

PERENCANAAN DESAIN DUCT BANK PADA PROYEK X

Syeimaa Salsabila^{1*} dan Basuki Anondho¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta, Indonesia
*Syeimaa.325210069@stu.untar.ac.id

Masuk: 06-10-2024, revisi: 05-02-2025, diterima untuk diterbitkan: 12-02-2025

ABSTRACT

Duct bank design planning is a crucial element in modern electrical and communications infrastructure. Duct banks serve as protective conduits for electrical and fiber optic cables, providing protection from environmental and mechanical impacts, while optimizing space usage and network organization. This research aims to develop duct bank planning guidelines by considering critical factors, such as soil characteristics, mechanical loads, and environmental impacts. The research methodology includes analyzing project requirements, selecting appropriate materials, and calculating duct bank dimensions and depths according to applicable standards. The results show that a well-designed duct bank can reduce the risk of cable damage and lower long-term maintenance costs. This research also emphasizes the importance of collaboration between civil, electrical, and environmental engineering disciplines to produce innovative and sustainable designs. It is hoped that this research will serve as a reference for engineers and planners in designing duct banks that not only meet technical needs, but also support sustainability and operational efficiency. With a structured approach and attention to environmental aspects, duct bank planning can strengthen infrastructure that is more resilient and responsive to future challenges.

Keywords: planning; design; duct bank; infrastructure; electricity.

ABSTRAK

Perencanaan desain *duct bank* merupakan elemen krusial dalam infrastruktur kelistrikan dan komunikasi modern. *Duct bank* berfungsi sebagai saluran pelindung kabel listrik dan serat optik, memberikan perlindungan dari dampak lingkungan dan mekanis, sekaligus mengoptimalkan penggunaan ruang dan pengaturan jaringan. Penelitian ini bertujuan menyusun panduan perencanaan *duct bank* dengan mempertimbangkan faktor-faktor kritis, seperti karakteristik tanah, beban mekanis, dan dampak lingkungan. Metodologi penelitian mencakup analisis kebutuhan proyek, pemilihan material yang tepat, serta perhitungan dimensi dan kedalaman *duct bank* sesuai standar yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *duct bank* yang dirancang dengan baik dapat mengurangi risiko kerusakan kabel dan menurunkan biaya pemeliharaan jangka panjang. Penelitian ini juga menekankan pentingnya kolaborasi antara disiplin teknik sipil, elektro, dan lingkungan untuk menghasilkan desain yang inovatif dan berkelanjutan. Diharapkan penelitian ini menjadi acuan bagi insinyur dan perencana dalam merancang *duct bank* yang tidak hanya memenuhi kebutuhan teknis, tetapi juga mendukung keberlanjutan dan efisiensi operasional. Dengan pendekatan terstruktur dan perhatian terhadap aspek lingkungan, perencanaan *duct bank* dapat memperkuat infrastruktur yang lebih tangguh dan responsif terhadap tantangan masa depan.

Kata kunci: perencanaan; desain; *duct bank*; infrastruktur; kelistrikan.

1. PENDAHULUAN

Duct bank, sebagai infrastruktur bawah tanah yang menampung kabel listrik, telekomunikasi, dan utilitas lainnya, telah menjadi komponen integral dalam sistem distribusi energi modern. Dengan semakin meningkatnya urbanisasi dan kebutuhan akan konektivitas yang tinggi, peran *duct bank* semakin krusial. Perencanaan *duct bank* yang matang menjadi kunci untuk memastikan keandalan, efisiensi, dan keberlanjutan sistem infrastruktur. *Duct bank* biasanya terdiri dari beberapa pipa atau saluran yang dipasang di dalam struktur beton bertulang atau bahan lainnya. Pipa bisa berupa pipa PVC atau logam yang dimasukkan ke dalam coran beton. Berikut adalah beberapa jenis *duct bank* yang umum digunakan, bersama dengan penjelasan dan sumber referensi terkait :

1. *Duct Bank Beton Bertulang (Reinforced Concrete Duct Bank)*, *duct bank* ini terdiri dari pipa atau duct yang dipasang di dalam coran beton bertulang. Beton melindungi sangat baik dari beban tanah dan gangguan fisik.
2. *Duct Bank Beton Pra-cetak (Precast Concrete Duct Bank)*, *Duct Bank Beton Pra-cetak* dibuat dengan elemen beton pra-cetak yang dibuat di pabrik dan kemudian dipasang di lokasi proyek.

