanan dan dasar kekuatannya.

#### c) Redesain saluran drainase dengan efisiensi score balok melintang

Maksud dari redesain saluran drainase dari desain yang sudah ada sebelumnya adalah mendesain ulang score balok melintang dengan cara memanjangkan jarak score balok melintang dengan mengkondisikan hanya tekanan tanah yang dipikul. Desain ulang score balok melintang pada saluran drainase tersebut diharapkan dapat menghemat biaya dan waktu dalam pembangunan saluran drainase tersebut.

Adapun tahap-tahap redesain adalah sebagai berikut :

1. Mengolah data-data tekanan tanah yang akan diinput kedalam permodelan SAP2000. Beban tekanan tanah yang diinput kedalam permodelan berupa beban terpusat.
2. Analisa Struktur Menggunakan SAP2000 V.14

Untuk mengetahui momen yang dihasilkan dari gaya-gaya yang bekerja pada struktur saluran drainase maka menggunakan program aplikasi SAP2000 V.14. Adapun permodelan dari struktur drainase yang dibuat adalah kolom, balok melintang, balok penutup dan pondasi menerus. Permodelan yang pertama dibuat dengan jarak score sesuai dengan jarak yang ada dilapangan yaitu 2,5 meter.

Untuk pemanjangan score selanjutnya disesuaikan dengan analisa struktur drainase.

3. Membandingkan antara analisa momen struktur kolom dengan gaya dalam momen kolom dari permodelan SAP2000.
4. Membandingkan antara analisa beban sentris balok melintang dengan gaya axial balok melintang dari permodelan SAP2000.
5. Menentukan score atau jarak antar balok melintang sesuai dengan analisa struktur drainase.

Pemanjangan score ini berdasarkan data momen gaya dalam dari permodelan struktur dengan panjang yang sudah ditentukan, apabila lebih kecil dari data analisa dari berat sendiri struktur. Data struktur analisa yang ditinjau hanya kolom dengan momen lentur dan balok melintang dengan beban sentris, sedangkan analisa dinding diabaikan.

#### d) Penggambaran

Hasil dari perhitungan redesain saluran drainase dituangkan dalam bentuk gambar teknik seperti pada gambar kerja dari konsultan perencana. Penggambaran hasil dari redesain ini menggunakan program bantu AutoCad 2010. Penggambaran disesuaikan dengan score/jarak dari balok melintang yang sudah dianalisa.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Penyajian Data Pengujian Hand Boring

Data pengujian *Hand Boring* didapat dari pengujian dilokasi proyek Peningkatan Jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK) sebanyak dua titik. Sampel tanah ini adalah tanah asli dibagian samping saluran drainase dekat rumah masyarakat. Dari pengujian tersebut didapat nilai berat volume ( $\text{gram/cm}^3$ ) dengan pengolahan data pengujian di Laboratorium Uji Tanah Politeknik Negeri Bengkalis. Data berat volume tanah dapat di lihat pada Tabel 1 dibawah ini:

**Tabel 1.** Hasil pengujian berat volume tanah asli

No	Percobaan / kode cawan	Sampel 1		Sampel 2	
		Cincin A	Cincin B	Cincin A	Cincin B
1	Berat tabung atau cincin kosong (W1) (gram)	67,59	14,78	67,59	14,78
2	Berat tabung + sampel tanah (W2) (gram)	184,88	30,17	186,30	29,72
3	Berat sampel tanah (W=W2-W1) (gram)	117,29	15,39	118,71	14,94
4	Diameter tabung atau cincin (D) (cm)	3,89	2,36	3,89	2,36
5	Tinggi tabung atau cincin (T) (cm)	7,48	2,47	7,48	2,47
6	Volume tabung atau cincin (V) (cm <sup>3</sup> )	88,90	10,80	88,90	10,80
7	Berat isi ( $\gamma$ ) = (W/V) (gram/cm <sup>3</sup> )	1,32	1,42	1,34	1,38
	Berat isi ( $\gamma$ ) rata-rata (gram/cm <sup>3</sup> )	1,37			

Data pengujian *Hand Boring* untuk tanah timbunan diperoleh dari pengujian dilokasi proyek Peningkatan Jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK) sebanyak dua titik. Dari pengujian tersebut didapat nilai berat volume (gram/cm<sup>3</sup>) dengan pengolahan data pengujian

di Laboratorium Uji Tanah Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis. Nilai berat volume digunakan untuk menghitung tekanan tanah yang ditinjau. Data berat volume tanah dapat di lihat pada Tabel 2 berikut ini:

