

**ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN WORKSHOP WORK OVER WELL
SERVICE DI PT. PERTAMINA HULU
ROKAN ZONA 4 LIMAU FIELD**

AJENG KARTIKA PUTRI, FIRDAUS

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bina Darma

Email: kartika_ajeng@gmail.com :Firdaus.dr@binadarna.ac.id

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v8i1.5791>

Abstrak: PT. Pertamina Hulu Rokan Zona 4, sebagai sub-holding upstream PT. Pertamina, melakukan renovasi pada *workshop Work Over Well Service* di Limau Field dengan memasang fasilitas *over head crane* (OHC) untuk mengangkat barang-barang berat. Analisis kekuatan struktur bangunan existing diperlukan untuk memastikan bangunan mampu menopang beban tambahan OHC. Penelitian ini menggunakan perhitungan manual dan perangkat lunak komputer CSI SAP2000 ETABS untuk menganalisis data struktur dan pembebanan serta Plaxis 2D untuk menghitung daya dukung pondasi yang menyangga bangunan. Tujuan penelitian adalah menentukan apakah struktur bangunan existing layak untuk instalasi OHC, mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi analisis kekuatan struktur, serta menghasilkan kajian ilmiah untuk mengidentifikasi masalah potensial atau kelemahan struktur secara dini. Berdasarkan hasil evaluasi struktur, simulasi kolom dengan pembebanan maksimum OHC tidak mampu menahan gaya yang terjadi dengan nilai PMM Ratio > 1. Oleh karena itu, diperlukan penambahan kolom sebagai penyangga balok runaway overhead crane. Setelah dilakukan perbaikan dengan menambahkan kolom support, terlihat bahwa kolom dan balok mampu menahan gaya yang terjadi dengan nilai PMM Ratio < 1. Dari defleksi vertikal balok runway memenuhi standar dengan nilai maksimum sebesar 6.14mm, yang lebih kecil dari batas yang diizinkan sebesar 8.75 mm. Sementara itu, defleksi horizontal juga memenuhi standar dengan nilai maksimum sebesar 3,1 mm, lebih kecil dari batas yang ditetapkan sebesar 4 mm. Hal ini menunjukkan bahwa struktur balok runway telah memenuhi persyaratan defleksi yang ditetapkan. Pada pengujian

A. Pendahuluan

Proyek instalasi *over head crane* pada bangunan *existing Workshop Work Over Well Service* memerlukan analisis kekuatan struktur bangunan yang akan menentukan apakah bangunan tersebut mampu menerima beban tambahan instalasi *over head crane* atau tidak. Untuk mendapatkan hasil analisis terhadap pelaksanaan pembangunan ini memerlukan data struktur bangunan *existing* terdiri dari material dan struktur penyusun bangunan, perhitungan pembebanan yang dialami bangunan, mulai dari beban statis yang terdiri dari mati sesuai dengan (SNI 1727:2020 pasal 3.1) dan beban hidup sesuai dengan (SNI 1727:2020 pasal 4.1) dan (SNI 1727:2020 pasal 4.1) Dari data-data tersebut kemudian dapat dilakukan perhitungan serta simulasi komputasi sebagai hasil analisis kajian ilmiah yang sangat berguna dalam melakukan analisis mendalam terhadap kekuatan struktural bangunan dalam konteks proyek instalasi *over head crane* pada bangunan *existing workshop* di PT. Pertamina Hulu Rokan Zona 4 Limau Field.

Pengujian struktural bertujuan untuk menjaga keamanan struktur atas dan bawah bangunan agar mampu menahan beban dan mengurangi risiko kecelakaan. Proses ini dilakukan terutama pada bangunan yang sudah mengalami kerusakan karena penggunaan atau usia. Seiring bertambahnya usia bangunan, stabilitas dan kekuatannya menjadi semakin rentan, sehingga perlu dilakukan studi teknis terkait faktor struktural. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur bangunan mengalami kerusakan struktural atau penurunan fungsi karena usia, serta mencegah terjadinya keruntuhan.