3. *Duct Bank* PVC atau HDPE, menggunakan pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) atau HDPE (*High-Density Polyethylene*).
 4. *Duct Bank* Logam (*Metal Duct Bank*), *Duct Bank* Logam menggunakan pipa logam seperti baja galvanis atau baja tahan karat untuk menampung kabel.
 5. *Duct Bank* Modular (*Modular Duct Bank*), adalah sistem *duct bank* dengan komponen modular yang dapat dipasang dan disesuaikan di lokasi proyek.
 6. *Duct Bank* dengan Sistem Ventilasi dan Drainase, *duct bank* yang dilengkapi dengan sistem ventilasi dan drainase mengurangi kelembapan dan menjaga suhu kabel.
- Selain itu, sistem penyaluran listrik bawah tanah juga memiliki keandalan yang lebih tinggi. Kabel yang tertanam di bawah tanah kurang rentan terhadap gangguan cuaca ekstrem seperti angin kencang, hujan lebat, atau petir (Silpiawan, 2022). Sebelum pengecoran beton di sekitarnya dilakukan, *duct bank* biasanya dipasang di bawah tanah. Pemasangan ini memerlukan perencanaan yang cermat agar saluran kabel dapat diakses dan dikelola dengan mudah. Dengan menggunakan *duct bank*, proyek konstruksi dapat lebih teratur dan efisien, kerusakan kabel dapat dikurangi, dan pemeliharaan di masa mendatang lebih mudah.

Beton

Beton adalah bahan komposit yang terbuat dari beberapa bahan utama, seperti semen, agregat halus, agregat kasar, air, dan bahan tambahan sesuai kebutuhan (Hamdi et al., 2022). Bangunan yang terbuat dari beton harus direncanakan sesuai dengan kuat tekan beton yang direncanakan, sesuai dengan standar yang berlaku, dan tidak kurang dari mutu beton (f'c) 17,5 Mpa. Beton yang digunakan untuk struktur struktural harus direncanakan dengan baik agar dapat menahan beban.

Load Combination

Kombinasi beban digunakan hanya untuk melakukan analisis mekanik pada elemen struktur tertentu dengan dimensi yang sama memiliki nilai momen terbesar, dan elemen dengan momen yang lebih kecil dianggap telah terwakili (Liando et al., 2020). Untuk menilai kekuatan struktur, baik baja maupun beton, semua beban yang akan ditopang harus digabung atau dikombinasikan. Baik metode *Allowable Stress Design (ASD)* maupun *Load and Resistance Factor Design (LRFD)* digunakan dalam perencanaan struktur beton dan baja untuk beban kombinasi. *ASD* menggunakan beban kombinasi tanpa beban terfaktor untuk desain pondasi, sedangkan *LRFD* menggunakan kondisi batas atau *limit state*, dengan kombinasi beban yang digunakan adalah beban terfaktor untuk desain pondasi (Cahya, 2015).

Investigasi Tanah

Penyelidikan tanah (*soil investigation*) merupakan langkah awal yang berhubungan dengan perencanaan struktur bawah pada suatu proyek (Asnur & Fardela, 2022; Bahri et al., 2016). Tujuan dari penyelidikan tanah adalah untuk mengetahui sifat tanah di lokasi proyek di mana fasilitas produksi akan dibangun. Hasil dari penyelidikan ini akan berupa nilai daya dukung tanah yang akan digunakan. Penyelidikan tanah ini dilakukan pada 3 area yang berbeda berdasarkan lokasi *duct bank*nya.