**Tabel 2.** Hasil pengujian berat volume tanah timbunan

No	Percobaan / kode cawan	Sampel 1	
		Cincin Besar	Cincin Kecil
1	Berat tabung atau cincin kosong (W1) (gram)	77,59	15,78
2	Berat tabung + sampel tanah (W2) (gram)	210,1	35,0
3	Berat sampel tanah (W=W2-W1) (gram)	132,51	19,22
4	Diameter tabung atau cincin (D) (cm)	3,8	2,36
5	Tinggi tabung atau cincin (T) (cm)	7,6	2,51
6	Volume tabung atau cincin (V) (cm <sup>3</sup> )	86,19	10,98
7	Berat isi ( $\gamma$ ) = (W/V) (gram/cm <sup>3</sup> )	1,54	1,75
	Berat isi ( $\gamma$ ) rata-rata (gram/cm <sup>3</sup> )	1,64	

### B. Perhitungan Tekanan Tanah

#### 1. Menentukan nilai $\phi$

Harga kuat tekan geser ( $\phi$ ) untuk tanah asli diperoleh dari tabel Harga-harga  $\phi$  berdasarkan [5]. Pengambilan nilai kuat tekan geser berdasarkan jenis tanah lapangan. Setelah melakukan pengujian *Hand Boring* dilokasi yang ditinjau didapat jenis tanah yaitu Lempung. Sehingga berdasarkan [5] nilai  $\phi$  berkisar antara 11,5°-16,5° diambil tengah-tengah maka didapat nilai  $\phi$  sebesar 14°.

Sedangkan untuk tanah timbunan harga kuat tekan geser ( $\phi$ ) sama dengan tanah asli, karena tanah timbunan memiliki jenis tanah yang sama dengan tanah asli yaitu Lempung.

#### 2. Menentukan nilai kohesi tidak berdrainase (Cu)

Nilai kohesi tidak berdrainase (Cu) didapat menggunakan rumus yang diperoleh pada percobaan tekan bebas. Sebelum mencari nilai Cu maka harus mencari nilai  $q_u$ , nilai  $q_u$  (kuat tekan bebas) didapat dengan menggunakan [2] Hubungan kuat tekan bebas ( $q_u$ ) lempung dengan konsistensinya. Dari referensi [2]

didapat nilai  $q_u$  yaitu berkisar antara 25-50  $\text{kN/m}^2$ , sehingga diambil nilai  $q_u$  sebesar 25  $\text{kN/m}^2$  sedangkan untuk tanah timbunan diambil tengah-tengahnya yaitu sebesar 37,5  $\text{kN/m}^2$ .

Sehingga nilai  $C_u$  untuk tanah asli adalah :

$$C_u = \frac{q_u}{2} = \frac{25}{2} = 12,50 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan nilai  $C_u$  untuk tanah timbunan adalah :

$$C_u = \frac{q_u}{2} = \frac{37,5}{2} = 18,75 \text{ kN/m}^2$$

### 3. Mencari tekanan tanah asli

Diketahui data :

- Berat volume ( $\gamma_{\text{sat}}$ ) = 1,37  $\text{gram/cm}^3$  = 1,37  $\text{ton/m}^3$  = 13,7  $\text{kN/m}^3$
- Sudut gesek dalam ( $\phi$ ) =  $14^\circ$
- Tinggi dinding saluran = 108  $\text{cm}$  = 1,08  $\text{m}$
- Nilai kohesi ( $C_u$ ) = 12,50  $\text{kN/m}^2$
- Tinggi tanah asli ( $H$ ) = 40  $\text{cm}$  = 0,4  $\text{m}$  (Gambar 1)

$$K_a = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{14^\circ}{2} \right)$$

$$K_a = 0,61$$

$$\sqrt{K_a} = \sqrt{0,61} = 0,78$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 13,7 \text{ kN/m}^3 \times (0,4 \text{ m})^2 \times 0,61 - 2 \times 12,50 \text{ kN/m}^2 \times 0,4 \text{ m} \times 0,78 = 0,67 - 7,8 = -7,13 \text{ kN/m}^2$$

Titik tangkap  $P_a$

$y = H/3 = 0,4 \text{ m} / 3 = 0,13 \text{ m}$  dari dasar saluran drainase.