B. Metode

Data Struktur Bangunan dan Pembebanan

Struktur bangunan yang akan digunakan sebagai struktur pendukung *Over Head Crane* yang akan dipasang adalah sebagai berikut:

Mutu Baja : BJ-37 ($f_y = 240$ MPa, $f_u = 370$ MPa)

Mutu Beton : K-300

Ukuran bangunan : 19,4 x 10 x 7 m

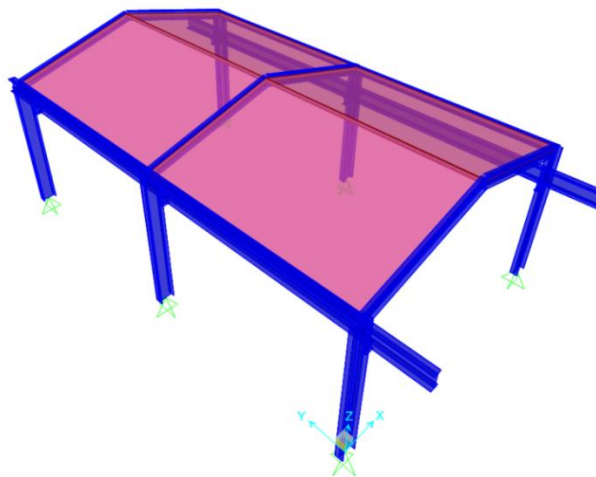
Jenis *crane* yang akan dipasang adalah *Single Girder Overhead Crane SWL 5 tonnes* dengan ukuran *span* 6 meters

Analisis struktur terhadap beban gravitasi meliputi beban sendiri struktur (DL), beban mati tambahan (SIDL), dan beban hidup (LL). Data pembebanan struktur disesuaikan dengan kapasitas dari masing-masing crane.

- Dead Load* (DL) adalah berat sendiri struktur yaitu berat sendiri balok dan berat sendiri kolom. Semua berat sendiri sudah dihitung oleh program SAP2000 dengan berat jenis material sebagai berikut: Material Berat Jenis Baja 7850 kg/m³
- Beban mati tambahan (SIDL), yakni rel yang berdiri di atas balok runway sebesar 11.775 kg/m' serta beban yang terjadi di atap sebesar 40 kg/m² yang meliputi beban atap, gording, dan hujan.
- Beban Angin (WL), Mengacu pada SNI 1727:2013 (Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain)
- Beban hidup (LL) sebesar 5 ton berupa kapasitas crane yang digunakan.

Desain Struktur

Berikut ini adalah desain struktur bangunan Workshop yang dianalisa



Gambar 1 Desain Struktur Utama Pada Existing Bangunan Workshop Work Over Service

Over Head Crane

Jenis crane yang akan diinstal pada existing struktur bangunan Work Over Service adalah Over head Crane 3 sumbu x,y,z yang memiliki kemampuan akselerasi horizontal x dan y atau maju, mundur, kanan, kiri, dan pergerakan vertikal hoist sebagai sumbu z. berikut ini adalah contoh ilustrasi over head crane yang akan digunakan.

C. Pembahasan dan Hasil**Pembebanan**

1. Beban Mati Struktural

Beban mati struktural merupakan berat sendiri bangunan yang memiliki fungsi struktural untuk menahan beban. Dead Load (DL) pada bangunan work over service ini sendiri terdiri dari beban struktural yaitu berat sendiri balok dan berat sendiri kolom. Semua berat sendiri sudah dihitung oleh program SAP2000 dengan berat jenis material sebagai berikut:

Material	Berat Jenis
Baja	7850 kg/m ³

2. Beban Mati Tambahan atau SIDL

Beban mati tambahan merupakan berat elemen nonstruktural yang secara permanen membebani struktur. Beban mati tambahan yang dihitung terdiri dari rel yang berdiri di atas balok runway sebesar 11.775 kg/m' serta beban yang terjadi di atap sebesar 40 kg/m² yang meliputi beban atap, gording, dan hujan.

3. Beban Angin (WL),

1. Kategori resiko struktur : IV

2. Kecepatan angin dasar : 30 m/s

3. Parameter beban angin :

- Faktor arah angin (Pasal 26.6), Kd : 0.85 (Bangunan Gedung)

- Kategori Eksposur : C - Faktor Topografi (Pasal 26.8), Kzt : 1

- Faktor efek tiupan angin (Pasal 26.9), G : 0.85 (Struktur yang kaku)

- Koefisien tekanan internal, GCpi (Pasal 26.11)

Untuk bangunan gedung tertutup sebagian : +0.55 dan -0.55

4. Koefisien eksposure tekanan velositas,

Kz : 0.94 (untuk ketinggian 7.6m dengan kategori Eksposur C) 5. Tekanan

velositas

$$qz = 0.613 \times Kz \times Kzt \times Kd \times V^2$$

$$= 0.613 \times 0.94 \times 1 \times 0.85 \times 30^2 = 441 \text{ N/m}^2$$

6. Koefisien tekanan eksternal Cp

Dinding Sisi angin datang Cp = 0.8

Sisi angin pergi Cp = -0.5 Tepi Cp = 0.7,

Atap Sisi angin datang Cp = -1 ,Sisi angin pergi Cp = -0.6

7. Tekanan angin (p)

$$P = qz \times G \times Cp$$

Tabel Nilai tekanan Angin Dari tiga Sisi

	Dinding(kg/m ²)	Atap(kg/m ²)
Sisi Angin Datang	20	-25
Sisi Angin Pergi	-12.4	-15
Tepi	17.3	-

