



## PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)

Kebutuhan bangunan industri di Indonesia meningkat pesat seiring ditemukannya berbagai macam bahan industri. Berbagai macam kawasan industri strategis dikembangkan baik dari pemerintah maupun pihak swasta untuk mendukung perkembangan ekonomi nasional. Perencanaan bangunan industri, mulai dari lokasi pemilihan, perlu direncanakan dengan pertimbangan yang matang. Bangunan industri memiliki ciri khas tersendiri karena konfigurasi bangunan yang luasnya baik struktur dan luas penutupannya. Pada bangunan industri, struktur baja menjadi pilihan utama struktur yang banyak dipilih karena dapat menghasilkan bentuk yang lebar dan memudahkan proses operasional.

Perencanaan struktur baja untuk bangunan industri sangat banyak dilakukan dengan standar internasional, namun masih berlaku di Indonesia dalam negeri. Buku ini berisi uraian lengkap mengenai tahap-tahapan perencanaan struktur bangunan industri dengan sistem Pre Engineered Building (PEB). Bangunan industri adalah dengan struktur baja yang mengacu pada SNI 1729:2015 pergeseran terbatas struktur, tahanan-puntiran struktur, tumpuan beban tarik, Struktur bangunan industri juga dapat menggunakan tahanan-puntiran pergeseran yang mengacu pada SNI 1729:2015 Pergeseran terbatas, sebagai buku panduan praktis perencanaan bangunan industri dengan sistem Pre Engineered Building (PEB). Dapat menjadi referensi bagi berbagai kalangan dan praktisi.

PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)

Dr. Nurhidayah, S.T., M.Eng., Ph.D.  
Dosen dan Praktisi



**Panduan Praktis**

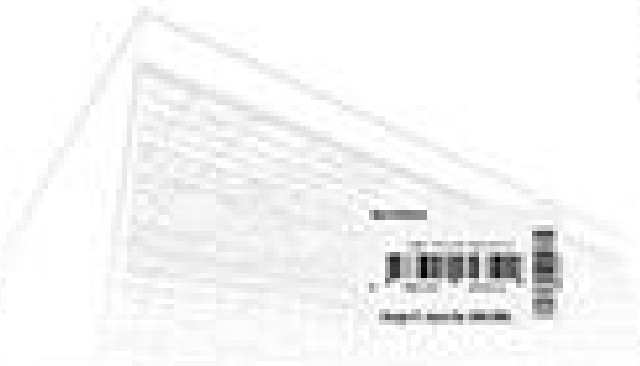
**Edisi 4**



## PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)

Disusun Oleh:  
**Dr. Nurhidayah, S.T., M.Eng., Ph.D.**  
Ufana Septina, S.T.

**2025**





**PERENCANAAN WAREHOUSE**  
**SISTEM *PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)***

---



*Sanksi Pelanggaran Hak Cipta*  
**UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 28 TAHUN 2014 TENTANG HAK CIPTA**

Ketentuan Pidana  
Pasal 113

- 1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
- 2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- 3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- 4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).



# **PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM *PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)***

---

**Ir. Totok Andi Prasetyo, M. T  
Utomo Saputra, S. T**

Diterbitkan oleh  
**PT. Nas Media Indonesia**  
Tahun 2025

# PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)

**Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T**  
**Utomo Saputra, S. T**

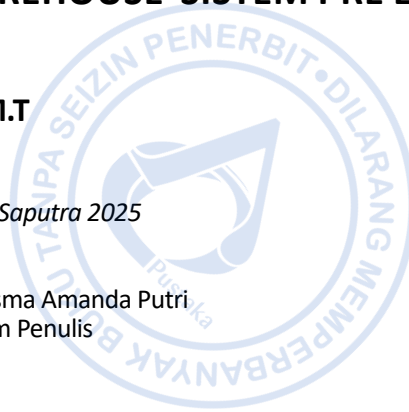
*Copyright © T. A. Prasetyo & U. Saputra 2025*  
*All rights reserved*

**Layout** : Risma Amanda Putri  
**Desain Cover** : Tim Penulis

**Cetakan Pertama, Mei 2025**  
xxiv + 267 hlm; 21 x 29.7 cm

**ISBN 978-634-205-352-2**

Diterbitkan oleh Penerbit Nasmedia  
**PT. Nas Media Indonesia**  
**Anggota IKAPI**  
No. 018/SSL/2018  
Sidorejo, Prambanan, Klaten 55584  
Jl. Batua Raya No. 3, Makassar 90233  
Telp. 0811 42 2017  
0811 49 2022  
0813 4111 6363  
redaksi@nasmedia.id  
www.nasmedia.id  
Instagram: @nasmedia.id  
Fanspage: nasmedia.id  
Youtube: nasmedia entertainment



# KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan buku yang berjudul “**PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)**”. Perkembangan industri yang masif di Indonesia perlu ditopang dengan infrastruktur penunjang industri yang memadai. Berbagai kawasan industri kini mulai dikembangkan untuk menciptakan kawasan industri yang terpusat dan terpadu. Pembangunan bangunan industri juga ikut mengalami perkembangan yang masif seiring digenjutnya berbagai sektor industri mulai dari manufaktur, garmen hingga otomotif. Atas dasar tersebut, maka diperlukan panduan praktis dalam perencanaan struktur bangunan industri. Tidak banyak buku teks berbahasa Indonesia yang membahas tahapan perencanaan struktur baja terutama untuk bangunan industri.

Buku ini menjelaskan tahapan perencanaan struktur bangunan industri dengan *system Preengineered Building (PEB)* menggunakan program ETABS. Berbagai tahapan desain mulai dari penentuan material, beban dan kombinasi beban, pemodelan struktur, hingga desain struktur diulas secara ringkas berdasarkan standar-standar yang berlaku. Penentuan beban mati, hidup, beban angin dan beban gempa juga diuraikan secara lengkap berdasarkan SNI 1726-2019 dan SNI 1727-2020.

Penulis menyadari bahwa buku yang disusun ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun. Akhir kata, penulis berharap agar buku yang telah penulis susun ini dapat bermanfaat dan berkontribusi aktif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan khususnya pada bidang struktur baja.

Bekasi, 06 Mei 2025

**Totok Andi Prasetyo**

**Utomo Saputro**

# TESTIMONI



Pak Totok adalah seorang akademisi, praktisi andal yang dari dulu beliau tidak kenal lelah untuk selalu belajar dan belajar sampai bisa seperti ini dengan perjuangan yang tinggi untuk menjadi ahli baja, motivasi beliau adalah Prof Dr Wiryanto Guru Besar UPH. Beliau menimba ilmu kepada siapa saja tanpa perlu malu bertanya kepada yang lebih muda sekalipun karena menurut beliau ilmu itu luas jadi siapapun bisa belajar dari mana saja. Dengan bangga kami sebagai keluarga, anak, istri beliau merasa bersyukur semua perlu proses yang panjang dan dengan kesabaran kami. Alhamdulillah beliau bisa jadi Dosen, Direktur, dan Asesor. Selamat atas pencapain beliau sebagai penulis buku tentang struktur buat para generasi penerus bangsa terutama di bidang struktur.

**Ibu Suryani** - Komisaris PT TAP Rekayasa Struktur

**Ashrafi Raihan Tsaqif** - (Putra ke 1, Mahasiswa aktif tahap akhir UMJ)

**Muhammad Rizqi Yusuf** - (Putra ke 2)



Sebagai ketua umum HAKI dan juga sebagai staf pengajar di Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, saya sangat berterimakasih kepada penulis yang telah mewakafkan waktunya untuk membagi ilmu dan pengalaman desain struktur baja yang dimilikinya, khususnya yang terkait bangunan industri, dalam bentuk sebuah buku yang cukup komplet. Buku desain seperti ini, yang mengacu secara konsisten pada SNI-SNI terkait dan diperkaya dengan berbagai pengalaman desain yang dimiliki penulis, masih sangat jarang tersedia. Sehingga diharapkan buku ini dapat menjadi buku acuan bagi praktisi dan juga mahasiswa Teknik Sipil di Indonesia dalam mempelajari dan memahami berbagai aspek desain struktur baja, khususnya untuk bangunan industri.

**Prof. Iswandi Imran, M.A.Sc., Ph.D.**

Guru Besar Institut Teknik Bandung ( ITB ), Dosen Senior Struktur Beton



Pertama-tama saya ucapkan selamat kepada saudara Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. yang telah mempublikasikan bukunya yang terbaru dengan judul “PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM *PRE ENGINEERED BUILDING*”. Buku ini cukup lengkap dan sangat bermanfaat untuk aplikasinya khususnya dalam dunia teknik sipil struktur. Contoh kasus yang diberikan dapat dijadikan sebagai salah satu panduan bagi para *engineer* dalam perancangan, yang dimulai dari pemilihan sistem struktur, pemodelan, pembebanan sesuai standar yang berlaku dan analisis struktur. Oleh sebab itu buku ini akan lebih memperkaya pengembangan ilmu teknik sipil struktur secara praktis di Indonesia.

**Prof. Dr. Ir. Antonius, M.T.**

Dosen Teknik Sipil/Struktur - Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Buku tulisan Pak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. dengan judul: “PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE-ENGINEERED BUILDING (PEB)”, Panduan Praktis ini sungguh sangat bermanfaat. Contoh yang dibahas adalah bangunan yang banyak diterapkan dalam praktik, lengkap karena meliputi pemodelan keseluruhan bangunan, analisis struktur yang telah memperhitungkan seluruh beban yang pengaruhnya signifikan (beban gempa dan/atau beban angin) serta dilengkapi dengan perencanaan detail sambungan. Metode analisis yang digunakan dalam buku ini telah mengikuti perkembangan teknologi saat ini dan standar yang diterapkan disesuaikan dengan standar SNI dan AISC.

Saya ingat kata pengantar sebuah buku yang sangat terkenal di seluruh dunia, yaitu kitab Al Jabar (*"The Beginnings of Algebra"*, *"Al-Kitab..al-Jabr wa al-Muqabalah"*) yang ditulis oleh Al-Khwarizmi (1830M). Dalam kata pengantar buku tersebut Al-Khwarizmi menerangkan bahwa penulisan buku beliau itu bertujuan agar: (a) ilmu hitung menjadi alat yang memudahkan urusan, (b) memadukan apa yang telah dikumpulkan oleh para ahli sebelumnya, (c) memperjelas yang masih samar, (d) membetulkan apa yang masih keliru dan menemukan yang baru. Buku yang ditulis Pak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. ini memenuhi beberapa tujuan penulisan buku menurut Al-Khwarizmi.

Insyaa Allah buku ini mudah dipahami dan bermanfaat bagi para mahasiswa, dosen dan *engineer*. Semoga Allah Yang Maha Mengetahui memberikan pahala dan keberkahan bagi Pak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. dari amal jariyah dalam penulisan buku ini.

**Dr.Ir. Sumirin, M.S.**

Dosen Teknik Sipil/Struktur - Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Saya sebagai Kaprodi Teknik Sipil ISTN sangat berterima kasih kepada bapak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T., selaku penulis buku *PERENCANAAN WAREHOUSE DENGAN SYSTEM PRE ENGINEERED BUILDING (PEB)*. Di Tengah kesibukannya beliau sebagai pengajar dan praktisi masih meluangkan waktu untuk menulis buku. Buku ini sangat membantu sebagai referensi bagi mahasiswa yang akan menyusun tugas akhir dengan topik bangunan warehouse atau sejenisnya. Semoga buku ini dapat menjadi amal jariyah bagi penulis dan keluarganya karena manfaatnya.

**Ir. Ismono Kusmaryono, M.T.**

Kaprodi Program Sarjana Teknik Sipil ISTN



Buku ini menyajikan perencanaan struktur baja industri secara sistematis—dari teori material, pemodelan ETABS, hingga analisis seismik berbasis SNI terkini. Contoh nyata dan visualisasi teknis menjadikan buku ini sangat aplikatif bagi mahasiswa, perencana, dan praktisi.

Dari sudut pandang manajemen konstruksi, keunggulan buku ini juga terletak pada pendekatannya yang menyentuh aspek efisiensi sistem konstruksi PEB—sebuah sistem yang sangat relevan dalam konteks kebutuhan industrial saat ini, di mana waktu, biaya, dan keberlanjutan menjadi tolok ukur utama keberhasilan proyek. Penulis menekankan pentingnya keterpaduan antara desain awal, estimasi beban, dan fleksibilitas perakitan struktur baja, yang merupakan fondasi utama dalam prinsip-prinsip *lean construction* dan manajemen risiko teknis.

Saya percaya buku ini akan menjadi rujukan penting di lingkungan akademik, BUMN konstruksi, lembaga konsultan, dan juga praktisi manajemen konstruksi. Semoga karya ini terus diperbarui seiring dengan dinamika kebijakan teknis dan inovasi teknologi di masa depan.

**Dr (Can). Rafama Dewi, S.Pd., S.Ars., MT., MKU.**



Buku seri ke-4 karya Bpk. Dr. Ir. Totok Prasetyo, MT. ini sangat menarik dan bermanfaat karena membahas mengenai struktur gudang dengan sistem PEB. Dibahas dengan praktis dan lengkap, buku ini akan memperkaya pustaka Teknik Sipil di Indonesia. Selamat dan sukses untuk tim penulis.

**Dr. Nathan Madutujuh, ESRC, Bandung**



Pertama-tama saya mengucapkan selamat atas karya Bapak Ir. Totok Andi Prasetyo, MT yang keempat ini, bersama Bapak Utomo Saputro. Suatu kehormatan bagi saya untuk dapat memberikan testimoni ini.

Buku ini melengkapi ketiga buku karya Bapak Totok sebelumnya. Saya kagum atas semangat beliau untuk berbagi ilmu dan pengalaman beliau dalam bidang perencanaan struktur baja. Saya yakin buku ini, seperti buku-buku sebelumnya, akan sangat bermanfaat baik bagi praktisi (rekan-rekan insinyur praktik) dan akademisi (dosen, mahasiswa) yang hendak menimba pengalaman desain struktur baja secara praktis. Buku keempat ini khususnya menjelaskan bagaimana contoh nyata desain struktur baja *pre-engineered building* (PEB) dilakukan dalam praktik desain. Meskipun dalam praktik terdapat beberapa konstruksi baja yang menerapkan konsep PEB, saat ini tidak terdapat buku yang khusus menjelaskan struktur baja PEB ini. Jadi, buku ini sungguh telah mengisi kekosongan yang dibutuhkan dalam dunia pustaka di Indonesia.

**Wong Foek Tjong, S.T., M.T., Ph.D.** - Dosen Desain Struktur Baja dan Peneliti dalam Bidang Metode Elemen Hingga, Universitas Kristen Petra, Surabaya



Buku tulisan Pak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. dengan judul : “PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE-ENGINEERED BUILDING (PEB)”, Panduan Praktis ini sangat bermanfaat untuk referensi dalam perancangan struktur Baja khususnya PERENCANAAN WAREHOUSE SISTEM PRE-ENGINEERED BUILDING (PEB). Buku ini sangat dibutuhkan mahasiswa, Dosen, dan para praktisi engineering . Buku ini mendukung untuk kegiatan EPC *Engineering Procurement Contracting* struktur Baja. Karena selain desain atau perencanaan, **pengetahuan bahan dan material** yang digunakan sangat penting. Dengan demikian hal-hal detail material dapat diketahui pada saat awal desain. Apalagi penerapan PEB sangat membantu proses BIM struktur. Penerapan SNI-SNI yang berlaku serta aplikasi program struktur baja dapat digunakan sebagai acuan referensi yang meliputi pemodelan keseluruhan bangunan, analisis struktur yang telah memperhitungkan seluruh beban yang pengaruhnya signifikan (beban gempa dan/ atau beban angin) serta dilengkapi dengan perencanaan detail sambungan. Buku ini juga disertai contoh kasus perancangan sehingga mudah dipahami dengan baik.

Insyaa Allah buku ini mudah dipahami dan bermanfaat bagi para mahasiswa, dosen dan engineer. Semoga Allah Yang Maha Mengetahui, memberikan pahala dan keberkahan bagi Pak Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T. dari amal jariyah dalam penulisan buku ini. Salam sukses Pak Totok Andi Prasetyo.