### 4. Mencari tekanan tanah timbunan

Diketahui data :

- Berat volume ( $\gamma$ ) = 1,64  $\text{gram/cm}^3$  = 16,4  $\text{kN/m}^3$
- Sudut gesek dalam ( $\phi$ ) =  $14^\circ$
- Nilai kohesi ( $C_u$ ) = 18,75  $\text{kN/m}^2$
- Tinggi tanah timbunan ( $H$ ) = 83  $\text{cm}$  = 0,83  $\text{m}$  (Gambar 3.4)

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - 2cH \sqrt{K_a}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times 16,4 \text{ kN/m}^3 \times (0,83 \text{ m})^2 \times 0,61 - 2 \times 18,75 \text{ kN/m}^2 \times 0,83 \text{ m} \times 0,78$$

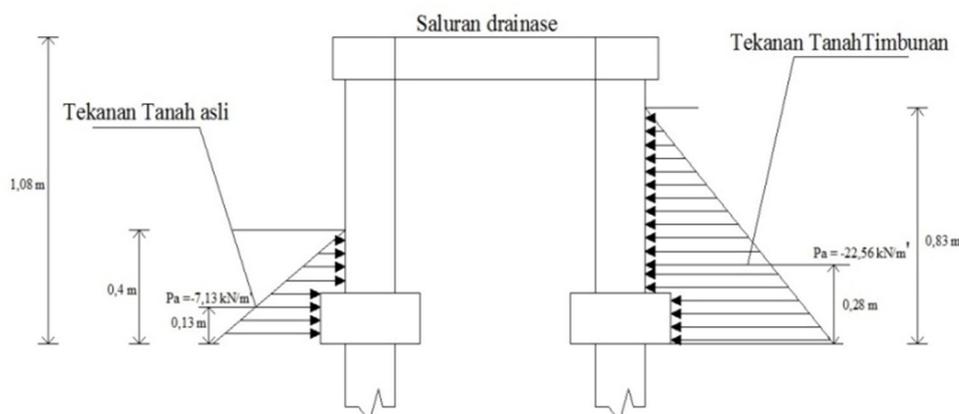
$$P_a = 1,72 - 24,28$$

$$P_a = -22,56 \text{ kN/m}^2$$

Titik tangkap  $P_a$

$y = H/3 = 0,83 \text{ m} / 3 = 0,28 \text{ m}$  dari dasar saluran drainase.

Dari perhitungan tekanan tanah dengan berat volume ( $\gamma$ ) yang diperoleh di lapangan maka telah didapat tekanan tanah total untuk tanah asli yang bekerja per meter adalah sebesar -7,13  $\text{kN}$  sedangkan untuk tanah timbunan sebesar -22,56  $\text{kN}$ . Tekanan tanah total baik tanah asli atau tanah timbunan ini dianggap tidak memberikan pengaruh terhadap saluran drainase yang ada karena nilai tekanan tanah total yang dihitung bernilai negatif. Nilai negatif dikarenakan tanah tersebut mempunyai kohesi yang mampu menahan tanah tersebut dari keruntuhan.



**Gambar 1.** Distribusi tekanan tanah aktif pada tanah asli dan tanah timbunan disekitar drainase

### 5. Perhitungan Tekanan Akibat Roda Kendaraan

Diketahui :

- Berat volume ( $\gamma$ ) tanah timbunan = 1,64 gram/cm<sup>3</sup> = 16,4 kN/m<sup>3</sup>
- Tinggi tanah timbunan = 83 cm = 0,83 m (Gambar 1)
- $H = 2/3$  H tinggi tanah timbunan = 2/3 (0,83 m) = 0,55 m

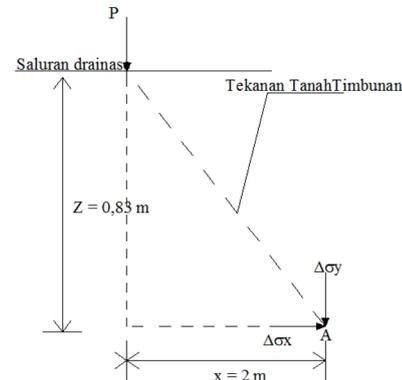
Menentukan beban roda kendaraan yang menyentuh tanah timbunan:

Berdasarkan [7] Tabel konfigurasi beban sumbu roda, diambil konfigurasi sumbu 1,2L tipe bus dengan berat total maksimum 8,3 ton. Asumsi beban roda tersebut hanya sebagian yang menyentuh tanah timbunan maka beban roda didapat sebesar :

$$\frac{1}{2} (34\% \times 8,3) + \frac{1}{2} (66\% \times 8,3) = 1,411 + 2,739 = 4,15 \text{ ton} \times 1\text{m} = 4,15 \text{ ton/m}$$

Menentukan tegangan tanah:

$$\text{Tegangan tanah } \sigma_1 = \gamma \times H = 1,64 \text{ ton/m}^3 \times 0,55 \text{ m} = 0,902 \text{ ton/m}^2$$

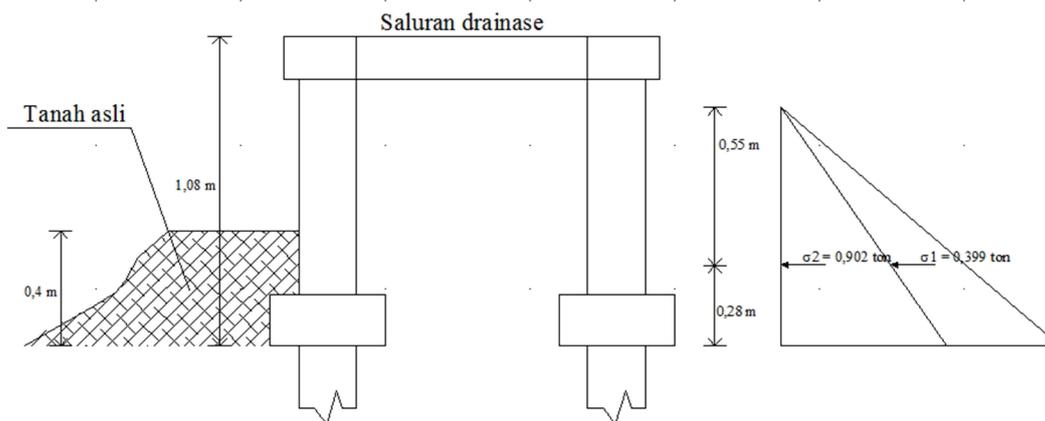


Gambar 2. Tambahan tegangan akibat beban garis

Tambahan tegangan lateral/mendatar arah sumbu x :

$$\Delta\sigma_x = \sigma_1 = \frac{2P}{\pi} \frac{x^2 y}{(x^2 + z^2)^2}$$

$$\Delta\sigma_x = \frac{2 \times 4,15}{3,14} \frac{2^2 \times 0,83}{(2^2 + 0,83^2)^2} = 0,399 \text{ ton/m}^2$$



Gambar 3. Distribusi tegangan akibat beban roda

### C. Perencanaan Beton Bertulang

#### 1. Perhitungan kolom

Untuk menghitung Kolom beton bertulang ini, diambil data-data kolom saluran drainase yang terdapat dalam gambar kerja dokumen kontrak proyek Peningkatan Jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK), diantaranya :

- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 240 MPa
- Mutu Beton = K 175
- Tebal kolom ( $b$ ) = 200 mm
- Lebar kolom ( $h$ ) = 200 mm
- Tinggi kolom = 750 mm
- Dia. tul. utama  $\emptyset$  = 10 mm

- Jumlah tul. Utama = 2 buah
- Dia. Tul. Sengkang = 6 mm
- Decking = 20 mm
- Faktor reduksi  $\emptyset$  = 0,8

Adapun perhitungan analisa kolom saluran drainase mengacu pada [1] adalah:

$$\text{Mutu beton } f'c = \frac{175 \times 0,83}{10} = 14,525 \text{ MPa}$$

$$\text{Tinggi tulangan efektif } d' = d - sb - \text{Tul. Sengkang} - \frac{1}{2} \text{Tul. Utama} = 200 - 20 - 8 - \frac{1}{2} 10 = 167 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan tarik } (A_s) = n x \frac{1}{4} x \pi x D^2$$

$$(A_s) = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 157,08 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f' c b} = \frac{157,08 \times 240}{0,85 \times 14,525 \times 200}$$

$$a = 15,267 \text{ mm}$$

Resultan gaya tarik tulangan  $T_s = A_s \times f_y = 157,08 \text{ mm}^2 \times 240 \text{ N/mm}^2 = 37699,11 \text{ N}$