4. Beban Hidup

Beban hidup (LL) yang dihitung bergantung kepada kapasitas crane yang digunakan. Beban hidup yang digunakan yakni

$$R_{max} = 5000 \text{ kg}$$

Untuk mengakomodasi pengaruh beban vertikal dan getaran, beban roda maksimum dinaikkan sebesar 10 %. (SNI 1727:2013)

$$R_{max \text{ Design}} = 1.1 \times 5.000 \text{ kg}$$

$$= 5.500 \text{ kg}$$

$$\text{Braking Force} = (10\% \text{ of } R_{max \text{ Design}})$$

$$\begin{aligned}
 &= 550 \text{ kg} \\
 \text{Skewing Force} &= (15\% \text{ of Crane Weight}) / 2 \\
 &= (15\% \times 1666 \text{ kg}) / 2 \\
 &= 124.95 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tabel Beban Hidup (LL)

No	Beban Hidup (LL)	Nilai
1	Rmax Design	5.500 kg
2	Braking Force	550 kg
3	Skewing Force	124.95 kg

Desain Elemen Struktur Kolom Dan Balok

Desain element struktur utama seperti kolom dan balok melalui program CSI SAP2000 dengan memodelkan struktur runway. Kolom didesain berdasarkan spesifikasi profil baja PT. Gunung Garuda dengan cara mendefinisikan material properties dan dimensi pada SAP2000

Material Properties - Basic Mechanical Properties

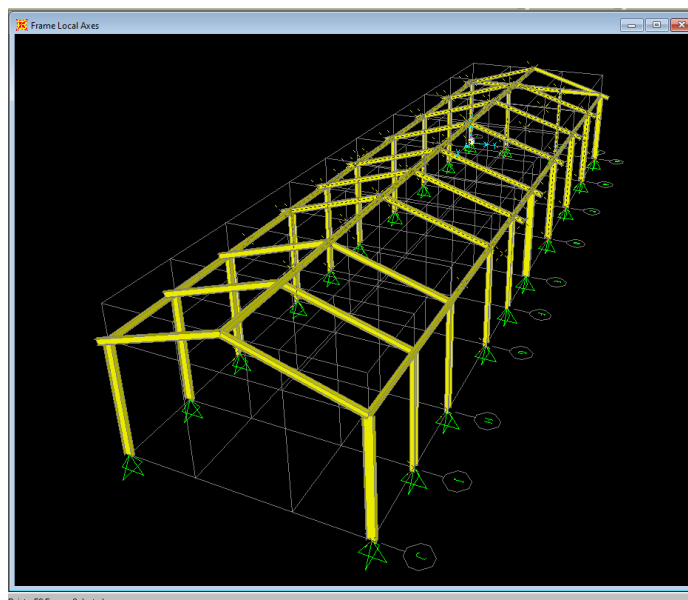
Table 1: Material Properties - Basic Mechanical Properties

Material	UnitWeight KN/m3	UnitMass KN-s2/m4	E1 KN/m2	G12 KN/m2	U12	A1 1/C
BJ37	7.6982E+01	7.8500E+00	200000000	76923076.92	0.3	1.1700E-05