**Ir. Moch Arif Toto.Rahardjo, M-Eng, A-Utama**  
Sebagai **Ketua I DPP HAKI (Himpunan Ahli**  
**Konstruksi Indonesia),**

Asesor Kompetensi LSP ASBSI (Ahli Struktur Bangunan Sipil Indonesia), dan Dosen Teknik Sipil / Struktur – Sekolah Vokasi - Universitas Universitas Gadjah Mada.



Buku edisi ke-4 yang membahas PEB sangat menarik untuk dibaca, PEB ini merupakan bagian dari kuliah yang jarang dibahas didalam perkuliahan struktur baja, padahal keahlian PEB ini sangat diperlukan di dunia kerja. Terimakasih Pak Totok A. Prasetyo dan tim penulis yang berkenan membahas tuntas PEB dengan contoh soal nyata dari dunia kerja.

**(Donny B. Tampubolon, ST)**

*‘Karena menulis adalah bekerja untuk keabadian...’*

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>v</b>
<b>TESTIMONI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>

## **BAGIAN 1**

<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Material Baja .....	1
B. Perencanaan Batang .....	8
C. Pengenalan Bangunan Industri .....	21
D. Beban-Beban Pada Struktur .....	32
E. Kombinasi Pembebanan .....	52
F. Batas Lendutan .....	53
G. Pengecekan Terhadap Aspek Kegempaan .....	55

## **BAGIAN 2**

<b>PEMODELAN STRUKTUR .....</b>	<b>60</b>
A. Perangkat Lunak ETABS .....	60
B. Data Umum Bangunan .....	61
C. Membuat File Baru .....	80
D. Membuat Grid .....	85
E. Penentuan Properti Material .....	88
F. Penentuan Properti Penampang .....	96
G. Pemodelan Kolom K90X90 dan K80X80 pada Lantai 1 .....	118
H. Pemodelan Balok Anak dan Balok Induk Lantai 2 B 30/70 dan B 40/90 .....	123
I. Pemodelan Slab S150 .....	127
J. Pemodelan Kolom K90X90 dan K80X80 pada Lantai 2 .....	128
K. Pemodelan Balok Anak dan Balok Lantai 3 .....	129
L. LPemodelan Slab Lantai 3 (S150) .....	131
M. Pemodelan Kolom Baja dan Rafter .....	132
N. Pemodelan Ring Beam WF.400X 200X8x13 .....	141
O. Pemodelan Purlin CNP. 200X75X20X3,2 .....	143
P. Pemodelan Tie Beam TB 25/60 .....	152

## **BAGIAN 3**

<b>PEMBEBANAN STRUKTUR .....</b>	<b>155</b>
A. Pembebanan pada Bangunan Industri .....	155
B. Pembuatan Load Pattern .....	155

C.	Perhitungan Beban Mati (Dead Load) .....	156
D.	Perhitungan Beban Hujan (Rain Load) .....	160
E.	Perhitungan Beban Angin (Wind Load).....	162
<b>BAGIAN 4</b>		
<b>PERENCANAAN STRUKTUR TERHADAP BEBAN GEMPA.....</b>		<b>167</b>
A.	Perhitungan Beban Gempa (Seismic Load) .....	167
B.	Kategori Risiko .....	167
C.	Faktor Keutamaan Gempa.....	168
D.	Penentuan Kelas Situs .....	168
E.	Percepatan Spektral Desain .....	173
F.	Penentuan Kategori Desain Seismik .....	174
G.	Sistem Struktur.....	175
H.	Perhitungan Periode Fundamental Struktur .....	176
I.	Perhitungan Gaya Geser Dasar Seismik.....	176
J.	Pengecekan Simpangan Antar Tingkat .....	182
K.	Pengecekan Terhadap Pengaruh P-Delta .....	186
<b>BAGIAN 5</b>		
<b>PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PEB.....</b>		<b>189</b>
A.	Perencanaan Struktur Balok Profil BU 600.300.6.12 .....	189
B.	Perencanaan Purlin .....	204
<b>BAGIAN 6</b>		
<b>DESAIN STRUKTUR MENGGUNAKAN ETABS.....</b>		<b>210</b>
A.	Kombinasi Pembebanan yang Digunakan.....	210
B.	Stress Ratio Struktur.....	212
C.	Desain Sambungan .....	213
<b>REFERENSI .....</b>		<b>225</b>
<b>LATAR BELAKANG PENULIS .....</b>		<b>227</b>

# DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1.</b>	Berat Jenis untuk Bahan Bangunan .....	33
<b>Tabel 1. 2.</b>	Tipikal Beban SIDL untuk Bangunan Industri .....	34
<b>Tabel 1. 3.</b>	Kategori Risiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa, Dan Es .....	38
<b>Tabel 1. 4.</b>	Faktor Arah Angin .....	39
<b>Tabel 1. 5.</b>	Koefisien Tekanan Internal, $G_{cpi}$ untuk Berbagai Klasifikasi Ketertutupan Bangunan.....	42
<b>Tabel 1. 6.</b>	Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, $K_h$ dan $K_z$ .....	43
<b>Tabel 2.2.</b>	Koefisien Tekan dinding, $C_p$ .....	44
<b>Tabel 2.2</b>	Koefisien Tekan dinding, $C_p$ .....	44
<b>Tabel 2.12</b>	Prosedur Analisa yang Diizinkan .....	46
<b>Tabel 1. 8.</b>	Kategori Risiko bangunan gedung dan non gedung .....	48
<b>Tabel 1. 9.</b>	Faktor Keutamaan Gempa, $I_e$ .....	49
<b>Tabel 1. 10.</b>	Klasifikasi Situs .....	49
<b>Tabel 1. 11.</b>	50Koefisien Situs, $F_a$ .....	50
<b>Tabel 1. 12.</b>	Koefisien Situs, $F_v$ .....	50
<b>Tabel 1. 13.</b>	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek .....	50
<b>Tabel 1.14.</b>	Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik.....	51
<b>Tabel 2.12</b>	Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung.....	51
<b>Tabel 1.15.</b>	Batasan Lendutan Izin pada Atap .....	54
<b>Tabel 1.17.</b>	Simpangan Antar Tingkat Izin.....	56
<b>Tabel 2. 1.</b>	Sifat Mekanis Baja Tulangan Berdasarkan SNI 2052-2017 .....	91
<b>Tabel 2. 2.</b>	Faktor Konversi untuk Kuat Leleh dan Putus yang Diekspektasikan pada Baja Tulangan Berdasarkan FEMA 356.....	92
<b>Tabel 2. 3.</b>	Faktor Konversi untuk Kuat Leleh dan Putus yang Diekspektasikan pada Baja Canai Panas Berdasarkan SNI 7860-2020.....	94

<b>Tabel 2. 4.</b> Momen Inersia dan Luas Penampang yang Diizinkan Untuk Analisis Elastis Pada Level Beban Terfaktor .....	109
<b>Tabel 4. 1.</b> Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-1 .....	170
<b>Tabel 4. 2</b> Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-2 .....	171
<b>Tabel 4. 3.</b> Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-3 .....	172
<b>Tabel 4. 4.</b> Simpangan Antar Tingkat Izin Berdasarkan SNI 1726-2019 .....	182
<b>Tabel 4. 5.</b> Pengecekan Terhadap Simpangan Antar Tingkat Izin .....	186
<b>Tabel 6. 1.</b> Kombinasi Pembebanan yang Digunakan .....	210

# DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b>	Proses Fabrikasi Baja .....	5
<b>Gambar 1.2</b>	Panjang Efektif Kolom Ideal.....	9
<b>Gambar 1.3</b>	Nomogram Faktor Panjang Tekuk.....	10
<b>Gambar 1.2</b>	Kegagalan Tekuk Lokal Baja.....	13
<b>Gambar 1.1</b>	Klasifikasi Penampang.....	14
<b>Gambar 1.1</b>	Momen Nominal berdasarkan Kelangsingan Penampang .....	15
<b>Gambar 1.2</b>	Kegagalan Tekuk Global Baja .....	17
<b>Gambar 1.1</b>	Momen Nominal berdasarkan Kelangsingan Penampang .....	17
<b>Gambar 1.1</b>	Kurva kapasitas batang gemuk terhadap kombinasi gaya-momen .....	19
<b>Gambar 1.1</b>	Kurva interaksi kombinasi gaya-momen sederhana .....	19
<b>Gambar 1. 1.</b>	Komponen pada Bangunan Industri.....	23
<b>Gambar 1. 2.</b>	Rekomendasi Konfigurasi Truss untuk Atap .....	25
<b>Gambar 1. 3.</b>	Contoh Sistem Struktur Suspended (Terminal Pulogebang) .....	25
<b>Gambar 1. 4.</b>	Profil Baja Canai Dingin C dan Z untuk Purlin .....	26
<b>Gambar 1.5.</b>	Koneksi Antara Purlin ke Rafter .....	27
<b>Gambar 1. 6.</b>	Beban yang Terjadi pada Bangunan Industri .....	29
<b>Gambar 1. 7.</b>	Beban Horizontal yang Terjadi pada Portal Utama .....	30
<b>Gambar 1. 8.</b>	Tipikal Bangunan Industri dengan X-bracing pada Sumbu Lemah Bangunan.....	31
<b>Gambar 1. 9.</b>	Distribusi Momen Pada Frame .....	32
<b>Gambar 1. 10.</b>	Ketentuan Beban Hidup untuk Atap Berdasarkan SNI 1727-2020 ....	35
<b>Gambar 1. 11.</b>	Faktor Topografi .....	41
<b>Gambar 1. 12.</b>	Sistem Penahan Gaya Angin Utama, Bagian 1 (seluruh ketinggian): koefisien tekanan eksternal, $C_p$ , untuk bangunan tertutup dan bangunan tertutup sebagian dinding dan atap (Sumber: SNI 1727-2020) .....	44
<b>Gambar 1. 13.</b>	Parameter Gerak Tanah $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia Untuk Spektrum Respons 0,2-Detik (Redaman Kritis 5 %) .....	47

<b>Gambar 1. 14.</b>	Parameter Gerak Tanah, S1, Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia Untuk Spektrum Respons 1-Detik (Redaman Kritis 5 %) .....	47
<b>Gambar 1. 15.</b>	Derajat Kebebasan pada Tiap Lantai .....	55
<b>Gambar 2. 1.</b>	Software ETABS.....	60
<b>Gambar 2. 2.</b>	Plan Pondasi.....	62
<b>Gambar 2. 3.</b>	Plan Kolom Lantai 1 .....	63
<b>Gambar 2. 4.</b>	Plan Beam El +6.00 .....	64
<b>Gambar 2. 5.</b>	Plan Beam El +11.00 .....	65
<b>Gambar 2. 6.</b>	Plan Atap.....	66
<b>Gambar 2. 7.</b>	Potongan Melintang Grid X1 .....	67
<b>Gambar 2. 8.</b>	Potongan Melintang Grid X2.....	68
<b>Gambar 2. 9.</b>	Potongan Melintang Grid X3.....	69
<b>Gambar 2. 10.</b>	Potongan Melintang Grid X4.....	70
<b>Gambar 2. 11.</b>	Potongan Melintang Grid X5.....	71
<b>Gambar 2. 12.</b>	Potongan Melintang Grid X6-12.....	72
<b>Gambar 2. 13.</b>	Potongan Melintang Grid X.....	73
<b>Gambar 2. 14.</b>	Potongan Melintang Grid Y1 .....	74
<b>Gambar 2. 15.</b>	Potongan Melintang Grid Y2 & Y7 .....	75
<b>Gambar 2. 16.</b>	Potongan Melintang Grid Y3 & Y6.....	76
<b>Gambar 2. 17.</b>	Potongan Melintang Grid Y4 & Y5.....	77
<b>Gambar 2. 18.</b>	Potongan Melintang Grid Y8.....	78
<b>Gambar 2. 19.</b>	Potongan Melintang Grid Y4'.....	79
<b>Gambar 2. 20.</b>	Model 3d Warehouse .....	80
<b>Gambar 2. 21.</b>	Pembuatan Model Baru pada ETABS .....	80
<b>Gambar 2. 22.</b>	Pemilihan Jenis Satuan dan Kode yang Ingin Digunakan .....	81
<b>Gambar 2. 23.</b>	Tampilan Quick Model .....	82
<b>Gambar 2. 24.</b>	Tampilan Awal Model ETABS.....	82
<b>Gambar 2. 25.</b>	Atur Satuan Panjang dan Gaya .....	83
<b>Gambar 2. 26.</b>	Display Units.....	84

<b>Gambar 2. 27.</b>	Simpan Unit Sets.....	84
<b>Gambar 2. 28.</b>	Units Sets Sudah Muncul pada Units.....	85
<b>Gambar 2. 29.</b>	Edit → Edit Stories and Grid Systems.....	85
<b>Gambar 2. 30.</b>	Klik Kanan → Add/Modify Grid.....	86
<b>Gambar 2. 31.</b>	Pengaturan Grid pada Arah X dan Y .....	86
<b>Gambar 2. 32.</b>	Modify/Show Story Data .....	87
<b>Gambar 2. 33.</b>	Input Elevasi yang Dibutuhkan.....	87
<b>Gambar 2. 34.</b>	Grid yang Telah Dibuat.....	88
<b>Gambar 2. 35.</b>	Define Materials.....	89
<b>Gambar 2. 36.</b>	Penentuan Material Beton .....	90
<b>Gambar 2. 37.</b>	Penentuan Material Baja Tulangan .....	93
<b>Gambar 2. 38.</b>	Penentuan Material Baja Canai Panas.....	96
<b>Gambar 2. 39.</b>	Define–Section Properties–Frame Sections–Add New Property.....	97
<b>Gambar 2. 40.</b>	Beberapa Template Bentuk Profil yang Diakomodir ETABS .....	98
<b>Gambar 2. 41.</b>	Pemodelan Bu.600X300X8x12.....	98
<b>Gambar 2. 42.</b>	Pemodelan Bu. 400X300x8x12 .....	99
<b>Gambar 2. 43.</b>	Pemodelan profil CBu (400-600)X300X8x12.....	100
<b>Gambar 2. 44.</b>	Pemodelan Bu 1000X300X6x12.....	101
<b>Gambar 2. 45.</b>	Pemodelan Bu 600X300X6x12.....	102
<b>Gambar 2. 46.</b>	Pemodelan BBu-(1000-600)X300X6x12.....	103
<b>Gambar 2. 47.</b>	Pemodelan Bu- 600X300X6x12 .....	104
<b>Gambar 2. 48.</b>	Pemodelan profil WF.400X200X8X13 .....	105
<b>Gambar 2.2.</b>	Pemodelan.....	105
<b>Gambar 2.2.</b>	Pemodelan.....	106
<b>Gambar 2.2.</b>	Pemodelan.....	106
<b>Gambar 2.2.</b>	Pemodelan.....	107
<b>Gambar 2. 49.</b>	Pemodelan CNP. 200X75X20X3,2.....	107
<b>Gambar 2. 50.</b>	Pemodelan Rod 19 mm .....	108
<b>Gambar 2. 51.</b>	Pemodelan Penampang Kolom K80X80 .....	110
<b>Gambar 2. 52.</b>	Modifikasi Kekakuan untuk K80X80 .....	111