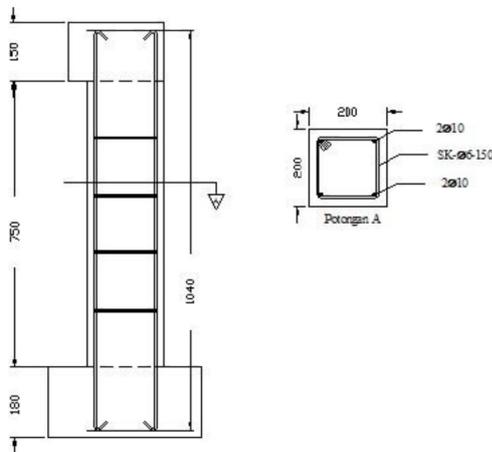
Resultan gaya tarik beton  $C_c = 0,85 \times f' c \times a \times b = 0,85 \times 14,525 \times 15,267 \times 200 = 37699,11 \text{ N}$

Syarat keseimbangan gaya horizontal  $C_c = T_s$  OK!

Maka momen nominal penampang  $M_n = T_s (d-a/2) = 37699,11 (169 - 15,267 / 2) = 6083373,434 \text{ Nmm}$

Jadi, momen ultimate  $M_u = \phi \times M_n = 0,8 \times 6083373,434 = 4866698,75 \text{ Nmm} = 4,87 \text{ kNm}$

Perhitungan analisa kolom dengan perhitungan sama dengan perhitungan dinding beton bertulang berdasarkan data-data yang ada dilapangan didapat momen ultimate ( $M_u$ ) kolom sebesar 4,87 kNm.



Gambar 4. Detail penulangan kolom

## 2. Perhitungan analisa balok melintang dengan beban sentris

Untuk perhitungan balok beton bertulang arah melintang ini diambil data-data balok melintang yang terdapat dalam gambar kerja dokumen kontrak proyek Peningkatan Jalan Bengkalis-Prapat Tunggal (DAK).

- Mutu Baja ( $f_y$ ) = 240 MPa
- Mutu Beton = K 175 = 14,525 MPa
- Tebal balok ( $b$ ) = 150 mm
- Lebar balok ( $h$ ) = 150 mm

- Panjang balok = 800 mm
- Dia. tul. utama  $\phi$  = 10 mm
- Jumlah tul. Utama = 4 buah
- Dia. Tul. Sengkang = 6 mm
- Decking = 20 mm
- Faktor reduksi  $\phi$  = 0,65

Adapun perhitungan analisa balok melintang saluran drainase dengan beban sentris adalah:

Luas penampang kolom  $A_g = b \times h = 150 \times 150 = 22500 \text{ mm}^2$

Luas total  $A_{st} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 = 314,16 \text{ mm}^2$

$P_n = 0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y = 0,85 \times 14,525 \times (22500 - 314,16) + (314,16 \times 240) = 349310,16 \text{ N}$

$P_u = 0,65 \times P_n = 0,65 \times 349310,16 \text{ N} = 227051,60 \text{ N} \sim 227,05 \text{ kN}$

Dari perhitungan balok melintang dengan asumsi beban sentris didapat nilai  $P_u$  sebesar 227,05 kN.

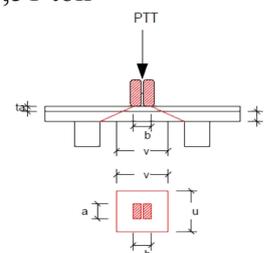
## D. Permodelan struktur drainase dengan analisa SAP2000

### 1. Permodelan kolom dan balok melintang dengan jarak 2,5 m

Untuk tinjauan kolom dengan jarak 2,5 m searah memanjang drainase dan 2 m kearah badan jalan maka tegangan tersebut dijadikan beban titik sebagai berikut.

$P_1$  (Tekanan tanah) = Tegangan tanah  $\sigma_1 \times$  score balok melintang  $\times$  jarak drainase kearah badan jalan

$P_1$  (Tekanan tanah) =  $0,902 \text{ ton/m}^2 \times 2,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 4,51 \text{ ton}$