Tulangan Longitudinal dan Tulangan Geser

Tulangan longitudinal digunakan untuk menahan gaya lentur dan tulangan sengkang untuk menahan gaya geser yang terjadi (Basyaruddin et al., 2021). Sehingga, peran tulangan longitudinal dan tulangan geser dalam mendesain *duct bank* adalah untuk menahan gaya tarik dan bending yang terjadi sepanjang struktur, memberikan kekuatan terhadap beban aksial dan momen lentur. Sementara itu, tulangan geser berfungsi untuk menahan gaya geser yang bekerja pada struktur tersebut, mencegah kerusakan atau retak akibat tekanan lateral atau gaya geser lainnya. Kedua jenis tulangan ini bekerja bersama untuk memastikan kekuatan dan kestabilan *duct bank* secara keseluruhan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang *duct bank* yang efektif, efisien, dan berkelanjutan, dengan mempertimbangkan faktor seperti karakteristik tanah, beban mekanis, dan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan memastikan perlindungan kabel listrik dan serat optik, mengurangi risiko kerusakan, mendukung efisiensi operasional jangka panjang, serta menyediakan panduan perencanaan yang sesuai dengan standar teknis dan keberlanjutan infrastruktur modern.

2. METODE PENELITIAN

Penulisan jurnal ini menggunakan beberapa data yang didapat dari proyek dengan jenis – jenis data sebagai berikut :

1. Teknik pengumpulan data,

Data primer : Desain parameter didapat dari Soil Investigation Report yang mencakup data lapangan dan data laboratorium.

Data sekunder : Studi literatur yang terkait dengan perencanaan desain *duct bank*.

2. Studi literatur

Literatur yang digunakan mencakup teori – teori dasar perencanaan *duct bank*. Studi literatur ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan penelitian perencanaan desain *duct bank*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi perencanaan

Lokasi proyek perencanaan *duct bank* ini berada di Sumatera Selatan, Indonesia.

Kode, Standart & Referensi

Berikut merupakan kode, standart dan referensi yang digunakan dalam mendesain *duct bank* pada proyek x.

Kode

1. ASCE 7-10 American Society of Civil Engineers – Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures
2. SNI 07-2052-2014 Steel Bars for Concrete Reinforcement
3. ACI 318-2014 Building Code Requirements for Structural Concrete

Standart

1. Standard Specification General Civil & Structural Design

Referensi

1. Soil Investigation Report
2. Standard Drawing for Civil (Direct Buried Cable, Duct Bank & Concrete Pipe Trench)
3. Lighting Layout For Perimeter

Spesifikasi Material

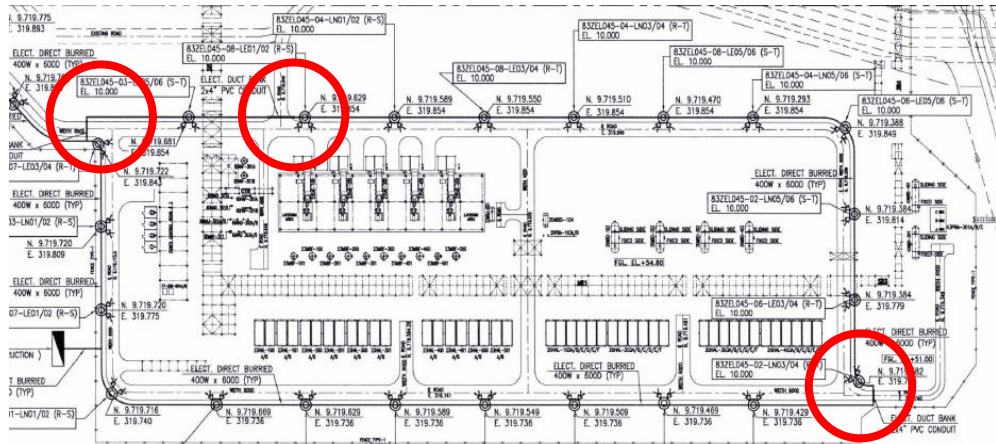
Klasifikasi dan sifat teknik dari bahan utama yang akan digunakan untuk *duct bank* tercantum di bawah ini:

1. Beton harus sesuai dengan ASTM C-150 atau SNI 15-2049-2004 dan menggunakan Semen Portland tipe 1
2. Kuat tekan beton pada umur 28 hari, $f'_c = 245 \text{ kg/cm}^2$
3. Tulangan harus sesuai dengan ASTM A-615 kelas 60 atau SNI 07-2052-2002 BJTS 40 atau JIS 63112
4. Kuat leleh untuk tulangan yang mengalami deformasi, $f_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$

Parameter Desain

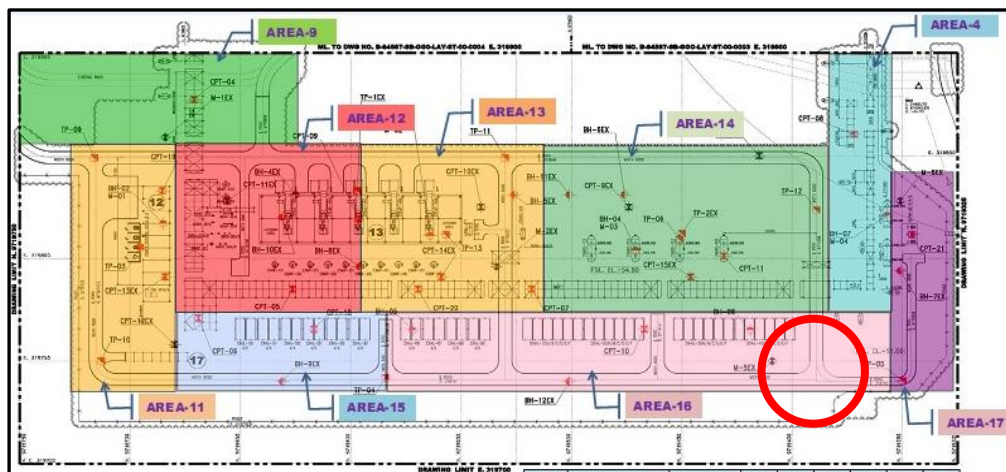
Parameter desain yang digunakan untuk mendesain *duct bank* bawah tanah dapat dilihat di bawah ini :

1. $\rho_{\min} = 14/f_y \rightarrow 0,0035$
2. $\rho_{\max} = 0,75 \times \left(0,7225 \frac{f'_c}{f_y} \right) \times \left(\frac{6300}{(6300 + f_y)} \right) \rightarrow 0,0203$
3. Kepadatan beton (g/c) $\rightarrow 2,40 \text{ ton/m}^3$
4. Kepadatan tanah (g/s) $\rightarrow 1,70 \text{ ton/m}^3$
5. Kepadatan pasir (g/sd) $\rightarrow 1,60 \text{ ton/m}^3$
6. Kepadatan kerikil (g/g) $\rightarrow 1,85 \text{ ton/m}^3$
7. Kepadatan air (g/w) $\rightarrow 1,00 \text{ ton/m}^3$
8. Daya dukung tanah yang diijinkan untuk kondisi permanen (Area-16) (qc) $\rightarrow 10,50 \text{ ton/m}^2$
9. Daya dukung tanah yang diijinkan untuk kondisi sementara (Area-16) (qc) $\rightarrow 14,00 \text{ ton/m}^2$

Gambar 1. Lokasi *duct bank*

Berdasarkan Gambar 1 dan Gambar 2, terdapat 3 area identifikasi yang berbeda untuk daya dukung tanah. Kapasitas minimum di antara 3 lokasi *duct bank* dipilih (Area-16)