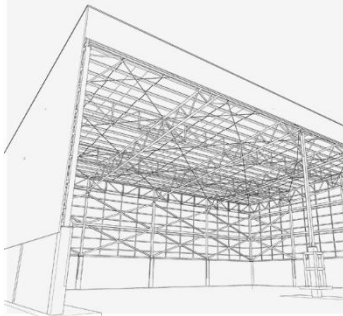
<b>Gambar 2. 53.</b>	Pemodelan Penampang Kolom K90X90 .....	112
<b>Gambar 2. 54.</b>	Modifikasi Kekakuan untuk K90X90 .....	113
<b>Gambar 2. 55.</b>	Pemodelan Penampang Balok B40X90 .....	114
<b>Gambar 2. 56.</b>	Pemodelan Penampang Balok B30X70 .....	116
<b>Gambar 2. 57.</b>	Pemodelan Penampang TB 25.60 .....	117
<b>Gambar 2. 58.</b>	Modifikasi Kekakuan untuk TB25/60.....	118
<b>Gambar 2. 59.</b>	Draw Kolom K80X80 dan 90X90 .....	118
<b>Gambar 2. 60.</b>	Set Elevation View.....	119
<b>Gambar 2. 61.</b>	Titik Kolom Lantai 1 K90X90.....	119
<b>Gambar 2. 62.</b>	Titik Kolom Lantai 1 K80X80.....	120
<b>Gambar 2. 63.</b>	Pemodelan kolom View X13 .....	121
<b>Gambar 2. 64.</b>	Kolom 80x80 dan 90x90 yang sudah Termodelkan .....	122
<b>Gambar 2. 65.</b>	Merubah Tumpuan Kolom Menjadi Jepit.....	123
<b>Gambar 2. 66.</b>	Mengganti evelvasi Ke Lantai 2 .....	124
<b>Gambar 2. 67.</b>	Properties Balok 40x90 dan 30x70 yang Dimodelkan.....	125
<b>Gambar 2. 68.</b>	Titik Balok 40x90 Pada Lantai 2 .....	125
<b>Gambar 2. 69.</b>	Posisi Balok Utama 30x70 Pada Lantai 2.....	126
<b>Gambar 2. 70.</b>	Balok yang Telah dimodelkan Pada Lantai 2 .....	126
<b>Gambar 2. 71.</b>	Properties Slab 150 .....	127
<b>Gambar 2. 72.</b>	Pemodelan Slab 150 Pada Lantai 2.....	128
<b>Gambar 2. 73.</b>	Pemodelan Kolom grid x13 .....	128
<b>Gambar 2. 74.</b>	Pemodelan Kolom Lantai 2.....	129
<b>Gambar 2. 75.</b>	Pemodelan Balok 40x90 Pada Lantai 3 .....	130
<b>Gambar 2. 76.</b>	Pemodelan Balok Utama 30x70 Pada Pada Lantai 3.....	130
<b>Gambar 2. 77.</b>	Balok yang Telah dimodelkan Pada lantai 3.....	131
<b>Gambar 2. 78.</b>	Properties Slab 150 Pada Lantai 3 .....	131
<b>Gambar 2. 79.</b>	Slab 150 yang Telah dimodelkan Pada Lantai 3.....	132
<b>Gambar 2. 80.</b>	Masuk Ke Grid X10 .....	133
<b>Gambar 2. 81.</b>	Tampilan Grid X10 .....	133
<b>Gambar 2. 82.</b>	Kolom Pedestal yang Termodelkan .....	134

<b>Gambar 2. 83.</b>	Kolom dan rafter yang Telah dimodelkan .....	134
<b>Gambar 2. 84.</b>	Trime Frame pada Kolom .....	135
<b>Gambar 2. 85.</b>	Trime Frame pada Rafter .....	136
<b>Gambar 2. 86.</b>	Model Rafter Tapered .....	137
<b>Gambar 2. 87.</b>	Mengubah Posisi Start dan End Profil .....	138
<b>Gambar 2. 88.</b>	Kolom dan rafter yang Telah dimodelkan .....	139
<b>Gambar 2. 89.</b>	Replicate Pada Rafter .....	140
<b>Gambar 2. 90.</b>	Rafter yang sudah direplicate .....	141
<b>Gambar 2. 91.</b>	Pemodelan Ring Beam elevasi Y1 dan Y3 .....	142
<b>Gambar 2. 92.</b>	Pemodelan Ring Beam elevasi Y6 dan Y8 .....	142
<b>Gambar 2. 93.</b>	Pemodelan 3D View .....	143
<b>Gambar 2. 94.</b>	Rafter Terbagi dengan Jarak 1,5 m .....	144
<b>Gambar 2. 95.</b>	Pengaturan Properties of Object .....	145
<b>Gambar 2. 96.</b>	Extrude Joints to Frames Purlin .....	146
<b>Gambar 2. 97.</b>	Release Partial Fixity Pada Purlin .....	148
<b>Gambar 2. 98.</b>	Mirror Pada Purlin .....	149
<b>Gambar 2. 99.</b>	Purlin Sudah Dimodelkan .....	149
<b>Gambar 2. 100.</b>	Frames Rafter Digabungkan Kembali .....	150
<b>Gambar 2. 101.</b>	Draw Rod 24 mm Secara Diagonal dari Rafter ke Rafter .....	151
<b>Gambar 2. 102.</b>	Replicate Roof Bracing .....	151
<b>Gambar 2. 103.</b>	Roof Bracing Sudah Termodel pada Keseluruhan Bangunan .....	152
<b>Gambar 2. 105.</b>	Pemodelan Seluruh Bangunan .....	154
<b>Gambar 3. 1.</b>	Load Pattern Definition .....	156
<b>Gambar 3. 2.</b>	Select Profil Rafter .....	157
<b>Gambar 3. 3.</b>	Show Profil Rafter Only .....	158
<b>Gambar 3. 4.</b>	Assign → Frame Loads → Distributed .....	158
<b>Gambar 3. 5.</b>	SIDL 366 kg/m untuk Rafter .....	159
<b>Gambar 3. 6.</b>	Beban LL 627 kg/m untuk Rafter .....	160
<b>Gambar 3. 7.</b>	Beban Hujan 209 kg/m untuk Rafter .....	161
<b>Gambar 3. 8.</b>	Penentuan Koefisien Tekanan Internal .....	163

<b>Gambar 3. 11.</b>	Pembebanan Angin Pada Rafter.....	165
<b>Gambar 3. 12.</b>	Pembebanan Angin Pada Dinding .....	166
<b>Gambar 3. 13.</b>	Pembebanan Angin Pada Arah Sumbu Y .....	166
<b>Gambar 4. 1</b>	Hasil Pengujian Tanah pada BH 1, BH 2, dan BH 3 .....	169
<b>Gambar 4. 2.</b>	Grafik Respon Spektrum pada Lokasi Proyek.....	173
<b>Gambar 4. 3.</b>	Pemilihan Kategori Desain Seismik .....	174
<b>Gambar 4. 4.</b>	Pemilihan Sistem Struktur.....	175
<b>Gambar 4. 5.</b>	Assign → Joint Loads → Forces .....	179
<b>Gambar 4. 6.</b>	Input Beban Gempa Arah X untuk Portal.....	180
<b>Gambar 4. 7.</b>	Beban Gempa pada Pangkal dan Ujung Portal .....	181
<b>Gambar 4. 8.</b>	Input Beban Gempa Arah Y.....	182
<b>Gambar 4.9.</b>	Mengatur Mass Source.....	183
<b>Gambar 4. 9.</b>	Analyze → Set Load Cases to Run.....	184
<b>Gambar 4. 10.</b>	Atur Perpindahan yang Ingin Ditampilkan .....	184
<b>Gambar 4. 11.</b>	Simpangan Elastik Akibat Gempa Arah Y .....	185
<b>Gambar 4. 12.</b>	Simpangan Elastik Akibat Gempa Arah x .....	185
<b>Gambar 5.1.</b>	Model Profil BU 600.300.6.12.....	189
<b>Gambar 5.2</b>	Momen dan Aksial Ultimate Profil BU 600.300.6.12 .....	194
<b>Gambar 5.3</b>	Steel Stress Check Information.....	195
<b>Gambar 5.4</b>	Nilai Geser Profil BU 600.300.6.12.....	196
<b>Gambar 5.5</b>	Model Profil BU 400.300.8.12.....	197
<b>Gambar 5.6</b>	Momen dan Aksial Ultimate Profil BU 400.300.8.12 .....	201
<b>Gambar 5.7</b>	Rasio Hasil Analisa ETABS profil CBU (400-600).300.8.12.....	202
<b>Gambar 5.8</b>	Nilai Geser Profil BU 400.300.8.12.....	203
<b>Gambar 5.9</b>	Frame Section Properties 2CNP 200.75.20.3,2 .....	205
<b>Gambar 5.10</b>	Model Arah Gaya 2CNP 200.75.20.3,2 .....	206
<b>Gambar 6.1</b>	Stress Ratio .....	212
<b>Gambar 6. 2</b>	Lendutan Akibat Beban Service Atap.....	213
<b>Gambar 6. 3</b>	Membuat New Property .....	214
<b>Gambar 6. 4</b>	Mengatur Mutu Material Baja.....	215

<b>Gambar 6.5.</b>	Pembuatan Member Baru.....	215
<b>Gambar 6. 6</b>	Tambahkan Profil Baru .....	216
<b>Gambar 6. 7</b>	Properti Penampang BU.600X300X6.12.....	216
<b>Gambar 6.8</b>	Gandakan Rafter Pertama .....	217
<b>Gambar 6. 9</b>	Properti Rafter Kedua .....	217
<b>Gambar 6. 10</b>	Plate to Plate untuk Menghubungkan Kedua Rafter.....	218
<b>Gambar 6. 11</b>	Properti Plate to Plate.....	219
<b>Gambar 6. 12</b>	Widener untuk membentuk Haunch pada pertemuan Rafter .....	220
<b>Gambar 6. 13</b>	Properti Haunch bagian kanan .....	220
<b>Gambar 6. 14</b>	Properti Haunch Bagian Kiri.....	221
<b>Gambar 6. 1</b>	Properti Haunch badan bagian kanan.....	222
<b>Gambar 6. 2</b>	Properti Stiffener Bagian Kiri .....	223
<b>Gambar 6.17</b>	Hasil Gaya Dalam Profil BU.600X300X6.12 Dari Etabs.....	223
<b>Gambar 6. 18</b>	Beban untuk Desain Sambungan Profil .....	224





# PENDAHULUAN



## A. MATERIAL BAJA

Keunggulan baja sebagai material baja struktur adalah suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangan ekonomi, kekuatan dan sifatnya, cocok untuk pemikul beban. Baja struktur banyak dipakai untuk kolom dan balok gedung bertingkat, sistem penyangga atap, hanggar; jembatan, menara antena, penahan tanah, dan fondasi tiang pancang. Ada beberapa keunggulan baja sebagai material konstruksi antara lain:

1. Mempunyai kekuatan yang tinggi. Baja memiliki kekuatan tarik dan tekan yang tidak jauh berbeda, dengan variasi antara 200 MPa sampai 2000 MPa. Dengan kekuatan tinggi ini, ukuran tampang struktur jadi lebih kecil, sehingga berat struktur jadi lebih ringan. Akibat lebih lanjut, pemakaian fondasi jadi lebih hemat. Hal ini cukup menguntungkan bagi struktur-struktur jembatan yang panjang, gedung yang tinggi atau juga bangunan-bangunan yang berada pada kondisi tanah yang buruk.

2. Keseragaman dan keawetan yang tinggi. Sifat baja tidak banyak berubah terhadap waktu, tidak seperti material beton bertulang misalnya, yang tersusun dari berbagai macam bahan penyusun; komponen penyusun baja jauh lebih seragam atau homogen serta mempunyai tingkat keawetan yang jauh lebih tinggi, terlebih baja diproduksi di pabrik dengan kontrol yang ketat.
3. Sifat elastis. Baja mempunyai perilaku yang cukup dekat dengan asumsi-asumsi yang digunakan dalam analisis, sebab baja dapat berperilaku elastis hingga tegangan yang cukup tinggi mengikuti hukum hooke. Momen inersia dari suatu profil baja juga dapat dihitung dengan pasti sehingga memudahkan dalam melakukan proses analisis struktur.
4. Daktilitas baja cukup tinggi. Daktilitas didefinisikan sebagai sifat material untuk menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik. Suatu elemen baja yang diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan. Sebaliknya pada material keras dan getas (*brittle*) akan hancur terhadap beban kejut. SNI 03-1729-2002 mendefinisikan daktilitas sebagai kemampuan struktur atau komponennya untuk melakukan deformasi inelastis bolak-balik berulang (siklik) di luar batas titik leleh pertama, sambil mempertahankan sejumlah besar kemampuan daya dukung bebannya. Beban normal yang bekerja pada suatu elemen struktur akan mengakibatkan konsentrasi tegangan yang tinggi pada beberapa titik. Sifat daktilitas baja memungkinkan terjadinya leleh lokal pada titik-titik tersebut sehingga dapat mencegah keruntuhan prematur. Keuntungan lain dari material daktil adalah jika elemen struktur baja mendapat beban cukup maka akan terjadi defleksi yang cukup jelas sehingga dapat digunakan sebagai tanda keruntuhan, karena suatu batang baja yang menerima tegangan tarik yang tinggi akan mengalami regangan tarik cukup besar sebelum terjadi keruntuhan.
5. Liat (*Toughness*). Baja merupakan material yang liat artinya memiliki kekuatan dan daktilitas. Suatu elemen baja masih dapat terus memikul beban dengan deformasi yang cukup besar. Ini merupakan sifat material yang penting karena dengan sifat ini elemen baja bisa menerima deformasi yang besar selama pabrikan, pengangkutan, dan pelaksanaan tanpa menimbulkan kehancuran. Dengan demikian pada baja struktur dapat diberikan lenturan, diberikan beban kejut, geser, dan dilubangi tanpa

memperlihatkan kerusakan. Kemampuan material untuk menyerap energi dalam jumlah yang cukup besar.

6. Permanen. Struktur yang terbuat dari baja yang mendapat perawatan baik akan berumur sangat panjang, bahkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu baja tidak memerlukan perawatan pengecatan sama sekali.
7. Cocok untuk sebagai struktur tambahan. Struktur baja sangat sesuai untuk penambahan struktur. Baik sebagian bentang baru maupun seluruh sayap dapat ditambahkan pada portal yang telah ada, bahkan jembatan baja sering kali diperlebar.
8. Kemudahan dalam pemasangan/konstruksi. Kelebihan lain dari material baja adalah: (a) kemudahan penyambungan baik dengan baut, paku keling maupun las, (b) cepat dalam pemasangan, (c) dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan, (d) kekuatan terhadap fatik, (e) kemungkinan untuk penggunaan kembali setelah pembongkaran, (f) masih bernilai meskipun tidak digunakan kembali sebagai elemen struktur, (g) adaptif terhadap prefabrikasi.

Meski memiliki banyak keunggulan, baja juga mempunyai kekurangan antara lain:

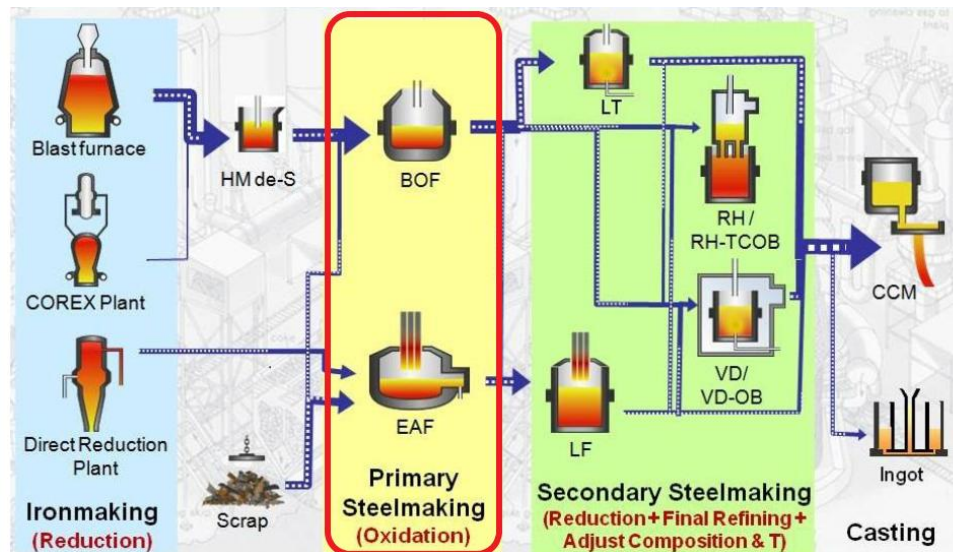
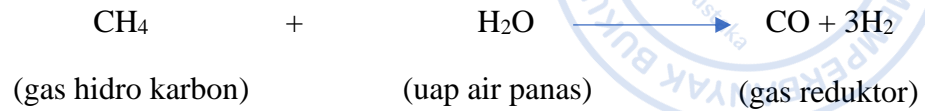
1. Biaya pemeliharaan tinggi. Material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air. Untuk itu perlu dilakukan tindakan pencegahan terhadap korosi secara periodik. Upaya pencegahan korosi ini memerlukan biaya yang cukup besar dan mahal.
2. Sangat rentan terhadap suhu panas/kebakaran. Meskipun baja tidak mudah terbakar tetapi kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran. Selain itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat menjadi pemicu kebakaran komponen lain.
3. Rentan terhadap tekuk (*buckling*). Semakin langsing suatu elemen tekan, semakin besar pula bahaya terhadap *buckling* (tekuk). Sebagaimana telah disebutkan bahwa baja mempunyai kekuatan yang tinggi per-satuan berat dan jika digunakan sebagai kolom sering kali tidak ekonomis karena banyak material yang perlu digunakan untuk memperkuat kolom terhadap *buckling*.

