
**LAPORAN KEGIATAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
(PKM) DOSEN**



**PERENCANAAN STRUKTUR BANGUNAN WAREHOUSE DI
MARGA AYU, KOTA TEGAL**

SEMESTER GENAP 2022/2022

Oleh:

Hendy Wijaya, S.T., M.T. [0323019101]

Anggota:

Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M. [0321096001]

Fernando Putra Ongga [325190057]

**Program Studi Sarjana Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Tarumanagara
Jakarta
Juli 2022**

SURAT PERMOHONAN



PT. FURTALI MOELLIA

CONTRACTOR / LEVERANSIR & PERDAGANGAN UMUM

Gading Griya Lestari Blok D.1 / 31, Telp. 4403457
Jakarta - Utara 14140

Kepada Yth.

Bapak Hendy Wijaya, S.T., M.T.

Ibu Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M.

Dosen Universitas Tarumanagara

Jakarta

Dengan hormat,

Bersama surat ini, kami mengajukan permohonan dukungan tenaga ahli bidang Struktur dari tim Bapak Hendy Wijaya dan Ibu Aniek Prihatiningsih, untuk membantu melakukan perencanaan struktur bangunan warehouse yang berlokasi di Marga Ayu, Kota Tegal. Pekerjaan ini agar dapat dilaksanakan selama 3 (tiga) bulan dimulai dari tanggal 04 April 2022 hingga 04 Juli 2022.

Demikian surat ini disampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan banyak terima kasih.

Jakarta, 01 April 2022

Ir. Mulyani

RINGKASAN

Bangunan warehouse ini terdiri dari 1 lantai, yang berlokasi di Marga Ayu, Kota Tegal, Jawa Tengah. Sebelum kegiatan PKM ini berlangsung, pihak Mitra telah melakukan survey lokasi dan melakukan pengujian tanah di lokasi tersebut. Adanya kebutuhan tenaga ahli di bidang Teknik Sipil dalam membantu mewujudkan rancangan struktur dari bangunan ini, maka pihak Mitra menghubungi tim PKM untuk ikut terlibat dalam kegiatan pembangunan ini. Kegiatan yang dipercayakan kepada tim PKM ini meliputi perencanaan struktur bangunan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang akan digunakan sebagai acuan kerja kontraktor pembangunan.

Lama pekerjaan 3 bulan dimulai dari tanggal 04 April 2022 sampai dengan tanggal 04 Juli 2022.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, dengan telah terlaksananya kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat berupa Perencanaan Struktur Bangunan Warehouse di Marga Ayu, Kota Tegal, sesuai bidang keahlian ilmu Teknik Sipil. Kegiatan Pengabdian Masyarakat ini berupa pekerjaan disain struktur bangunan yang sesuai Standar Nasional Indonesia yang berlaku.

Waktu pelaksanaan dimulai dari tanggal 04 April 2022 sampai dengan 04 Juli 2022. Pelaksanaan kegiatan ini melibatkan tim dosen terdiri dari 2 dosen Program Studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Tarumanagara yang terdiri dari ketua Hendy Wijaya, S.T., M.T., dan anggota Ir. Aniek Prihatiningsih, M.M., yang secara bersama-sama bertugas melakukan disain struktur bangunan ini, serta satu mahasiswa atas nama Fernando Putra Ongga (325190057) yang bertugas untuk mengumpulkan data-data perencanaan dan membantu menyusun laporan.

Pemberi tugas adalah Ir. Mulyani selaku kontraktor pembangunan bangunan warehouse ini.

Terima kasih kami ucapkan kepada Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara dan Pimpinan Program Studi Sarjana Teknik Sipil, yang telah memberi kesempatan kepada tim dosen dan mahasiswa Program Studi Studi Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara untuk melaksanakan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat.

Jakarta, Juli 2022

DAFTAR ISI

SURAT PERMOHONAN	i
RINGKASAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB 1 KRITERIA DISAIN	
1.1 Umum	1
1.2 Data Struktur	1
1.3 Spesifikasi Material	1
1.4 Metode Analisa.....	1
1.5 Acuan Peraturan	1
1.6 Data Pembebanan Struktur	4
1.7 Kombinasi Pembebanan	5
1.8 Konsep Perencanaan Gempa	7
1.9 Kemampuan Layan	9
BAB 2 SISTEM STRUKTUR DAN MODELISASI STRUKTUR	
2.1 Sistem Struktur	11
2.2 Pemodelan Struktur	11
2.3 Defleksi Struktur	16
2.4 Simpangan antar Lantai	16
BAB 3 DISAIN ELEMEN STRUKTUR	
3.1 Umum	18
3.2 Perencanaan Elemen Struktur Baja	18
3.3 Perencanaan Portal As 1 & As 16	25
3.4 Perencanaan Portal Tipikal As 2 – As 15	27
3.5 Perencanaan Portal As A	29
3.6 Perencanaan Portal As E	30
3.7 Perencanaan Pedestal dan Tiebeam	33
3.8 Analisa Kekuatan Gording	38

3.9 Analisa Kekuatan Plat Lantai Dasar	39
BAB 4 DISAIN PONDASI	
4.1 Pondasi	40
4.2 Pilecap	43
Lampiran	
- Contoh Perhitungan Pondasi	

BAB 1

KRITERIA DISAIN

1.1. Umum

Proyek ini berlokasi di Kawasan Marga Ayu, Tegal, Jawa Tengah, dengan luas bangunan berkisar $\pm 7,200$ m². Konsep dari pengembangan lahan ini adalah sebuah bangunan produksi 1 lantai dengan atap dari zinalume.

Layout dan potongan dari bangunan ini dapat dilihat pada gambar-gambar di halaman berikut.

1.2. Data Struktur

Struktur rangka portal direncanakan terbuat dari struktur baja. Pondasi bangunan direncanakan menggunakan pondasi dalam berupa tiang pancang persegi 250x250. Elemen struktur kepala tiang (pile cap), balok pondasi (tie beam) dan pelat lantai direncanakan menggunakan material beton bertulang.

1.3. Spesifikasi Material

Spesifikasi dari tiap-tiap material yang direncanakan pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut :

- Beton bertulang :
 - Kuat tekan 28 hari = K-300 ($f_c' = 25$ MPa)
 - Kuat tekan 28 hari = K-350 ($f_c' = 30$ MPa) khusus lantai
- Baja tulangan :
 - Ulir, $F_y = 420$ MPa (BJTS 420B)
 - Polos, $F_y = 240$ MPa (BJTP 24)
 - Wiremesh, $F_y = 500$ Mpa
- Baja :
 - ASTM A36, $F_y = 250$ MPa
 - Baut HTB ASTM A325, $F_{nt} = 625$ MPa
 - Angkur ASTM A307/SS400, $F_u = 400$ MPa
 - Elektroda las, E70XX

1.4. Metode Analisa

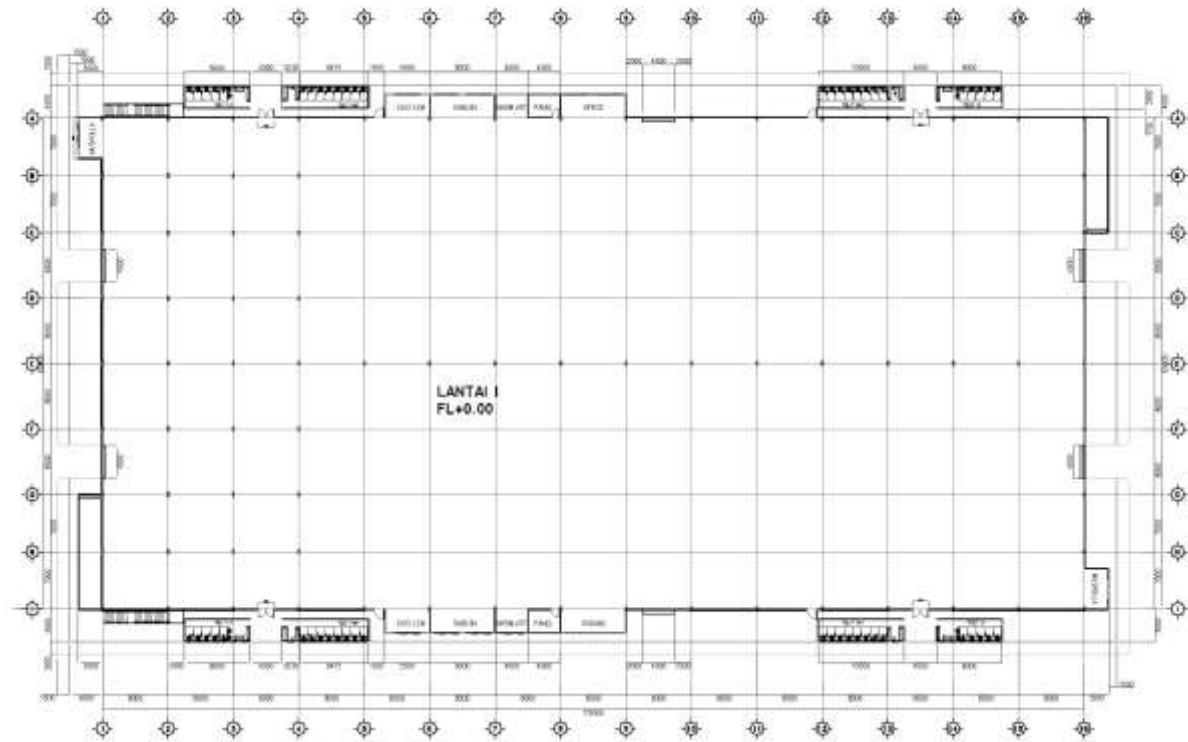
Struktur dianalisa dengan bantuan perangkat lunak berbasis matriks secara tiga dimensi. Asumsi material yang digunakan dalam analisa adalah bersifat elastis, linear, isotropis, dan homogen.

1.5. Acuan Peraturan

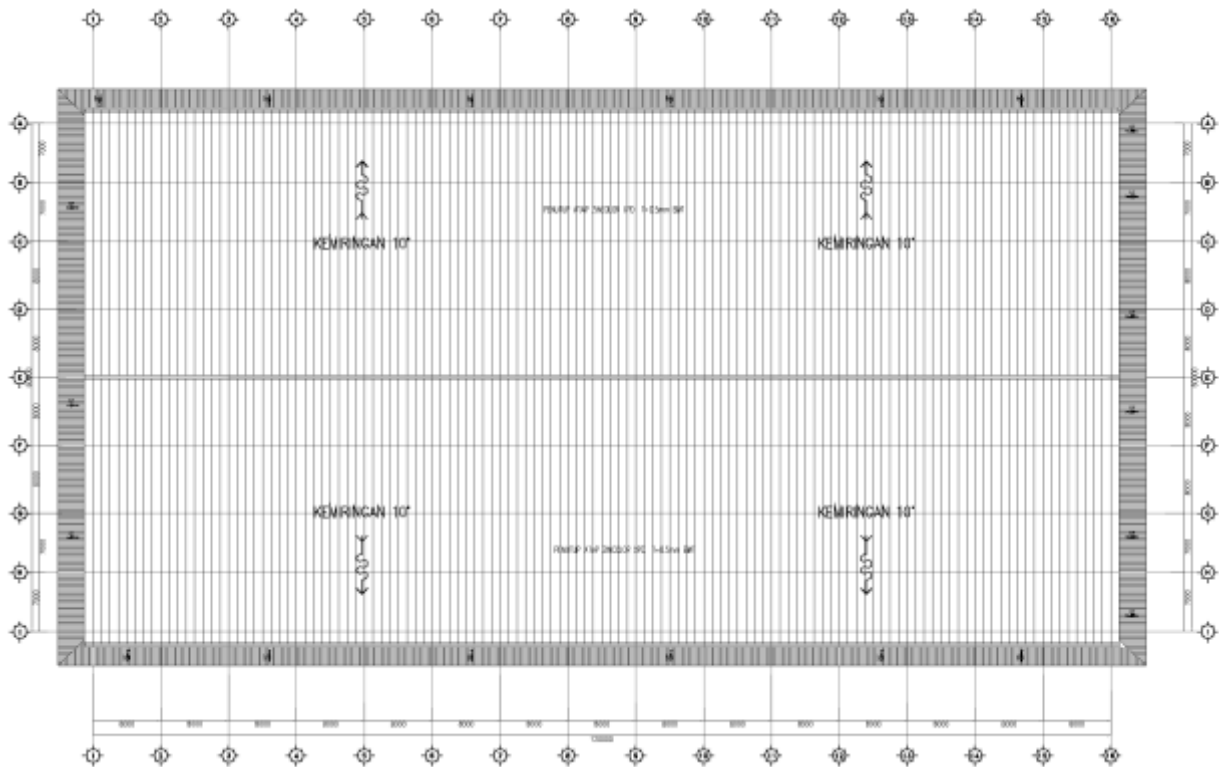
Perencanaan dilakukan berdasarkan peraturan yang berlaku di Indonesia. Peraturan yang diikuti dalam perencanaan struktur ini adalah :

- SNI 1727:2020, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
- SNI 1726:2019, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung

- SNI 2847:2019, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
- SNI 1729:2020, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- SNI 8460:2017, Persyaratan Perancangan Geoteknik



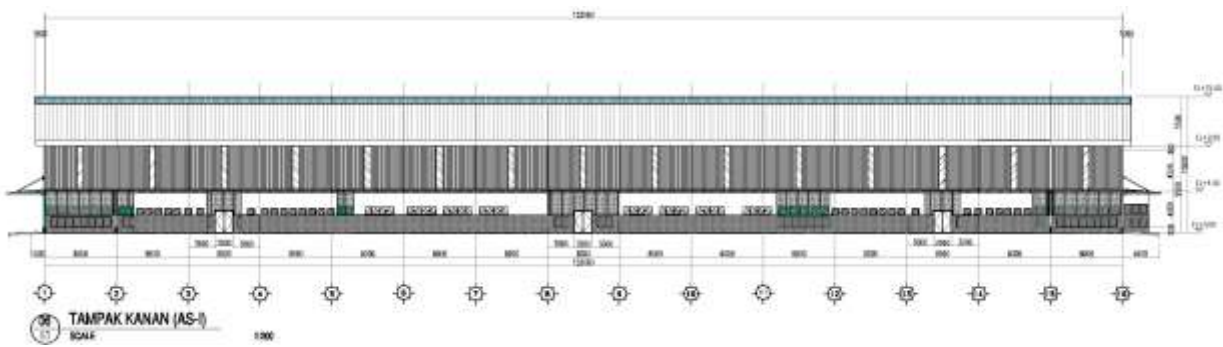
Denah Lantai Dasar



Denah Atap



Tampak Depan



Tampak Samping

1.6. Data Pembebanan Struktur

Jenis-jenis beban yang diberikan kepada struktur bangunan ini terdiri dari :

1.6.1. Beban Mati

Beban mati diaplikasikan sebagai beban merata, seperti finishing lantai, plafond, dsb dan juga diaplikasikan sebagai beban garis, seperti dinding.

Besarnya masing-masing beban adalah sebagai berikut :

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| • Beton bertulang | = 2400 kg/m ³ | • Atap + insulasi bubble | = 7 kg/m ² |
| • Baja struktural | = 7850 kg/m ³ | • Elektrikal | = 5 kg/m ² |
| • Pas. dinding bata ringan | = 165 kg/m ² | • Gording | = 10 kg/m ² |
| • Metal cladding | = 20 kg/m ² | | |

1.6.2. Beban Hidup

Beban hidup diaplikasikan sebagai beban merata. Yang termasuk dalam beban hidup adalah beban dari manusia dan benda-benda yang dapat bergerak / berpindah. Besarnya beban hidup yang diaplikasikan ke lantai dan atap adalah sebagai berikut :

- Lantai Gudang = 1,000 kg/m²
- Air Hujan = 25 kg/m²
- Atap = 60 kg/m²

Sesuai dengan SNI 1727-2020, beban hidup merata dapat direduksi berikut:

$$L = L_0 \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL} \times A_T}} \right)$$

L = beban hidup rencana tereduksi

L₀ = beban hidup rencana tanpa reduksi

K_{LL} = faktor elemen beban hidup

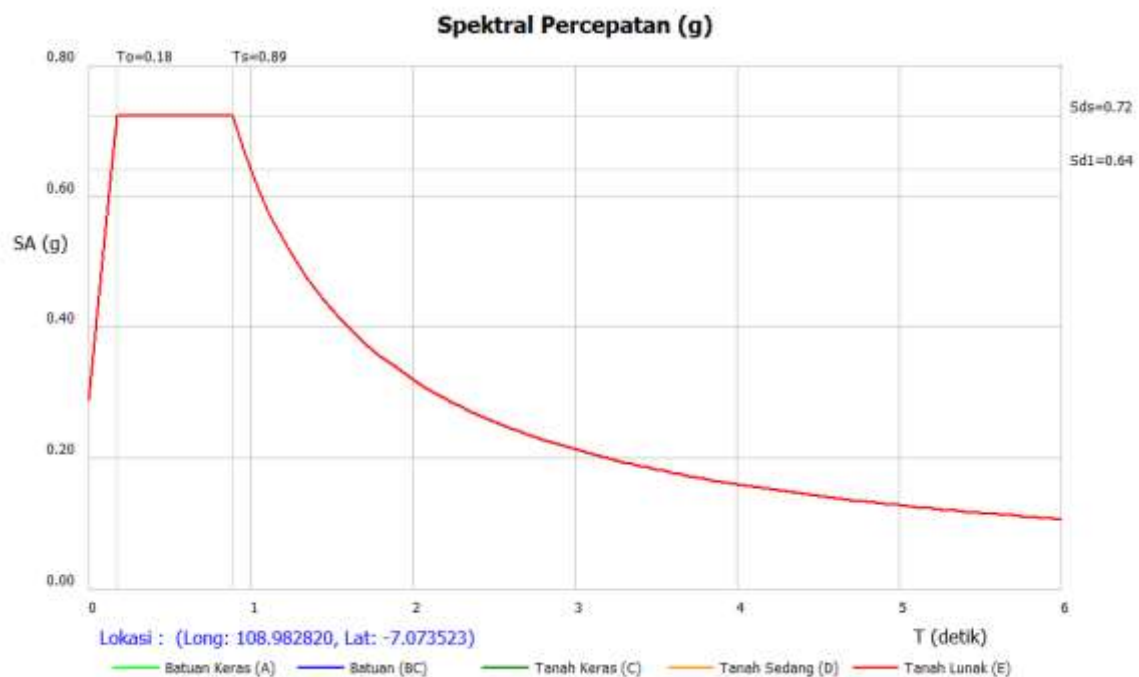
A_T = luas tributari area

L harus lebih besar dari 0.50 L₀ untuk elemen struktur mendukung satu lantai dan L harus lebih besar dari 0.40 L₀ untuk elemen struktur dua lantai atau lebih.

1.6.3. Beban Gempa

Parameter-parameter percepatan respons spektral diambil dari website Puskim sesuai dengan lokasi bangunan berada.

Kurva respon spektra yang dipakai dalam perhitungan ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Kurva Respon Spektra Desain

Kategori Risiko	=	II	F_v	=	2.40
Faktor keutamaan Bangunan, I_e	=	1.0	S_{MS}	=	1.086 g
Jenis Tanah	=	Lunak, SE	S_{M1}	=	0.961 g
PGA	=	0.346 g	S_{DS}	=	0.724 g
S_s	=	0.958 g	S_{D1}	=	0.641 g
S_1	=	0.401 g	Kategori Disain Seismik	=	D
F_a	=	1.13			

1.6.4. Beban Angin

Beban angin diperhitungkan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisap) yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau. Untuk bangunan dengan exposure B, ketinggian $\pm 10\text{m}$, tekanan tiup (velocity pressure) rencana diambil sebesar 80 kg/m^2 untuk kondisi kuat batas.

1.7. Kombinasi Pembebanan

Beban-beban yang diaplikasikan kepada struktur dikombinasikan untuk mendapatkan respon struktur yang paling menentukan untuk digunakan dalam disain elemen-elemen struktur.