Daya dukung tanah yang diijinkan untuk Area-9 (qc)	→ 11,00 ton/m ²
Daya dukung tanah yang diijinkan untuk Area-12 (qc)	→ 11,00 ton/m ²
Daya dukung tanah yang diijinkan untuk Area-16 (qc)	→ 10,5 ton/m ²



Gambar 2. Lokasi daya dukung tanah yang diijinkan untuk Area-16

- | | |
|---|-----------------|
| 10. Sudut gesekan tanah ($\emptyset$) | → 32,00° (TP-5) |
| 11. Koefisien tekanan tanah aktif = $\tan^2 (45^\circ - \emptyset/2)$ (K_a) | → 0,31 |
| 12. Koefisien tekanan tanah pasif = $\tan^2 (45^\circ + \emptyset/2)$ (K_p) | → 3,25 |

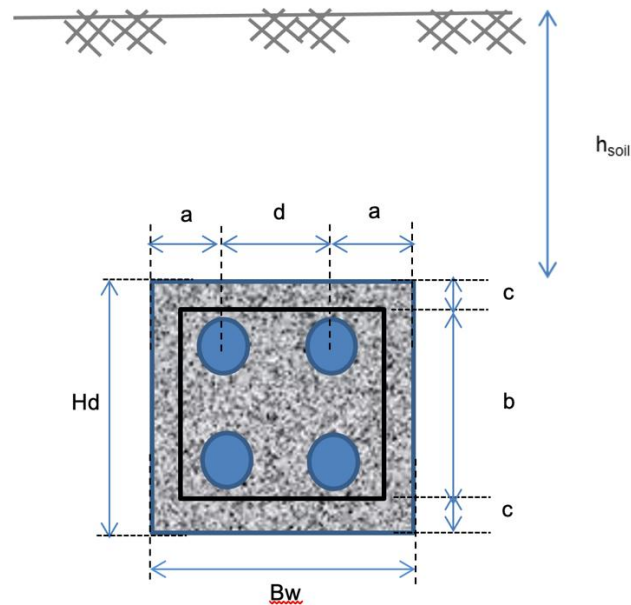
Konsep dasar

- Beban yang dipertimbangkan dalam perhitungan adalah beban mati bank saluran (D_p), beban kendaraan R dan tekanan bumi (H)
- Berdasarkan dokumen, beban kendaraan (R) harus dirancang untuk beban gandar 15 ton
- Kombinasi pembebanan tanpa 112anjan digunakan untuk memeriksa daya dukung dan kekuatan beton *duct bank*
- Kombinasi pembebanan terfaktor digunakan untuk desain beton bertulang.

Perhitungan desain

Desain *duct bank*

Untuk perhitungan ini, asumsikan panjang *duct bank* yang akan dianalisis adalah sepanjang 1 meter. Pada Gambar 3 merupakan Bentuk *duct bank* yang akan didesain.



Gambar 3 Desain *Duct Bank*

Berdasarkan desain part kabel

- a = 200 mm
- b = 600 mm
- c = 50 mm
- d = 300 mm
- L = 1000 mm
- hsoil = 100 mm
- Øpvc = 100 mm
- Hd = 700 mm
- Bw = 700 mm

Kombinasi beban

Kombinasi beban untuk mendesain *duct bank* terdiri dari beban-beban di bawah ini ;

1. Beban mati / *dead load* (Dp)
2. Beban kendaraan / *vehicle load* (R)
3. Tekanan tanah / *earth pressure* (H)

Kombinasi beban untuk *Design of Soil Bearing Pressure*

$$1.0D_p + 1.0 R$$

$$1.0D_p + 1.0H + 1.0R$$

Kombinasi beban untuk *Design of Reinforcement*

$$1.2(D_p) + 1.6(H)$$

$$1.2(D_p) + 1.6(R + H)$$

Beban desain

Dead Load (Dp)

- *Duct bank*

$$= ((d+2a) \times (b+2c) \times L \times g_c) - (4 \times \text{Volume PVC})$$

= 1,101 Ton

$$\textit{Total Dead Load (Dp)}$$

= 1,101 Ton

$$\textit{Total Dead Load (Dp) per 1m length}$$

= 1,101 T/m

Vehicle Load (R)

Jalan, trotoar, jembatan, parit, dan instalasi bawah tanah yang dapat diakses oleh pemuatan kendaraan harus dirancang untuk beban gandar 15 ton. Pada Tabel 1, merupakan konfigurasi *Axle Load* yang digunakan sebagai acuan.