## 1. Proses Pembuatan /Fabrikasi

Secara singkat proses pembuatan besi dan baja dapat dilihat pada Gambar 1.3. Uraian singkat mengenai tahapan proses pengolahan besi dan baja tersebut diuraikan di bawah ini.

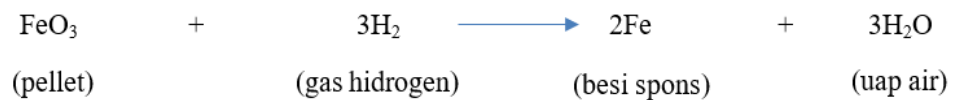
- a. Penambangan dan pengolahan biji besi. Bahan baku awal dalam pembuatan besi dan baja adalah biji besi (*iron core*). Biji besi yang didapatkan dari alam umumnya merupakan senyawa besi dengan oksigen seperti hematite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); magnetite ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ); limonite ( $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ); atau siderite ( $\text{Fe}_2\text{CO}_3$ ). Pembentukan senyawa besi oksida tersebut sebagai proses alam yang terjadi selama beribu-ribu tahun.
- b. Karena biji besi didapatkan dalam bentuk senyawa dan bercampur dengan kotoran-kotoran lainnya maka sebelum dilakukan peleburan, biji besi tersebut terlebih dahulu harus dilakukan pemurnian untuk mendapatkan konsentrasi biji yang lebih tinggi (25-40%). Proses pemurnian ini dilakukan dengan metode: *crushing*, *screening*, dan *washing* (pencucian). Untuk meningkatkan kemurnian menjadi lebih tinggi (60-65%) serta memudahkan dalam penanganan berikutnya, dilakukan proses aglomerasi dengan langkah-langkah sebagai berikut:
  - Biji besi dihancurkan menjadi partikel-partikel halus (serbuk)
  - Partikel-partikel biji besi kemudian dipisahkan dari kotoran-kotoran dengan cara pemisahan magnet (*magnetic separator*) atau metode lainnya.
  - Serbuk biji besi selanjutnya dibentuk menjadi *pellet* berupa bola-bola kecil berdiameter antara 12,5 - 20 mm.
  - Terakhir, *pellet* biji besi dipanaskan melalui proses sinter/pemanasan hingga temperatur  $1300^\circ\text{C}$  agar *pellet* tersebut menjadi keras dan kuat sehingga tidak mudah rontok.
  - Proses reduksi. Tujuan proses reduksi adalah untuk menghilangkan ikatan oksigen dari biji besi. Proses reduksi ini memerlukan gas reduktor seperti hidrogen atau gas karbon monoksida (CO). Proses reduksi ini ada 2 macam yaitu proses reduksi langsung dan proses reduksi tidak langsung.
    - a) Proses reduksi langsung. Proses ini biasanya digunakan untuk mengubah *pellet* menjadi besi *spony sponge iron* atau sering disebut: besi hasil reduksi

langsung (*direct reduced iron*). Gas reduktor yang dipakai biasanya berupa gas hidrogen atau gas CO yang dapat dihasilkan melalui pemanasan gas alam cair (*LNG*) dengan uap air didalam suatu reaktor yaitu melalui reaksi kimia berikut:



**Gambar 1.1** Proses Fabrikasi Baja

Dengan menggunakan gas CO atau hidrogen dari persamaan diatas maka proses reduksi terhadap pellet biji besi dapat dicapai melalui reaksi kimia berikut ini :



- b) Proses reduksi tidak langsung. Proses ini dilakukan dengan menggunakan tungku pelebur yang disebut juga tanur tinggi (*blast furnoce*). Biji besi hasil penambangan dimasukkan ke dalam tanur tinggi tersebut dan didalam tanur tinggi dilakukan proses reduksi tidak langsung yang cara kerjanya sebagai berikut: Bahan bakar yang digunakan untuk tanur tinggi ini adalah

batu bara yang telah dikeringkan (*kokas*). Kokas dengan kandungan karbon (C) diatas 80%, tidak hanya berfungsi sebagai bahan bakar, tetapi juga berfungsi sebagai pembentuk gas CO yang berfungsi sebagai reduktor. Untuk menimbulkan proses pembakaran maka ke dalam tanur tersebut ditiupkan udara dengan menggunakan *blower* sehingga terjadi proses oksidasi sebagai berikut :



Gas CO yang terjadi dapat menimbulkan reaksi reduksi terhadap biji yang dimasukkan ke dalam tanur tersebut. Sedangkan panas yang ditimbulkan berguna untuk mencairkan besi yang telah tereduksi tersebut. Untuk mengurangi kotoran-kotoran (*impuritas*) dari logam cair, ke dalam tanur biasanya ditambahkan sejumlah batu kapur (*limestone*). Batu kapur tersebut akan membentuk terak (*slag*) dan dapat mengikat kotoran-kotoran yang ada didalam logam cair. Karena berat jenis terak lebih rendah dari berat jenis cairan besi maka terak tersebut berada dipermukaan logam cair sehingga dapat dikeluarkan melalui lubang terak.

Besi hasil proses tanur tinggi ini disebut juga besi kasar (*pig Iron*). Besi kasar ini merupakan bahan dasar untuk membuat besi tuang (*cast iron*) dan baja (*steel*). Komposisi kimia unsur-unsur pepadu dalam besi kasar ini terdiri dari 3-4% C; 0,06-0,10% S; 0,10-0.5% P; 1-3% Si dan sejumlah unsur-unsur lainnya, sebagai bahan impuritas. Karena kadar karbonnya tinggi, maka besi kasar mempunyai sifat yang sangat rapuh dengan kekuatan rendah serta menampakkan wujud seperti grafit. Untuk pembuatan besi tuang, besi kasar tersebut biasanya dicetak dalam bentuk lempengan-lempengan (*ingot*) yang kemudian dilebur kembali oleh pabrik pengecoran (*foundry*). Sedangkan untuk pembuatan baja, besi kasar dalam keadaan cair langsung dipindahkan dari tanur tinggi ke dalam tungku pelebur lainnya yang sering disebut: tungku oksigen basa (*basic oxygen furnace*, atau disingkat BOF). Dalam tungku BOF ini kadar karbon besi kasar akan diturunkan sehingga mencapai tingkat kadar karbon baja.

- c) Proses peleburan besi tuang dan baja dilihat dari komposisi kimia yaitu dari unsur-unsur yang terkandung antara besi tuang dan baja karbon tidak menunjukkan perbedaan. Tetapi perbedaannya terletak pada kadar karbon (C) dan kadar Silikon (Si) Di mana kadar dari kedua elemen ini dalam besi tuang lebih tinggi dari baja karbon. Karena itu dilihat dari system paduan, maka baja karbon termasuk sistem Fe-C, sedangkan besi tuang termasuk sistem FeC-Si. Karena perbedaan kadar C dan Si tersebut maka struktur dan sifat-sifat besi tuang berbeda dengan struktur dan sifat-sifat baja karbon. Struktur besi tuang pada umumnya mengandung grafit sedangkan pada baja tidak terjadi grafit. Karena adanya grafit ini maka besi tuang mempunyai sifat kurang kuat dan rapuh sedangkan baja pada umumnya mempunyai sifat kuat dan lebih ulet.

## 2. Klasifikasi Baja

Berdasarkan persentase carbon:

- a. Baja carbon rendah (*low carbon steel*). Baja carbon rendah mengandung carbon antara 0,10 sampai 0,30%. Baja ini dalam perdagangan dibuat dalam bentuk plat baja, baja strip, baja batangan atau profil. Berdasarkan jumlah carbon dalam yang terkandung dalam baja, maka baja carbon rendah dapat digunakan atau dijadikan sebagai baja-baja sebagai berikut:
- Baja carbon rendah yang mengandung 0,04%-0,10% C, untuk dijadikan baja-baja plat atau strip.
  - Baja carbon rendah yang mengandung 0,05% C, digunakan untuk keperluan badan-badan kendaraan.
  - Baja carbon rendah yang mengandung 0,15%-0,30 C, digunakan untuk baja struktur/konstruksi seperti untuk konstruksi jembatan, bangunan gedung, dan menara.
- b. Baja carbon menengah (*medium carbon steel*). Baja carbon menengah mengandung carbon antara 0,30%-0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alat-alat perkakas bagian mesin, pegas, roda gigi, dan sebagainya.

- c. Baja carbon tinggi (*high carbon steel*). Baja carbon tinggi mengandung carbon antara 0,60%-1,7% C. Baja ini mempunyai tegangan tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk perkakas seperti palu, gergaji, pahat potong, kikir, pisau, mata gergaji.

### 3. Standar Material Baja

Baja merupakan salah satu material paling vital dalam dunia industri dan konstruksi. Kekuatan, daya tahan, dan fleksibilitasnya menjadikannya pilihan utama dalam pembangunan infrastruktur, permesinan, serta berbagai produk manufaktur. Namun, untuk memastikan bahwa baja yang digunakan memiliki kualitas yang sesuai dengan peruntukannya, diperlukan standar mutu yang ketat dan konsisten. Standar mutu baja bertujuan untuk menjamin bahwa baja yang diproduksi, dipasarkan, dan digunakan memenuhi persyaratan teknis yang telah ditetapkan secara nasional maupun internasional.

Standar mutu baja mencakup berbagai aspek, mulai dari komposisi kimia, sifat mekanik, hingga ketahanan terhadap korosi dan suhu ekstrem. Di Indonesia, standar mutu baja diatur oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), sedangkan secara global, terdapat standar internasional seperti ASTM (*American Society for Testing and Materials*), JIS (*Japanese Industrial Standards*), dan ISO (*International Organization for Standardization*). Misalnya, ASTM A36 adalah salah satu standar baja karbon yang umum digunakan untuk struktur bangunan karena kekuatan tarik dan kelenturannya yang baik.

## B. PERENCANAAN BATANG

### 1. PERENCANAAN BATANG TEKAN (KOLOM)

Perencanaan Batang Tekan (kolom) adalah elemen struktur yang menerima gaya aksial tekan/desak. Merupakan elemen struktur yang memiliki ketidakstabilan tinggi. Ketidakstabilan disebabkan karena adanya eksentrisitas awal ( $e_0$ ) yang selalu ada akibat batang yang tidak lurus sempurna. Panjang tekuk batang adalah jarak antar titik balik batang tersebut, yaitu jarak antar ujung–ujung sendi ekuivalen baik sendi rill maupun *imaginer*. Panjang tekuk ( $L_k$ ) dapat dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut:

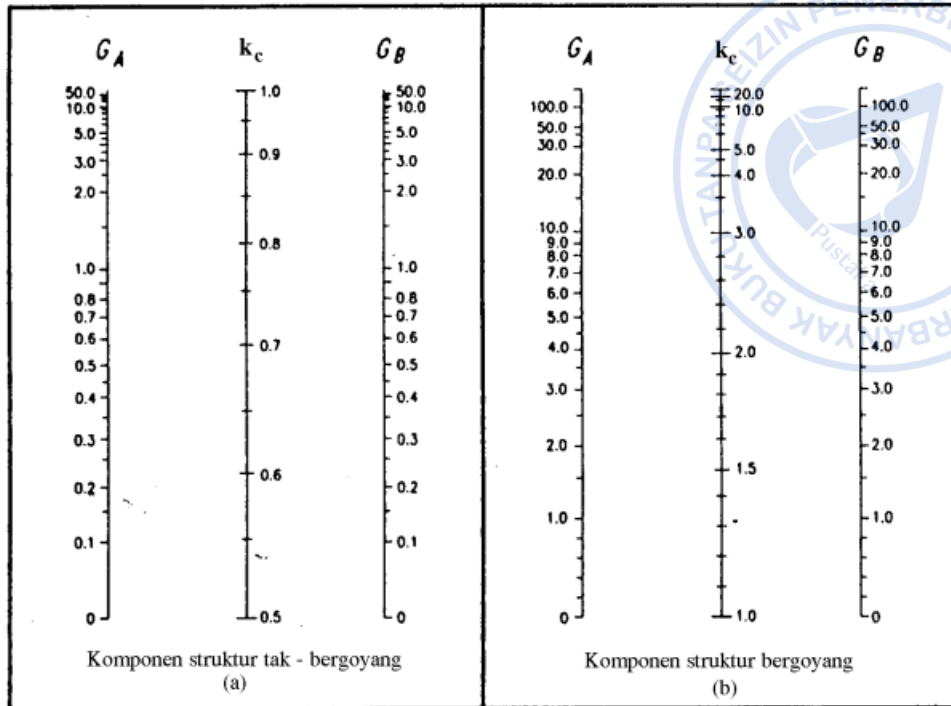
$$L_k = K \cdot L \dots\dots\dots(1.1)$$

Kolom ideal adalah kolom yang berdiri sebagai kolom tunggal. Dalam kenyataannya, kolom ideal jarang ditemui. Contoh berbagai, kolom ideal ditunjukkan pada gambar. Parameter material,  $F_y$  dan  $F_u$  akan menentukan batang tarik. Rangka tidak-bergoyang dan rangka bergoyang. Panjang efektif kolom atau KL adalah cara sederhana tetapi efektif dalam memprediksi kekuatan kolom, yaitu mencari korelasi bentuk tekuk yang berkesuaian. Pada sistem rangka batang (*truss*) yang merupakan rangka tidak bergoyang, maka nilai  $0.5 < K < 1.0$ . Panjang efektif kolom atau KL tidak melebihi dari panjang kolom sebenarnya. Besarnya nilai K untuk kolom ideal dapat dilihat pada gambar di bawah.

Buckled shape of column is shown by dashed line.	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended K value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
End condition code		Rotation fixed	Translation fixed		Rotation free	Translation fixed
		Rotation free	Translation fixed		Rotation fixed	Translation free
		Rotation fixed	Translation free		Rotation free	Translation free
		Rotation free	Translation free		Rotation fixed	Translation fixed

**Gambar 1.2** Panjang Efektif Kolom Ideal

Ketika  $G_A$  dan  $G_B$  telah dihitung dari kolom suatu portal, juga telah dievaluasi kondisi pertambatannya. Selanjutnya, tempatkan titik  $G_A$  pada skala garis *alignment chart* sebelah kiri, juga titik  $G_B$  pada garis skala di sebelah kanan. Dari dua titik  $G_A$  dan  $G_B$  tersebut kemudian ditarik garis lurus-lurus sampai memotong garis skala nilai K di tengah. Nilai K dibaca sebagai kekakuan. Kolom dari rangka bergoyang nilai  $G_A=10$  dan  $G_B=1.5$  maka nilai  $G_A=10$  dan  $G_B=1$  untuk portal tidak bergoyang.