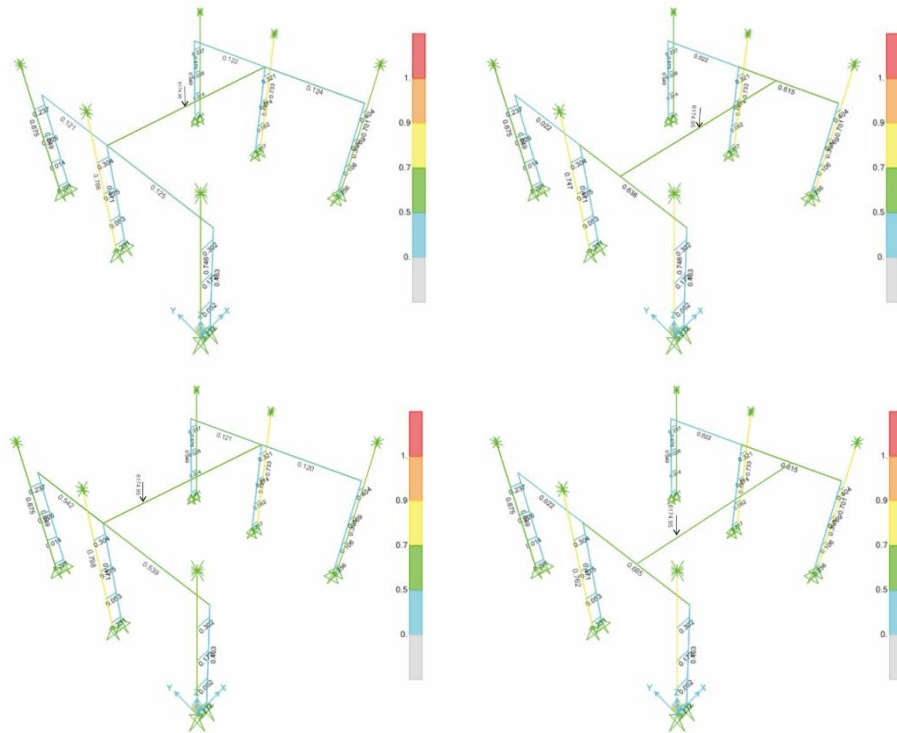
Material Properties - Steel Data

Table 2: Material Properties - Steel Data

Material	Fy KN/m2	Fu KN/m2	FinalSlope
BJ37	240000.	370000.	-0.1



Gambar 2 Hasil permodelan 3D bangunan dengan ETABS



Gambar 1 Pengujian titik 2 pembebanan hoist overhead crane pada sejumlah titik uji

Tabel Rasio PPM terhadap posisi pembebanan 2

No	Beban Hidup (LL)	Nilai
1	Rmax Design	5.500
2	Braking Force	550
3	Skewing Force	124.95
4	Total Beban	6.174,95

Adapun perincialai PMM ratio tertinggi pada masing-masing posisi titik pembebanan pada hoist overhead crane dapat diuraikan pada table berikut ini

Tabel Nilai PMM rasio berdasarkan titik pembebanan Hoist

No	Posisi Pembebanan Hoist	Nilai
1	Pengujian titik 1	0,747
2	Pengujian titik 2	0,786
3	Pengujian titik 3	0,798
4	Pengujian titik 4	0,762
5	Rata-rata rasio PMM	0,773

$$\text{Rata-rata rasio PMM} = \frac{0,747 + 0,786 + 0,798 + 0,762}{4} = 0,773$$

Selanjutnya dapat diketahui nilai deflection maksimum pada balok runway pada saat kondisi service dengan pembebanan maksimum pada hoist overhead crane sebagai berikut

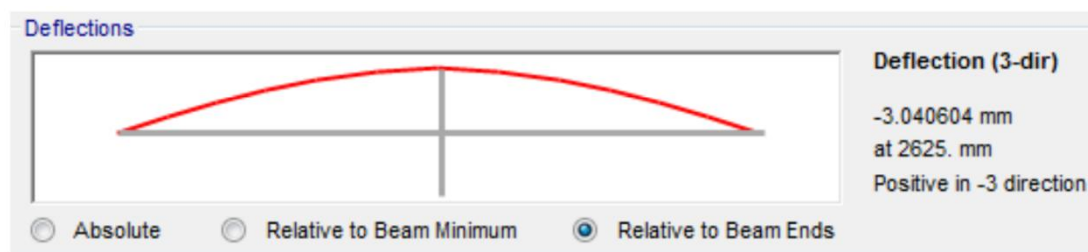
1. Vertical deflection



Gambar 2 Tampilan Vertikal Deflection

Maximum nilai deflection $L/600$ mm (Structural Class of Service : Moderate Service) Panjang bentang 5250 mm, jadi maximum deflection sebesar $5250\text{mm}/600 = 8.75$ mm 6.14 mm ≤ 8.75 mm (OK)

2. Horizontal Deflection



Gambar 3 Tampilan Horizontal Deflection

Maximum nilai deflection $L/400$ mm (Structural Class of Service : Not fined) Panjang bentang 5250 mm, jadi maximum deflection sebesar $5250\text{mm}/400 = 13.125$ mm 3.1 mm ≤ 4 mm (OK)

Pengujian Sondir

Tes sondir dilaksanakan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah. Perlawanan penetrasi konus adalah perlawanan tanah terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas. Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus dalam gaya persatuan luas. Setelah didapatkan nilai C_w dan T_w dilakukan perhitungan dengan rumus dibawah ini.