Pada perencanaan elemen struktur dengan metode LRFD, kombinasi pembebanan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. $C1 = 1.4 \text{ DL}$
2. $C2 = 1.2 \text{ DL} + 1.6 \text{ LL} + 0.5 (\text{Lr atau R})$
3. $C3 = 1.2 \text{ DL} + 1.6 (\text{Lr atau R}) + 1 \text{ LL}$
4. $C4 = 1.2 \text{ DL} + 1.6 (\text{Lr atau R}) \pm 0.5 \text{ W}$
5. $C5 = 1.2 \text{ DL} \pm 1.6 \text{ W} + 1 \text{ LL} + 0.5 (\text{Lr atau R})$
6. $C6 = 0.9 \text{ DL} \pm 1.0 \text{ W}$
7. $C7 = (1.2 + 0.2 S_{DS}) \text{ DL} + 1 \text{ LL} \pm 1 \rho \text{ E}$
8. $C8 = (0.9 - 0.2 S_{DS}) \text{ DL} \pm 1 \rho \text{ E}$

Sedangkan pada perencanaan elemen struktur dengan metode ASD, kombinasi pembebanan yang dimaksud adalah sebagai berikut :

1. $A1 = \text{DL}$
2. $A2 = \text{DL} + \text{LL} + 0.5 (\text{Lr atau R})$
3. $A3 = \text{DL} + (\text{Lr atau R})$
4. $A4 = \text{DL} + 0.75 \text{ LL} + 0.75 (\text{Lr atau R})$
5. $A5 = \text{DL} \pm 0.6 \text{ W}$

6. $A_6 = DL \pm 0.75 (0.6 W) + 0.75 LL + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
7. $A_7 = 0.6 DL \pm 0.6 W$
8. $A_8 = (1.0 + 0.14 S_{DS}) DL \pm 0.7 \rho E$
9. $A_9 = (1.0 + 0.10 S_{DS}) DL \pm 0.525 \rho E + 0.75 LL + 0.75 (Lr \text{ atau } R)$
10. $A_{10} = (0.6 - 0.14 S_{DS}) DL \pm 0.7 \rho E$

dengan :

- DL = beban mati
- LL = beban hidup
- Lr = beban hidup atap
- R = beban air hujan
- W = beban angin
- E = beban gempa
- ρ = faktor redundansi
- S_{DS} = percepatan respon spektral pada periode pendek, redaman 5%

Pada perencanaan struktur bangunan ini, nilai faktor redundansi, ρ digunakan sebesar **1.30**.

Reduksi kekuatan pada perencanaan struktur beton bertulang (ϕ) mengikuti ketentuan di bawah :

Tabel 1 Faktor Reduksi Kekuatan Penampang Beton

Tipe Elemen Struktur	Faktor Reduksi (ϕ)
Lentur Murni	0.90
Beban Aksial dan Beban Aksial dengan Lentur - Aksial Tarik dan Aksial Tarik dengan Lentur - Aksial Tekan dan Aksial tekan dengan Lentur - Komponen Struktur dengan Tulangan Spiral - Komponen Struktur Lainnya	0.90 0.75 0.70 0.65
Geser dan Torsi	0.75

Reduksi kekuatan pada perencanaan struktur baja (ϕ) mengikuti ketentuan di bawah :

Tabel 2 Faktor Reduksi Kekuatan Penampang Baja

Tipe Elemen Struktur	Faktor Reduksi (ϕ)
Lentur Murni	0.90
Aksial Tekan	0.85
Tarik - Kuat Tarik Leleh - Kuat Tarik Fraktur	0.90 0.75
Beban Aksial dengan Lentur	0.90
Geser	0.90
Sambungan Baut	0.75
Sambungan Las - Las Penuh - Las Sudut	0.90 0.75

1.8. Konsep Perencanaan Gempa

Respon struktur terhadap beban gempa dapat dikategorikan sebagai berikut :

- Gempa Intensitas Ringan, tidak ada kerusakan struktural maupun non-struktural
- Gempa Intensitas Sedang, hanya terjadi kerusakan elemen-elemen non-struktural
- Gempa Intensitas Tinggi, elemen struktural dan non-struktural mengalami kerusakan, namun bangunan tidak boleh roboh.

Model matematik 3D dianalisa menggunakan prosedur Analisa Modal. Analisa tersebut menghasilkan gaya geser dasar (base shear, V_t) dari kombinasi respon tiap2 mode.

Apabila base shear berdasarkan analisa modal kurang dari 100 % gaya geser dasar metode statik ekuivalen (V), besaran base shear tersebut harus diskalakan sebesar $1.00 \cdot V / V_t$.

1.8.1. Gaya Gempa Statik Ekuivalen

Gaya geser dasar berdasarkan metode statik ekuivalen mengikuti persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W$$

dengan :

W = Berat seismik efektif dari struktur

C_s = Koefisien respon seismik, $S_{DS} / (R / I_e)$

R = Faktor modifikasi respon / faktor reduksi beban gempa

Nilai C_s tersebut tidak perlu melebihi :

$$C_s = S_{D1} / (T \cdot (R / I_e))$$

dan tidak kurang dari :

$$C_s = 0.044 S_{DS} \cdot I_e \geq 0.01$$

T adalah nilai periode getar struktur pada masing-masing arah dari hasil analisa modal. Nilai T tersebut tidak boleh melebihi batasan periode $C_u T_a$ yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tergantung dari jenis sistem struktur yang digunakan.

Berdasarkan ketentuan pasal 7.7.2 SNI 1726:2019, berat seismik efektif, W , harus diperhitungkan sebagai berikut:

7.7.2 Berat seismik efektif

Berat seismik efektif struktur, W , harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang terdaftar di bawah ini:

1. Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25 % beban hidup lantai

PENGECUALIAN

- a. Bila beban penyimpanan tidak lebih dari 5 % terhadap berat seismik efektif pada tingkat tersebut, beban tidak perlu dimasukkan dalam berat seismik efektif.
- b. Beban hidup lantai di tempat parkir umum dan struktur parkir terbuka tidak perlu dimasukkan.
2. Jika ketentuan desain beban lantai untuk partisi disyaratkan SNI 1727 pasal 4.3.2, sebesar beban terbesar antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0,48 kN/m²;
3. Berat operasional total dari peralatan yang permanen;
4. Berat lanskap dan beban lainnya pada taman atap dan area sejenis.

Periode fundamental pendekatan dalam metode statik ekuivalen dapat dihitung sebagai berikut:

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Tabel 18 – Nilai parameter periode pendekatan C_t dan α

Tipe struktur	C_t	α
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilindungi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Tinggi $h_n = 12.25 \text{ m}$

Arah X

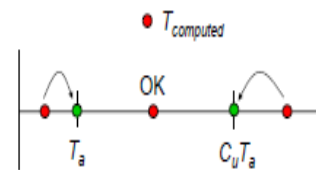
$\alpha = 0.8$
 $C_t = 0.0724$
 $T_a \quad C_t \times h_n^\alpha = 0.537 \text{ detik}$
 $C_u = 1.4$
 $C_u \times T_a = 0.752 \text{ detik}$

Arah Y

$\alpha = 0.75$
 $C_t = 0.0488$
 $T_a \quad C_t \times h_n^\alpha = 0.319 \text{ detik}$
 $C_u = 1.4$
 $C_u \times T_a = 0.447 \text{ detik}$

Decisions Regarding Appropriate Period to Use

if $T_{computed} \geq C_u T_a$ use $C_u T_a$
 if $T_a < T_{computed} < C_u T_a$ use $T_{computed}$
 if $T_{computed} < T_a$ use T_a



Apabila $T_{computed} > C_u T_a$, maka periode yang digunakan dalam metode statik ekuivalen adalah periode dari $C_u T_a$. Pada perencanaan ini digunakan nilai periode masing-masing:

$T_x = 0.752 \text{ detik}$

$T_y = 0.447 \text{ detik}$

Dengan demikian, koefisien respon seismik dan gaya geser dasar yang digunakan untuk masing-masing arah pembebanan gempa adalah sebagai berikut:

$C_{sx} = 0.207 \text{ g}$

$C_{sy} = 0.223 \text{ g}$

1.8.2. Perencanaan Kekuatan

Perencanaan kekuatan elemen struktur portal baja harus memperhatikan kriteria perencanaan sesuai SNI 1729:2020. Disain stabilitas dan reduksi kekakuan elemen struktur mengikuti prosedur Direct Analysis Method.

1.9. Kemampuan Layan

Persyaratan kemampuan layan dari struktur mengikuti standar-standar yang berlaku.

Batas drift horisontal bangunan terhadap pembebanan gempa dan batas defleksi vertikal struktur akibat beban gravitasi disajikan dalam Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5 berikut :

Tabel 3 Batasan Drift Horisontal Bangunan terhadap Beban Gempa

Drift antar lantai	$< 0.025 h_{sx}$ (h_{sx} = tinggi lantai)
P-delta limit	Koefisien stabilitas $\Theta < \Theta_{max}=0.5/\beta C_d \leq 0.25$

Tabel 4 Batasan Defleksi Elemen Struktur terhadap Beban Gravitasi dan Angin (IBC 2009)

Elemen Struktur	Defleksi	Defleksi Maksimum	Beban
Rafter (tanpa plafond)	Vertikal	L/120	D + L
Rafter (plafond fleksibel)		L/180	
Rafter (plafond rigid)		L/240	
Gording (tanpa plafond)		L/120	D + W
		L/150	D + L
		L/360	D
Gording (plafond fleksibel)	Horisontal	L/150	D + W
Gording (plafond rigid)		L/240	D + W
Kolom (dinding metal)		H/60 (H < 9.00m) H/100 (H > 9.00m)	W
Kolom (dinding bata)		H/100	W
Kolom (dinding tepi)		H/120	W

Tabel 5 Batasan Defleksi Elemen Struktur terhadap Beban Gravitasi

Tipe elemen struktur	Lendutan yang diperhatikan	Batas Lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau terikat pada elemen non struktural yang rentan terhadap defleksi besar	Defleksi seketika akibat beban hidup	L /180
Lantai yang tidak menumpu atau terikat pada elemen non struktural yang rentan terhadap defleksi besar	Defleksi seketika akibat beban hidup	L /360
Atap atau lantai konstruksi yang menumpu atau terikat pada elemen non struktural yang rentan terhadap defleksi besar	Defleksi total akibat pemasangan elemen non struktural serta defleksi seketika akibat adanya beban hidup	L /480
Atap atau lantai konstruksi yang menumpu atau terikat pada elemen non struktural yang tidak rentan terhadap defleksi besar		L /240

SISTEM DAN MODEL STRUKTUR

2.1. Sistem Struktur

Tujuan utama dari pemilihan sistem struktur secara umum agar struktur dapat tetap berdiri dan mempertahankan bentuknya terhadap segala macam pembebanan yang ada, dengan memperhatikan tiga prinsip fundamental dari struktur, yaitu : stability (stabilitas), strength (kekuatan), dan stiffness (kekakuan). Sistem struktur bangunan ini terdiri atas 2 bagian utama. Pertama adalah sistem struktur bawah, yang berada di bawah permukaan tanah, meliputi pondasi dan balok pondasi. Kedua adalah sistem struktur atas yang terletak di atas permukaan tanah, meliputi kolom, balok, dan plat lantai.

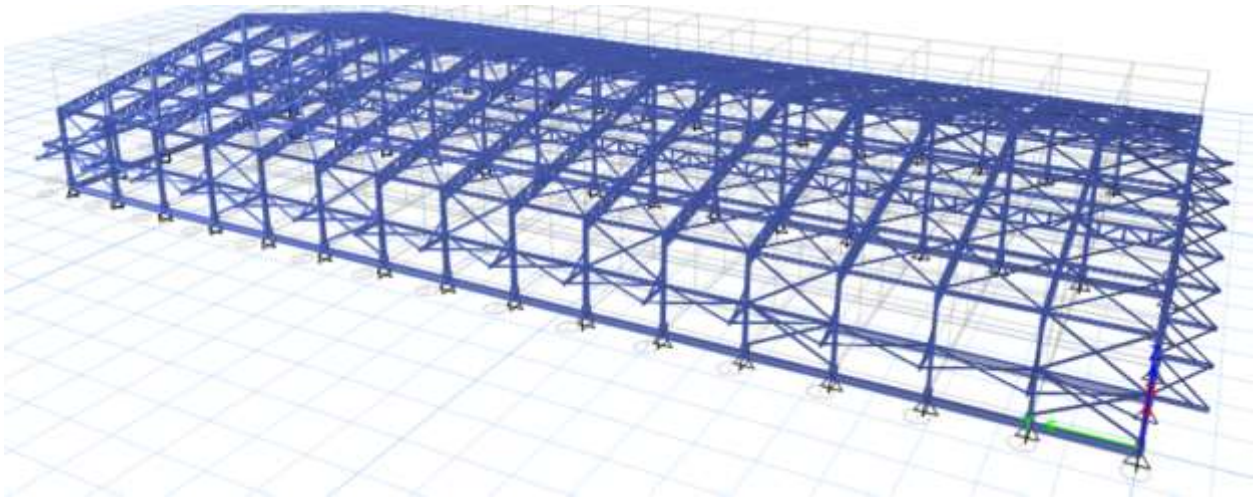
Sistem struktur bawah menggunakan pondasi tiang bor yang disatukan oleh pile cap dan balok pondasi. Sistem struktur atas menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) dengan koefisien modifikasi respons, $R = 3.5$, sebagai sistem penahan gaya lateral dan gravitasi dalam arah transversal, dan sistem Rangka Bresing Konsentris Biasa (SRBKB) dengan koefisien modifikasi respons, $R = 3.25$, sebagai sistem penahan gaya lateral pada arah longitudinal. Penutup atap diasumsikan berperilaku sebagai diafragma fleksibel. Asumsi ini dimaksudkan apabila terjadi gerakan tanah pada waktu gempa, maka gaya inersia horisontal yang bekerja pada pusat massa tiap-tiap lantai dapat didistribusikan ke portal berdasarkan tributary area dari masing-masing kolomnya. Plat lantai dasar direncanakan dengan sistem slab-on-ground.

2.2. Pemodelan Struktur

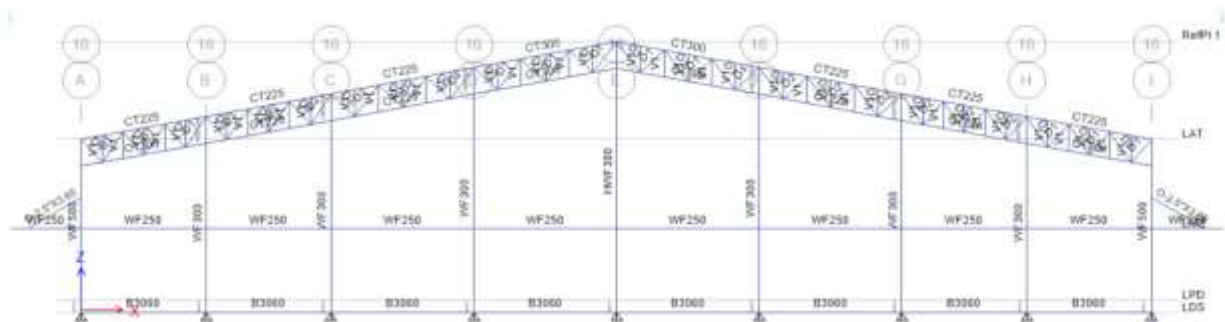
Untuk mendapatkan hasil analisa yang mendekati kondisi yang sebenarnya, maka struktur bangunan dimodelkan dalam analisa tiga dimensi, dimana pemodelan diusahakan semirip mungkin dengan rencana arsitekturnya. Portal dimodelkan dengan tumpuan kolom bertumpu pada pilecap dengan hubungan sendi. Kolom dan balok dimodelkan sebagai elemen frame. Hubungan antar kolom dan balok (rafter) diasumsikan rigid.

Kolom struktur direncanakan dari profil WF 500x200x10x16 dan HB-300x300x10x15. Rafter direncanakan dari profil Truss terdiri dari T-300x200x11x17, T-225x200x9x14 dan batang pengisi 2L-75x75x6, 2L-60x60x6, 2L-50x50x5. Tebal pelat lantai dasar direncanakan 150 mm. Pada arah longitudinal bangunan, pada beberapa lokasi ditempatkan bresing vertikal dari profil pipa baja diameter 125mm tebal 6.6mm.

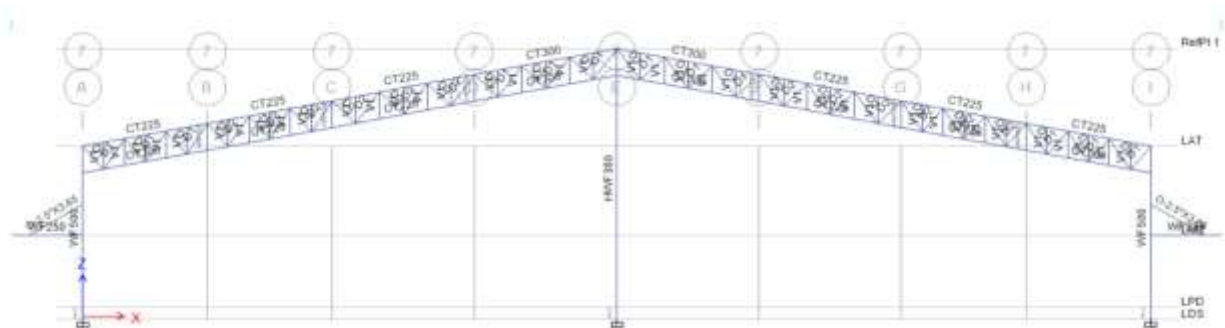
Pada gambar-gambar berikut ditampilkan model struktur 3D, beberapa portal utama struktur beserta pembebanan yang diaplikasikan.