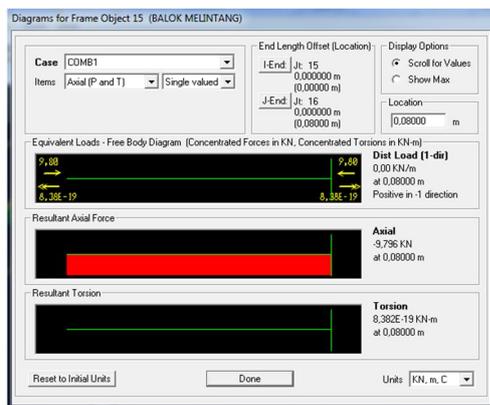
Gambar 5. Dimensi roda kendaraan

- $a = 30 \text{ cm}$ ,  $b = 50 \text{ cm}$

- $P_2$  (Tekanan akrobat roda) = Tegangan tanah  $\sigma_2 \times a \times b$
- $P_2$  (Tekanan akrobat roda) =  $0,399 \text{ ton/m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,06 \text{ ton}$   
 $P = P_1$  (Tekanan tanah) +  $P_2$  (Tekanan akrobat roda) =  $4,51 \text{ ton} + 0,06 \text{ ton} = 4,57 \text{ ton}$   
 $\times 9,81 = 44,83 \text{ kN}$ .

Jadi, dari analisa permodelan kolom dan balok melintang pada program aplikasi SAP2000 didapat momen 2-2 (momen lentur) yang dihasilkan adalah sebesar (+) 1,3208 kNm.

Secara teoritis atau perhitungan yang didapat bahwa beban yang bekerja dari samping yang dipikul oleh kolom lebih kecil dari pada momen dari berat sendiri kolom yaitu Mu kolom sepanjang meter adalah 4,87 kNm. Karena momen dari berat sendiri kolom lebih besar dari pada momen yang dipikul kolom akibat tekanan yang bekerja dari samping maka dilapangan kondisi struktur tersebut sangat aman dengan jarak score 2,5 meter. Sedangkan pada permodelan SAP balok melintang dengan beban tekanan dari samping didapat nilai gaya axial sebesar 9,796 Kn seperti yang terdapat pada gambar 6.



**Gambar 6.** Gaya Axial (Pu) jarak 2,5

Gaya Axial hasil permodelan 3D balok melintang dengan jarak seperti yang adalah dilapangan yaitu 2,5 meter. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan dengan jarak balok melintang 2,5 meter sangat aman karena nilai Pu balok melintang jauh lebih besar dari pada gaya axial yang dipikul oleh balok melintang. Oleh karena itu maka bisa didesain lagi score/jarak antar balok melintang lebih dari

2,5 meter, dalam hal ini dicoba dengan jarak 4 meter.

2. Permodelan kolom dan balok melintang dengan jarak 4 m

Menentukan beban titik sepanjang 4 meter yaitu :

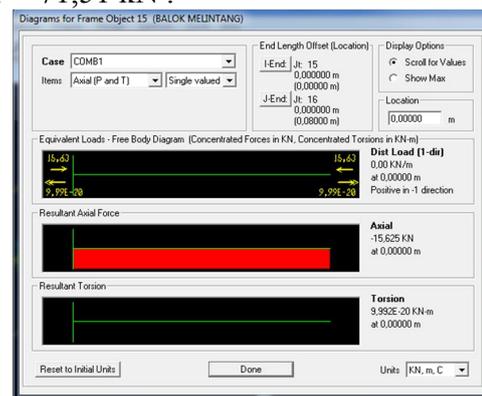
$P_1$  (Tekanan tanah) = Tegangan tanah  $\sigma_1 \times$  score balok melintang  $\times$  jarak drainase kearah badan jalan

$P_1$  (Tekanan tanah) =  $0,902 \text{ ton/m}^2 \times 4 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 7,23 \text{ ton}$

$P_2$  (Tekanan akrobat roda) = Tegangan tanah  $\sigma_2 \times a \times b$

$P_2$  (Tekanan akrobat roda) =  $0,399 \text{ ton/m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,06 \text{ ton}$

$P = P_1$  (Tekanan tanah) +  $P_2$  (Tekanan akrobat roda) =  $7,23 \text{ ton} + 0,06 \text{ ton} = 7,29 \text{ ton}$   
 $\times 9,81 = 71,51 \text{ kN}$ .



**Gambar 7.** Gaya Axial (Pu) jarak 4 m

Hasil permodelan SAP balok melintang dicoba jarak 4 dengan beban tekanan dari samping didapat nilai gaya axial sebesar 15,625 kN seperti yang terdapat pada gambar 7. Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan dengan jarak balok melintang 4 meter sangat aman karena nilai Pu balok melintang jauh lebih besar dari pada gaya axial yang dipikul oleh balok melintang. Oleh karena itu maka bisa didesain lagi score/jarak antar balok melintang lebih dari 4 meter, dalam hal ini dicoba dengan jarak 5 meter.