$$P_{\text{konus}} = P_{\text{piston}}$$

$$q_c \times A_c = C_w \times A_{\text{pi}}$$

$$q_c = C_w \times A_{\text{pi}} / A_c$$

$$P_{\text{konus}} + P_{\text{geser}} = P_{\text{piston}}$$

$$(q_c \times A_c) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{\text{pi}}$$

$$(C_w \times A_{\text{pi}}) + (f_s \times A_s) = T_w \times A_{\text{pi}}$$

$$f_s = K_w \times A_{\text{pi}} / A_s$$

$$R_f = (f_s / q_c) \times 100 \quad T_f = f_s \times \text{interval pembacaan}$$

Dimana :

C_w : pembacaan pertama manometer untuk nilai perlawanan konus

T_w : pembacaan kedua manometer untuk nilai jumlah nilai perlawanan konus dan geser

A_c : luas penampang konus (cm^2)

A_{pi} : luas penampang piston (cm^2)

f_s : perlawanan geser lokal

K_w : $T_w - C_w$

A_s : luas selimut geser (cm^2)

R_f : angka banding geser (%)

T_f : total friction

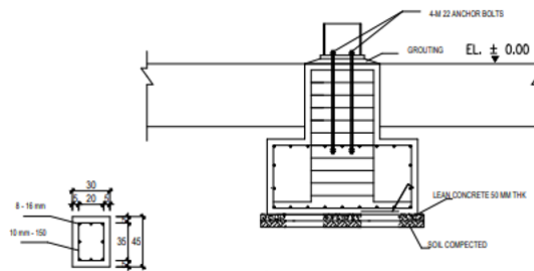
Pada nilai kedalaman 2m, nilai qc rata-rata yang didapatkan disajikan dalam tabel beriku ini.

Tabel qc rata-rata pada titik sondir

No	Titik sondir	qc rata-rata
1	S-1	22,25
2	S-2	20,75
3	S-3	21,25
4	S-4	24,50

Analisa Pondasi Dangkal

Perencanaan pondasi dangkal yang diterapkan pada pemasangan overhead crane adalah jenis pondasi dangkal dengan sketch berikut ini.

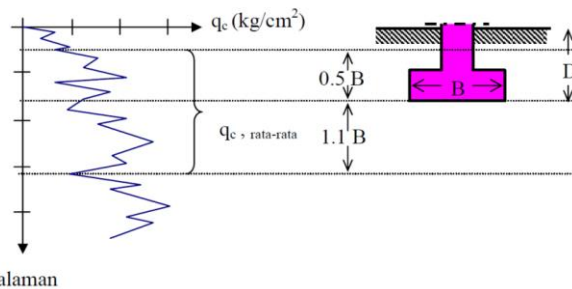


Gambar 4 Rencana Pondasi Overhead Crane Work Over Service

Berdasarkan hasil uji lapangan sondir, rumus daya dukung Terzaghi dapat digunakan dengan memberikan faktor daya dukung yang disesuaikan oleh Schmertmann dengan tahanan ujung konus sondir (qc dalam satuan kg/cm²) sebagai berikut:

$$q_c \sim 0.8 N_q \sim 0.8 N_\gamma$$

dimana qc adalah nilai rata-rata tahanan konus untuk interval 1/2 B ke atas sampai dengan 1.1 B di bawah dasar rencana pondasi. Kedalaman dasar pondasi (D) untuk rumusan ini hanya diperuntukkan hingga 1.5 dari lebar pondasi (B).



Gambar 5 Nilai rata-rata qc untuk perencanaan Pondasi

Hasil Perhitungan Menggunakan Metode Meyerhof

Dari Meyerhoff (1956, 1965) mengusulkan untuk menentukan estimasi bearing capacity (daya dukung) izin tanah dengan asumsi penurunan (settlement) pondasi sebesar 25mm, tanpa memperhatikan faktor lebar bawah pondasi telapak adalah :

$$q_a = q_c / 40 \dots\dots\dots 1$$

Dengan menentukan dimensi pondasi, metode Meyerhof, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$q_{ult} = q_c \times B \left(1 + \frac{D}{B} \right) \times \frac{1}{40} \dots\dots\dots 2$$

Dimana :

q_a = Kapasitas Dukung Ijin untuk penurunan 1". (kg/cm²)

q_c = Tahanan konus, q_c diambil rata-rata pada kedalaman 0 sampai B dari dasar pondasi