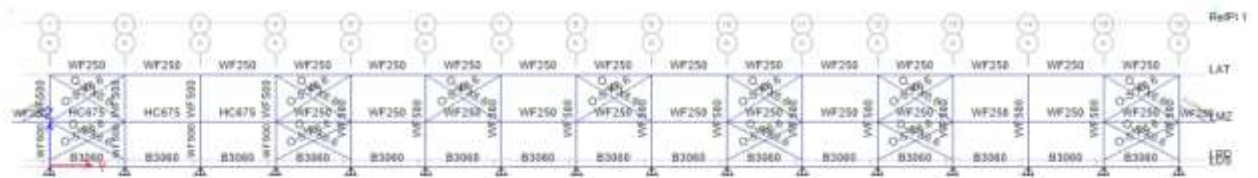
Model Struktur 3-D Bangunan Warehouse-B



Portal Melintang as 1 & as 16



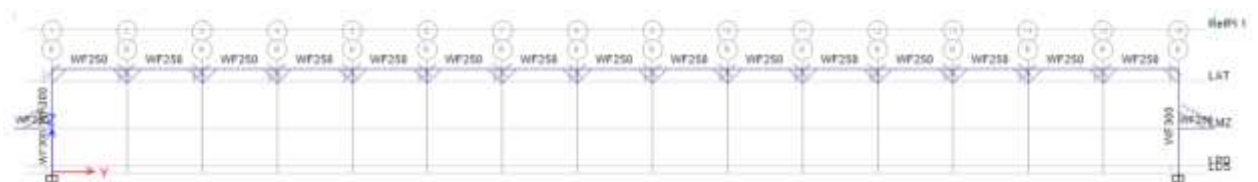
Portal Melintang as 2 - as 15



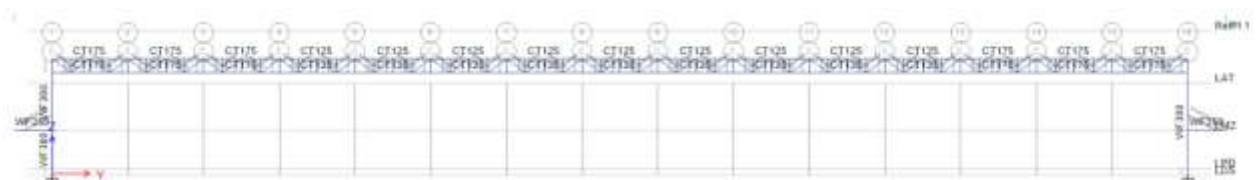
Portal Memanjang as A & as I



Portal Memanjang as E



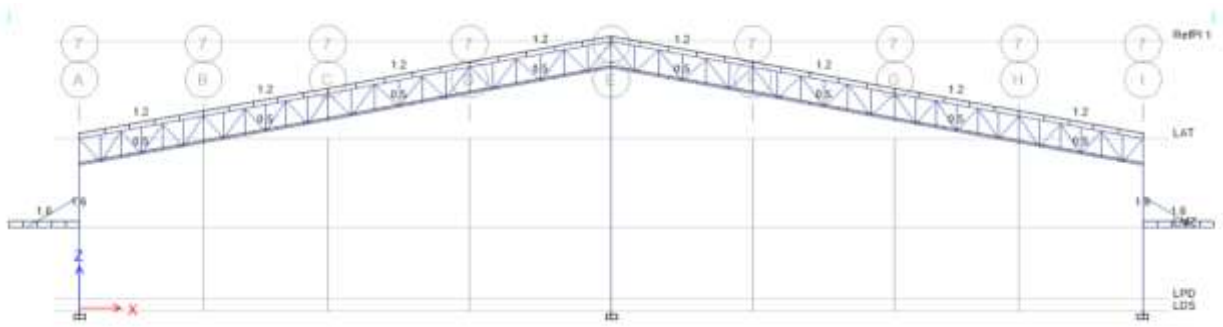
Portal Memanjang as B & as H



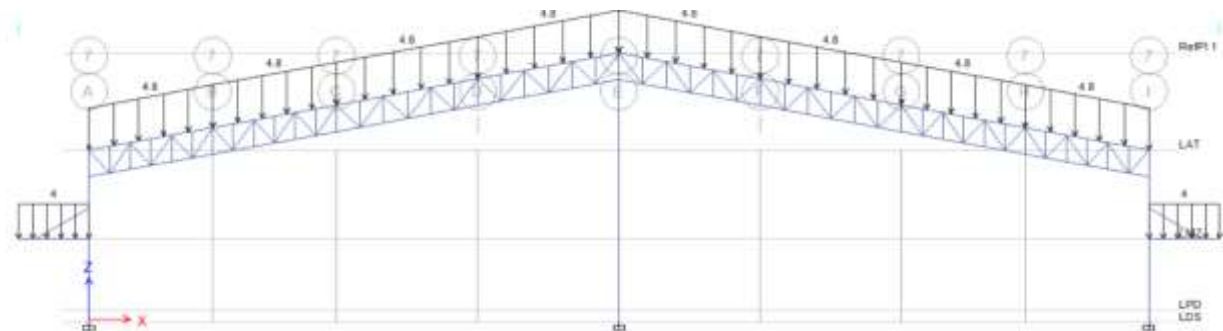
Portal Memanjang as C & as G



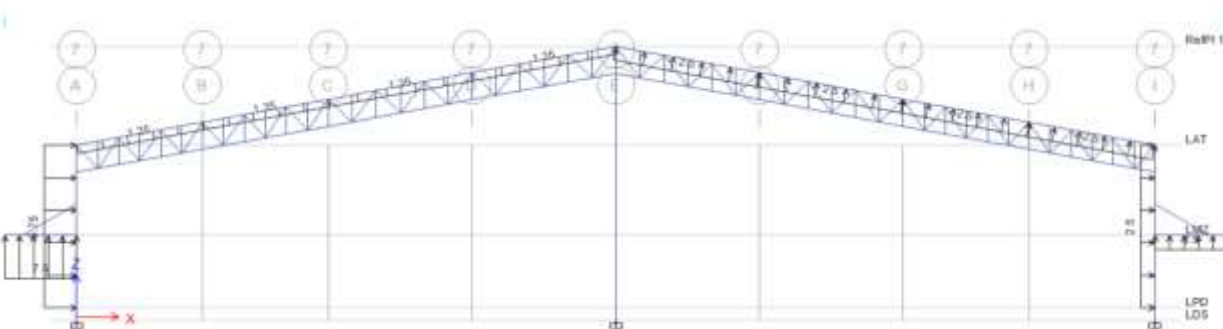
Portal Memanjang as D & as F



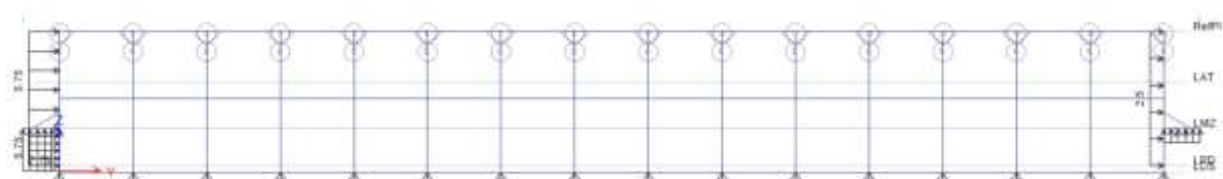
Aplikasi Beban Mati pada Struktur (kN/m)



Aplikasi Beban Hidup pada Atap (kN/m)



Aplikasi Beban Angin arah X pada Struktur (kN/m)



Aplikasi Beban Angin arah Y pada Struktur (kN/m)

ASCE 7-10 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir
☒ X Dir + Eccentricity
☐ X Dir - Eccentricity

☐ Y Dir
☐ Y Dir + Eccentricity
☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Time Period

☐ Approximate
☐ Program Calculated
☒ User Defined

(ft). x =
 (ft). y =
 T = sec

Story Range

Top Story for Seismic Loads
 Bottom Story for Seismic Loads

Factors

Response Modification, R
 System Overstrength, Omega
 Deflection Amplification, Cd
 Occupancy Importance, I

Seismic Coefficients

☐ Ss and S1 from USGS Database - by Latitude/Longitude
☐ Ss and S1 from USGS Database - by Zip Code
☒ Ss and S1 - User Defined

Site Latitude (degrees)
 Site Longitude (degrees)
 Site Zip Code (5-Digits)
 0.2 Sec Spectral Accel, Ss
 1 Sec Spectral Accel, S1
 Long-Period Transition Period sec

Site Class
 Site Coefficient, Fa
 Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients
 SDS = (2/3) * Fa * Ss
 SD1 = (2/3) * Fv * S1

Aplikasi Beban Gempa arah X pada Struktur (kN)

ASCE 7-10 Seismic Loading

Direction and Eccentricity

☐ X Dir
☐ X Dir + Eccentricity
☐ X Dir - Eccentricity

☐ Y Dir
☒ Y Dir + Eccentricity
☐ Y Dir - Eccentricity

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Overwrite Eccentricities

Time Period

☐ Approximate
☐ Program Calculated
☒ User Defined

(ft). x =
 (ft). y =
 T = sec

Story Range

Top Story for Seismic Loads
 Bottom Story for Seismic Loads

Factors

Response Modification, R
 System Overstrength, Omega
 Deflection Amplification, Cd
 Occupancy Importance, I

Seismic Coefficients

☐ Ss and S1 from USGS Database - by Latitude/Longitude
☐ Ss and S1 from USGS Database - by Zip Code
☒ Ss and S1 - User Defined

Site Latitude (degrees)
 Site Longitude (degrees)
 Site Zip Code (5-Digits)
 0.2 Sec Spectral Accel, Ss
 1 Sec Spectral Accel, S1
 Long-Period Transition Period sec

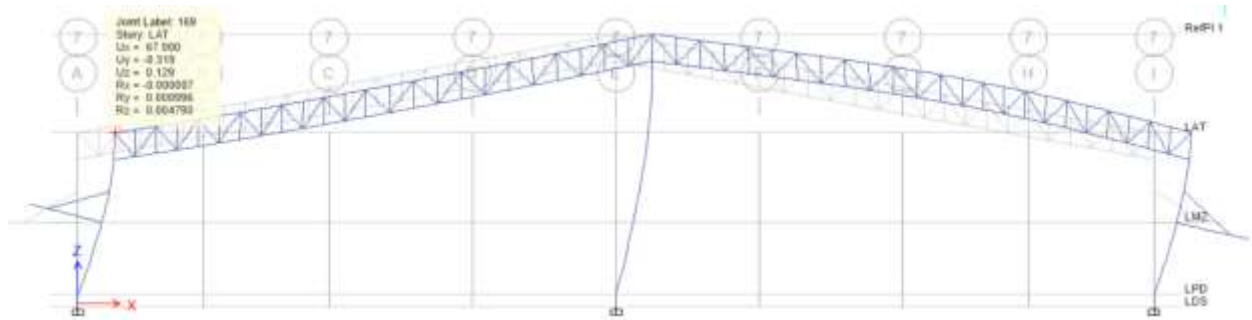
Site Class
 Site Coefficient, Fa
 Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients
 SDS = (2/3) * Fa * Ss
 SD1 = (2/3) * Fv * S1

Aplikasi Beban Gempa arah Y pada Struktur (kN)

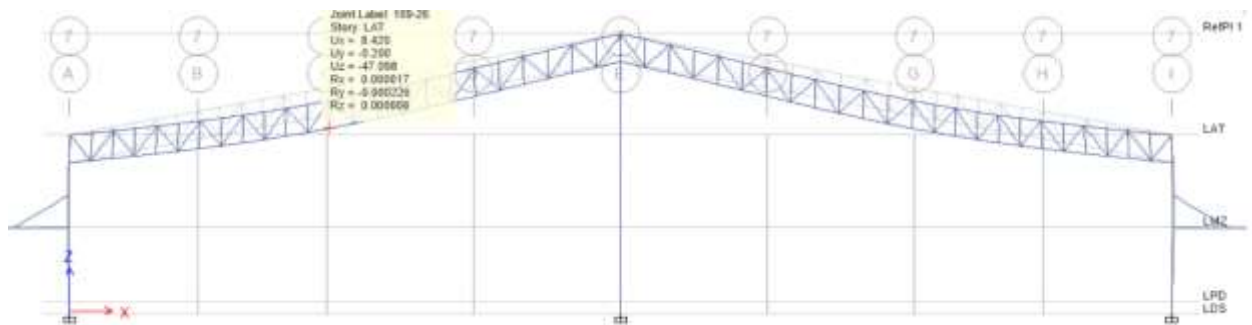
2.3. Defleksi Struktur

Pemeriksaan defleksi horisontal dan vertikal pada struktur akibat beban gravitasi dan beban angin ditampilkan sebagai berikut.



$$\delta_x = 67.900 \text{ mm} < H/100 = 95 \text{ mm}$$

Defleksi Horisontal Portal Melintang akibat Beban Angin



$$\delta_v = 47.098 \text{ mm} < L/240 = 125 \text{ mm}$$

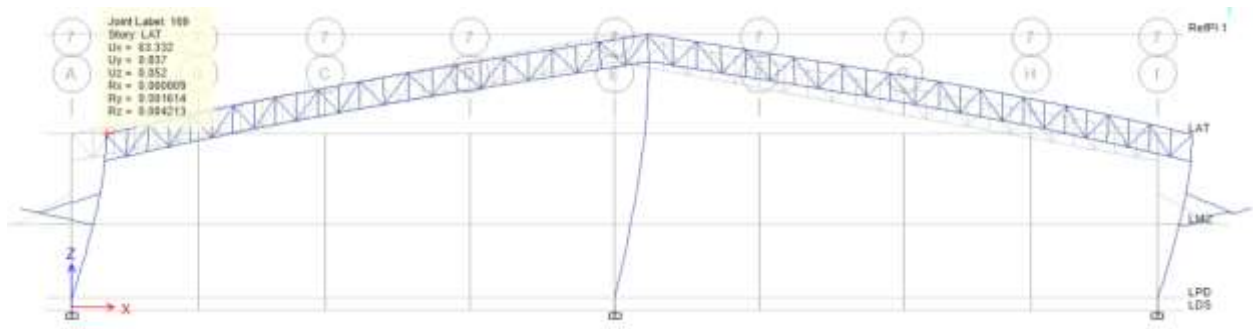
Defleksi Vertikal Portal Melintang akibat Beban DL + LL

2.4. Simpangan Antar Lantai

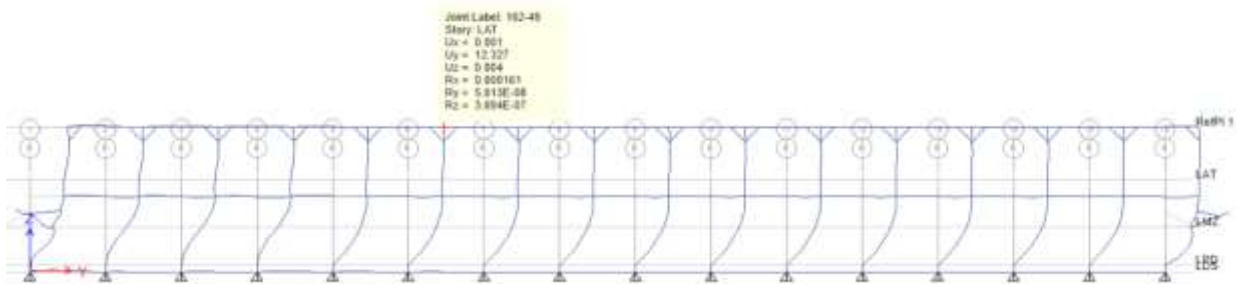
Pada bangunan ini, batas simpangan antar lantai yang diijinkan adalah sebesar 0.025 dari tinggi tingkat dibawah tingkat yang ditinjau. SNI 1726:2019 mensyaratkan bahwa simpangan antar lantai harus memperhitungkan pengaruh inelastik dari defleksi struktur akibat gempa kuat yang mungkin terjadi, sehingga perhitungan defleksi pada pusat massa di masing-masing tingkat harus diperbesar dengan faktor $C_d = 3.0$ SRPMB dan $C_d = 3.25$ untuk SRBKB. Hasil defleksi portal akibat beban gempa rencana ditampilkan pada gambar berikut:

$$\delta_x = 63.332 \times C_{dx} = 189.99 \text{ mm} \rightarrow \delta / h = 189.99 / 9500 = 0.020 < 0.025 \dots \text{OK !}$$

$$\delta_y = 12.327 \times C_{dy} = 43.127 \text{ mm} \rightarrow \delta / h = 43.127 / 9500 = 0.0045 < 0.025 \dots \text{OK !}$$



Defleksi Horizontal Portal Melintang akibat Beban Gempa Rencana



Defleksi Horizontal Portal Memanjang akibat Beban Gempa Rencana

BAB 3

DISAIN ELEMEN STRUKTUR

3.1. Umum

Elemen struktur harus direncanakan mampu memikul gaya-gaya dalam dari berbagai macam kombinasi beban yang diterapkan. Gaya-gaya dalam tersebut berupa gaya aksial, gaya geser, momen lentur yang dihasilkan dari proses analisa struktur. Di setiap penampang di sepanjang bentang elemen harus memiliki kapasitas yang memadai agar tercapai :

$$R_u \leq \phi R_n$$

dimana R_u adalah gaya-gaya dalam ultimit yang terjadi dan R_n adalah kekuatan nominal dari penampang elemen struktur yang bersangkutan. Nilai ϕ dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Kuat nominal penampang elemen mengikuti SNI 2847:2019 untuk struktur beton dan SNI 1729:2020 untuk struktur baja.

3.2. Perencanaan Elemen Struktur Baja

Kekuatan nominal dari penampang struktur akibat gaya dalam yang dialami, diuraikan secara ringkas sebagai berikut.

Elemen Struktur Tarik

Kuat nominal penampang yang mengalami gaya tarik ditentukan berdasarkan nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto.

Secara umum, kuat nominal dari penampang yang mengalami gaya tarik ditentukan oleh persamaan berikut:

(a) Untuk leleh tarik pada penampang bruto:

$$P_n = F_y A_g \quad (D2-1)$$

$$\phi_t = 0,90 \quad (\text{DFBT}) \quad \Omega_t = 1,67 \quad (\text{DKI})$$

(b) Untuk keruntuhan tarik pada penampang neto:

$$P_n = F_u A_e \quad (D2-1)$$

$$\phi_t = 0,75 \quad (\text{DFBT}) \quad \Omega_t = 2,00 \quad (\text{DKI})$$

dengan

$$A_e = \text{luas neto efektif, in.}^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$A_g = \text{luas bruto dari komponen struktur, in.}^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

Elemen Struktur Tekan

Mekanisme kegagalan tekan ditentukan oleh kegagalan tekuk. Terdapat tiga ragam kegagalan tekuk pada profil baja, yakni kegagalan tekuk lentur, tekuk torsi dan tekuk torsi-lentur. Untuk itu perlu ditinjau tegangan kritis tekuk dari beberapa ragam kegagalan tersebut.

Secara umum, kuat nominal dari penampang tanpa elemen langsing yang mengalami gaya tekan ditentukan oleh persamaan berikut:

$$P_n = F_{cr} A_g$$

dengan nilai F_{cr} ditentukan berdasarkan rasio tegangan leleh (F_y) terhadap tegangan tekuk elastis (F_e).

Tegangan kritis, F_{cr} , ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{(a) Bila } \frac{L_c}{r} \leq 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad & \text{(atau } \frac{F_y}{F_e} \leq 2,25) \\ F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e} \right) F_y \end{aligned} \quad \text{(E3-2)}$$

$$\begin{aligned} \text{(b) Bila } \frac{L_c}{r} > 4,71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad & \text{(atau } \frac{F_y}{F_e} > 2,25) \\ F_{cr} = 0,877 F_e \end{aligned} \quad \text{(E3-3)}$$

Panjang efektif, L_c , untuk perhitungan kelangsingan komponen struktur, L_c/r , harus ditentukan sesuai dengan Bab C atau Lampiran 7.

dengan

- K = faktor panjang efektif
- $L_c = KL$ = panjang efektif komponen struktur, in. (mm)
- L = panjang tak terbreis lateral pada komponen struktur tersebut, in. (mm)
- r = radius girasi, in. (mm)

Catatan Pengguna: Untuk komponen struktur yang didesain berdasarkan tekan, rasio kelangsingan efektif, L_c/r , sebaiknya tidak melebihi 200.

Catatan Pengguna: Panjang efektif, L_c , dapat ditentukan melalui metode-metode selain penggunaan faktor panjang efektif, K .

Nilai tegangan tekuk elastis, F_e ditentukan sebagai berikut:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{L_c}{r} \right)^2} \quad \text{Tekuk lentur}$$

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 E C_w}{L_{cx}^2} + GJ \right) \frac{1}{I_x + I_y} \quad \text{Tekuk torsi atau Tekuk torsi-lentur}$$

Elemen Struktur Lentur

Secara umum, kuat lentur nominal dari penampang struktur kompak profil I simetris ganda dan profil kanal yang mengalami lentur terhadap satu sumbu utama akibat dibebani disuatu bidang parallel terhadap sumbu utama yang melewati pusat geser atau yang dikekang terhadap puntir pada titik-titik beban dan tumpuan adalah sebagai berikut:

Kuat lentur nominal terhadap sumbu mayor:

1. Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (F2-1)$$

dengan

F_y = tegangan leleh minimum terspesifikasi untuk tipe baja yang digunakan, ksi (MPa)

Z_x = modulus penampang plastis terhadap sumbu x, in.³ (mm³)

2. Tekuk Torsi-Lateral

(a) Apabila $L_b \leq L_p$, keadaan batas tekuk torsi lateral tidak berlaku.