**Gambar 1.3** Nomogram Faktor Panjang Tekuk

$$Nu \leq \phi \cdot Nn \dots\dots\dots (1.2)$$

$$Nn = Ag \cdot \frac{fy}{\omega} \dots\dots\dots (1.3)$$

Di mana,

$Nn$  = Kuat tekan nominal, (N)

$\phi$  = 0.85

$Ag$  = Luas Penampang Bruto Profil

$Fy$  = Tegangan Leleh

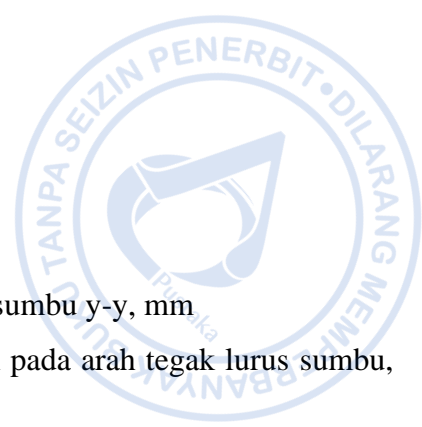
Nilai  $\omega$  (koefisien tekuk) diambil sebesar 3 kemungkinan :

1) Untuk  $\lambda c \leq 0,25$  maka  $\omega = 1,0$

2) Untuk  $0,25 < \lambda c < 1,2$  maka  $\omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \times \lambda c}$

3) Untuk  $\lambda c \geq 1,2$  maka  $\omega = 1,25 \cdot \lambda c^2$

$$\lambda c = \frac{1}{\pi} \times \frac{Lk}{ry} \times \left[ \sqrt{\frac{fy}{E}} \right] \dots\dots\dots (1.4)$$



Di mana,

$A_g$  = Luas tampang bruto/gross,  $mm^2$

$f_{cr}$  = Tegangan kritis tampang, Mpa

$f_y$  = Tegangan leleh baja, Mpa

$r_y$  = jari-jari girasi komponen struktur terhadap sumbu y-y, mm

$L_k$  = Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu, mm

**Tabel B4.1a**  
**Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan**  
**Komponen Struktur yang Mengalami Aksial Tekan**

Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal $\lambda_c$ (nonlangsing / langsing)	Contoh	
Elemen tidak diperkaku	1	Sayap Profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap kanal, dan sayap T	$b/t$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	$b/t$	$0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tidak diperkaku lainnya	$b/t$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	Badan T	$d/t$	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elemen diperkaku	5	Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	$h/t_w$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Dinding PSR persegi panjang	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	$b/t$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSR bulat	$D/t$	$0,11 \frac{E}{F_y}$	

[a]  $k_c = 4\sqrt{h/t_w}$ , tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 atau lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.

## 2. PERENCANAAN BATANG LENTUR BALOK (BALOK)

Batang lentur/balok (*beam*) adalah elemen struktur yang menerima beban tekan bekerja tegak-lurus terhadap sumbu memanjangnya. Akibat arah beban yang tegak lurus dengan sumbu memanjang batang, maka pada batang akan timbul gaya-gaya dalam, yaitu berupa gaya geser (gaya lintang) yang tergambar dalam bentuk SFD dan momen lentur yang tergambar dalam bentuk BMD. Penampang balok di titik C (pot. A-A) harus mampu menahan gaya geser/lintang sebesar  $V_c$  dan momen lentur  $M_c$ . Balok umumnya dalam posisi horisontal. Efek lain akibat arah beban yang tegak lurus dengan sumbu memanjang batang, maka batang juga melendut. Untuk itu, perencanaan suatu batang lentur (balok), didasarkan pada 3 kriteria, yaitu:

- berdasarkan momen lentur
- berdasarkan gaya geser
- berdasarkan lendut

Sebuah struktur, ketidakstabilan lokal maupun elemen akan menyebabkan keruntuhan seluruh struktur (Galambos & Surovek, 2008). Salah satu ketidakstabilan yang dapat terjadi pada komponen struktur balok adalah fenomena tekuk. Fenomena tekuk mengakibatkan struktur dapat runtuh sebelum mencapai leleh. Tekuk pada komponen struktur dapat dibagi menjadi tekuk lokal dan tekuk global. Salah satu jenis tekuk global yang dapat terjadi pada balok penampang I adalah tekuk torsi lateral. Tekuk torsi lateral adalah peralihan penampang secara lateral disertai dengan torsi penampang yang diakibatkan oleh momen lentur.

### A. Pengaruh Kelangsingan Pada Profil Baja

Pada umumnya bahwa penampang balok baja terdiri dari profil terbuka dan elemennya relatif tipis. Kelangsingan dapat diukur dari rasio lebar-tebal. Jika terjadi tegangan tekan, elemen beresiko mengalami keruntuhan tekuk lokal (*local buckling*)

#### a) Tekuk Lokal:

Suatu batang lentur (*natot*) dapat mengalami tekuk pada pelat sayap atas dan pelat badan bagian atas, tekuk ini disebut sebagai tekuk lokal seperti terlihat pada gambar di bawah. Tekuk lokal yang terjadi di badan profil disebut sebagai tekuk badan, sedang yang terjadi di sayap profil disebut sebagai tekuk sayap.



Gambar 1.2 Kegagalan Tekuk Lokal Baja

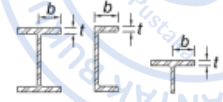
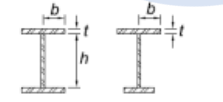
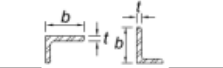
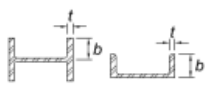

Elemen- elemen penyusun profil diklasifikasikan sebagai kompak, non kompak dan langsing. Klasifikasi elemen plat penyusun profil dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel B4.1a  
Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan  
Komponen Struktur yang Mengalami Aksial Tekan

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal $\lambda_c$ (nonlangsing /langsing)	Contoh
Elemen tidak diperkaku	1	Sayap Profil I gilas panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I gilas panas, kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap kanal, dan sayap T	$b/t$	$0,56 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	2	Sayap profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun	$b/t$	$0,64 \sqrt{\frac{k_c E}{F_y}}$ [a]	
	3	Kaki siku tunggal, kaki siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen tidak diperkaku lainnya	$b/t$	$0,45 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	4	Badan T	$d/t$	$0,75 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Elemen diperkaku	5	Badan profil I simetris ganda dan penampang profil I tersusun dan kanal	$h/t_w$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	6	Dinding PSR persegi panjang	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara baris-baris pengencang atau las	$b/t$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya	$b/t$	$1,49 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	9	PSR bulat	$D/t$	$0,11 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

[a]  $k_c = 4\sqrt{h/t_w}$ , tetapi tidak boleh diambil kurang dari 0,35 atau lebih besar dari 0,76 dalam perhitungan.

**Tabel B4.1b**  
**Rasio Lebar terhadap Tebal: Elemen Tekan**  
**Komponen Struktur yang Mengalami Lentur**

	Kasus	Deskripsi Elemen	Rasio Lebar terhadap Tebal	Batas Rasio Lebar terhadap Tebal		Contoh
				$\lambda_p$ (kompak/ nonkompak)	$\lambda_r$ (nonkompak/ langsing)	
Elemen tidak diperkaku	10	Sayap profil I gilas panas, kanal, dan T	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11	Sayap profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{k_c E}{F_L}}$	
	12	Kaki siku tunggal	$b/t$	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13	Sayap semua profil I dan kanal yang mengalami lentur terhadap sumbu lemah	$b/t$	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14	Badan T	$d/t$	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,52 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

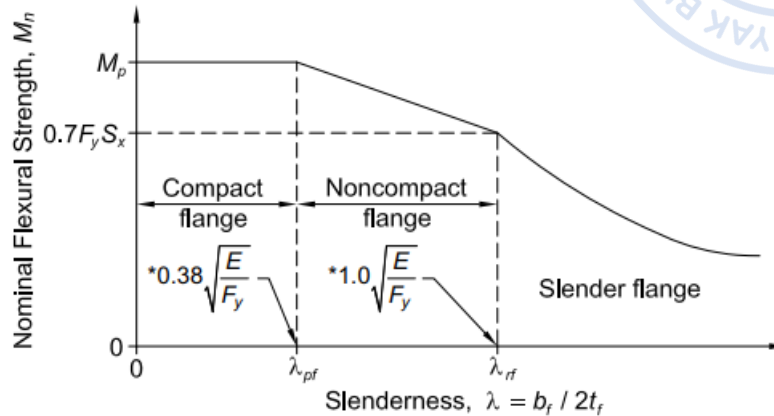
**Gambar 1.1** Klasifikasi Penampang

Berdasarkan nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  dari plat badan dan sayap, dibagi menjadi 3:

- (1) Penampang Kompak :  $(\lambda_f \text{ juga } \lambda_w) < \lambda_p$
- (2) Penampang tak kompak :  $\Lambda_p < (\lambda_f \text{ juga } \lambda_w) < \lambda_r$
- (3) Penampang langsing :  $\Lambda_r < (\lambda_f \text{ juga } \lambda_w)$

Profil kompak mampu memikul momen sampai serat terluar mencapai tegangan leleh, Ketika diberi momen lagi dapat berotasi lagi, sekaligus mendistribusi tegangan ke serat penampang bagian dalam, sampai semuanya plastis ( $M_p$ ). Profil kompak merupakan konfigurasi geometri penampang yang paling efisien dalam memanfaatkan material. Profil non-kompak mempunyai efisiensi satu tingkat lebih kecil dibandingkan penampang kompak dan ketika dibebani serat tepi terluarnya dapat mencapai tegangan leleh, meskipun demikian sebelum penampang plastis penuh terbentuk, profil akan mengalami tekuk lokal terlebih dahulu. Oleh karena itu, kapasitas momen yang dapat diandalkan pada penampang ini adalah  $M_y < M_p$ .

Penampang langsing adalah konfigurasi profil yang tidak efisien ditinjau dari segi pemakaian material. Apalagi jika yang dipakai adalah bahan baja yang bermutu tinggi. Ketika dibebani sebelum tegangan mencapai kondisi leleh telah terjadi tekuk lokal terlebih dahulu, sehingga untuk profil agar mencapai kondisi leleh harus memberi sokongan lateral agar tidak terjadi tekuk lokal sebelum profil mencapai kondisi leleh.



**Gambar 1.1** Momen Nominal berdasarkan Kelangsingan Penampang

Untuk profil kompak:

$$M_n = \phi \times Z \times F_y \dots \dots \dots (1.5)$$

Untuk penampang non-kompak:

$$\left[ M_n = M_p - (M_p - 0.7f_y \cdot s_x) \cdot \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \dots \dots \dots (1.6)$$

Untuk Penampang langsing:

$$M_n = \frac{0.9 \times E K_c \times S_x}{\lambda^2} \dots \dots \dots (1.7)$$

Perhitungan Gaya Geser

Gaya Geser Nominal:

$$V_u < \phi_v \times V_n \dots \dots \dots (1.8)$$



Dengan  $V_n$ :

$$V_n = 0.6 \times f_y \times A_w \times C_v$$

Dengan:

$f_y$  = kuat leleh baja

$A_w$  = Luas total plat badan ( $d \times t_w$ )

$C_v$  = Faktor reduksi untuk mengantisipasi terjadinya tekuk di plat badan

$$\text{Jika : } h/t_w < 2.24 \times \left[ \frac{E}{f_y} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (1.9)$$

$$\phi_v = 1$$

$$C_v = 1$$

$$h/t_w < 1.10 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (1.10)$$

$$C_v = 1$$

$$2.24 \times \left[ \frac{E}{f_y} \right]^{0.5} < h/t_w < 1.37 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (1.11)$$

$$C_v = 1.10 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} (h/t_w)$$

$$h/t_w > 1.37 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (1.12)$$

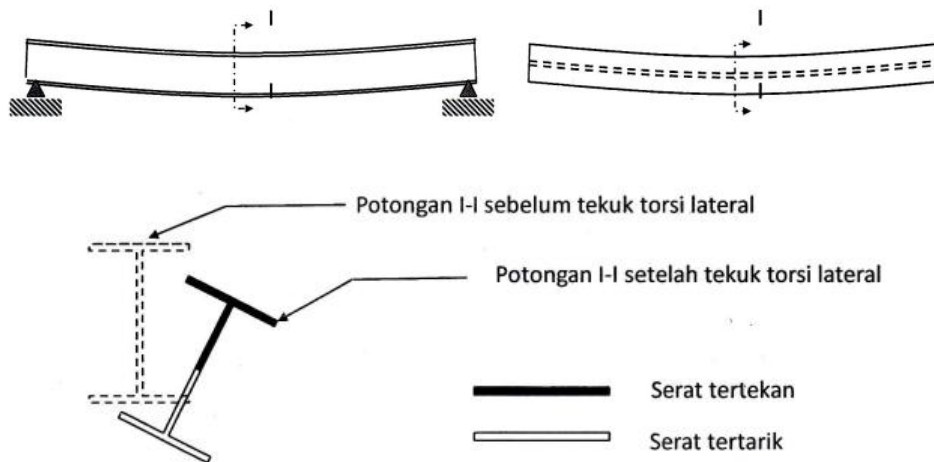
$$C_v = \frac{1.51 \times k_v \times E}{\left( \frac{h}{t_w} \right)^2 \times f_y}$$

Koefisien tekuk plat ( $K_v$ ) untuk profil -I tanpa plat pengaku tegak dan kelangsingan plat badannya  $h/t_w < 240$  nilai  $K_v = 5.0$ . Apabila ada plat pengaku tegak untuk tiap jarak  $a$  dengan syarat  $a/h < 3$ , maka koefisien tekuk plat menjadi:

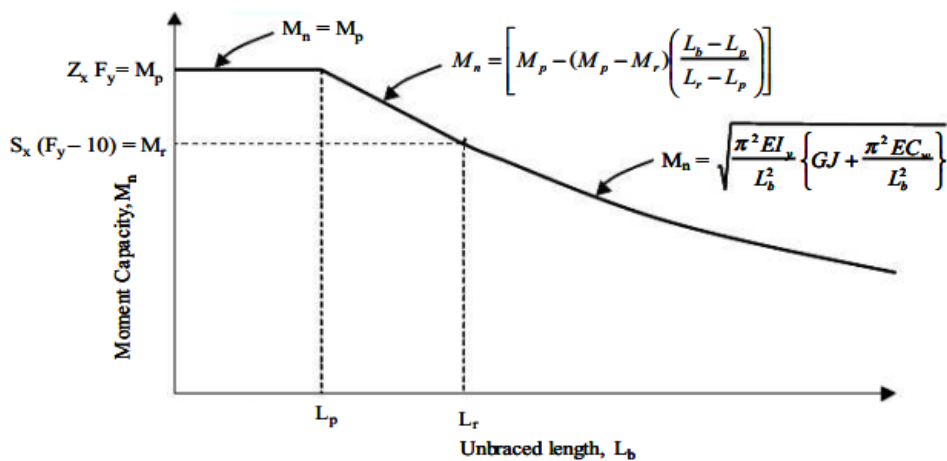
$$K_v = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} \dots\dots\dots (1.13)$$

b) Tekuk Torsi Lateral (Tekuk Global)

Tekuk torsi lateral adalah fenomena kegagalan struktur yang terjadi ketika suatu elemen struktur, seperti balok atau kolom, mengalami kombinasi dari tekuk lateral dan torsi. Tekuk lateral terjadi ketika elemen struktur mengalami deformasi lateral akibat beban yang diberikan, sedangkan torsi terjadi ketika elemen struktur mengalami putaran akibat momen torsi.



**Gambar 1.2** Kegagalan Tekuk Global Baja



**Gambar 1.1** Momen Nominal berdasarkan Kelangsingan Penampang

### 3. Batang Kombinasi Tekan dan Lentur

Pada bab sebelumnya kita belajar terkait perencanaan batang tekan dan lentur profil secara terpisah. Hal itu menyebabkan aplikasinya terbatas, hanya terjadi pada struktur-struktur tertentu saja. Batang baja terhadap gaya aksial (tarik dan tekan) saja hanya cocok untuk profil rangka batang (*Truss*). Pada kenyataannya, perencanaan kolom tidak hanya menahan gaya aksial saja, akan tetapi juga terdapat gaya momen yang harus ditahan. Begitu juga pada balok lentur (*rafter*) tidak hanya menahan gaya lentur (momen) akan tetapi tetap menahan gaya aksial juga.