B = Lebar Pondasi

SF = Safety Faktor

Qult = q Ultimate

D = Kedalaman Pondasi

Perhitungan dengan metode Meyerhof pada titik sondir-1

$$q_c = 22,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$D = 2 \text{ m}$$

$$SF = 3$$

$$q_{ult} = 22,25 \times 1,5 \left(1 + \frac{2}{1,5}\right) \times \frac{1}{40}$$

$$q_{ult} = 1,947 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q = \frac{q_{ult}}{SF}$$

$$q = \frac{1,947}{3}$$

$$q = 0,649 \text{ kg/cm}^2$$

$$Q_{ytd} = \frac{P_u}{A}$$

$$Q_{ytd} = \frac{99,05}{1,5 \times 1,5}$$

$$Q_{ytd} = 44,02 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ytd} = 0,43 \text{ kg/cm}^2$$

KONTROL:

$$q \geq Q_{ytd}$$

$$0,649 \text{ kg/cm}^2 > 0,213 \text{ kg/cm}^2$$

“AMAN”

Hasil Perhitungan Menggunakan Metode L Herminier

Metode L Herminier, menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q_u = CR / 15 \dots\dots\dots 3$$

$$Q_i = Q_u / SF \dots\dots\dots 4$$

Dimana :

Q_u = daya dukung ultimate tanah (ton/m²)

Q_i = daya dukng ijin tanah (ton/m²)

CR = perlawanan ujung konus (cone resistant)

1 = factor reduksi

FK = faktor keamanan (diambil 2)

Perhitungan dengan metode L Herminier pada titik sondir-1

$$Q_u = \frac{CR}{15}$$

$$Q_u = \frac{22,25}{15}$$

$$= 1,483 \text{ kg/cm}^2$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$P_u = 10100,29 \text{ kg}$$

$$P_u = 99,05 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} SF &= 3 \\ Q_u &= 1,283 \text{ kg/cm}^2 \\ Q_i &= \frac{1,483}{3} \end{aligned}$$

$$= 0,494$$

$$Q_{ytd} = \frac{P_u}{A}$$

$$Q_{ytd} = \frac{99,05}{1,5 \times 1,5}$$

$$Q_{ytd} = 44,02 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{ytd} = 0,43 \text{ kg/cm}^2$$

KONTROL:

$$q \geq Q_{ytd}$$

$$0,494 \text{ kg/cm}^2 > 0,43 \text{ kg/cm}^2$$

“AMAN”

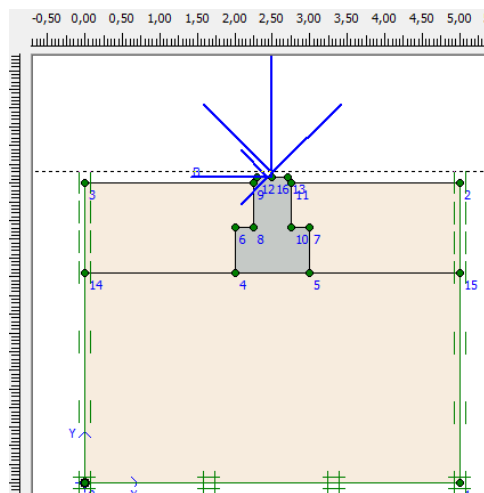
Berdasarkan perhitungan daya dukung tanah dengan metode L Heminier didapatkan hasil daya dukung yang disajikan dalam tabel berikut ini

Tabel Perbandingan hasil perhitungan Meyerhof dan L Herminier

Titik sondir	Meyerhof			L Herminier		
	Q_{ul}	q	q_{ytd}	Q_{ul}	q	q_{ytd}
S-1	1,684	0,561	0,43	1,283	0,428	0,43
S-2	1,684	0,597	0,43	1,367	0,512	0,43
S-3	1,783	0,594	0,43	1,359	0,453	0,43
S_4	1,903	0,634	0,43	1,450	0,483	0,43
Rata-rata	1,763	0,596	0,43	1,364	0,469	0,43