(b) Apabila $L_p < L_b \leq L_r$

$$M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0,7 F_y S_x) \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right] \leq M_p \quad (F2-2)$$

(c) Apabila $L_b > L_r$

$$M_n = F_{cr} S_x \leq M_p \quad (F2-3)$$

dengan:

L_b = panjang antara titik-titik, baik yang terbreis terhadap perpindahan lateral sayap tekan atau terbreis terhadap puntir penampang melintang, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \sqrt{1 + 0,078 \frac{Jc}{S_x h_o} \left(\frac{L_b}{r_{ts}} \right)^2} \quad (F2-4)$$

= tegangan kritis, ksi (MPa)

E = modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)

J = konstanta torsi, in.⁴ (mm⁴)

S_x = modulus penampang elastis terhadap sumbu x, in.³ (mm³)

h_o = jarak antara titik berat sayap, in. (mm)

Catatan Pengguna: rumus di dalam tanda akar pada Persamaan F2-4 dapat secara konservatif diambil sama dengan 1,0.

L_p , batas panjang tak terbreis lateral untuk keadaan batas leleh, in. (mm), adalah:

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (F2-5)$$

L_r , batas panjang tak terbreis untuk keadaan batas pada tekuk torsi-lateral inelastik, in. (mm), adalah:

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 F_y} \sqrt{\frac{Jc}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{Jc}{S_x h_o} \right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 F_y}{E} \right)^2}} \quad (F2-6)$$

dengan

r_y = radius girasi terhadap sumbu y , in. (mm)

$$r_{ts}^2 = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} \quad (F2-7)$$

dan koefisien c ditentukan sebagai berikut:

(1) Untuk profil I simetris ganda

$$c = 1 \text{ (F2-8a)}$$

(2) Untuk kanal

$$c = \frac{h_o}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \quad (F2-8b)$$

dengan

I_y = momen inersia terhadap sumbu y , in.⁴ (mm⁴)

Faktor modifikasi tekuk torsi lateral, C_b , untuk diagram momen tidak seragam bila kedua ujung-ujung segmen terbreis ditentukan sebagai berikut:

$$C_b = \frac{12,5M_{maks}}{2,5M_{maks} + 3M_A + 4M_B + 3M_C} \quad (F1-1)$$

dengan:

M_{maks} = nilai mutlak momen maksimum dalam segmen tak terbreis, kip-in. (N-mm)

M_A = nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tak terbreis, kip-in. (N-mm)

M_B = nilai mutlak momen pada titik tengah segmen tak terbreis, kip-in. (N-mm)

M_C = nilai mutlak momen pada titik tiga perempat segmen tak terbreis, kip-in. (N-mm)

Kuat lentur nominal terhadap sumbu minor:

1. Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z_y \leq 1,6 F_y S_y \quad (F6-1)$$

dengan

S_y = modulus penampang elastis terhadap sumbu y , in.³ (mm³)

Z_y = modulus penampang plastis terhadap sumbu y , in.³ (mm³)

2. Tekuk Lokal Sayap

(a) Untuk penampang dengan sayap kompak, keadaan batas tekuk lokal sayap tidak berlaku.

Untuk penampang struktur berongga bundar (profil pipa) dengan rasio $D/t < 0.45 \cdot E/F_y$, kuat nominal lentur diperoleh dari batas leleh (momen plastis) dan tekuk lokal sebagai berikut:

1. Leleh

$$M_n = M_p = F_y Z \quad (\text{F8-1})$$

2. Tekuk Lokal

(a) Untuk penampang kompak, keadaan batas tekuk lokal sayap tidak berlaku.

(b) Untuk penampang nonkompak

$$M_n = \left(\frac{0,021 E}{\frac{D}{t}} + F_y \right) S \quad (\text{F8-2})$$

(c) Untuk penampang dengan dinding langsing

$$M_n = F_{cr} S \quad (\text{F8-3})$$

dengan

D = diameter luar PSR bundar, in. (mm)

$$F_{cr} = \frac{0,33 E}{\left(\frac{D}{t} \right)} \quad (\text{F8-4})$$

t = ketebalan dinding desain komponen struktur PSR, in. (mm)

Elemen Struktur Geser

Kekuatan geser dari penampang ditentukan oleh kekuatan pelat yang sejajar dengan arah gaya. Secara umum, kuat geser nominal dari penampang struktur profil I simetris ganda dan profil kanal adalah sebagai berikut:

$$V_n = 0,6F_y A_w C_{v1}$$

(a) Untuk badan komponen struktur profil-I gilas panas dengan $h/t_w \leq 2,24 \sqrt{E/F_y}$

$$C_{v1} = 1,0 \quad (G2-2)$$

(b) Untuk semua komponen struktur profil I lain dan kanal

(1) Koefisien kekuatan geser badan, C_{v1} , ditentukan sebagai berikut:

(i) Apabila $h/t_w \leq 1,10 \sqrt{k_v E/F_y}$

$$C_{v1} = 1,0 \quad (G2-3)$$

(ii) Apabila $h/t_w > 1,10 \sqrt{k_v E/F_y}$

$$C_{v1} = \frac{1,10 \sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w} \quad (G2-4)$$

(2) Koefisien tekuk geser pelat badan, k_v , ditentukan sebagai berikut:

(i) Untuk badan tanpa pengaku transversal

$$k_v = 5,34$$

(ii) Untuk badan dengan pengaku transversal

$$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (G2-5)$$

$$= 5,34 \text{ apabila } a/h > 3,0$$

dengan

a = jarak bersih antara pengaku transversal, in. (mm)

Untuk profil simetris tunggal dan ganda yang dibebani pada sumbu lemah tanpa torsi, kekuatan geser nominal untuk setiap elemen penahan geser adalah sebagai berikut:

$$V_n = 0,6F_y b_f t_f C_{v2} \quad (G6-1)$$

dengan

C_{v2} = koefisien kekuatan tekuk geser badan, seperti didefinisikan dalam Pasal G2.2 dengan $h/t_w = b_f/2t_f$ untuk profil T dan komponen struktur profil I, atau $h/t_w = b_f/t_f$ untuk kanal, dan $k_v = 1,2$

b_f = lebar sayap, in. (mm)

t_f = tebal sayap, in. (mm)

Untuk profil pipa lingkaran, kekuatan geser nominal ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = F_{cr} A_g / 2 \quad (G5-1)$$

dengan

F_{cr} harus yang terbesar di antara

$$F_{cr} = \frac{1,60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t} \right)^4}} \quad (G5-2a)$$

dan

$$F_{cr} = \frac{0,78E}{\left(\frac{D}{t} \right)^2} \quad (G5-2b)$$

tetapi tidak boleh melebihi $0,6F_y$

A_g = luas penampang bruto komponen struktur, in.² (mm²)

D = diameter terluar, in. (mm)

L_v = jarak dari lokasi gaya geser maksimum ke gaya geser nol, in. (mm)

t = tebal dinding desain, in. (mm)

Elemen Struktur dengan Kombinasi Lentur dan Aksial

Interaksi lentur dan gaya aksial pada komponen struktur simetris ganda dan tunggal yang melentur pada terhadap sumbu utama harus dibatasi oleh persamaan berikut:

(a) Apabila $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (H1-1a)$$

(b) Apabila $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \quad (H1-1b)$$

dengan

P_r = kekuatan aksial perlu, ditentukan sesuai dengan Bab C, dengan menggunakan kombinasi beban DFBT atau DKI, kips (N)

P_c = kekuatan aksial tersedia, ditentukan sesuai dengan Bab E, kips (N)

M_r = kekuatan lentur perlu, ditentukan sesuai dengan Bab C, menggunakan kombinasi beban DFBT atau DKI, kip-in. (N-mm)

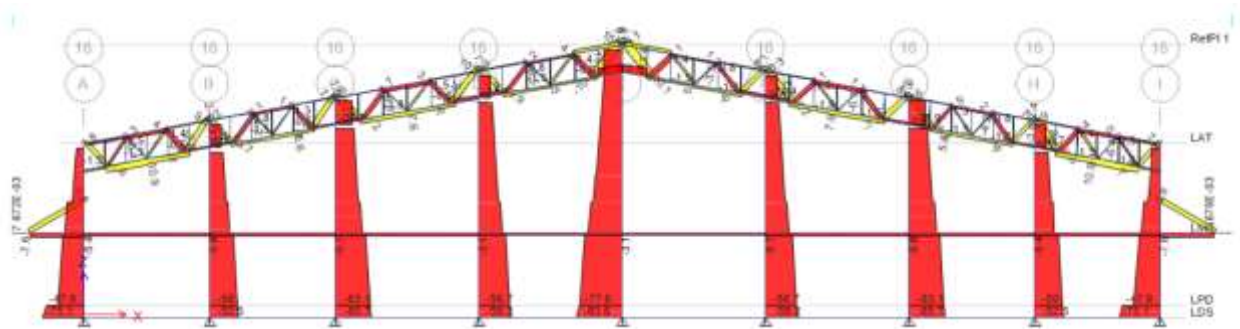
M_c = kekuatan lentur tersedia, ditentukan sesuai dengan Bab F, kip-in. (N-mm)

x = indeks sehubungan dengan lentur sumbu mayor

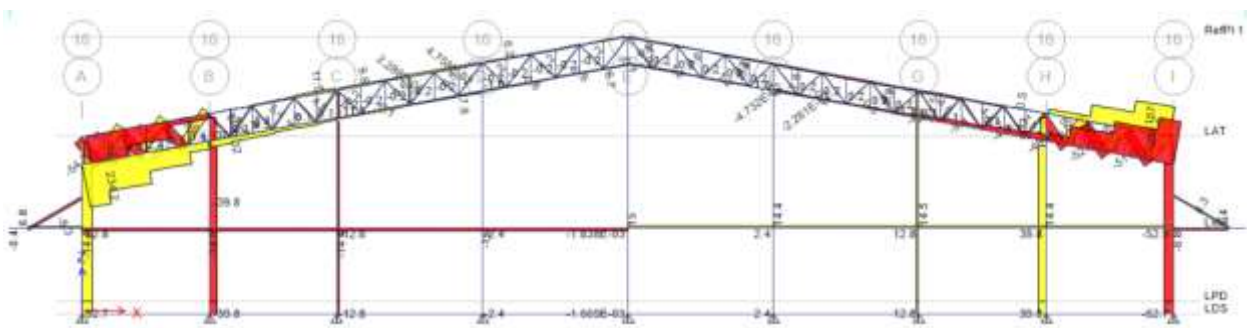
y = indeks sehubungan dengan lentur sumbu minor

3.3. Perencanaan Portal As 1 & As 16

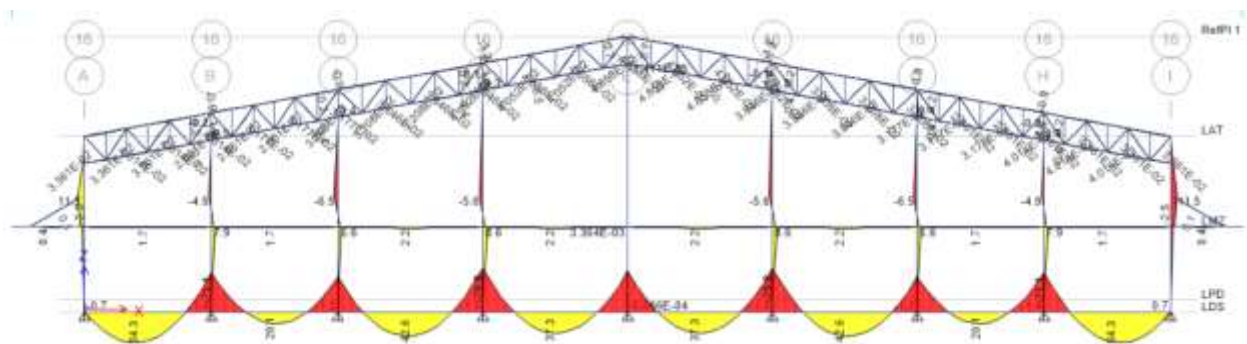
Contoh output bidang gaya-gaya dalam dari hasil analisa struktur dan hasil analisa kekuatan kolom, rafter ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



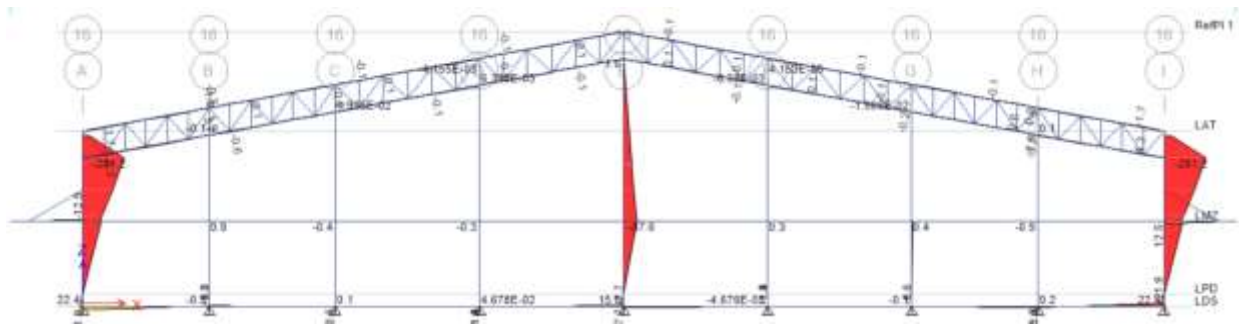
Gaya Dalam Aksial Portal as 1 akibat beban DL (kN)



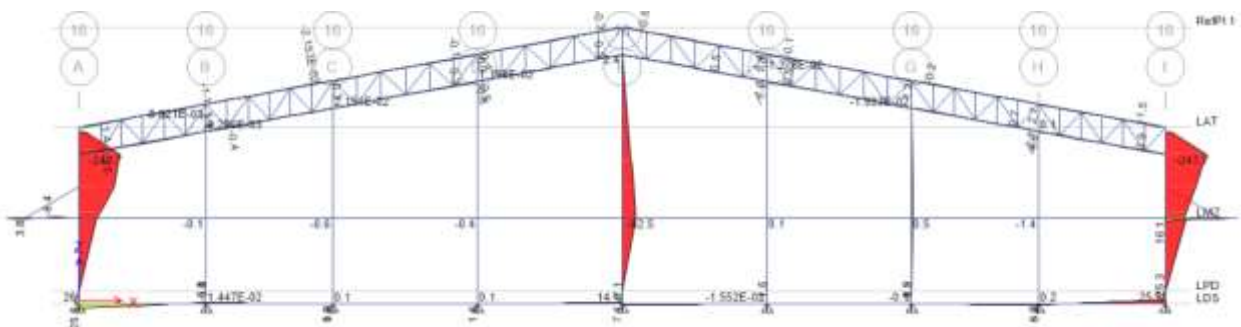
Gaya Dalam Aksial Portal as 1 akibat beban Gempa (kN)



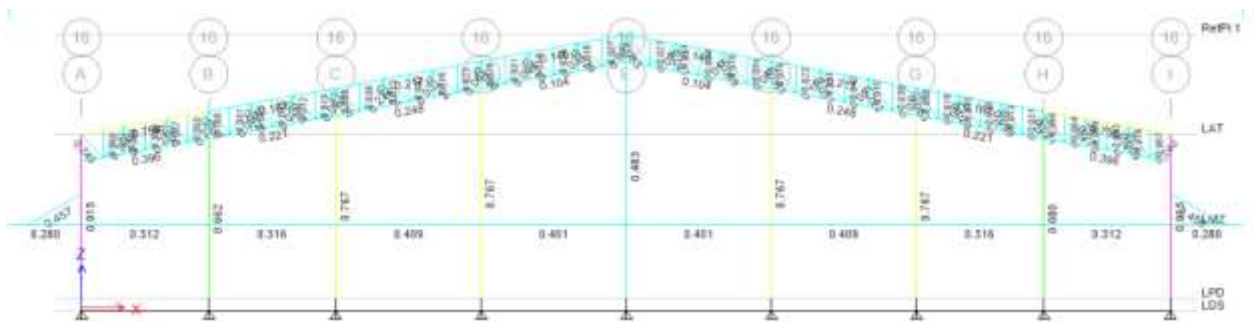
Gaya Dalam Momen Portal as 1 akibat beban DL (kNm)



Gaya Dalam Momen Portal as 1 akibat beban Gempa (kNm)



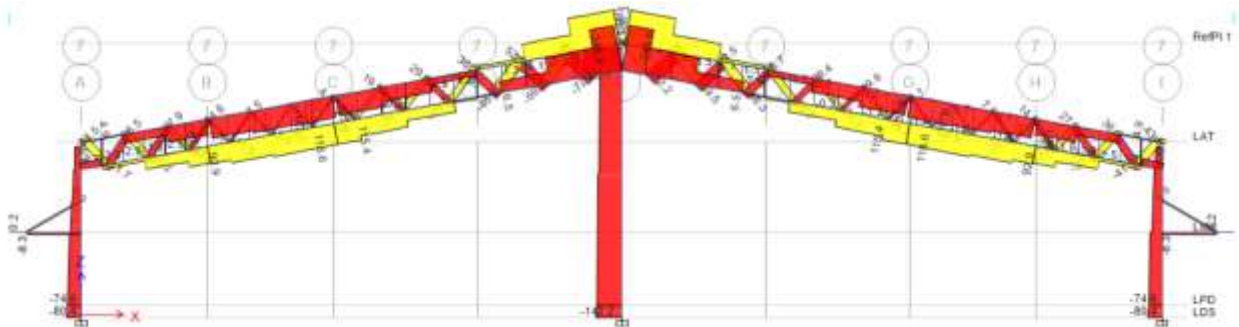
Gaya Dalam Momen Portal as 1 akibat beban Angin (kNm)



Rasio Kekuatan Kolom dan Rafter Portal as 1

3.4. Perencanaan Portal Tipikal As 2 – As 15

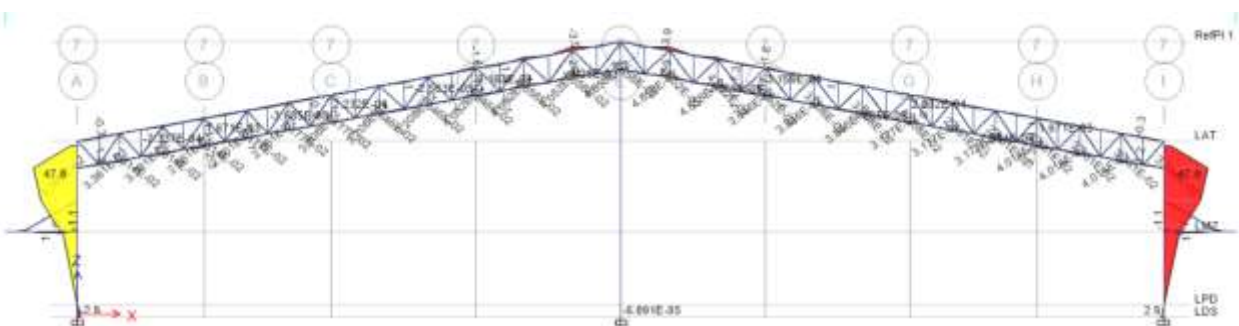
Contoh output bidang gaya-gaya dalam dari hasil analisa struktur dan hasil analisa kekuatan kolom, rafter ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



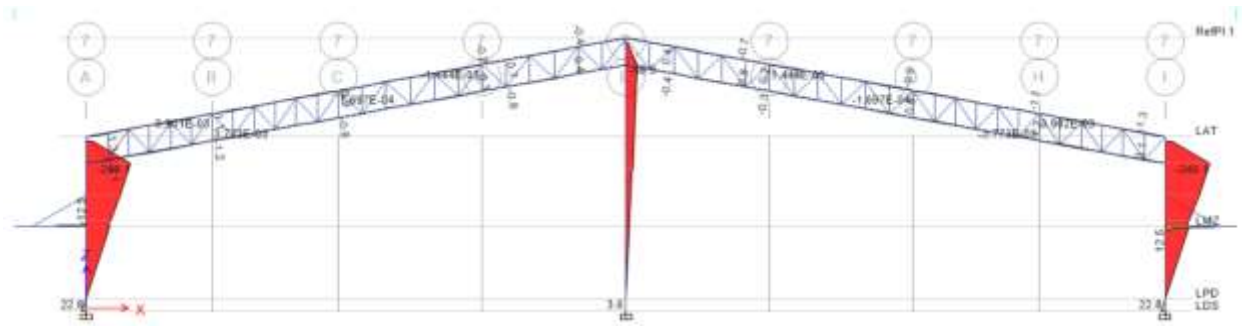
Gaya Dalam Aksial Tipikal Portal as 2 – as 15 akibat beban DL (kN)