Axle Load

= 15 Ton

	<i>Mass Load</i>	<i>Qty Axle</i>	<i>Axle Load (Single Axle)</i>
	(t)	(EA)	(ton)
<i>Front Axle</i>	15	1	15
<i>Rear Axle</i>	15	1	15

Tabel 1

Tabel 1. *Axle Load Configuration*

- *Single Axle Load*

= 15 Ton

- *Impact Load (20% x Single Axle Load)*

= 3 Ton

$$\textit{Total Single Axle Load}$$

= 18 Ton

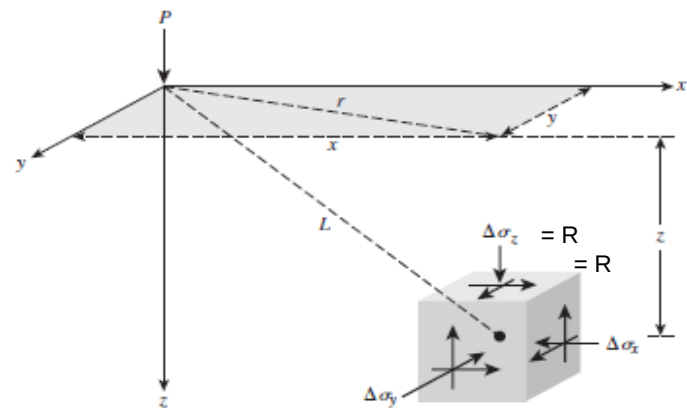
$$\textit{Wheel Load (Pvh)}$$

= 9 Ton

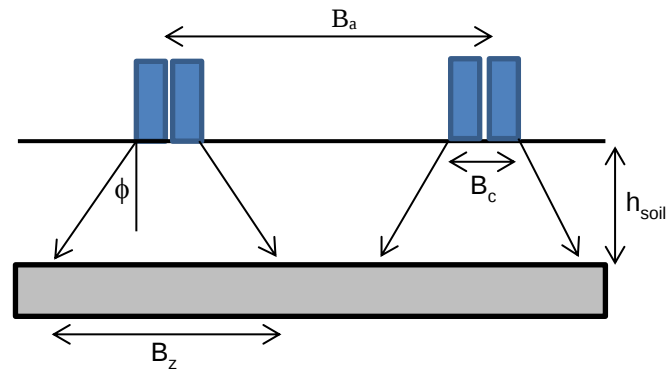
Pada Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan ilustrasi dari beban vertikal yang diterima pada *duct bank*. Beban vertikal pada *duct bank*.

$$R = P_{vh} / z^2 \cdot l_b$$

$$l_b = 3 / 2\pi (1 / (1+(r/z)^2)^{5/2})$$



Gambar 4. Beban vertikal



Gambar 5. Pembebanan vertikal pada duct bank

$$\phi = 32,00 \text{ deg}$$

$$B_c = 0,508 \text{ m}$$

$$B_a = 1,830 \text{ m}$$

$$B_z = 1,758 \text{ m}$$

$$1/2 B_z = 0,879 \text{ m}$$

Intersection :

$$B_a > \frac{1}{2} B_z \times 2 = 1,758 \text{ m}$$

Depth of duct bank

$$h_{\text{soil}} = 1,00 \text{ m}$$

Distance from center load, assume for P_{vh} ($r = 0$)

$$r = 0 \text{ m}$$

Stress distribution factor

$$I_B = 0,477$$

Vertical load on duct bank (vehicle load)