Pemodelan dan Perhitungan Daya Dukung Tanah dengan Software Plaxis 2D

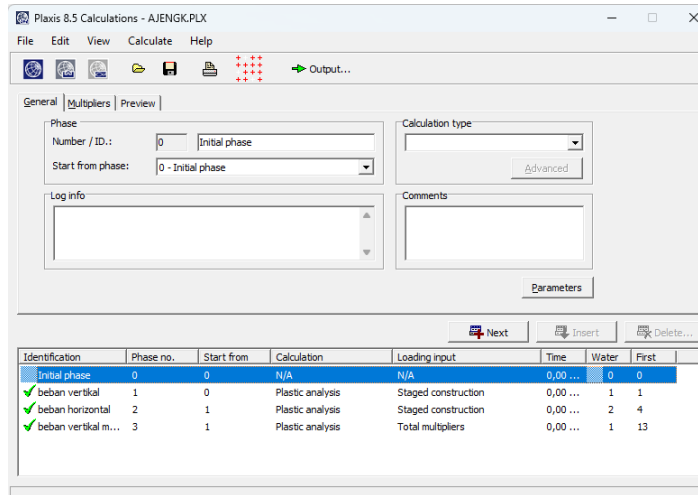
Membuat model elemen sebelum memulai permodelan geometri modelling. Dalam penelitian ini, klaster dimodelkan dengan tinggi kontur geometri 2L, di mana L adalah kedalaman pondasi, 1,5 m, dan 5 m adalah lebar geometri, seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



Gambar 6 Pemodelan Geometri pada Plaxis 2D

Kalkulasi

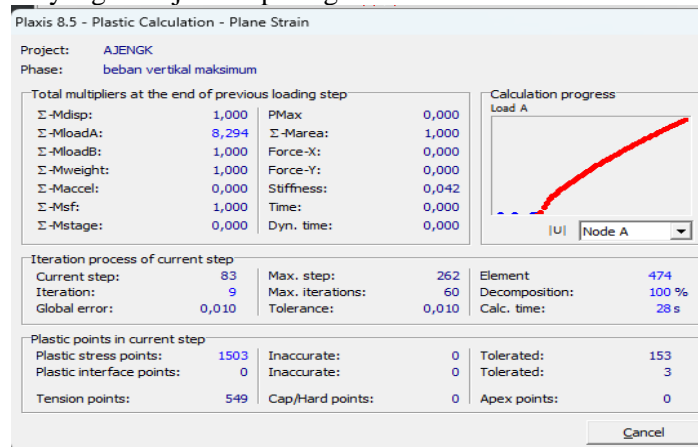
Proses kalkulasi dilakukan dalam beberapa tahap, seperti yang ditunjukkan pada Gambar berikut ini.



Gambar 7 Seting Kalkulasi

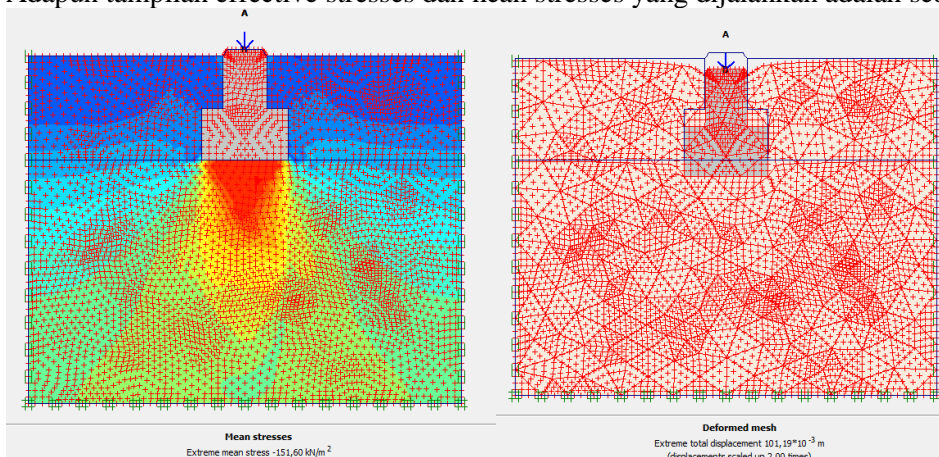
Output

Output hasil perhitungan simulasi didapatkan dengan melakukan input pembebanan dan melakukan running simulasi yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 8 Tahapan simulasi pada software Plaxis 2D

Adapun tampilan effective stresses dan hean stresses yang dijalankan adalah sebagai berikut.



Gambar 9 Tampilan hasil running aplikasi

Input beban pada pondasi adalah -26 kN, sehingga besarnya beban yang dapat dipikul pada saat mencapai keruntuhan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Sigma\text{-MloadA} &= 10, \text{ Pultimate} &= 10 \times -26 \text{ kN} &= 260 \text{ kN} \\ \text{Daya dukung ultimate (Qul)} & &= \text{Pultimate} / B + \gamma_{\text{concrete.th}} & \\ & &= 260/2 + 24 (0,6) & \\ & &= 130 + 14,4 &= 144,54 \text{ kN/m}^2 \\ & & &= 14,45 \text{ t/m}^2 \\ & & &= 1,445 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Faktor aman (SF)} & & &= 3 \\ \text{Qijin} = (\text{Qul}) / 3 & & &= 14,45 / 3 \\ & & &= 21,46 \text{ kN/m}^2 \\ & & &= 4,81 \text{ t/m}^2 \\ & & &= 0,481 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dari hasil simulasi ini kemudian dapat diambil data perbandingan antara perhitungan manual yang dilakukan dengan hasil yang didapatkan dari simulasi software yang ditampilkan pada tabel berikut ini