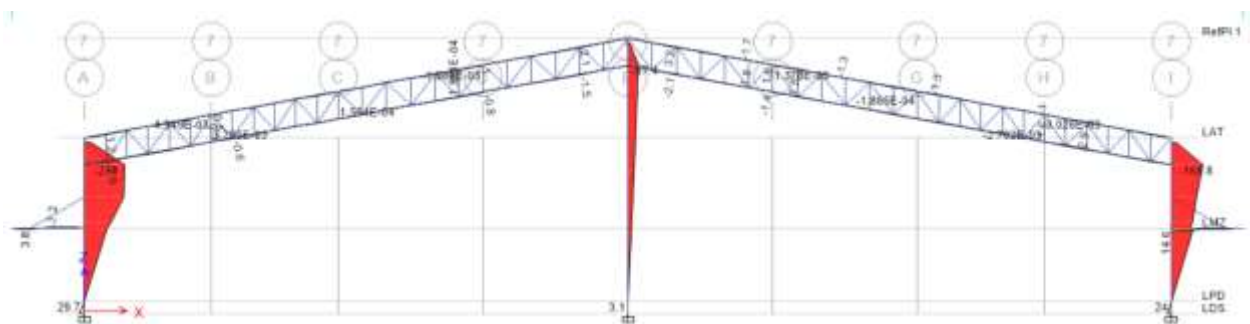
Gaya Dalam Aksial Tipikal Portal as 2 – as 15 akibat beban Gempa (kN)



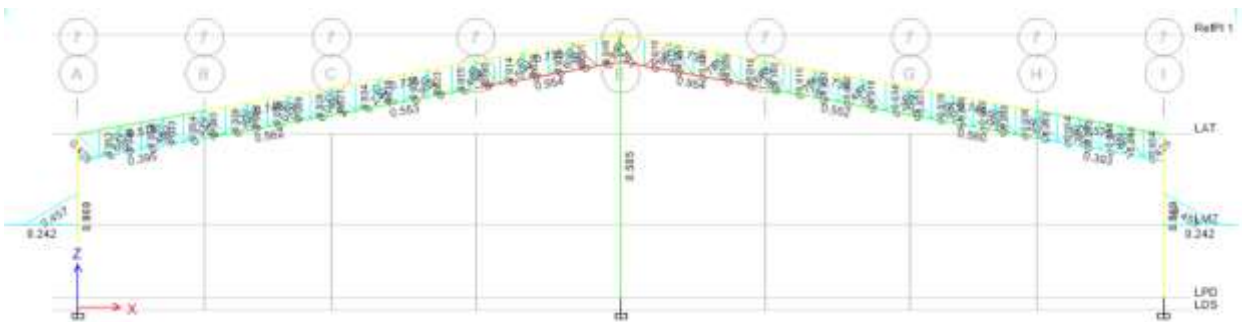
Gaya Dalam Momen Tipikal Portal as 2 – as 15 akibat beban DL (kNm)



Gaya Dalam Momen Tipikal Portal as 2 – as 15 akibat beban Gempa (kNm)



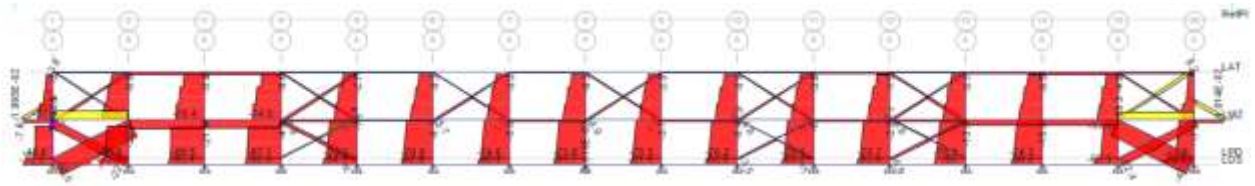
Gaya Dalam Momen Tipikal Portal as 2 – as 15 akibat beban Angin (kNm)



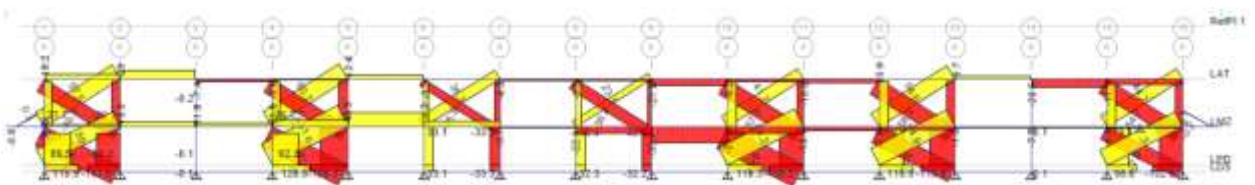
Rasio Kekuatan Kolom dan Rafter Tipikal Portal as 2 – as 15

3.5. Perencanaan Portal As A

Contoh output bidang gaya-gaya dalam dari hasil analisa struktur dan hasil analisa kekuatan kolom, rafter ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



Gaya Dalam Aksial Portal as A akibat beban DL (kN)



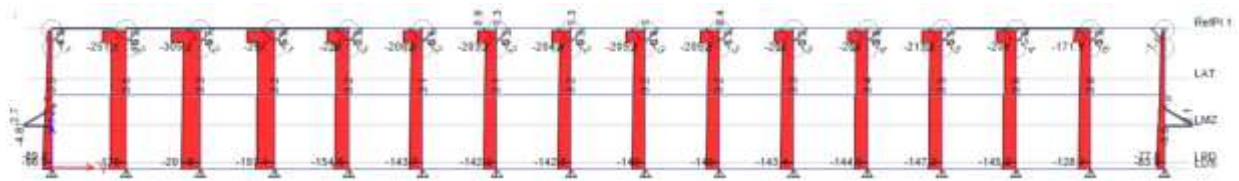
Gaya Dalam Aksial Portal as A akibat beban Gempa (kN)



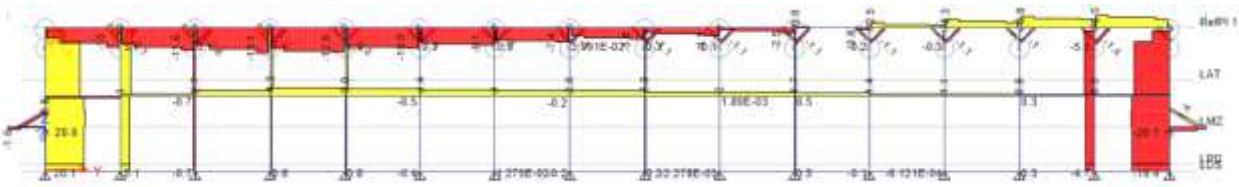
Rasio Kekuatan Kolom, Balok dan Bresing Portal as A

3.6. Perencanaan Portal As E

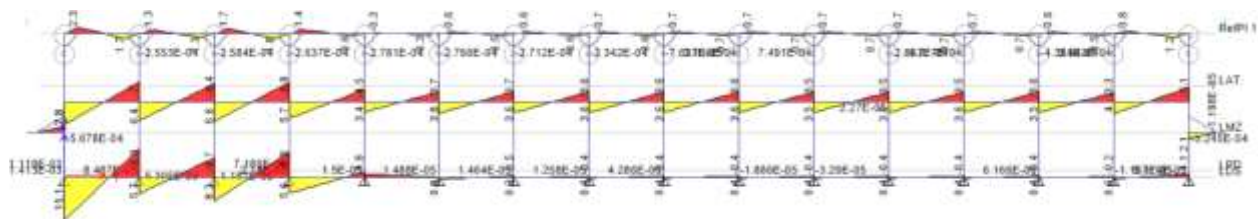
Contoh output bidang gaya-gaya dalam dari hasil analisa struktur dan hasil analisa kekuatan kolom, rafter ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



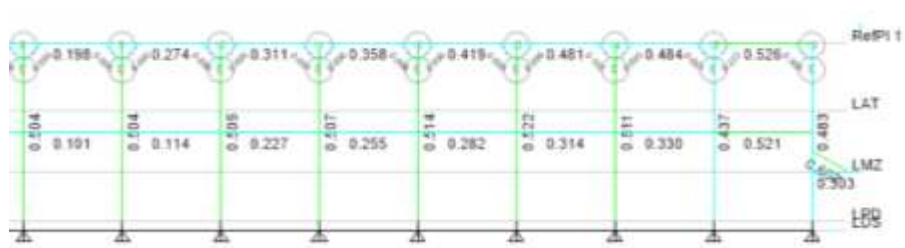
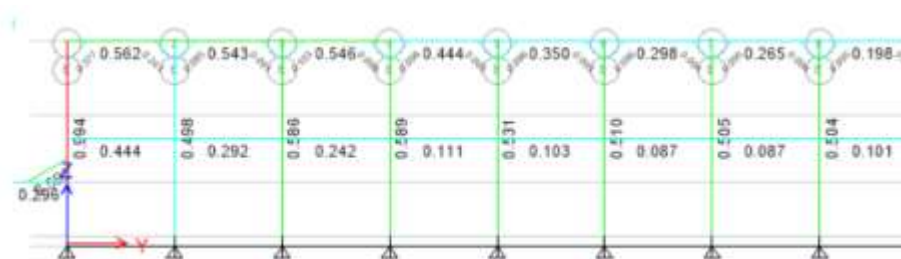
Gaya Dalam Aksial Portal as E akibat beban DL (kN)



Gaya Dalam Aksial Portal as E akibat beban Gempa (kN)



Gaya Dalam Momen Sumbu Mayor Portal as E akibat beban Gempa (kNm)



Rasio Kekuatan Kolom, Balok dan Bresiing Portal as E

ETABS 2016 Steel Frame Design

AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
LAT	C372	1241	7500	COMB4-4	Ordinary Moment Frame	WF500	Seismic HD

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
9000.0	1	0.95

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_1 / P_2$	$\alpha P_1 / P_2$	r_{11}	EA factor	EI factor
0.032	0.045	1	0.8	0.8

Seismic Parameters

Ignore Seismic Code?	Ignore Special EQ Load?	Plug Welded?	SDC	I	Rho	S _{DB}	R	Q ₀	C _s
No	No	Yes	D	1	1.3	0.75	3.5	3	3

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_t	Φ_{T1}	Φ_{T2}	Φ_v	$\Phi_{v,18}$	$\Phi_{v,T}$
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (cm ⁴)	I _{xx} (cm ⁴)	I _{yy} (cm ⁴)	A _{xx} (cm ²)	A _{yy} (cm ²)
110.8	70.7	48038.5	2137.2	64	50

Design Properties

S _{xx} (cm ³)	S _{yy} (cm ³)	Z _{xx} (cm ³)	Z _{yy} (cm ³)	r _{xx} (mm)	r _{yy} (mm)	C _x (cm ⁴)
1841.5	213.7	2096.4	331.7	203.8	43.9	1249365.3

Material Properties

E (MPa)	f _y (MPa)	R _y	α
199999.96	240	1.58	NA

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P _z (kN)	M _{xx} (kN-m)	M _{yy} (kN-m)	V _{xx} (kN)	V _{yy} (kN)	T _z (kN-m)
7500	-84.5	376.2	-0.4	0	0	-0.1

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1b)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0.637	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.526	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{br}	K _{br}	C _b
0.526	1	1.421

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1b)

D/C Ratio =	$(P_z / 2P_c) + (M_{xx} / M_{c,xx}) + (M_{yy} / M_{c,yy})$
0.869 =	0.032 + 0.831 + 0.006

Axial Force and Capacities

P _z Force (kN)	ΦP_n Capacity (kN)	ΦP_n Capacity (kN)
84.5	1319.7	2393.3

Moments and Capacities

	M _z Moment (kN-m)	ΦM_n Capacity (kN-m)	ΦM_n No L _{br} (kN-m)
Major Bending	376.2	452.8	452.8
Minor Bending	0.4	71.6	

Shear Design

	V _z Force (kN)	ΦV_n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	0	648	0.072
Minor Shear	0	829.4	3.402E-05

Contoh Analisa kekuatan kolom WF500 as 7/A

ETABS 2016 Steel Frame Design

AISC 360-10 Steel Section Check (Strength Summary)

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
LAT	B453	1184	7023.1	CWX2	Ordinary Moment Frame	CT225	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
7116.7	1	0.95

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Direct Analysis	General 2nd Order	Tau-b Fixed

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_1 / P_2$	$\alpha P_1 / P_2$	T_b	EA factor	EI factor
0.29	0.225	1	0.8	0.8

Design Code Parameters

Φ_c	Φ_t	Φ_{TF}	Φ_{TF}	Φ_v	Φ_{vRB}	Φ_{vR}
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (cm ²)	J (cm ⁴)	I _{xx} (cm ⁴)	I _{yy} (cm ⁴)	A _{wt} (cm ²)	A _{wt} (cm ²)
47	22.9	2141.2	934.6	28	20.3

Design Properties

S _{xx} (cm ³)	S _{yy} (cm ³)	Z _{xx} (cm ³)	Z _{yy} (cm ³)	r _{xx} (mm)	r _{yy} (mm)	C _w (cm ⁶)
124.1	93.5	218.9	144.3	67.5	44.8	

Material Properties

E (MPa)	f _y (MPa)	R _y	α
199999.96	240	1.58	NA

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P _u (kN)	M _{u1} (kN-m)	M _{u2} (kN-m)	V _{u1} (kN)	V _{u2} (kN)	T _u (kN-m)
7023.1	-327.3	3.1	1.918E-02	2.8	-2.825E-03	6.894E-04

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H2-1, Top-Right)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0.167	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.5	1	1	1	1	0.721

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{xx}	K _{xx}	C _b
0.5	1	1.693

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn. (H2-1, Top-Right)

D/C Ratio =	$\text{Abs}[(f_{u1}/F_{cr1}) + (f_{u2}/F_{cr2}) + (f_{u3}/F_{cr3})]$
0.576 =	$\text{Abs}(-0.504 + -0.072 + -0.001)$

Axial Force and Capacities

P _u Force (kN)	ΦP_{n1} Capacity (kN)	ΦP_{n2} Capacity (kN)
327.3	649.7	1015

Moments and Capacities

	M _u Moment (kN-m)	ΦM_n Capacity (kN-m)	ΦM_n No L _{xx} (kN-m)
Major Bending	3.1	42.9	42.9
Minor Bending	1.918E-02	31.2	

Shear Design

	V _u Force (kN)	ΦV_n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	2.8	262.4	0.011
Minor Shear	2.825E-03	362.9	7.785E-06

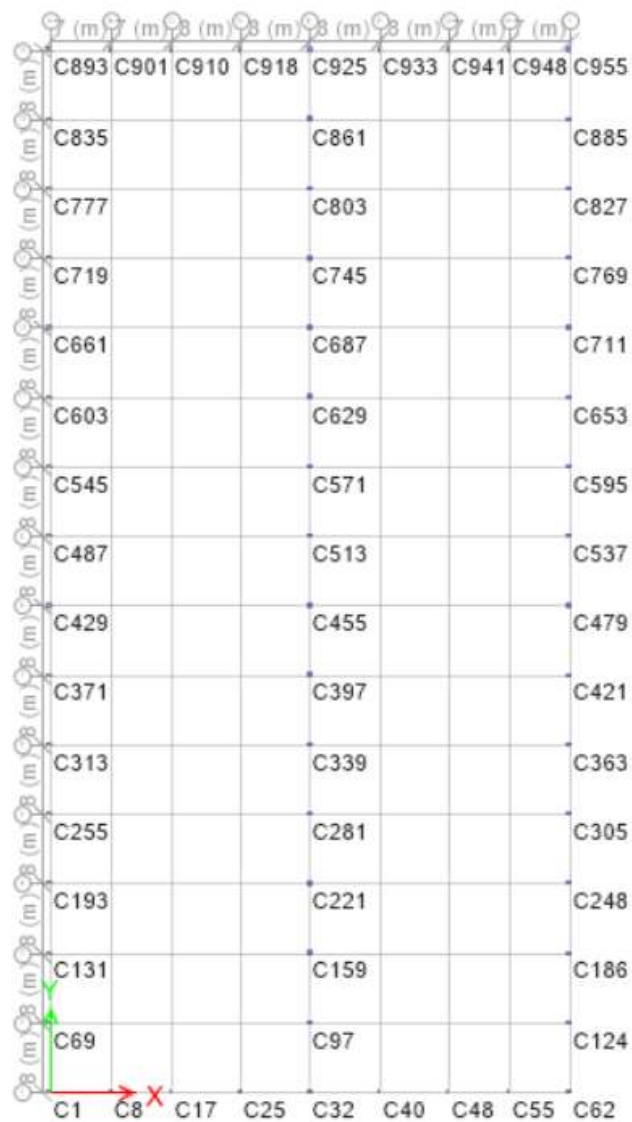
End Reaction Major Shear Forces

Left End Reaction (kN)	Load Combo	Right End Reaction (kN)	Load Combo
-8	CWY6	2.9	CWY6

Contoh Analisa kekuatan elemen truss CT225 as 7/A-B

3.7. Perencanaan Pedestal dan Tiebeam

Hasil analisa kekuatan pedestal dan luas tulangan tiebeam ditunjukkan pada gambar-gambar berikut.