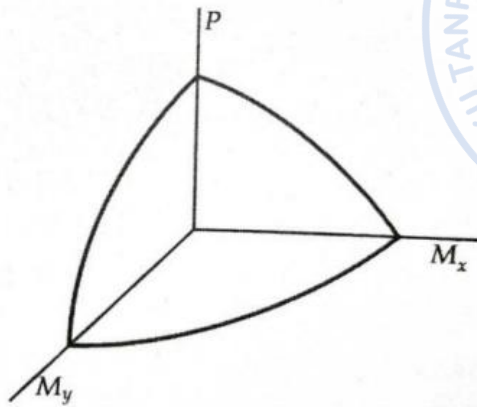
Struktur yang elemen batangnya menerima kombinasi gaya aksial dan momen sekaligus, termasuk *frame* atau portal. Rangka batang apabila pembebanannya tidak pada titik buhul juga akan menimbulkan momen, sehingga perencanaan batang tekan atau tarik saja tidak mewakili kenyataan di lapangan sehingga perencanaan tidak valid. Sehingga perlu dibahas perilaku dan ketentuan perencanaan batang yang menerima kombinasi yang menerima gaya aksial dan momen sekaligus.

#### A. Profil Terhadap Kombinasi Gaya-Momen

Perencanaan secara sendiri elemen-elemen struktur terhadap gaya atau momen dipilih karena kapasitas batang hanya maksimal untuk satu kondisi saja. Apabila terjadi kombinasi antara gaya dan momen secara sekaligus, maka kapasitas batang menjadi terbagi, sehingga kinerja terhadap daya dukungnya menjadi berkurang. Untuk lebih mudah memahami perilaku profil baja yang mengalami gaya tekan dan momen maka disusun kurva interaksi 3d. Kurva ini merupakan hubungan kolom atau balok terhadap gaya aksial dan momen pada sumbu kuat ( $M_x$ ) dan sumbu lemah ( $M_y$ ) suatu profil.

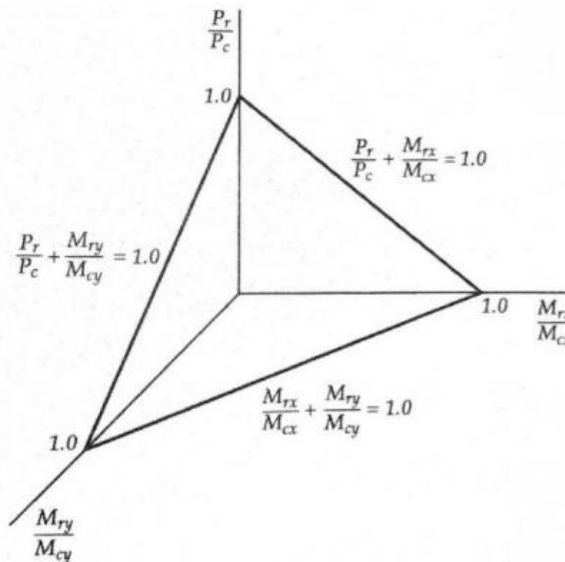
Tiap sumbu pada diagram di atas mewakili kapasitas balok-kolom yang diibebani oleh satu macam gaya atau momen secara sendiri-sendiri. Adapun lengkung di antara dua sumbu merupakan kombinasi gaya-momen (biaksial). Adapun kurva permukaan hasil pertemuan ketiga kurva merupakan batas kapasitas kombimasi aksial-momen. Seperti perencanaan kolom biaksial pada kolom beton, jadi jika terdapat kombinasi beban aksial dan momen yang nilainya masih berada di bawah kurva batas kapasitas, maka dianggap profil masih aman dan memenuhi syarat perencanaan. Untuk meninjau hal tersebut, Rumus yang biasa  $R_u < \phi R_n$  atau gaya tumpu perlu harus kurang dari gaya tumpu nominal

yang sudah dikalikan faktor reduksi menjadi rumus interaksi  $R_u/\phi R_n < 1.0$ . Nilai di bawah 1 artinya di bawah batas kapasitas.



**Gambar 1.1** Kurva kapasitas batang gemuk terhadap kombinasi gaya-momen

Selanjutnya dapat disusun kurva interaksi sederhana dengan mengkombinasikan gaya aksial perlu ( $P_r$ ) terhadap kapasitas gaya aksial ( $P_c$ ), momen sumbu kuat perlu ( $M_{rx}$ ) terhadap kapasitas momen sumbu kuat rencana ( $M_{cx}$ ), dan momen sumbu lemah perlu ( $M_{ry}$ ) terhadap kapasitas momen sumbu lemah rencana ( $M_{cy}$ ). Hasil kurva interaksi 3D pada gambar berikut.



**Gambar 1.1** Kurva interaksi kombinasi gaya-momen sederhana

## B. Penampang Simetri Terhadap Lentur & Gaya Aksial

Telah dijelaskan bagaimana kurva interaksi AISC disusun, selanjutnya akan dijelaskan aplikasi untuk perencanaan. Interaksi momen lentur dan gaya aksial pada penampang simetri ganda atau simetri tunggal dengan  $0.1 < I_{yc}/I_y < 0.9$  yang momennya dapat dipaksa melentur pada sumbu simetrinya, harus memenuhi persamaan H1-1a dan H1-1b (AISC 2010). Adapun  $I_{yc}$  adalah momen inersia sayap dengan tegangan desak terhadap sumbu y atau sumbu lemahnya.

Persamaan interaksinya adalah:

Jika  $\frac{Pr}{P_c} > 0,2$  maka :

$$\frac{Pr}{P_c} + \frac{8}{9} \left[ \frac{Mr_x}{M_{c_x}} + \frac{Mr_y}{M_{c_y}} \right] < 1.0 \dots\dots\dots (1.14)$$

Jika  $\frac{Pr}{P_c} < 0,2$  maka :

$$\frac{Pr}{2P_c} + \left[ \frac{Mr_x}{M_{c_x}} + \frac{Mr_y}{M_{c_y}} \right] < 1.0 \dots\dots\dots (1.15)$$

Di mana:

- Pr = Pu kuat aksial perlu elemen struktur, hasil analisa struktur rangka secara menyeluruh (global).
- Pc =  $\phi \cdot P_n$  Kuat rencana elemen struktur (tentukan batang tarik/batang tekan)
- Mr = Mu Kuat lentur pada elemen, hasil analisis struktur yang telah memperhitungkan efek ordo ke-2 atau efek P- $\Delta$  pada rangka secara menyeluruh
- Mc =  $\phi \cdot M_n$  Kuat rencana elemen struktur sebagai balok lentur yang dicari sesuai ketentuan pada bab 6.
- X = Subskrip simbol untuk momen lentur terhadap lentur terhadap sumbu kuat penampang
- Y = Subskrip simbol untuk momen lentur terhadap lentur terhadap sumbu lemah penampang

### C. PENGENALAN BANGUNAN INDUSTRI

Bangunan industrial mulai mengalami perkembangan seiring dengan perkembangan ekonomi di Indonesia. Proses percepatan investasi dalam negeri yang terus di dorong membuat berbagai macam sektor industri semakin maju. Perusahaan-perusahaan ternama dunia mulai melebarkan sayap industrinya di Indonesia. Hal tersebut tentu perlu ditopang dengan kondisi operasional perusahaan yang mumpuni. Dari situlah kemudian sebagian besar perusahaan mulai mendirikan bangunan industrial baik untuk proses produksi, manufaktur ataupun penyimpanan biasa.

Bangunan industrial merupakan bangunan dengan komponen arsitektural dan struktural yang relatif sederhana dibandingkan dengan tipe bangunan lain seperti, perhotelan, perkantoran dan lain sebagainya, yang tentu lebih mementingkan aspek estetika. Bangunan industrial lebih mengutamakan fungsi bangunan sebagai penunjang proses produksi dan operasional.

Umumnya bangunan industrial dibangun menggunakan material baja sebagai struktur utama. Struktur baja dapat menciptakan ruang luas terbuka yang efisien yang dibutuhkan oleh sebagian besar bangunan industrial. Biasanya struktur baja dipilih atas alasan keberlanjutan, di mana apabila terdapat rencana pengembangan bangunan, struktur baja dapat dengan mudah beradaptasi. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa bangunan industrial dibangun dengan kombinasi beberapa material lain seperti struktur beton bertulang, dan struktur baja canai dingin.

Dengan fungsi sebagai bangunan penunjang proses produksi dan operasional, biasanya bangunan industrial dibangun dengan skala luasan yang besar. Atas dasar itulah, proses perancangan bangunan industrial sangat dipengaruhi oleh biaya yang efisien. Bangunan industrial juga dibangun dengan biaya operasional yang minimum dengan tingkat keberlanjutan yang tinggi untuk mengurangi konsumsi energi yang berdampak pada biaya operasional bangunan.

Berdasarkan apa yang dirangkum oleh Newman (2004), bangunan industri pertama yang berdiri adalah Ditherington Flax Mill yang dibangun di Inggris pada Tahun 1796. Bangunan ini terdiri dari kolom-kolom logam yang didirikan untuk menggantikan material kayu yang biasa digunakan di Inggris. Ide untuk membangun fasilitas

manufaktur terbangun karena banyaknya bangunan pabrik kapas yang terbakar karena menggunakan material kayu. Begitu sifat tahan api pada material logam ditemukan, perkembangan bangunan industri dengan material logam mulai jamak digunakan di dataran Britania Raya.

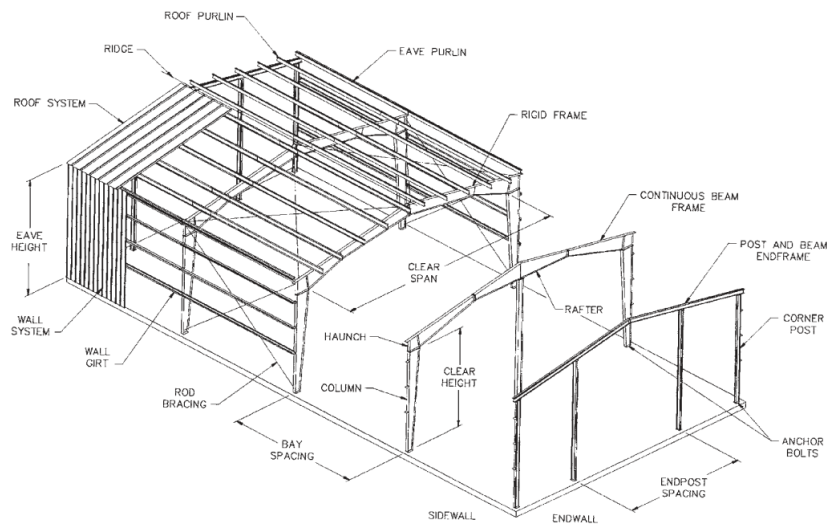
Bangunan industri yang didesain dengan struktur baja memiliki beberapa kelebihan, antara lain sebagai berikut;

- Struktur baja mampu mengakomodir bentang yang cukup panjang. Struktur rangka payon (*gable frame*) dapat mencapai bentang hingga 30m. Kemampuan untuk memberikan bentang yang panjang menjadikan struktur baja sebagai material yang ekonomis untuk digunakan pada bangunan industri.
- Pengerjaan struktur baja untuk bangunan industri relatif cepat. Dengan elemen-elemen yang sudah difabrikasi di *workshop*, proses instalasi struktur baja di lapangan jadi lebih cepat. Dari beberapa referensi, proses pekerjaan bangunan industri yang dibangun dengan struktur baja memakan durasi yang tiga kali lebih cepat ketimbang dengan material lain.
- Efisiensi biaya. Dengan sistem pra-fabrikasi di *workshop* yang menghasilkan durasi pekerjaan yang lebih cepat, kebutuhan jumlah pekerja dapat menjadi lebih sedikit sehingga biaya upah pekerja dapat dipangkas. Selain itu, sistem pra-fabrikasi yang presisi dapat menghasilkan produk yang minim cacat sehingga *waste* dapat diminimalisir.
- Kemudahan pengembangan. Bangunan industri sering kali dibangun dalam beberapa fase. Dengan struktur baja, penambahan massa bangunan akan mudah dilaksanakan karena proses pembongkaran bangunan eksisting dapat dilakukan secara mudah. Selain itu, struktur baja eksisting juga dapat digunakan kembali untuk bangunan baru.
- Proses pemeliharaan yang ringan. Pada tipikal bangunan industri yang menggunakan atap *metal sheet* yang mudah dirawat, biaya operasional untuk pemeliharaan yang dikeluarkan dapat lebih sedikit. Selain itu biaya pemeliharaan untuk struktur juga tidak relatif besar, apalagi untuk struktur baja yang telah dilapisi dengan lapisan anti korosi.

- Proses konstruksi bangunan industri umumnya tidak terlalu rumit dan membutuhkan banyak *stakeholder* sehingga tidak membutuhkan terlalu banyak vendor. *Stakeholder* yang tidak terlalu banyak membuat *owner* akan dengan mudah melacak pertanggungjawaban dari produk konstruksi yang dihasilkan oleh masing-masing *stakeholder*. Selain itu, apabila terjadi masalah maupun saat masa perawatan, *owner* juga akan mudah untuk meminta penjelasan kepada *stakeholder* terkait.

## 1. Komponen-komponen pada Bangunan Industri

Elemen paling mendasar yang jamak digunakan pada bangunan industri terdiri dari kolom dan balok. Sistem mendasar ini kemudian dimodifikasi dengan cara-cara tertentu untuk menghasilkan struktur yang efisien. Tipe struktur yang paling sering digunakan adalah *portal frame* baik yang bertipe *gable frame* maupun *monoslope*. Sistem struktur ini memiliki stabilitas searah bidang yang cukup. Namun stabilitas pada arah luar bidang perlu diantisipasi dengan bantuan *bracing*. Dalam suatu bangunan industri semua komponen bersatu menjadi satu komponen yang membentuk suatu sistem utuh. Terdapat beberapa komponen yang hampir selalu ada pada bangunan industri seperti rangka utama, purlin, *girts*, *bracings*, nok atap, dan kolom *post*. Pada gambar di bawah disajikan secara lengkap gambaran bagaimana komponen bangunan industri membentuk suatu sistem yang utuh.



**Gambar 1. 1.** Komponen pada Bangunan Industri

(Sumber: Newman, 2003)

### a. Struktur Utama (*Main Frame*)

Di Indonesia, bangunan industri sangat jamak menggunakan sistem struktur portal karena alasan efisiensi dan kemudahan fungsi. Berbagai jenis tipe portal dapat didesain dengan sistem utama yang hampir serupa, bisa berbentuk *gable frame*, *curved frame*, *gable frame* dua bentang dan lain sebagainya. Struktur portal menyediakan ruang dengan bentang yang lebar yang akan memudahkan proses operasional dari bangunan industri. Umumnya sistem struktur portal ini didesain dengan profil *wide flange* dari baja canai panas, dengan variasi profil baja canai dingin sebagai *secondary framing* (purlin, *girts*, dan lain sebagainya). Di Eropa dan juga beberapa proyek di Indonesia, sistem struktur portal dikembangkan menggunakan variasi profil lain seperti, *honeycomb* dan *cellular beam*. Tentu pemilihan profil yang digunakan menyesuaikan kebutuhan serta pembebanan yang ada. Sistem struktur portal cocok digunakan untuk bentang sedang 25-40 m.