Tabel perbandingan hasil perhitungan manual dan Plaxis

No	Metode	Qul (kg/cm ²)	Q ijin (kg/cm ²)
1	Meyerhof	1,763	0,596
2	L Herminier	1,364	0,469
3	Plaxis	1,445	0,481

D. Penutup

1. Dari hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa bahwa balok pada runaway glidder yang dipasang pada struktur bangunan kuat menerima gaya yang terjadi sedangkan untuk kolom tidak kuat dengan nilai PMM Ratio > 1. Dengan pertimbangan tersebut, maka perlu dilakukan evaluasi dengan melakukan support struktur melalui rekayasa penambahan kolom sebagai penyangga balok runaway overhead crane. Setelah dilakukan perbaikan struktur dapat diketahui bahwa kolom dan balok kuat menerima gaya yang terjadi yang diidentifikasi dengan nilai PMM Ratio < 1.
2. Analisa yang didapatkan dengan kondisi *over head crane* melakukan layanan, nilai defleksi vertikal balok runway memenuhi standar dengan nilai maksimum sebesar 8.75 mm, yang lebih kecil dari batas yang diizinkan sebesar 6.14 mm. Sementara itu, defleksi horizontal juga memenuhi standar dengan nilai maksimum sebesar 13.125 mm, yang lebih kecil dari batas yang ditetapkan sebesar 4 mm. Hal ini menunjukkan bahwa struktur balok runway telah memenuhi persyaratan defleksi yang ditetapkan dalam penggunaan layanan yang moderat, menegaskan keberhasilan perbaikan struktur untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitasnya
3. Dari tabel hasil perbandingan antara perhitungan dan simulasi plaxis didapatkan bahwa nilai Q ultimate dan Q iji tertinggi diperoleh dari hasil perhitungan dengan metode Meyerhof dengan nilai Q ultimate sebesar 1,73 kg/cm² dan nilai Q ijin sebesar 0,596 kg/cm² diikuti dengan hasil perhitungan dengan metode L Herminier dengan nilai Qul sebesar 1,364 kg/cm² dan Q ijin sebesar 0,469 kg/cm². Nilai terendah diperoleh dari hasil simulasi dengan Plaxis dengan masing-masing hasil Q ultimate sebesar 1,445 kg/cm² dan Q ijin sebesar 0,482 kg/cm²

Daftar Pustaka

- [1] E. Asia, "Bersinergi di Blok rokan," 2021.
- [2] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain," *SNI 17272013*, 2013.
- [3] T. F. Website, "SNI-1726-2019-Persyaratan-Beton-Struktural-Untuk-Bangunan-Gedung," no.

- 8, 2019.
- [4] I. P. Lestari, H. Indarto, J. T. Sipil, F. Teknik, and U. Diponegoro, "EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG H UNIVERSITAS," vol. 5, pp. 75–86, 2016.
- [5] J. T. Sipil and F. Teknik, "EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR GEDUNG TELKOMSEL SEMARANG BERDASARKAN SNI GEMPA 1726 : 2012 DAN SNI BETON," 2019.
- [6] T. Akhir, P. N. Manado, J. T. Sipil, P. Studi, and D. K. Bangunan, "ANALISA STRUKTUR BAJA SERTA METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN PADA PROYEK MODISLAND FASHION STORE," 2018.
- [7] U. M. Area, "Analisa perhitungan bangunan dengan metode etabs versi 9.7.2 (studi kasus) skripsi," vol. 2, 2017.
- [8] Y. Pranoto and P. N. Samarinda, "EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG (Studi Kasus : Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda , Kalimantan Timur) EVALUASI KEKUATAN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG (Studi Kasus : Bangunan Gedung SMPN 19 Samarinda , Kalimantan Timur)," no. May, 2020, doi: 10.37037/jrftsp.v8i2.26.
- [9] R. Rifaldo and P. H. Wibowo, "Evaluasi Perhitungan Struktur Proyek Kaliban School 5 Lantai dengan ETABS," vol. 2, no. 2, pp. 107–119, 2021.
- [10] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural," 2015.
- [11] A. American and N. Standard, "Specification for Structural Steel Buildings," 2010.