Penomoran titik pedestal

TABLE: Concrete Column PMM Envelope								
Label	Story	Section	Location	P	M Major	M Minor	PMM Combo	PMM Ratio or Rebar %
				kN	kN-m	kN-m		
C1	LPD	K5070	Top	-81.9	0	2.5	COMB15-4	0.065
C1	LPD	K5070	Bottom	198.9	7.4	-79.8	COMB9-4	0.166
C8	LPD	K3050	Top	161.7	0	-4.2	CWX2	0.077
C8	LPD	K3050	Bottom	142.1	11.4	-3.6	CWY2	0.089
C17	LPD	K3050	Top	195.6	0	-5.1	COMB2	0.094
C17	LPD	K3050	Bottom	183.8	12.2	4.8	CWY2	0.107
C25	LPD	K3050	Top	161.6	0	-4.2	COMB2	0.077

C25	LPD	K3050	Bottom	153.4	10.1	-4	CWY2	0.089
C32	LPD	K6070	Top	61.8	-296.8	2.1	COMB12-4	0.548
C32	LPD	K6070	Bottom	67.1	-376.1	2.3	COMB12-4	0.7
C40	LPD	K3050	Top	161.6	0	-4.2	COMB2	0.077
C40	LPD	K3050	Bottom	153.4	10.1	4	CWY2	0.089
C48	LPD	K3050	Top	195.6	0	-5.1	COMB2	0.094
C48	LPD	K3050	Bottom	183.8	12.2	-4.8	CWY2	0.107
C55	LPD	K3050	Top	161.3	0	4.1	CWX5	0.077
C55	LPD	K3050	Bottom	142.1	11.4	3.6	CWY2	0.089
C62	LPD	K5070	Top	-81.9	0	-2.5	COMB16-4	0.065
C62	LPD	K5070	Bottom	198.9	-7.4	-79.8	COMB10-4	0.166
C69	LPD	K5070	Top	-69	0	2.1	COMB17-4	0.054
C69	LPD	K5070	Bottom	-64.5	4.5	-35.7	COMB17-4	0.164
C97	LPD	K6060	Top	450.8	18.6	-10.4	CWY5	0.095
C97	LPD	K6060	Bottom	458	-19	-12.6	CWY5	0.097
C124	LPD	K5070	Top	-69	0	-2.1	COMB18-4	0.054
C124	LPD	K5070	Bottom	-64.5	-4.5	-35.7	COMB18-4	0.164
C131	LPD	K5070	Top	225.9	0	6.9	CWY2	0.048
C131	LPD	K5070	Bottom	232.9	-7.2	7.1	CWY2	0.05
C159	LPD	K6060	Top	519.5	22.2	-1.7	COMB2	0.11
C159	LPD	K6060	Bottom	526.2	-22.6	-14.9	CWY5	0.112
C186	LPD	K5070	Top	225.9	-8.2	0	CWY2	0.048
C186	LPD	K5070	Bottom	232.9	7.2	7.1	CWY2	0.05
C193	LPD	K5070	Top	249.6	-9.1	0	COMB9-4	0.054
C193	LPD	K5070	Bottom	-63.1	-8	53.9	COMB16-4	0.227
C221	LPD	K6060	Top	519.4	-22.2	-0.6	COMB2	0.109
C221	LPD	K6060	Bottom	525.9	-22.6	14	CWY2	0.112
C248	LPD	K5070	Top	249.6	0	-7.5	COMB10-4	0.054
C248	LPD	K5070	Bottom	-63.1	8	53.9	COMB15-4	0.227
C255	LPD	K5070	Top	-76.2	0	2.3	COMB17-4	0.06
C255	LPD	K5070	Bottom	-71.8	7	-44.3	COMB17-4	0.2
C281	LPD	K6060	Top	464.1	19	0	CWY2	0.097
C281	LPD	K6060	Bottom	471.3	-19.5	0.7	CWY2	0.099
C305	LPD	K5070	Top	-76.2	0	-2.3	COMB18-4	0.06
C305	LPD	K5070	Bottom	-71.8	-7	-44.3	COMB18-4	0.2
C313	LPD	K5070	Top	219	0	7	CWY5	0.047
C313	LPD	K5070	Bottom	132.8	-34.1	-4.2	COMB6-4	0.059
C339	LPD	K6060	Top	446.5	-18.1	0	CWY2	0.094
C339	LPD	K6060	Bottom	453.8	-18.5	0.7	CWY2	0.095
C363	LPD	K5070	Top	219	8.2	0	CWY5	0.047
C363	LPD	K5070	Bottom	132.8	34.1	-4.2	COMB5-4	0.059
C371	LPD	K5070	Top	213.8	8	0	CWY2	0.046
C371	LPD	K5070	Bottom	141.8	-34.4	4.5	COMB4-4	0.061
C397	LPD	K6060	Top	443.8	-18	0	CWY2	0.093
C397	LPD	K6060	Bottom	451	-18.4	0.7	CWY2	0.095
C421	LPD	K5070	Top	213.9	8	0	CWY2	0.046

C421	LPD	K5070	Bottom	141.8	34.4	4.5	COMB3-4	0.061
C429	LPD	K5070	Top	215.9	0	6.9	CWY5	0.046
C429	LPD	K5070	Bottom	130.3	-34.3	-4.1	COMB6-4	0.059
C455	LPD	K6060	Top	444.2	-18	0	CWY2	0.093
C455	LPD	K6060	Bottom	451.4	-18.4	0.7	CWY2	0.095
C479	LPD	K5070	Top	215.9	8	0	CWY5	0.046
C479	LPD	K5070	Bottom	130.3	34.3	-4.1	COMB5-4	0.059
C487	LPD	K5070	Top	215.9	-8	0	CWY2	0.046
C487	LPD	K5070	Bottom	141.3	-34.2	4.5	COMB4-4	0.06
C513	LPD	K6060	Top	444.7	18	0	CWY5	0.093
C513	LPD	K6060	Bottom	452	-18.4	-0.7	CWY5	0.095
C537	LPD	K5070	Top	215.9	8	0	CWY2	0.046
C537	LPD	K5070	Bottom	141.3	34.2	4.5	COMB3-4	0.06
C545	LPD	K5070	Top	233.2	-8.7	0	CWY5	0.05
C545	LPD	K5070	Bottom	-55.9	-11.1	43.1	COMB16-4	0.187
C571	LPD	K6060	Top	444.9	-18	0	CWY5	0.093
C571	LPD	K6060	Bottom	452.2	-18.4	-0.7	CWY5	0.095
C595	LPD	K5070	Top	233.2	-8.7	0	CWY5	0.05
C595	LPD	K5070	Bottom	-56	11.1	43.1	COMB15-4	0.187
C603	LPD	K5070	Top	-70.4	0	-2.1	COMB17-4	0.056
C603	LPD	K5070	Bottom	-66	6.3	-52.1	COMB17-4	0.222
C629	LPD	K6060	Top	446.2	-18.1	0	CWY5	0.094
C629	LPD	K6060	Bottom	453.5	-18.5	-0.7	CWY5	0.095
C653	LPD	K5070	Top	-70.4	0	2.1	COMB18-4	0.056
C653	LPD	K5070	Bottom	-66	-6.3	-52.1	COMB18-4	0.222
C661	LPD	K5070	Top	237.7	0	-7.2	CWY5	0.051
C661	LPD	K5070	Bottom	-49.8	-10.9	38.9	COMB16-4	0.168
C687	LPD	K6060	Top	451.1	-18.4	0	CWY5	0.095
C687	LPD	K6060	Bottom	458.3	-18.7	-0.7	CWY5	0.096
C711	LPD	K5070	Top	237.7	8.9	0	CWY5	0.051
C711	LPD	K5070	Bottom	-49.9	11	38.8	COMB15-4	0.168
C719	LPD	K5070	Top	-65.7	0	-2	COMB17-4	0.052
C719	LPD	K5070	Bottom	-61.2	6	-39.5	COMB17-4	0.176
C745	LPD	K6060	Top	457.4	-18.7	0	CWY2	0.096
C745	LPD	K6060	Bottom	464.7	-19.1	0.7	CWY2	0.097
C769	LPD	K5070	Top	-65.8	0	-2	COMB18-4	0.052
C769	LPD	K5070	Bottom	-61.4	-5.9	-39.6	COMB18-4	0.176
C777	LPD	K5070	Top	209.6	0	6.7	CWY5	0.045
C777	LPD	K5070	Bottom	124.3	-33.7	-3.9	COMB6-4	0.057
C803	LPD	K6060	Top	449.5	18.3	0	CWY5	0.094
C803	LPD	K6060	Bottom	456.8	-18.7	-0.7	CWY5	0.096
C827	LPD	K5070	Top	209.4	7.8	0	CWY5	0.045
C827	LPD	K5070	Bottom	124.1	33.8	3.9	COMB3-4	0.057
C835	LPD	K5070	Top	-61.5	0	1.9	COMB15-4	0.049
C835	LPD	K5070	Bottom	-57.1	7.5	25	COMB15-4	0.125
C861	LPD	K6060	Top	391.8	-15.5	0	CWY2	0.082

C861	LPD	K6060	Bottom	399.1	-15.9	0.7	CWY2	0.084
C885	LPD	K5070	Top	-61.5	0	1.9	COMB16-4	0.049
C885	LPD	K5070	Bottom	-57	-7.5	24.9	COMB16-4	0.125
C893	LPD	K5070	Top	-71.1	0	2.2	COMB17-4	0.056
C893	LPD	K5070	Bottom	224.5	-9.2	69.3	COMB8-4	0.145
C901	LPD	K3050	Top	153.3	0	-4.8	CWX2	0.076
C901	LPD	K3050	Bottom	135.8	-12	-4.2	CWY5	0.091
C910	LPD	K3050	Top	182.9	0	7	COMB2	0.094
C910	LPD	K3050	Bottom	171.1	-13.9	6.4	CWY5	0.116
C918	LPD	K3050	Top	154.5	0	-6.3	COMB2	0.081
C918	LPD	K3050	Bottom	146.4	-12.1	-5.9	CWY5	0.101
C925	LPD	K6060	Top	186.8	-6.8	0	COMB2	0.039
C925	LPD	K6060	Bottom	118.3	-21.8	-4.2	COMB4-4	0.045
C933	LPD	K3050	Top	154.5	0	-6.3	COMB2	0.081
C933	LPD	K3050	Bottom	146.4	-12.1	5.9	CWY5	0.101
C941	LPD	K3050	Top	182.9	0	-7	COMB2	0.094
C941	LPD	K3050	Bottom	171.1	-13.9	-6.4	CWY5	0.116
C948	LPD	K3050	Top	153.1	0	4.8	CWX5	0.076
C948	LPD	K3050	Bottom	135.8	-12	4.2	CWY5	0.091
C955	LPD	K5070	Top	-71.1	0	2.2	COMB18-4	0.056
C955	LPD	K5070	Bottom	224.4	9.2	69.2	COMB7-4	0.144

3.8. Analisa Kekuatan Gording

Gording sebagai tumpuan atap metal direncanakan dengan profil CNP 200x75x20x3.2. Perhitungan perencanaan gording adalah sebagai berikut:

Perhitungan Gording (Purlin) Warehouse

Panjang Rafter	=	30.00 m	
Jarak antar gording	=	1.20 m	
Sudut kemiringan atap (α)	=	10.00 °	
Jarak trave (L)	=	8.00 m	
Jumlah trekstang	=	3.00 bh	
Jarak antar trekstang (Ly)	=	2.00 m	
Profil gording	CNP 200X75X20X3.2		
	Wx	=	71.60 cm ³
	Wy	=	15.80 cm ³
	Ix	=	716.00 cm ⁴
	Iy	=	84.00 cm ⁴
	Qbs	=	9.27 kg/m
BEBAN AREA			
Berat sendiri roof covering (zyncalum)	=	10.00 kg/m ²	
ME + fireproofing	=	10.00 kg/m ²	
Solar Panel	=	0.00 kg/m ²	
		=	20.00 kg/m ²
Beban hidup atap	=	60.00 kg/m ²	
BEBAN per m'			
Berat sendiri roof covering	=	24.00 kg/m	
Berat sendiri gording	=	9.27 kg/m	
Additional Load (bracing, sagrod etc) = 10% DL	=	2.99 kg/m	
	Total - 1	=	36.26 kg/m
Beban hujan	=	72.00 kg/m	
	Total - 2	=	108.26 kg/m
Qx = Q cos (α)	=	106.62 kg/m	
Qy = Q sin (α)	=	18.79 kg/m	
BEBAN orang			
P	=	135.00 kg	
Px = P cos (α)	=	132.95 kg	
Py = P sin (α)	=	23.43 kg	
CEK TEGANGAN (Beban Mati + Hidup Atap)			
Mx = (1/8) Qx L ²	=	852.97 kgm	
My = (1/8) Qy Ly ²	=	9.40 kgm	
$\sigma = (Mx/Wx) + (My/Wy)$	=	1,250.76 kg/cm ²	
σ allowable	=	1,600.00 kg/cm ²	
Stress Ratio	=	0.78	(OK)
$\delta x = (5/384) Qx Lx^4 / E Ix$	=	3.97 cm	
$\delta y = (5/384) Qy Ly^4 / E Iy$	=	0.02 cm	
$\delta = (\delta x^2 + \delta y^2)^{1/2}$	=	3.97 cm	
δ allowable	=	5.33 cm	
Ratio	=	0.74	(OK)
CEK TEGANGAN (Beban Mati + Orang)			
Mx = (1/8) Qx L ² + (1/4) Px L	=	551.61 kgm	
My = (1/8) Qy Ly ² + (1/4) Py L	=	14.86 kgm	
$\sigma = (Mx/Wx) + (My/Wy)$	=	864.48 kg/cm ²	
σ allowable	=	1,600.00 kg/cm ²	
Stress Ratio	=	0.54	(OK)
$\delta x = (5/384) Qx Lx^4 / E Ix + (1/48) Px Lx^3 / E Ix$	=	2.32 cm	
$\delta y = (5/384) Qy Ly^4 / E Iy + (1/48) Py Ly^3 / E Iy$	=	0.03 cm	
$\delta = (\delta x^2 + \delta y^2)^{1/2}$	=	2.32 cm	
δ allowable	=	5.33 cm	
Ratio	=	0.44	(OK)

3.9. Analisa Kekuatan Plat Lantai Dasar

Plat lantai dasar direncanakan dengan sistem slab-on-ground dengan ketebalan 150mm. Beban hidup yang bekerja pada lantai sebesar 1 ton/m². Perhitungan disain plat lantai sebagai berikut:

SLAB ON GRADE DESIGN

Reference: *Guide to Industrial Floor and Pavements, CCAA T48*
Concrete Floor Slabs on Grade Subjected to Heavy Load, TM 5-809-12
Guide to Design Slabs-on-Grade, ACI 360R-10
Slab Thickness Design for Industrial Concrete Floors on Grade, PCA

DESIGN UNIFORM & WALL LOAD

Design uniform load, $q = 0.5 \text{ kPa}$
 Design wall load, $w = 10 \text{ kN/m}$

CONCRETE PROPERTIES

Compressive strength, $f'_c = 25 \text{ MPa}$
 Modulus of elasticity, $E = 23500.00 \text{ MPa}$
 Modulus of rupture, $M_R = 3.50 \text{ MPa}$
 Poisson ratio, $\nu = 0.15$
 Slab thickness, $h = 150 \text{ mm}$
 Width, $b = 1000 \text{ mm}$
 Section modulus, $S = 3750 \text{ cm}^3$
 Moment Inertia, $I = 28125 \text{ cm}^4$

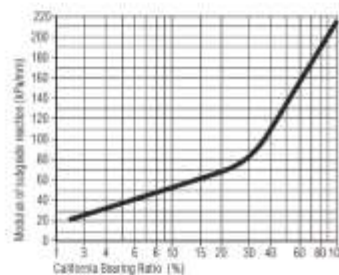
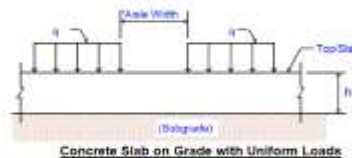
SOIL PROPERTIES

Subgrade design CBR = 6 %
 Modulus of subgrade reaction, $k = 0.040 \text{ MPa/mm}$
 Friction factor slab-subgrade, $\mu = 1.50$

ALLOWABLE WORKING LOAD

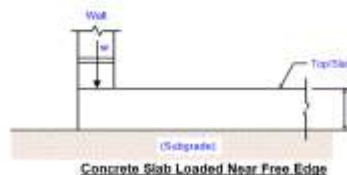
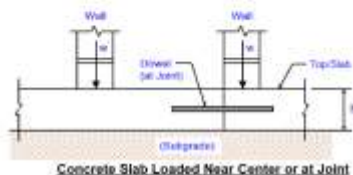
Radius of relative stiffness, $L_r = 641.20 \text{ mm}$
 Critical aisle width, $W_{cr} = 1416.42 \text{ mm}$
 Allowable working load, $q_{all} = 43.68 \text{ kPa}$
 Minimum slab thickness, $t_{min} = 0.02 \text{ mm}$

Stiffness factor, $\lambda = 0.028$
 Coefficient, $B_{\lambda x} = 0.3324$
 Allowable wall load, wall = 28.56 kN/m



$SF = 2.00$ OK

$SF = 5.00$ OK



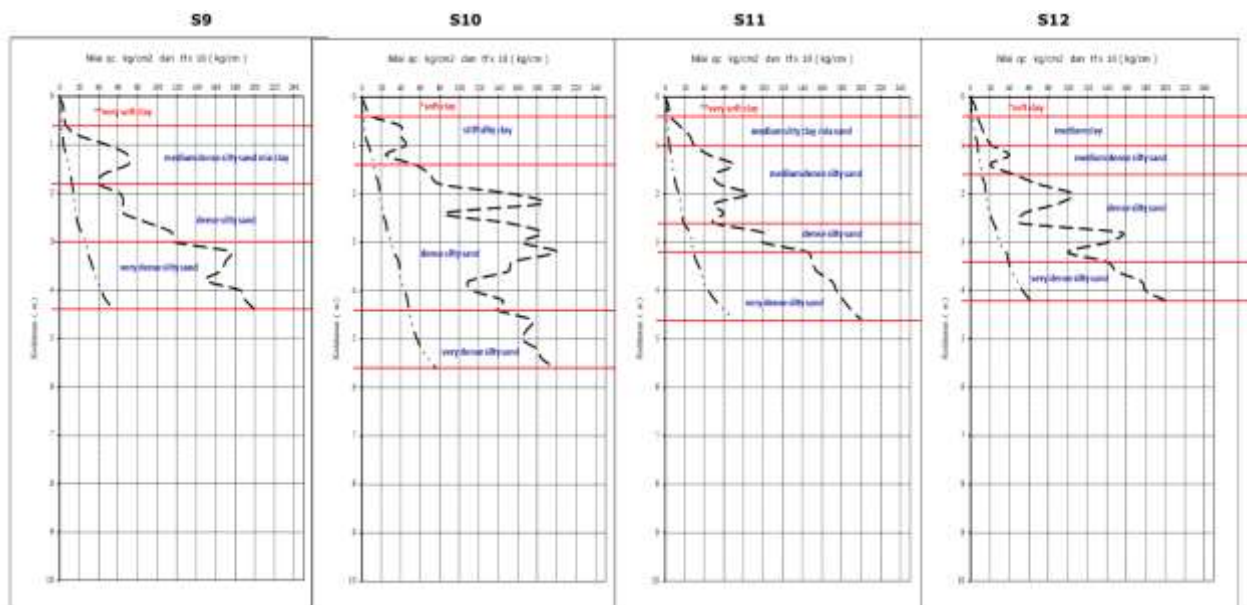
BAB 4

DISAIN PONDASI

4.1. Pondasi

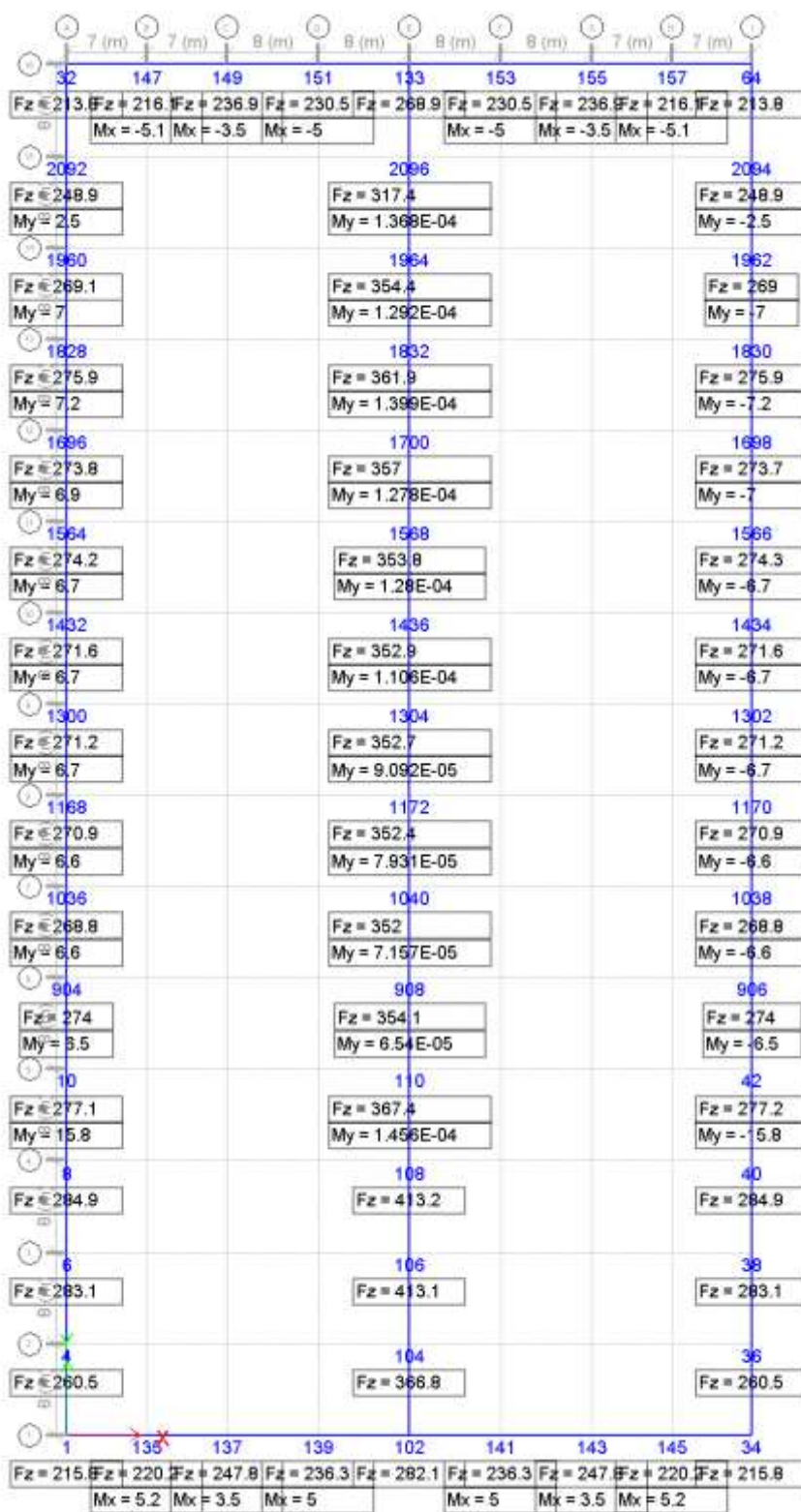
Pondasi direncanakan berdasarkan data penyelidikan tanah. Berdasarkan data tanah yang ada, beban pondasi bangunan serta kondisi lingkungan sekitar lahan, maka direncanakan menggunakan Pondasi Tiang Pancang. Daya dukung aksial tekan, aksial tarik, dan lateral pada prinsipnya mengikuti rekomendasi yang diberikan dalam laporan soil test yang ada. Hasil penyelidikan tanah dapat dilihat pada bagian lampiran dari laporan ini.