Selain struktur portal, sistem lain yang sering digunakan sebagai struktur utama bangunan industri adalah sistem *truss* 2d. Sistem ini dapat dibentuk dengan menggunakan profil T, *wide flange*, pipa, atau kanal. Dua di antara sistem struktur *truss* untuk atap yang paling sering digunakan adalah *truss* tipe W dan tipe N. *Design Guide 7: Design for Industrial Building*, memberikan rekomendasi konfigurasi *truss* yang ekonomis untuk digunakan. Untuk tinggi *truss* kurang dari 1,5 direkomendasikan menggunakan *truss* tipe N, sementara untuk tinggi *truss* di atas 1,5 m direkomendasikan menggunakan *truss* tipe W. Selain itu penggunaan profil T juga lebih ekonomis karena dapat mengeliminasi penggunaan *gusset* untuk batang vertikal dan diagonal. Sebagai acuan awal, umumnya rasio tinggi *truss* terhadap bentang diambil sekitar 1/15 hingga 1/20 karena dapat menghasilkan struktur yang ekonomis. Sistem struktur rangka atap *truss* dapat dikombinasikan baik dengan kolom baja biasa, kolom baja *truss*, maupun kolom beton. Semuanya tentu dengan pertimbangan biaya yang dapat diakomodir oleh *owner*.

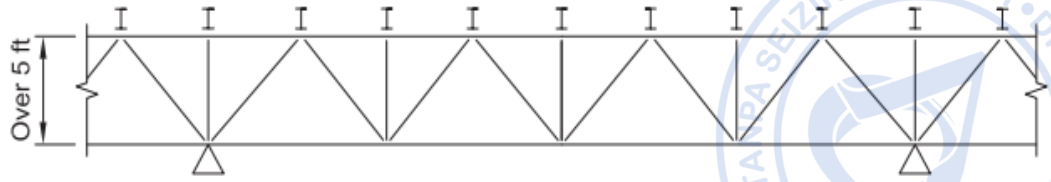


Fig. 4-1. Economical truss web arrangement.

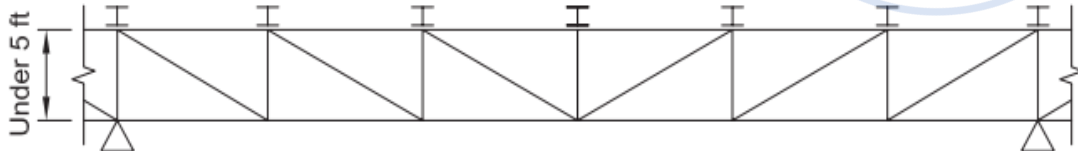


Fig. 4-2. Economical truss web arrangement.

**Gambar 1. 2.** Rekomendasi Konfigurasi Truss untuk Atap

(Sumber: *Design Guide 7 AISC: Industrial Building Design, 2019*)

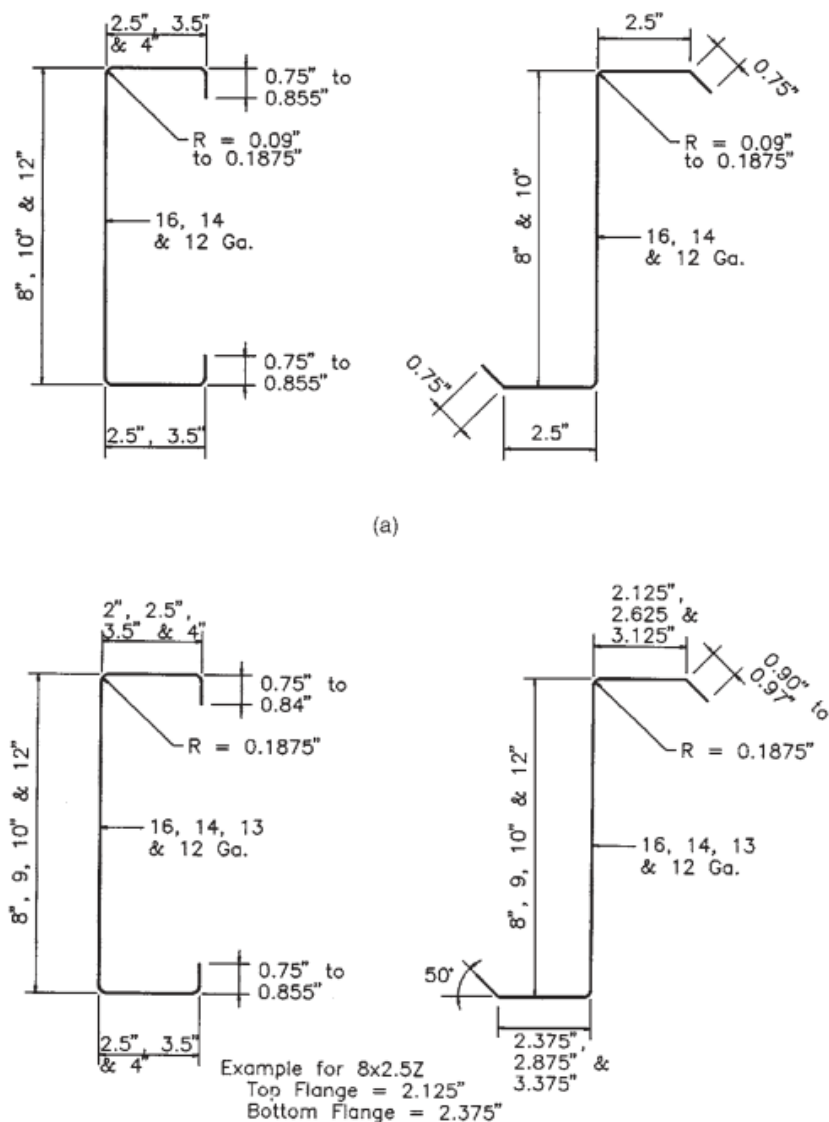
Sistem struktur lain yang bisa digunakan untuk bangunan industri dengan bentang yang ekstra lebar adalah sistem struktur *suspended*. Struktur ini ditopang dengan batang-batang tarik dari struktur kabel. Struktur tersuspensi dapat dirancang dengan memperpanjang kolom di luar gedung untuk penyangga batang tarik. Contoh penggunaan struktur tersuspensi di Indonesia ada pada Terminal Induk Pulogebang.



**Gambar 1. 3.** Contoh Sistem Struktur Suspended (Terminal Pulogebang)

**b. Struktur Pendukung (*Secondary Frame*)**

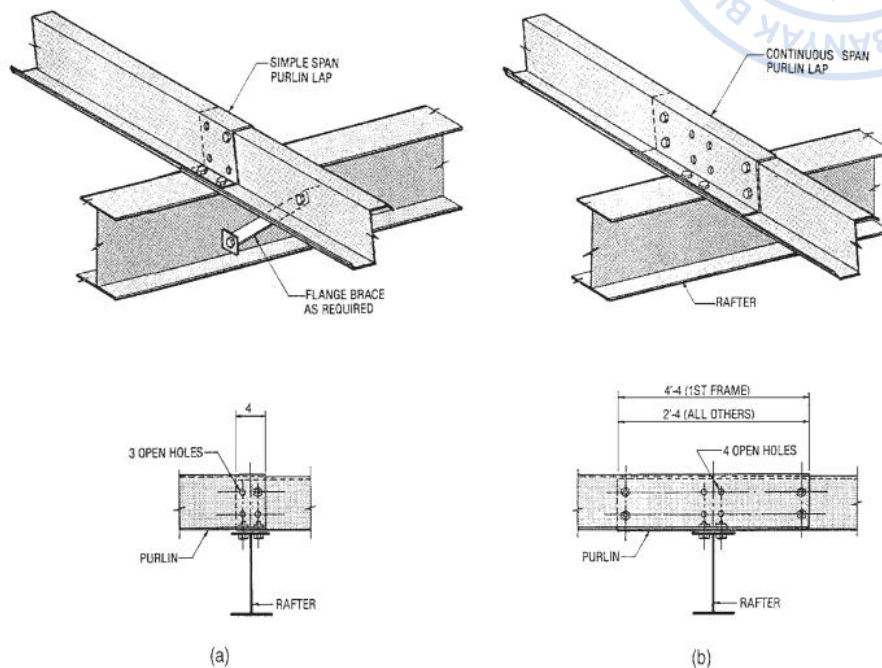
Sistem struktur pendukung pada bangunan industri terdiri dari purlin dan *girts*. Purlin pada bangunan industri dapat didesain baik menggunakan baja canai panas dan baja canai dingin. Purlin yang berasal dari baja canai dingin biasa dibuat dari profil C dan Z. Purlin dengan tinggi profil 20 hingga 30 kaki dapat mengakomodir bentang 7,5 hingga 9 m. Purlin dengan profil C atau Z normalnya terbuat dari baja mutu tinggi seperti ASTM A 570 atau A 607. Sementara untuk purlin yang berasal dari baja canai panas bisa dibuat dari profil CNP, box CNP, *Square Hollow Section*, maupun *Rectangular Hollow Section*.



**Gambar 1. 4.** Profil Baja Canai Dingin C dan Z untuk Purlin

(Sumber: Newman, 2003)

Koneksi antara purlin dengan *rafter* dapat dibuat secara menerus (*continuous*) maupun tertumpu secara sederhana (*simply supported beam*). Untuk membuat purlin dengan sistem menerus, dibutuhkan *lap splice* yang lebih panjang, umumnya sekitar 120 cm untuk purlin di bentang pertama dan 60 cm untuk purlin pada bentang yang lain. Sementara untuk purlin yang tertumpu sederhana hanya dibutuhkan 10 cm *lap splice*.



**Gambar 1.5.** Koneksi Antara Purlin ke *Rafter*

(Sumber: Newman, 2003)

Sementara itu, bagian lain yang merupakan rangka sekunder pada bangunan industri adalah *girt*. *Girt* bisa digunakan dari profil baja canai dingin seperti profil C dan Z, juga bisa digunakan dari profil baja canai panas seperti profil kanal. Belakangan, profil *hollow square section* juga mulai banyak digunakan sebagai *girt* untuk mengeliminasi *bracing* eksternal yang menghubungkan *girt* dengan rangka kolom. Profil baja canai dingin dapat digunakan apabila faktor ekonomi menjadi pertimbangan. *Girt* dari profil baja canai dingin biasanya tidak membutuhkan *sag rod* tambahan. Dinding metal juga dapat dihubungkan dengan *girt* dengan *screw* yang relatif murah. Sementara, profil baja canai panas digunakan sebagai struktur *girt* apabila lingkungan sekitar lokasi rawan mengakibatkan korosi. Selain itu, untuk sistem dinding tertentu yang berat, *girt* harus

didesain dengan baja canai dingin yang relatif lebih kuat. Proses desain struktur *girt* dapat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Dimensi *girt* ditentukan berdasarkan beban eksternal baik dari berat sendiri dinding atau beban angin
- Tentukan kebutuhan *sag rod* berdasarkan kriteria defleksi dan tegangan momen di sumbu lemah *girt*
- Periksa beban internal hisap pada *girt* berdasarkan Spesifikasi AISC Bab F
- Jika dimensi *girt* tidak cukup kuat, tingkatkan dimensi *girt* atau tambahkan *sag rod*
- Cek kriteria kemampuan layanan *girt*
- Cek kapasitas *sag rod* untuk menahan puntir akibat beban hisap.

## 2. Standar dan Peraturan yang Digunakan

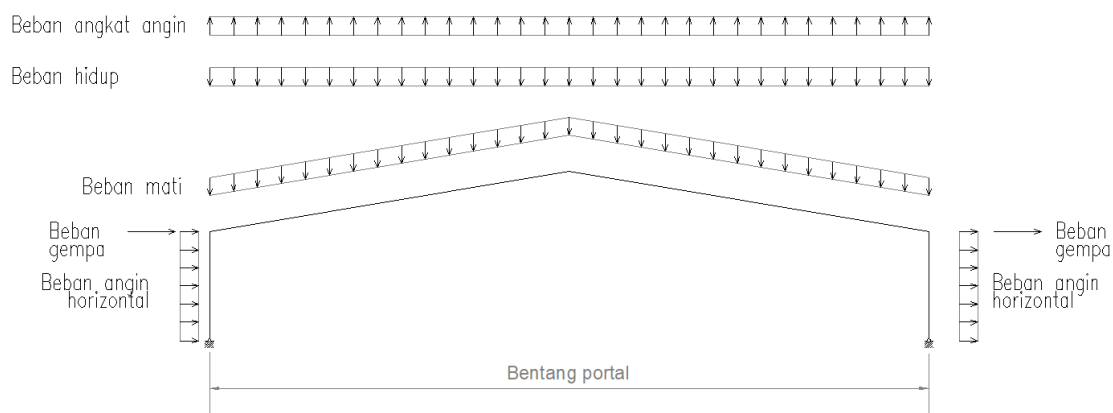
Dalam perencanaan struktur bangunan industri, standar dan peraturan yang jamak diadopsi antara lain sebagai berikut:

- Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726-2019.
- Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727-2020.
- Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural, SNI 1729-2020.
- Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, SNI 2847-2019.
- *Building Code Requirements for Structural Concrete*, ACI 318-14.
- *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, ASCE 7-16.
- *Specification for Structural Steel Buildings*, AISC 360-16.

## 3. Alur Beban pada Struktur Bangunan Industri

Pemahaman mengenai proses alur beban pada suatu struktur menjadi sesuatu yang fundamental. Semua elemen struktur yang didesain perlu memiliki kekuatan yang cukup untuk mengakomodir beban yang ada. Beban dapat bekerja baik secara gravitasi maupun secara lateral. Pada struktur baja beban lain yang perlu dipertimbangkan adalah ekspansi

termal. Pada bangunan industri alur beban umumnya dimulai dari atap. Atap akan menahan beban vertikal yang terdiri dari berat sendiri struktur, beban mati tambahan pada atap, beban hujan, serta beban hidup untuk proses perawatan bangunan. Dalam perkembangan yang ada, atap pada bangunan industri juga mulai didesain untuk menahan *solar panel* sehingga beban-beban tambahan seperti *walkway* perlu dipertimbangkan. Beban lain yang bekerja pada atap adalah beban angin. Pada atap dengan sudut yang tidak besar, umumnya terjadi angin hisap yang mengakibatkan gaya angkat pada atap. Di kawasan yang berpotensi mengalami risiko tekanan angin yang tinggi, atap perlu didesain dengan kekuatan yang memadai.

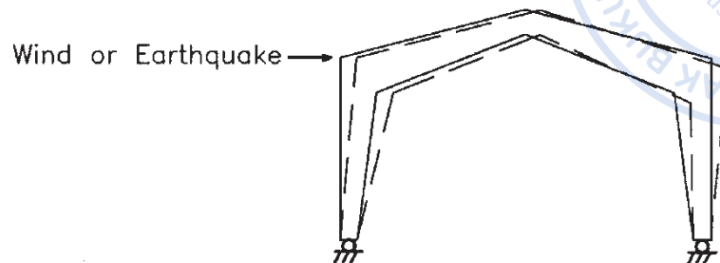


**Gambar 1. 6.** Beban yang Terjadi pada Bangunan Industri

Selain bekerja pada atap, beban angin juga bekerja pada kolom sebagai bagian dari portal penahan gaya utama. Besaran bebannya variatif dan bergantung pada kecepatan angin serta konfigurasi bangunan. Beban angin perlu ditinjau baik yang datang dari arah transversal maupun longitudinal. Beban angin yang datang pada arah transversal akan ditahan oleh struktur portal yang kokoh, namun beban angin pada arah longitudinal akan menerpa sumbu lemah bangunan. Bangunan industri umumnya memiliki stabilitas lateral pada arah longitudinal yang rendah sehingga apabila dikenai beban angin terjadi keruntuhan. Atas dasar tersebut, penggunaan *X-bracing* dapat menambah kekuatan di sumbu lemah bangunan.

Selain beban angin, beban horizontal lain yang bekerja pada struktur bangunan industri adalah beban gempa. Pada arah transversal beban gempa akan ditahan oleh portal rangka yang terdiri dari kolom dan *rafter*. Sementara pada arah longitudinal beban gempa

akan ditahan oleh sistem rangka dengan tambahan *X-bracing*. Sistem penahan gaya lateral yang jamak digunakan pada struktur bangunan industri adalah sistem rangka pemikul momen biasa pada arah transversal dan sistem rangka dengan *breising* konsentris biasa pada arah longitudinal.