$$R = 9000/1^2 \times 0,477 = 4297 \text{ kg/m}^2$$

Soil internal angle

$$\phi = 32,00 \text{ deg}$$

Width of wheel contact, assume for HS-20 truc

$$B_c = 0,508 \text{ m}$$

Length of wheel contact, assume for HS-20 truc

$$L_c = 0,254 \text{ m}$$

Width of effective stress,

$$B_z = B_c + 2 h \tan \phi = 1,758 \text{ m}$$

Length of effective stress,

$$L_z = L_c + 2 h \tan \phi = 1,504 \text{ m}$$

Uniform load at duct bank,

$$q_z = \Delta \sigma_z \times \max (B_z; L) = 7553 \text{ kg/m}$$

Soil Pressure (H)

$$\text{Soil weight} = (2a + d) \times L \times h_{\text{soil}} \times g/s = 1,190 \text{ Ton}$$

$$\text{Earth Pressure (H)} = (\text{soil weight} / (B_w \times L)) = 1,7 \text{ T/m}^2$$

Desain Tulangan

Tulangan longitudinal

Load Combinations

$$\begin{aligned}
Q_{u1} &= 1.2 (Dp) + 1.6 (H) &= 4,04 \text{ T/m} \\
Q_u &= 1.2 (Dp) + 1.6 (R+H) &= 16,13 \text{ T/m} \\
\text{Design Moment, } M_{u1} &= 1/8 \times q_{u1} \times L^2 = 1/8 \times 4.04 \times 1^2 &= 0,505 \text{ ton.m} \\
\text{Design Moment, } M_{u2} &= 1/8 \times q_{u2} \times L^2 = 1/8 \times 16.13 \times 1^2 &= 2,016 \text{ ton.m} \\
\text{Max moment factored } (M_{u1}, M_{u2}) \text{ } M_{umax} &= 201576 \text{ kg.cm} \\
\text{Duct bank width, } B_w &= 70 \text{ cm} \\
\text{Concrete cover} &= 5 \text{ cm} \\
d \text{ effective} &= 64 \text{ m} \\
\text{Duct bank height, } H_d &= 70 \text{ cm} \\
m &= f_y / 0,85 \times f'_c = 19 \\
\text{Concrete beam design ratio, } R_n &= M_{max} / \phi B_w d^2 = 0,773 \text{ kg/cm}^2 \\
\rho_{req} &= 1/m \times (1 - \sqrt{1 - 2R_n \cdot m / f_y}) \\
\rho_{min} &= \text{if } 1.33 \rho_{req} > 1.4/f_y = 0,0035 \\
\rho_{min} &= \text{if } 1.33 \rho_{req} > 1.4/f_y = 0,0018 \\
\rho_{max} &= 0,0203 \\
\rho &= 0,0018 \\
A_{Sreq} &= \rho_{used} \cdot B_w \cdot d \text{ effective} = 8,11 \text{ cm}^2 \\
\\
\text{Shrinkage and Temperature} \\
\rho_{min} &= 0,0018 \\
A_{Smin} &= 0.0018 \times B_w \times d \text{ effective} = 8,11 \text{ cm}^2 \\
A_{so} &= 8,11 \text{ cm}^2 \\
\\
\text{Tulangan Geser} \\
\text{Duct bank height, } H_d &= 0,70 \text{ m} \\
\frac{1}{2} \times H, \quad h_1 &= 1/2 \times 0,7 = 0,35 \text{ m} \\
\text{Active lateral pressure :} \\
K_a &= 0,31 \\
\text{Surcharge Load Lateral Pressure :} \\
\text{Surcharge Load } q_z &= 7,55 \text{ ton/m} \\
R &= q \times (h_1 + h_{soil}) \times K_a = 7,55 \times 1,35 \times 0,31 = 3,98 \text{ ton} \\
V_u &= 1,6 \times R = 6,37 \text{ ton} = 6368,96 \text{ kg} \\
B_w &= 70 \text{ cm} \\
\text{Concrete cover} &= 5 \text{ cm} \\
d \text{ effective} &= 64,35 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Hd	= 70 cm
Diameter rebar used	= 13 mm
Spacing max, s_{max}	= $d_{eff} / 2 = 320$ mm
Use shear reinforcement	= $\emptyset 13 - 200$