Berdasarkan data penyelidikan tersebut, pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang persegi dimensi 25x25 cm dengan keadalaman $\pm$ 6.00 meter dari muka tanah asli. Kemampuan daya dukung tekan yang diizinkan 1 (satu) tiang pancang diestimasi sebesar **40 ton**. Kemampuan daya dukung lateral 1 (satu) tiang pancang diestimasi sebesar **2 ton**.

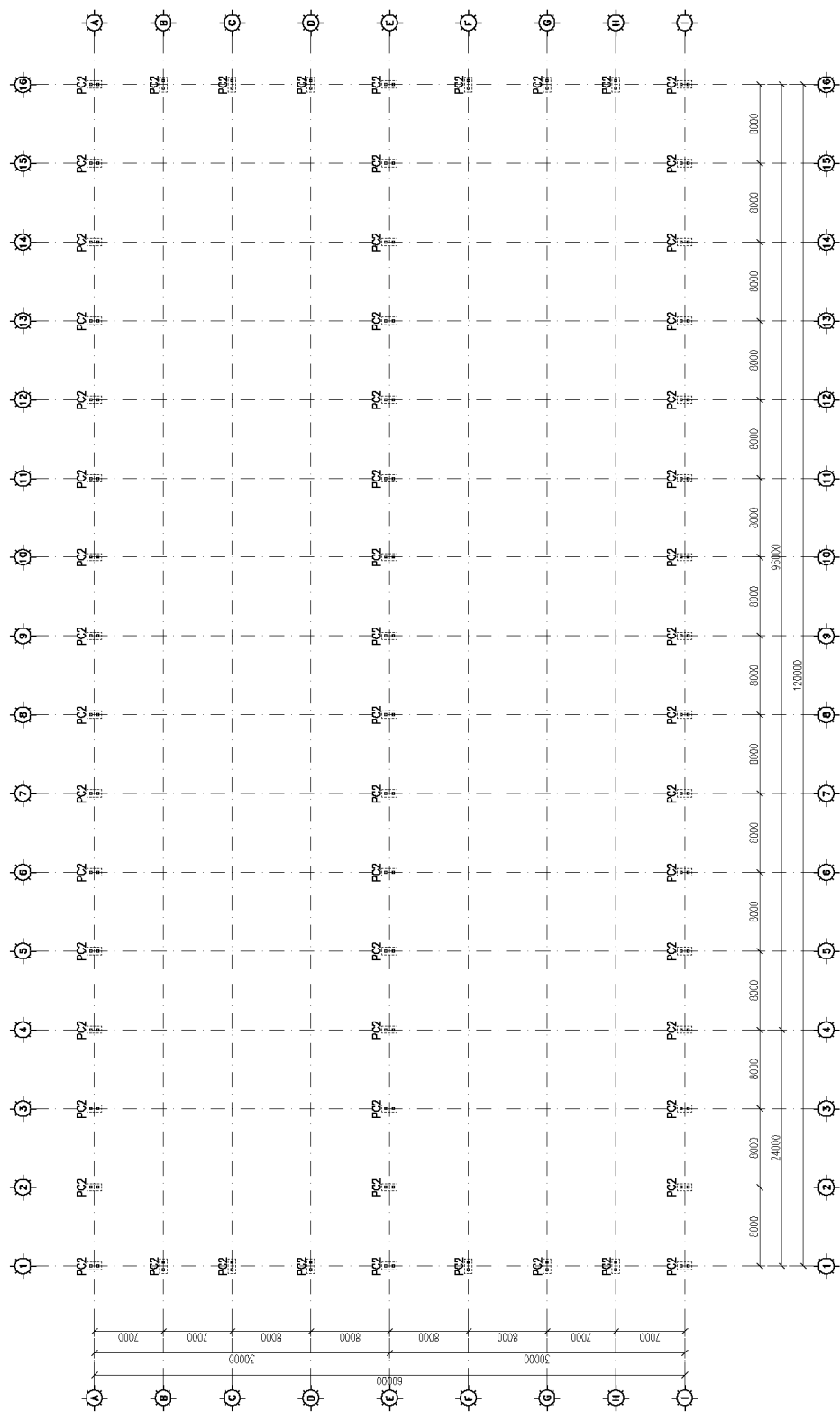


Grafik ilustrasi lapisan tanah titik sondir S9 – S12 (di area bangunan)

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan pondasi menggunakan kombinasi pembebanan ASD seperti yang disebutkan pada Bab 1.7. Jumlah tiang pondasi yang diperlukan ditentukan dari gaya-gaya yang terjadi pada dasar kolom akibat kombinasi-kombinasi pembebanan tersebut. Pengaruh kelompok tiang juga diperhitungkan dalam menentukan jumlah tiang yang diperlukan. Reaksi pada dasar kolom dapat dilihat pada Lampiran.



Reaksi pondasi akibat pembebanan tetap, DL + LL



Denah Pondasi Rencana

4.2. Pilecap

Pile cap berfungsi untuk menyatukan beberapa tiang pondasi menjadi satu kesatuan. Gaya yang berasal dari kolom harus mampu disalurkan dengan baik ke tiang-tiang pondasi melalui pile cap tanpa mengalami kegagalan geser ataupun lentur. Contoh perhitungan salah satu tipe pile cap PC2 sbb :

Tipe :	PC2	Jumlah tiang :	2	bh	ϕ_v :	0.75
Mutu Beton :	25 MPa	Mutu Besi Beton :	420 MPa		ϕ_b :	0.90
Selimut :	100 mm	Dia. Rebar :	16	-	100	

Dimensi pilecap

tebal, d :	750 mm
b :	1,500 mm
h :	700 mm
P_u 1 tiang :	600 kN

d' :	642.0 mm
$d'/2$:	321.0 mm

Dimensi kolom

c_x :	700 mm
c_y :	500 mm
w_x :	25 mm
w_y :	0 mm

A. Geser satu arah sejarak d' dari muka kolom (beam shear)

h :	700 mm
-----	--------

$$\phi V_c : \phi (1/6) f_c^{0.5} h d'$$

$$\phi V_c : N/A \text{ kN}$$

b :	1,500 mm
-----	----------

$$\phi V_c : \phi (1/6) f_c^{0.5} b d'$$

$$\phi V_c : N/A \text{ kN}$$

B. Geser satu arah pada muka kolom (deep beam)

h :	700 mm
-----	--------

$$\phi V_c : \phi (1/6) (d'/w_x) f_c^{0.5} h d'$$

$$\phi V_c : 7,213 \text{ kN} > P_u \quad \text{OK}$$

b :	1,500 mm
-----	----------

$$\phi V_c : \phi (1/6) (d'/w_x) f_c^{0.5} b d'$$

$$\phi V_c : N/A \text{ kN}$$

C. Geser pons kolom sejarak $0.5d'$ dari muka kolom (slab shear)

b_o :	1,400 mm
---------	----------

$$\phi V_c : \phi (1/3) f_c^{0.5} b_o d'$$

$$\phi V_c : N/A \text{ kN}$$

D. Geser pons tiang sejarak $0.5d'$ dari muka tiang (slab shear)

b_o :	1,400 mm
---------	----------

$$\phi V_c : \phi (1/3) f_c^{0.5} b_o d'$$

$$\phi V_c : 1,124 \text{ kN} > P_u \quad \text{OK}$$

E. Geser dua arah pada muka kolom (deep corbel)

b_o :	1,400 mm
---------	----------

b_s :	2,400 mm
---------	----------

$$\phi V_c : \phi (1/6) (d'/w) (b_o/b_s) f_c^{0.5} b_s d'$$

$$\phi V_c : 14,426 \text{ kN} > 2 P_u \quad \text{OK}$$

F. Penulangan sisi bawah (momen sejajar b)

$$M_u : P_u w_x$$

$$M_u : 15 \text{ kNm}$$

$$A_{s,req} : M_u / (\phi_b 0.8 d' f_y)$$

$$A_{s,req} : 77 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min} : 0.0018 h d$$

$$A_{s,min} : 945 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,prov} : 1,206 \text{ mm}^2 \quad \text{D16-100} \quad \text{OK}$$

G. Penulangan sisi bawah (momen sejajar h)

$$A_{s,prov} : 2,815 \text{ mm}^2 \quad \text{D16-100} \quad \text{OK}$$

$$A_{s,min} : 2,025 \text{ mm}^2$$

LAMPIRAN
CONTOH PERHITUNGAN
PONDASI As-7

PERHITUNGAN JUMLAH PONDASI P2						0.9	m	400	-80				
Story	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	MY	SW Pcap	n	Efisiensi	Pall, c	Pall, t	Pmax	Rasio	Pmin	Rasio
			kN	kN-m	kN	pile		kN	kN	kN		kN	
LDS	1036	P0-GR	268.8	6.6	18.9	2	0.9	360	-72	151.18	0.42	136.52	0.38
LDS	1036	P1X-1	204.9	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	92.34	0.26	131.46	0.37
LDS	1036	P1X-2	204.9	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	92.34	0.26	131.46	0.37
LDS	1036	P1X-3	204.9	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	92.34	0.26	131.46	0.37
LDS	1036	P1X-4	204.9	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	92.34	0.26	131.46	0.37
LDS	1036	P1X-5	191.4	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	85.59	0.24	124.71	0.35
LDS	1036	P1X-6	191.4	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	85.59	0.24	124.71	0.35
LDS	1036	P1X-7	191.4	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	85.59	0.24	124.71	0.35
LDS	1036	P1X-8	191.4	-17.6	18.9	2	0.9	360	-72	85.59	0.24	124.71	0.35
LDS	1036	P1X-9	237.8	24	18.9	2	0.9	360	-72	155.02	0.43	101.68	0.28
LDS	1036	P1X-10	237.8	24	18.9	2	0.9	360	-72	155.02	0.43	101.68	0.28
LDS	1036	P1X-11	237.8	24	18.9	2	0.9	360	-72	155.02	0.43	101.68	0.28
LDS	1036	P1X-12	237.8	24	18.9	2	0.9	360	-72	155.02	0.43	101.68	0.28
LDS	1036	P1X-13	224.3	24	18.9	2	0.9	360	-72	148.27	0.41	94.93	0.26
LDS	1036	P1X-14	224.3	24	18.9	2	0.9	360	-72	148.27	0.41	94.93	0.26
LDS	1036	P1X-15	224.3	24	18.9	2	0.9	360	-72	148.27	0.41	94.93	0.26
LDS	1036	P1X-16	224.3	24	18.9	2	0.9	360	-72	148.27	0.41	94.93	0.26
LDS	1036	P1Y-1	232.2	-3	18.9	2	0.9	360	-72	122.22	0.34	128.88	0.36
LDS	1036	P1Y-2	232.2	-3	18.9	2	0.9	360	-72	122.22	0.34	128.88	0.36
LDS	1036	P1Y-3	232.2	-3	18.9	2	0.9	360	-72	122.22	0.34	128.88	0.36
LDS	1036	P1Y-4	232.2	-3	18.9	2	0.9	360	-72	122.22	0.34	128.88	0.36
LDS	1036	P1Y-5	242.1	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	140.94	0.39	120.06	0.33
LDS	1036	P1Y-6	242.1	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	140.94	0.39	120.06	0.33
LDS	1036	P1Y-7	242.1	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	140.94	0.39	120.06	0.33
LDS	1036	P1Y-8	242.1	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	140.94	0.39	120.06	0.33
LDS	1036	P1Y-9	187.1	-3	18.9	2	0.9	360	-72	99.67	0.28	106.33	0.30
LDS	1036	P1Y-10	187.1	-3	18.9	2	0.9	360	-72	99.67	0.28	106.33	0.30
LDS	1036	P1Y-11	187.1	-3	18.9	2	0.9	360	-72	99.67	0.28	106.33	0.30
LDS	1036	P1Y-12	187.1	-3	18.9	2	0.9	360	-72	99.67	0.28	106.33	0.30
LDS	1036	P1Y-13	197	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	118.39	0.33	97.51	0.27
LDS	1036	P1Y-14	197	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	118.39	0.33	97.51	0.27
LDS	1036	P1Y-15	197	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	118.39	0.33	97.51	0.27
LDS	1036	P1Y-16	197	9.4	18.9	2	0.9	360	-72	118.39	0.33	97.51	0.27
LDS	1036	P2X-1	201.7	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	96.41	0.27	124.19	0.34
LDS	1036	P2X-2	201.7	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	96.41	0.27	124.19	0.34
LDS	1036	P2X-3	201.7	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	96.41	0.27	124.19	0.34
LDS	1036	P2X-4	201.7	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	96.41	0.27	124.19	0.34
LDS	1036	P2X-5	226.4	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	143.43	0.40	101.87	0.28
LDS	1036	P2X-6	226.4	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	143.43	0.40	101.87	0.28
LDS	1036	P2X-7	226.4	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	143.43	0.40	101.87	0.28
LDS	1036	P2X-8	226.4	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	143.43	0.40	101.87	0.28
LDS	1036	P2X-9	191.5	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	91.31	0.25	119.09	0.33
LDS	1036	P2X-10	191.5	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	91.31	0.25	119.09	0.33
LDS	1036	P2X-11	191.5	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	91.31	0.25	119.09	0.33
LDS	1036	P2X-12	191.5	-12.5	18.9	2	0.9	360	-72	91.31	0.25	119.09	0.33
LDS	1036	P2X-13	216.2	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	138.33	0.38	96.77	0.27
LDS	1036	P2X-14	216.2	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	138.33	0.38	96.77	0.27
LDS	1036	P2X-15	216.2	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	138.33	0.38	96.77	0.27
LDS	1036	P2X-16	216.2	18.7	18.9	2	0.9	360	-72	138.33	0.38	96.77	0.27
LDS	1036	P2Y-1	222.2	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	118.77	0.33	122.33	0.34
LDS	1036	P2Y-2	222.2	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	118.77	0.33	122.33	0.34
LDS	1036	P2Y-3	222.2	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	118.77	0.33	122.33	0.34
LDS	1036	P2Y-4	222.2	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	118.77	0.33	122.33	0.34
LDS	1036	P2Y-5	229.6	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	132.92	0.37	115.58	0.32
LDS	1036	P2Y-6	229.6	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	132.92	0.37	115.58	0.32
LDS	1036	P2Y-7	229.6	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	132.92	0.37	115.58	0.32
LDS	1036	P2Y-8	229.6	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	132.92	0.37	115.58	0.32
LDS	1036	P2Y-9	188.3	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	101.82	0.28	105.38	0.29
LDS	1036	P2Y-10	188.3	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	101.82	0.28	105.38	0.29
LDS	1036	P2Y-11	188.3	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	101.82	0.28	105.38	0.29
LDS	1036	P2Y-12	188.3	-1.6	18.9	2	0.9	360	-72	101.82	0.28	105.38	0.29
LDS	1036	P2Y-13	195.8	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	116.02	0.32	98.68	0.27
LDS	1036	P2Y-14	195.8	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	116.02	0.32	98.68	0.27
LDS	1036	P2Y-15	195.8	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	116.02	0.32	98.68	0.27
LDS	1036	P2Y-16	195.8	7.8	18.9	2	0.9	360	-72	116.02	0.32	98.68	0.27
LDS	1036	P3X-1	90.4	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	33.21	0.09	76.09	0.21
LDS	1036	P3X-2	90.4	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	33.21	0.09	76.09	0.21
LDS	1036	P3X-3	90.4	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	33.21	0.09	76.09	0.21
LDS	1036	P3X-4	90.4	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	33.21	0.09	76.09	0.21
LDS	1036	P3X-5	123.3	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	95.77	0.27	46.43	0.13

PERHITUNGAN JUMLAH PONDASI P2						0.9	m	400	-80				
Story	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	MY	SW Pcap	n	Efisiensi	Pall, c	Pall, t	Pmax	Rasio	Pmin	Rasio
			kN	kN-m	kN	pile		kN	kN	kN		kN	
LDS	1036	P3X-6	123.3	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	95.77	0.27	46.43	0.13
LDS	1036	P3X-7	123.3	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	95.77	0.27	46.43	0.13
LDS	1036	P3X-8	123.3	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	95.77	0.27	46.43	0.13
LDS	1036	P3X-9	71	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	23.51	0.07	66.39	0.18
LDS	1036	P3X-10	71	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	23.51	0.07	66.39	0.18
LDS	1036	P3X-11	71	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	23.51	0.07	66.39	0.18
LDS	1036	P3X-12	71	-19.3	18.9	2	0.9	360	-72	23.51	0.07	66.39	0.18
LDS	1036	P3X-13	104	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	86.12	0.24	36.78	0.10
LDS	1036	P3X-14	104	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	86.12	0.24	36.78	0.10
LDS	1036	P3X-15	104	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	86.12	0.24	36.78	0.10
LDS	1036	P3X-16	104	22.2	18.9	2	0.9	360	-72	86.12	0.24	36.78	0.10
LDS	1036	P3Y-1	112.7	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	57.47	0.16	74.13	0.21
LDS	1036	P3Y-2	112.7	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	57.47	0.16	74.13	0.21
LDS	1036	P3Y-3	112.7	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	57.47	0.16	74.13	0.21
LDS	1036	P3Y-4	112.7	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	57.47	0.16	74.13	0.21
LDS	1036	P3Y-5	126.8	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	84.41	0.23	61.29	0.17
LDS	1036	P3Y-6	126.8	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	84.41	0.23	61.29	0.17
LDS	1036	P3Y-7	126.8	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	84.41	0.23	61.29	0.17
LDS	1036	P3Y-8	126.8	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	84.41	0.23	61.29	0.17
LDS	1036	P3Y-9	67.6	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	34.92	0.10	51.58	0.14
LDS	1036	P3Y-10	67.6	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	34.92	0.10	51.58	0.14
LDS	1036	P3Y-11	67.6	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	34.92	0.10	51.58	0.14
LDS	1036	P3Y-12	67.6	-7.5	18.9	2	0.9	360	-72	34.92	0.10	51.58	0.14
LDS	1036	P3Y-13	81.7	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.86	0.17	38.74	0.11
LDS	1036	P3Y-14	81.7	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.86	0.17	38.74	0.11
LDS	1036	P3Y-15	81.7	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.86	0.17	38.74	0.11
LDS	1036	P3Y-16	81.7	10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.86	0.17	38.74	0.11
LDS	1036	PW1-1	164.5	-14.9	18.9	2	0.9	360	-72	75.14	0.21	108.26	0.30
LDS	1036	PW1-2	176	17.1	18.9	2	0.9	360	-72	116.45	0.32	78.45	0.22
LDS	1036	PW1-3	201.9	2.9	18.9	2	0.9	360	-72	113.62	0.32	107.18	0.30
LDS	1036	PW1-4	189	2.9	18.9	2	0.9	360	-72	107.17	0.30	100.73	0.28
LDS	1036	PW2-1	172.1	-10.5	18.9	2	0.9	360	-72	83.83	0.23	107.17	0.30
LDS	1036	PW2-2	180.7	13.5	18.9	2	0.9	360	-72	114.80	0.32	84.80	0.24
LDS	1036	PW2-3	200.1	2.9	18.9	2	0.9	360	-72	112.72	0.31	106.28	0.30
LDS	1036	PW2-4	190.5	2.9	18.9	2	0.9	360	-72	107.92	0.30	101.48	0.28
LDS	1036	PW3-1	86.6	-16.1	18.9	2	0.9	360	-72	34.86	0.10	70.64	0.20
LDS	1036	PW3-2	98	15.9	18.9	2	0.9	360	-72	76.12	0.21	40.78	0.11
LDS	1036	PW3-3	123.9	1.7	18.9	2	0.9	360	-72	73.29	0.20	69.51	0.19
LDS	1036	PW3-4	111.1	1.7	18.9	2	0.9	360	-72	66.89	0.19	63.11	0.18
LDS	1040	P0-GR	352	7.157E-05	18.9	2	0.9	360	-72	185.45	0.52	185.45	0.52
LDS	1040	P1X-1	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-2	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-3	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-4	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-5	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-6	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-7	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-8	194.7	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	103.13	0.29	110.47	0.31
LDS	1040	P1X-9	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-10	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-11	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-12	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-13	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-14	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-15	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1X-16	194.7	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	110.47	0.31	103.13	0.29
LDS	1040	P1Y-1	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-2	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-3	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-4	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-5	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-6	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-7	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-8	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-9	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-10	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-11	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-12	194.7	-1	18.9	2	0.9	360	-72	105.69	0.29	107.91	0.30
LDS	1040	P1Y-13	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-14	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29