3. Permodelan kolom dan balok melintang dengan jarak 5 m

Menentukan beban titik sepanjang 5 meter yaitu :

$P_1$  (Tekanan tanah) = Tegangan tanah  $\sigma_1$  x score balok melintang x jarak drainase ke arah badan jalan

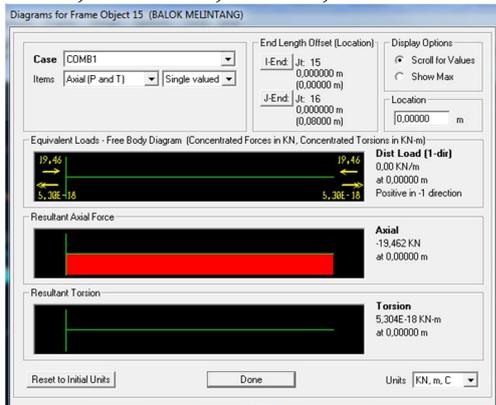
$$P_1 \text{ (Tekanan tanah)} = 0,902 \text{ ton/m}^2 \times 5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 9,02 \text{ ton}$$

$P_2$  (Tekanan akibat roda) = Tegangan tanah  $\sigma_2 \times a \times b = 0,399 \text{ ton/m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} = 0,06 \text{ ton}$ .

$P = P_1$  (Tekanan tanah) +  $P_2$  (Tekanan akibat roda)

$$P = 9,02 \text{ ton} + 0,06 \text{ ton}$$

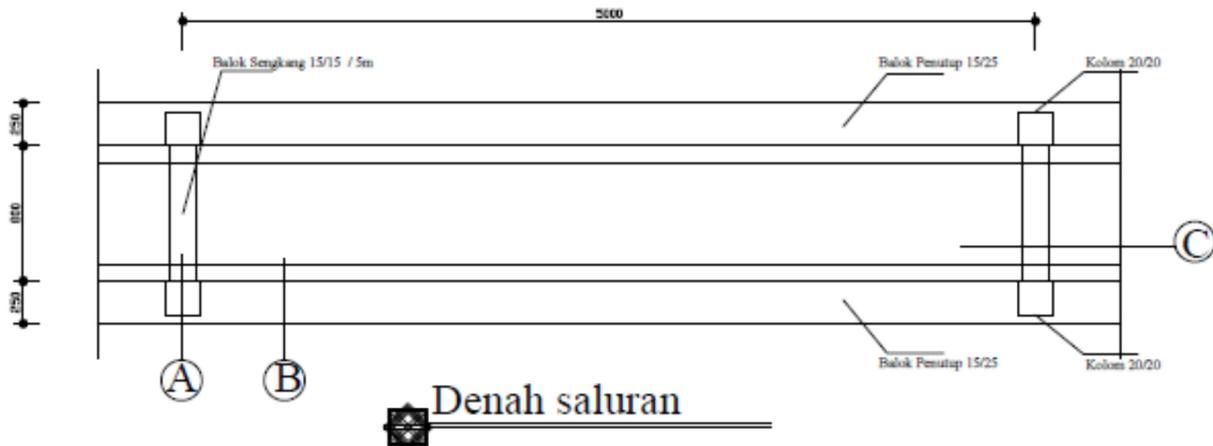
$$P = 9,08 \text{ ton} \times 9,81 = 89,07 \text{ kN}$$



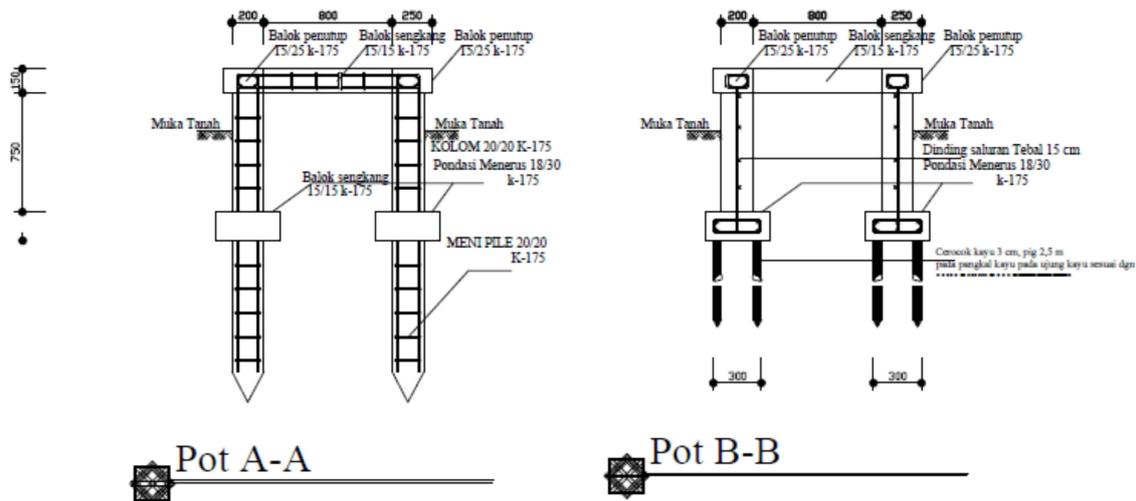
Gambar 8. Gaya Axial ( $P_u$ ) jarak 5 m