Stability Analysis

Concrete strength check

Vehicle Load	(R)	= 4,30 T/m ²
Earth Pressure	(H)	= 1,7 T/m ²
Concrete compressive strength at 28 days	(f'c)	= 2450 T/m ²
	(R + H)	< f'c
	6,00	< 2450 T/m ²

Soil Bearing Pressure Check

Dead Load	(Dp)	= 1,101 T/m ²
Vehicle Load	(R)	= 4,30 T/m ²
Earth Pressure	(H)	= 1,7 T/m ²
Duct bank area per 1 m length (Bw x L)	(Af)	= 0,7 T/m ²

Allowable soil bearing for permanent condition (q_c) = 10,50 T/m²

Allowable soil bearing for temporary condition (q_c) = 14,00 T/m²

Permanent condition

$$Q_{act} = D_p + H/A_f = 1,10 + 1,7/0,7 = 4,00 \text{ T/m}^2 < Q_{all} = 10,5 \text{ T/m}^2$$

Temporary condition

$$Q_{act} = D_p + H + R/A_f = 1,10 + 1,7 + 4,30/0,7 = 10,14 \text{ T/m}^2 < Q_{all} = 14 \text{ T/m}^2$$

4. KESIMPULAN

Proyek duct bank di Sumatera Selatan dirancang berdasarkan investigasi tanah dengan daya dukung minimum Area-16 sebesar 10,50 ton/m² untuk kondisi permanen. Desainnya menggunakan standar seperti ASCE 7-10 dan ACI 318-2014 serta material beton dengan kuat tekan 245 kg/cm² dan tulangan baja ASTM A-615 kelas 60. Kombinasi beban mati, kendaraan hingga 15 ton, dan tekanan tanah memastikan stabilitas struktur. Hasil analisis menunjukkan tekanan aktual berada dalam batas aman, sehingga duct bank memenuhi kriteria kekuatan, efisiensi, dan stabilitas untuk mendukung infrastruktur modern secara andal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute 318-2014. (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete.
American Society of Civil Engineers 7-10. (2010). Minimum Design Loads for Buildings and Others Structures.
Asnur, H., & Fardela, R. (2022). Soil Investigation Berdasarkan Uji Sondir di Kecamatan Harau Kabupaten Lima Puluh Kota. Rang Teknik Journal, 5(1), 69–76.
Badan Standardisasi Nasional. (2014). Baja tulangan beton (SNI 07-2052-2014)
Bahri, S., Razali, M. R., & Elsandy, K. A. (2016). Pemetaan daya dukung tanah untuk pondasi dangkal di wilayah pesisir pantai kota Bengkulu. Inersia: Jurnal Teknik Sipil, 8(1), 49–58.
Basyaruddin, B., Khala, C. C. S., Muslimin, M. S., & Putri, A. P. (2021). Uji lentur balok beton bertulang baja ringan dengan skema tulangan tunggal. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, 11(1), 171–180.

- Cahya, H. N. (2015). Studi Analisis Perbandingan Metode Allowable Stress Design (ASD) dan Load and Resistance Factor Design (LRFD) Pada Struktur Gable Frame di Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Lumajang (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- Hamdi, F., Lapian, F. E. P., Tumpu, M., Mabui, D. S. S., Raidyarto, A., Sila, A. A., & Rangan, P. R. (2022). Teknologi Beton. Tohar Media.
- Liando, F. J., Dapas, S. O., & Wallah, S. E. (2020). Perencanaan struktur beton bertulang gedung kuliah 5 lantai. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4).
- Silpiawan, A. S. A. (2022). Penerapan system penyaluran Listrik bawah tanah dalam instalasi Listrik perkotaan.