PERHITUNGAN JUMLAH PONDASI P2						0.9	m	400	-80				
Story	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	MY	SW Pcap	n	Efisiensi	Pall, c	Pall, t	Pmax	Rasio	Pmin	Rasio
			kN	kN-m	kN	pile		kN	kN	kN		kN	
LDS	1040	P1Y-15	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P1Y-16	194.7	1	18.9	2	0.9	360	-72	107.91	0.30	105.69	0.29
LDS	1040	P2X-1	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-2	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-3	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-4	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-5	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-6	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-7	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-8	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-9	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-10	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-11	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-12	189.6	-2.4	18.9	2	0.9	360	-72	101.58	0.28	106.92	0.30
LDS	1040	P2X-13	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-14	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-15	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2X-16	189.6	2.4	18.9	2	0.9	360	-72	106.92	0.30	101.58	0.28
LDS	1040	P2Y-1	189.6	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.47	0.29	105.03	0.29
LDS	1040	P2Y-2	189.6	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.47	0.29	105.03	0.29
LDS	1040	P2Y-3	189.6	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.47	0.29	105.03	0.29
LDS	1040	P2Y-4	189.6	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.47	0.29	105.03	0.29
LDS	1040	P2Y-5	189.6	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	105.03	0.29	103.47	0.29
LDS	1040	P2Y-6	189.6	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	105.03	0.29	103.47	0.29
LDS	1040	P2Y-7	189.6	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	105.03	0.29	103.47	0.29
LDS	1040	P2Y-8	189.6	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	105.03	0.29	103.47	0.29
LDS	1040	P2Y-9	189.5	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.42	0.29	104.98	0.29
LDS	1040	P2Y-10	189.5	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.42	0.29	104.98	0.29
LDS	1040	P2Y-11	189.5	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.42	0.29	104.98	0.29
LDS	1040	P2Y-12	189.5	-0.7	18.9	2	0.9	360	-72	103.42	0.29	104.98	0.29
LDS	1040	P2Y-13	189.5	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	104.98	0.29	103.42	0.29
LDS	1040	P2Y-14	189.5	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	104.98	0.29	103.42	0.29
LDS	1040	P2Y-15	189.5	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	104.98	0.29	103.42	0.29
LDS	1040	P2Y-16	189.5	0.7	18.9	2	0.9	360	-72	104.98	0.29	103.42	0.29
LDS	1040	P3X-1	88.2	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.88	0.14	57.22	0.16
LDS	1040	P3X-2	88.2	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.88	0.14	57.22	0.16
LDS	1040	P3X-3	88.2	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.88	0.14	57.22	0.16
LDS	1040	P3X-4	88.2	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.88	0.14	57.22	0.16
LDS	1040	P3X-5	88.2	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.22	0.16	49.88	0.14
LDS	1040	P3X-6	88.2	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.22	0.16	49.88	0.14
LDS	1040	P3X-7	88.2	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.22	0.16	49.88	0.14
LDS	1040	P3X-8	88.2	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.22	0.16	49.88	0.14
LDS	1040	P3X-9	88.1	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.83	0.14	57.17	0.16
LDS	1040	P3X-10	88.1	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.83	0.14	57.17	0.16
LDS	1040	P3X-11	88.1	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.83	0.14	57.17	0.16
LDS	1040	P3X-12	88.1	-3.3	18.9	2	0.9	360	-72	49.83	0.14	57.17	0.16
LDS	1040	P3X-13	88.1	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.17	0.16	49.83	0.14
LDS	1040	P3X-14	88.1	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.17	0.16	49.83	0.14
LDS	1040	P3X-15	88.1	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.17	0.16	49.83	0.14
LDS	1040	P3X-16	88.1	3.3	18.9	2	0.9	360	-72	57.17	0.16	49.83	0.14
LDS	1040	P3Y-1	88.2	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.99	0.14	55.11	0.15
LDS	1040	P3Y-2	88.2	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.99	0.14	55.11	0.15
LDS	1040	P3Y-3	88.2	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.99	0.14	55.11	0.15
LDS	1040	P3Y-4	88.2	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.99	0.14	55.11	0.15
LDS	1040	P3Y-5	88.2	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.11	0.15	51.99	0.14
LDS	1040	P3Y-6	88.2	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.11	0.15	51.99	0.14
LDS	1040	P3Y-7	88.2	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.11	0.15	51.99	0.14
LDS	1040	P3Y-8	88.2	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.11	0.15	51.99	0.14
LDS	1040	P3Y-9	88.1	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.94	0.14	55.06	0.15
LDS	1040	P3Y-10	88.1	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.94	0.14	55.06	0.15
LDS	1040	P3Y-11	88.1	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.94	0.14	55.06	0.15
LDS	1040	P3Y-12	88.1	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	51.94	0.14	55.06	0.15
LDS	1040	P3Y-13	88.1	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.06	0.15	51.94	0.14
LDS	1040	P3Y-14	88.1	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.06	0.15	51.94	0.14
LDS	1040	P3Y-15	88.1	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.06	0.15	51.94	0.14
LDS	1040	P3Y-16	88.1	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	55.06	0.15	51.94	0.14
LDS	1040	PW1-1	132.5	-1.9	18.9	2	0.9	360	-72	73.59	0.20	77.81	0.22
LDS	1040	PW1-2	132.5	1.8	18.9	2	0.9	360	-72	77.70	0.22	73.70	0.20
LDS	1040	PW1-3	176.9	6.873E-05	18.9	2	0.9	360	-72	97.90	0.27	97.90	0.27
LDS	1040	PW1-4	176.7	6.529E-05	18.9	2	0.9	360	-72	97.80	0.27	97.80	0.27

PERHITUNGAN JUMLAH PONDASI P2						0.9	m	400	-80				
Story	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	MY	SW Pcap	n	Efisiensi	Pall, c	Pall, t	Pmax	Rasio	Pmin	Rasio
			kN	kN-m	kN	pile		kN	kN	kN		kN	
LDS	1040	PW2-1	143.5	-1.4	18.9	2	0.9	360	-72	79.64	0.22	82.76	0.23
LDS	1040	PW2-2	143.6	1.4	18.9	2	0.9	360	-72	82.81	0.23	79.69	0.22
LDS	1040	PW2-3	176.9	6.877E-05	18.9	2	0.9	360	-72	97.90	0.27	97.90	0.27
LDS	1040	PW2-4	176.7	6.619E-05	18.9	2	0.9	360	-72	97.80	0.27	97.80	0.27
LDS	1040	PW3-1	61.8	-1.9	18.9	2	0.9	360	-72	38.24	0.11	42.46	0.12
LDS	1040	PW3-2	61.8	1.8	18.9	2	0.9	360	-72	42.35	0.12	38.35	0.11
LDS	1040	PW3-3	106.2	4.116E-05	18.9	2	0.9	360	-72	62.55	0.17	62.55	0.17
LDS	1040	PW3-4	106	3.772E-05	18.9	2	0.9	360	-72	62.45	0.17	62.45	0.17
LDS	1038	P0-GR	268.8	-6.6	18.9	2	0.9	360	-72	136.52	0.38	151.18	0.42
LDS	1038	P1X-1	237.8	-24	18.9	2	0.9	360	-72	101.68	0.28	155.02	0.43
LDS	1038	P1X-2	237.8	-24	18.9	2	0.9	360	-72	101.68	0.28	155.02	0.43
LDS	1038	P1X-3	237.8	-24	18.9	2	0.9	360	-72	101.68	0.28	155.02	0.43
LDS	1038	P1X-4	237.8	-24	18.9	2	0.9	360	-72	101.68	0.28	155.02	0.43
LDS	1038	P1X-5	224.3	-24	18.9	2	0.9	360	-72	94.93	0.26	148.27	0.41
LDS	1038	P1X-6	224.3	-24	18.9	2	0.9	360	-72	94.93	0.26	148.27	0.41
LDS	1038	P1X-7	224.3	-24	18.9	2	0.9	360	-72	94.93	0.26	148.27	0.41
LDS	1038	P1X-8	224.3	-24	18.9	2	0.9	360	-72	94.93	0.26	148.27	0.41
LDS	1038	P1X-9	204.9	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	131.46	0.37	92.34	0.26
LDS	1038	P1X-10	204.9	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	131.46	0.37	92.34	0.26
LDS	1038	P1X-11	204.9	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	131.46	0.37	92.34	0.26
LDS	1038	P1X-12	204.9	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	131.46	0.37	92.34	0.26
LDS	1038	P1X-13	191.4	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	124.71	0.35	85.59	0.24
LDS	1038	P1X-14	191.4	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	124.71	0.35	85.59	0.24
LDS	1038	P1X-15	191.4	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	124.71	0.35	85.59	0.24
LDS	1038	P1X-16	191.4	17.6	18.9	2	0.9	360	-72	124.71	0.35	85.59	0.24
LDS	1038	P1Y-1	242.1	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	120.06	0.33	140.94	0.39
LDS	1038	P1Y-2	242.1	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	120.06	0.33	140.94	0.39
LDS	1038	P1Y-3	242.1	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	120.06	0.33	140.94	0.39
LDS	1038	P1Y-4	242.1	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	120.06	0.33	140.94	0.39
LDS	1038	P1Y-5	232.2	3	18.9	2	0.9	360	-72	128.88	0.36	122.22	0.34
LDS	1038	P1Y-6	232.2	3	18.9	2	0.9	360	-72	128.88	0.36	122.22	0.34
LDS	1038	P1Y-7	232.2	3	18.9	2	0.9	360	-72	128.88	0.36	122.22	0.34
LDS	1038	P1Y-8	232.2	3	18.9	2	0.9	360	-72	128.88	0.36	122.22	0.34
LDS	1038	P1Y-9	197	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	97.51	0.27	118.39	0.33
LDS	1038	P1Y-10	197	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	97.51	0.27	118.39	0.33
LDS	1038	P1Y-11	197	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	97.51	0.27	118.39	0.33
LDS	1038	P1Y-12	197	-9.4	18.9	2	0.9	360	-72	97.51	0.27	118.39	0.33
LDS	1038	P1Y-13	187.1	3	18.9	2	0.9	360	-72	106.33	0.30	99.67	0.28
LDS	1038	P1Y-14	187.1	3	18.9	2	0.9	360	-72	106.33	0.30	99.67	0.28
LDS	1038	P1Y-15	187.1	3	18.9	2	0.9	360	-72	106.33	0.30	99.67	0.28
LDS	1038	P1Y-16	187.1	3	18.9	2	0.9	360	-72	106.33	0.30	99.67	0.28
LDS	1038	P2X-1	226.4	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	101.87	0.28	143.43	0.40
LDS	1038	P2X-2	226.4	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	101.87	0.28	143.43	0.40
LDS	1038	P2X-3	226.4	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	101.87	0.28	143.43	0.40
LDS	1038	P2X-4	226.4	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	101.87	0.28	143.43	0.40
LDS	1038	P2X-5	201.7	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	124.19	0.34	96.41	0.27
LDS	1038	P2X-6	201.7	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	124.19	0.34	96.41	0.27
LDS	1038	P2X-7	201.7	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	124.19	0.34	96.41	0.27
LDS	1038	P2X-8	201.7	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	124.19	0.34	96.41	0.27
LDS	1038	P2X-9	216.2	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	96.77	0.27	138.33	0.38
LDS	1038	P2X-10	216.2	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	96.77	0.27	138.33	0.38
LDS	1038	P2X-11	216.2	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	96.77	0.27	138.33	0.38
LDS	1038	P2X-12	216.2	-18.7	18.9	2	0.9	360	-72	96.77	0.27	138.33	0.38
LDS	1038	P2X-13	191.5	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	119.09	0.33	91.31	0.25
LDS	1038	P2X-14	191.5	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	119.09	0.33	91.31	0.25
LDS	1038	P2X-15	191.5	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	119.09	0.33	91.31	0.25
LDS	1038	P2X-16	191.5	12.5	18.9	2	0.9	360	-72	119.09	0.33	91.31	0.25
LDS	1038	P2Y-1	229.6	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	115.58	0.32	132.92	0.37
LDS	1038	P2Y-2	229.6	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	115.58	0.32	132.92	0.37
LDS	1038	P2Y-3	229.6	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	115.58	0.32	132.92	0.37
LDS	1038	P2Y-4	229.6	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	115.58	0.32	132.92	0.37
LDS	1038	P2Y-5	222.2	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	122.33	0.34	118.77	0.33
LDS	1038	P2Y-6	222.2	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	122.33	0.34	118.77	0.33
LDS	1038	P2Y-7	222.2	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	122.33	0.34	118.77	0.33
LDS	1038	P2Y-8	222.2	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	122.33	0.34	118.77	0.33
LDS	1038	P2Y-9	195.8	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	98.68	0.27	116.02	0.32
LDS	1038	P2Y-10	195.8	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	98.68	0.27	116.02	0.32
LDS	1038	P2Y-11	195.8	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	98.68	0.27	116.02	0.32
LDS	1038	P2Y-12	195.8	-7.8	18.9	2	0.9	360	-72	98.68	0.27	116.02	0.32
LDS	1038	P2Y-13	188.3	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	105.38	0.29	101.82	0.28

PERHITUNGAN JUMLAH PONDASI P2						0.9	m	400	-80				
Story	Unique Name	Load Case/Combo	FZ	MY	SW Pcap	n	Efisiensi	Pall, c	Pall, t	Pmax	Rasio	Pmin	Rasio
			kN	kN-m	kN	pile		kN	kN	kN		kN	
LDS	1038	P2Y-14	188.3	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	105.38	0.29	101.82	0.28
LDS	1038	P2Y-15	188.3	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	105.38	0.29	101.82	0.28
LDS	1038	P2Y-16	188.3	1.6	18.9	2	0.9	360	-72	105.38	0.29	101.82	0.28
LDS	1038	P3X-1	123.3	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	46.43	0.13	95.77	0.27
LDS	1038	P3X-2	123.3	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	46.43	0.13	95.77	0.27
LDS	1038	P3X-3	123.3	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	46.43	0.13	95.77	0.27
LDS	1038	P3X-4	123.3	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	46.43	0.13	95.77	0.27
LDS	1038	P3X-5	90.4	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	76.09	0.21	33.21	0.09
LDS	1038	P3X-6	90.4	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	76.09	0.21	33.21	0.09
LDS	1038	P3X-7	90.4	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	76.09	0.21	33.21	0.09
LDS	1038	P3X-8	90.4	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	76.09	0.21	33.21	0.09
LDS	1038	P3X-9	104	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	36.78	0.10	86.12	0.24
LDS	1038	P3X-10	104	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	36.78	0.10	86.12	0.24
LDS	1038	P3X-11	104	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	36.78	0.10	86.12	0.24
LDS	1038	P3X-12	104	-22.2	18.9	2	0.9	360	-72	36.78	0.10	86.12	0.24
LDS	1038	P3X-13	71	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	66.39	0.18	23.51	0.07
LDS	1038	P3X-14	71	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	66.39	0.18	23.51	0.07
LDS	1038	P3X-15	71	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	66.39	0.18	23.51	0.07
LDS	1038	P3X-16	71	19.3	18.9	2	0.9	360	-72	66.39	0.18	23.51	0.07
LDS	1038	P3Y-1	126.8	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.29	0.17	84.41	0.23
LDS	1038	P3Y-2	126.8	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.29	0.17	84.41	0.23
LDS	1038	P3Y-3	126.8	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.29	0.17	84.41	0.23
LDS	1038	P3Y-4	126.8	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	61.29	0.17	84.41	0.23
LDS	1038	P3Y-5	112.7	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	74.13	0.21	57.47	0.16
LDS	1038	P3Y-6	112.7	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	74.13	0.21	57.47	0.16
LDS	1038	P3Y-7	112.7	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	74.13	0.21	57.47	0.16
LDS	1038	P3Y-8	112.7	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	74.13	0.21	57.47	0.16
LDS	1038	P3Y-9	81.7	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	38.74	0.11	61.86	0.17
LDS	1038	P3Y-10	81.7	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	38.74	0.11	61.86	0.17
LDS	1038	P3Y-11	81.7	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	38.74	0.11	61.86	0.17
LDS	1038	P3Y-12	81.7	-10.4	18.9	2	0.9	360	-72	38.74	0.11	61.86	0.17
LDS	1038	P3Y-13	67.6	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	51.58	0.14	34.92	0.10
LDS	1038	P3Y-14	67.6	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	51.58	0.14	34.92	0.10
LDS	1038	P3Y-15	67.6	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	51.58	0.14	34.92	0.10
LDS	1038	P3Y-16	67.6	7.5	18.9	2	0.9	360	-72	51.58	0.14	34.92	0.10
LDS	1038	PW1-1	176.6	-17.3	18.9	2	0.9	360	-72	78.53	0.22	116.97	0.32
LDS	1038	PW1-2	165.3	14.7	18.9	2	0.9	360	-72	108.43	0.30	75.77	0.21
LDS	1038	PW1-3	201.9	-2.9	18.9	2	0.9	360	-72	107.18	0.30	113.62	0.32
LDS	1038	PW1-4	189	-2.9	18.9	2	0.9	360	-72	100.73	0.28	107.17	0.30
LDS	1038	PW2-1	181.2	-13.7	18.9	2	0.9	360	-72	84.83	0.24	115.27	0.32
LDS	1038	PW2-2	172.7	10.3	18.9	2	0.9	360	-72	107.24	0.30	84.36	0.23
LDS	1038	PW2-3	200.1	-2.9	18.9	2	0.9	360	-72	106.28	0.30	112.72	0.31
LDS	1038	PW2-4	190.5	-2.9	18.9	2	0.9	360	-72	101.48	0.28	107.92	0.30
LDS	1038	PW3-1	98.7	-16.1	18.9	2	0.9	360	-72	40.91	0.11	76.69	0.21
LDS	1038	PW3-2	87.3	15.8	18.9	2	0.9	360	-72	70.66	0.20	35.54	0.10
LDS	1038	PW3-3	123.9	-1.7	18.9	2	0.9	360	-72	69.51	0.19	73.29	0.20
LDS	1038	PW3-4	111.1	-1.7	18.9	2	0.9	360	-72	63.11	0.18	66.89	0.19