Hasil permodelan balok melintang dengan beban tekanan dari samping sepanjang 5 meter didapat gaya axial sebesar 19,462 kN lebih kecil dari nilai  $P_u$  balok melintang. Oleh karena itu jika score balok melintang dipanjangkan dengan jarak 5 meter masih sangat aman saluran tersebut menerima beban-beban yang bekerja dari samping.

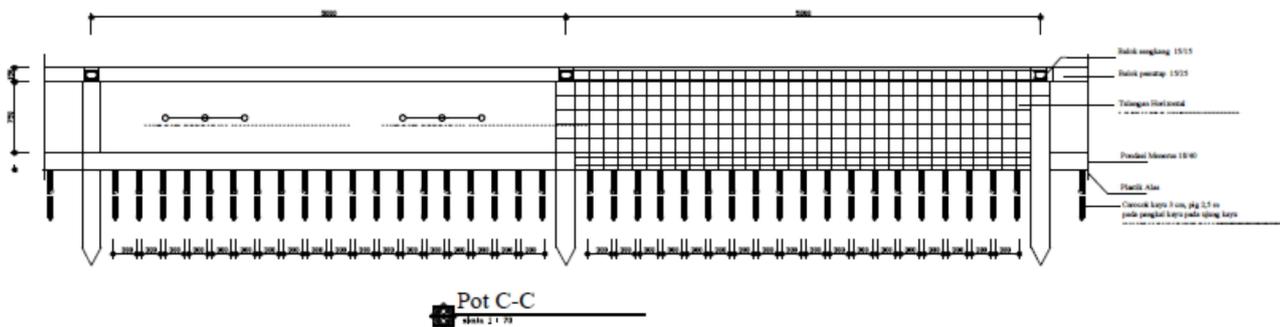
Untuk gambar hasil perhitungan, mulai dari denah score melintang, detail penilangan score dan kolom, sampai dengan detail penulangan dinding drainase dapat dilihat pada Gambar 8 sampai Gambar 10.



Gambar 9. Denah hasil desain



Gambar 10. Detail penulangan kolom dan score melintang



Gambar 11. Detail penulangan dinding drainase

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan dapat disimpulkan:

- Secara teoritis beban yang bekerja dari samping yang dipikul oleh kolom lebih kecil dari pada momen akibat berat sendiri kolom yaitu  $M_u$  4,87 kNm
- Jarak antara score balok melintang hasil desain pada drainase menjadi 2 kali kondisi eksisting yaitu 5 m.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih disampaikan kepada teman-teman yang sudah mau membantu dalam proses penelitian ini, terimakasih juga disampaikan kepada tim penelitian yang telah membantu proses penyusunan paper ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] G.Nawy, Edward, *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)*, Bandung: PT. Rafika Aditama, 1998.
- [2] Hary, C.H, *Mekanika Tanah 1, Edisi Keenam*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2012.
- [3] Hary, C.H, *Mekanika Tanah 2, Edisi Kelima*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2014.
- [4] Pratikto, *Struktur Beton 1*, Jakarta : Politeknik Negeri Jakarta, 2009.
- [5] Soedarmo, G. D. & Edy Purnomo, S. J., *Mekanika Tanah 2*, Yogyakarta : Kanisius, 1997.
- [6] Smith, M. J, *Mekanika Tanah, edisi keempat*, Jakarta: Penerbit Erlangga, 1992.
- [7] (2019)Besta Nanda blogspot [online]. <http://bestananda.blogspot.com/2014/11/abel-konfigurasi-beban-sumbu.htm>.