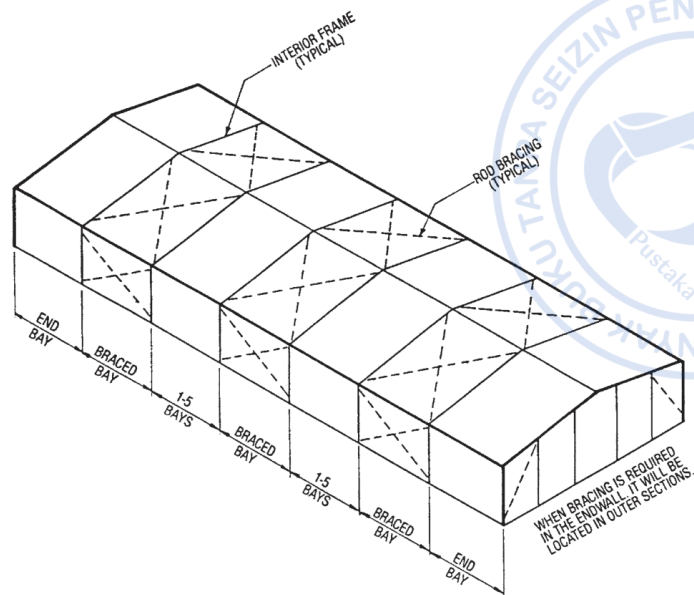


**Gambar 1. 7.** Beban Horizontal yang Terjadi pada Portal Utama

(Sumber: Newman, 2003)

Pada struktur bangunan industri yang didesain dengan beban *crane*, beban lateral akibat roda juga perlu dipertimbangkan. Beban lateral tersebut akan ditahan oleh *runway beam* dan dibantu dengan *backing truss* untuk mengantisipasi lendutan horizontal pada *runway* serta *buckling* di bagian *top flange*. Beban lateral ini ditransfer ke kolom melalui *backing truss* atau tambatan lateral setempat di setiap kolom yang menopang *runway beam*. Selain beban lateral, *crane* juga memberikan beban gravitasi yang cukup besar pada bangunan. Beban angkat *crane* serta berat sendiri *girder crane plus trolley* dan *hoist* perlu dipertimbangkan dengan matang. *Runway beam crane* perlu didesain dengan inersia sumbu kuat yang besar untuk mengantisipasi lendutan vertikal akibat beban angkat dan berat sendiri *crane*.

Beban lain yang perlu dipertimbangkan adalah beban dinding. Pada bangunan industri beban dinding akan ditopang oleh *girt* yang merangka pada kolom-kolom bangunan. *Girt* juga perlu didesain kuat menahan tekanan akibat beban angin horizontal yang didesain berdasarkan beban angin untuk komponen dan *klading*. Desain untuk struktur *girt* dapat dilakukan secara terpisah dari model struktur utama bangunan namun bebannya harus tetap dipertimbangkan karena akan berpengaruh pada perhitungan massa gempa efektif.



**Gambar 1. 8.** Tipikal Bangunan Industri dengan *X-bracing* pada Sumbu Lemah Bangunan  
(Sumber: Newman, 2003)

#### 4. Pengenalan Sistem PEB (*Pre-Engineered Beam*)

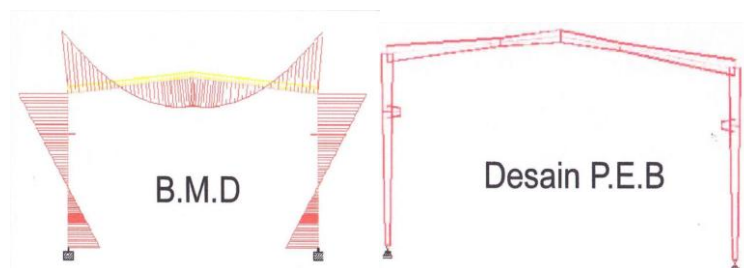
Dari banyaknya keunggulan baja dalam material yang dijadikan bahan konstruksi, baja merupakan material yang harganya relatif mahal daripada beton. Dalam pemakaiannya terkadang ada yang tidak bisa dimanfaatkan dengan penuh (terdapat sisa saat pemasangan). Sehingga banyak sekali inovasi yang digunakan untuk optimasi demi mengurangi harga material baja tersebut, salah satunya yaitu metode PEB. Secara sederhana sistem PEB yaitu suatu jenis sistem yang dirancang dan diproduksi secara khusus untuk memenuhi kebutuhan struktural dan arsitektur tertentu. Dalam beberapa tahun terakhir, profil balok PEB telah menjadi pilihan populer dalam industri konstruksi karena kekuatan, efisiensi, dan fleksibilitasnya. Salah satu kelebihan utama profil balok PEB adalah kekuatannya yang tinggi.

Profil ini dirancang untuk menahan beban yang besar dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk gudang, pabrik, dan bangunan komersial. Dengan kekuatan yang tinggi, profil balok PEB dapat mengurangi risiko kerusakan struktural dan meningkatkan keamanan bangunan. Selain kekuatan, profil balok PEB juga memiliki efisiensi yang tinggi. Profil ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan struktural yang spesifik, sehingga dapat mengurangi biaya dan material yang digunakan. Dengan

demikian, profil balok PEB dapat membantu mengurangi biaya konstruksi dan meningkatkan efisiensi proyek. Fleksibilitas profil balok PEB juga merupakan salah satu kelebihanannya. Profil ini dapat dirancang dalam berbagai bentuk dan ukuran untuk memenuhi kebutuhan arsitektur yang berbeda-beda. Dengan demikian, profil balok PEB dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk bangunan dengan desain yang unik dan kompleks.

Pada umumnya menggunakan profil *bulit-up* baja mutu tinggi dengan profil balok non prismatis, yang mempunyai penampang yang tidak sama di sepanjang bentang. Sistem ini di dasari pada perbedaan momen yang terjadi di sepanjang bentang. Ukuran (tinggi) balok yang efisien jika disesuaikan dengan besarnya momen yang terjadi. Seperti yang telah diketahui, pada struktur balok atau portal, akibat beban merata maka momen maksimum hanya di tempat-tempat tertentu, apabila *simple-beam* maka momen maksimumnya di lapangan dan untuk portal ada di sudut-sudut portal.

Jadi pemakaian ukuran profil yang sama, untuk semua bentang, dipastikan ada bagian yang tidak optimal. Oleh karena itu, dengan memanfaatkan teknologi las, tinggi profil baja diubah sedemikian rupa menjadi bentuk *tapered*, bagian dengan momen maksimum, lebih tinggi daripada bagian lain yang momennya lebih kecil.



**Gambar 1. 9.** Distribusi Momen Pada Frame

## **D. BEBAN-BEBAN PADA STRUKTUR**

### **1. Beban Mati (*Dead Load* dan *Collateral Load*)**

Beban mati merupakan beban yang merepresentasikan berat sendiri struktur dan komponen penunjangnya. Dalam suatu bangunan industri, biasanya beban mati juga terdiri dari beban peralatan yang ditempatkan secara permanen pada struktur. Beban mati dapat diaplikasikan baik sebagai beban garis maupun beban merata. Pada titik-titik

tertentu di mana efek akibat beban terjadi secara lokal, analisis khusus secara terpisah perlu untuk dipertimbangkan.

#### a. Berat Sendiri Elemen Struktur

Beban mati akibat berat sendiri elemen struktur terdiri atas berat dari material struktur yang digunakan. Beberapa berat jenis dari material struktur yang sering digunakan pada bangunan industri adalah baja dengan berat jenis  $7850 \text{ kg/m}^3$  dan beton dengan berat jenis  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Umumnya berat sendiri struktur secara otomatis dapat dihitung secara otomatis oleh program bantu analisis struktur seperti ETABS.

**Tabel 1. 1.**

Berat Jenis untuk Bahan Bangunan

No.	Material	Berat ( $\text{kg/m}^3$ )	Keterangan
1.	Baja	7850	
2.	Batu alam	2600	
3.	Batu belah, batu bulat, batu gunung	1500	Berat tumpuk
4.	Batu karang	700	Berat tumpuk
5.	Batu pecah	1450	
6.	Besi tuang	7250	
7.	Beton	2200	
8.	Beton bertulang	2400	
9.	Kayu	1000	Kelas I
10.	Kerikil, koral	1650	Kering udara sampai lembab, tanpa diayak
11.	Pasangan bata merah	1700	
12.	Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	

No.	Material	Berat (kg/m <sup>3</sup> )	Keterangan
13.	Pasangan batu cetak	2200	
14.	Pasangan batu karang	1450	
15.	Pasir	1600	Kering udara sampai lembab
16.	Pasir	1800	Jenuh air
17.	Pasir kerikil, koral	1850	Kering udara sampai lembab

(Sumber: Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, 1987)

#### b. Beban Mati Tambahan (*Superimposed Dead Load*)

Beban Mati Tambahan merupakan berat komponen nonstruktural (arsitektural dan MEP) yang sifatnya tetap pada struktur bangunan. Secara tipikal *Metal Building System Manual* memberikan rekomendasi beban SIDL tipikal yang dapat dijadikan acuan pada perencanaan bangunan industri sebagaimana pada tabel berikut.

**Tabel 1. 2.**

Tipikal Beban SIDL untuk Bangunan Industri

Material	Beban SIDL, kN/m <sup>2</sup>
Ceiling	
Suspended Acoustical Fiber Tile	0,05
Suspended Gypsum Board - 1/2"	0,10
Suspended Gypsum Board - 5/8"	0,14
Insulation	
Glass Fiber Blanket	Dapat diabaikan
Cellular Plastic, per inch of insulation	0,01
Lighting	0,005-0,05
HVAC Ducts, Office/Commercial	0,05
Sprinkler	
Dry	0,07
Wet	0,14

(Sumber: *Metal Building System Manual*, 2019)

## 2. Beban Hidup Atap (*Roof Live Load*)

Beban Hidup (*Live Load*) adalah beban yang terjadi akibat penggunaan struktur atau akibat beban yang sifatnya sementara (tidak tetap). Pada atap, beban hidup dipertimbangkan untuk mengakomodir kegiatan pemeliharaan bilamana suatu terjadi kerusakan pada atap. SNI 1727-2020 pada Tabel 4-1 merekomendasikan penggunaan atap sebesar  $0,96 \text{ kN/m}^2$  ( $96 \text{ kg/m}^2$ ). Beban atap ini diizinkan untuk di reduksi dengan faktor reduksi 0,6 sehingga berdasarkan SNI 1727:2020 pasal 4.8.2 disyaratkan bahwa beban hidup yang bekerja pada atap harus diambil minimum sebesar  $0.58 \text{ kN/m}^2$  ( $60 \text{ kg/m}^2$ ).

Atap datar biasa, berbubung, atap lengkung, awning dan kanopi, selain dari atap konstruksi *fabric* yang ditumpu oleh suatu struktur rangka, diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup atap yang direduksi, sebagaimana ditentukan dalam Persamaan 4.8-1 atau kombinasi beban lain yang menentukan, seperti dijelaskan dalam Pasal 2, dipilih yang menghasilkan beban terbesar. Dalam struktur seperti rumah kaca, dimana perancah khusus digunakan sebagai permukaan untuk pekerja dan material selama pemeliharaan dan pelaksanaan perbaikan, tidak boleh digunakan beban atap yang lebih rendah dari yang ditentukan dalam Persamaan 4.8-1 kecuali disetujui oleh pihak yang berwenang. Pada struktur semacam ini, beban hidup atap minimum harus diambil sebesar 12 psf ( $0,58 \text{ kN/m}^2$ ).

**Gambar 1. 10.** Ketentuan Beban Hidup untuk Atap Berdasarkan SNI 1727-2020

(*Sumber: SNI 1727-2020*)

## 3. Beban Hujan (*R*)

Atap perlu didesain agar dapat menahan beban genangan air hujan apabila sistem drainase primer pada atap tertutup. Pedoman perencanaan pembebanan untuk rumah dan gedung, 1987, memberikan rekomendasi perhitungan beban air hujan berdasarkan sudut kemiringan atap dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = 40 - 0,8 * \alpha \dots\dots\dots (1.16)$$

Di mana:

R = Beban hujan ( $\text{kg/m}^2$ )

$\alpha$  = Sudut atap (derajat)

Beban atap ini tidak perlu diambil lebih besar dari  $20 \text{ kg/m}^2$ .

Sebagai alternatif lain, SNI 1727-2020 juga memberikan rekomendasi beban yang dapat diberikan pada atap akibat genangan air hujan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = 0,0098 * (d_s + d_n) \dots\dots\dots(1.17)$$

- R = Beban hujan (kN/m<sup>2</sup>)
- d<sub>s</sub> = Kedalaman air pada atap yang tidak melendut meningkat ke lubang masuk sistem drainase sekunder apabila sistem drainase primer tertutup (tinggi statis), dalam in. (mm)
- d<sub>n</sub> = Tambahan kedalaman air pada atap yang tidak melendut di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada aliran air rencana (tinggi hidrolis), dalam in. (mm).

#### 4. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin diambil berdasarkan geometri bangunan karena beban angin merupakan beban yang paling dominan bekerja pada sebuah stuktur seperti bangunan industri. Menurut SNI 1727-2020 Pasal 26 yang mengadopsi ASCE 7-16, bangunan industri seperti *warehouse* masuk dalam kategori Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) serta seluruh Komponen dan Klading (K&K) dalam SNI atau MWFRS and C&C dalam ASCE 7-16. Dasar perencanaan beban angin untuk sistem penahan gaya angin utama terdapat pada SNI 1727 2020 Pasal 27. Tekanan angin desain untuk SPGAU bangunan gedung pada semua ketinggian lb/ft<sup>2</sup> (N/m<sup>2</sup>) harus ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$p = q * G * C_p - q_i * (G * C_{pi}) \dots\dots\dots(1.18)$$

Di mana:

- q = q<sub>z</sub> untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah
- q = q<sub>h</sub> untuk dinding di sisi angin pergi, dinding samping, dan atap yang diukur pada ketinggian h
- q<sub>i</sub> = q<sub>h</sub> untuk dinding di sisi angin datang, dinding samping, dinding di sisi angin pergi, dan atap bangunan gedung tertutup, dan untuk

- mengevaluasi tekanan internal negatif pada bangunan gedung tertutup sebagian
- $q_i$  =  $q_z$  untuk mengevaluasi tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level dari bukaan tertinggi pada bangunan gedung yang dapat mempengaruhi tekanan internal positif. Untuk bangunan gedung yang terletak di wilayah puing terbawa angin, kaca yang tidak tahan impak atau dilindungi dengan penutup tahan impak, harus diperlakukan sebagai bukaan sesuai dengan Pasal 26.12.3. Untuk menghitung tekanan internal positif,  $q_i$  secara konservatif boleh dihitung pada ketinggian  $h$  ( $q_i = q_h$ )
- $G$  = faktor efek-hembusan angin, lihat Pasal 26.11. Untuk bangunan gedung fleksibel,  $G_f$  yang ditentukan menurut Pasal 26.11.5 harus menggantikan  $G$
- $C_p$  = koefisien tekanan eksternal dari Gambar 27.3-1, 27.3-2 dan 27.3-3
- $GC_{pi}$  = koefisien tekanan internal dari Tabel 26.13-1

SNI 1727-2020 memberikan langkah-langkah dalam menentukan beban angin SPGAU untuk bangunan gedung tertutup, tertutup sebagian, dan terbuka dari semua ketinggian. Langkah-langkah dalam penentuan beban angin adalah sebagai berikut:

a. Menentukan Kategori Risiko Bangunan Gedung

Kategori risiko bangunan gedung yang direncanakan terhadap beban angin dapat ditinjau berdasarkan Tabel 1.5-1 SNI 1727-2020. Terdapat empat kategori risiko bangunan gedung, di mana semakin tinggi tingkatan, fungsi bangunan menjadi lebih penting.

**Tabel 1. 3.**

Kategori Risiko Bangunan Dan Struktur Lainnya Untuk Beban Banjir, Angin, Salju, Gempa, Dan Es

Penggunaan atau pemanfaatan fungsi bangunan gedung dan struktur	Kategori risiko
Bangunan gedung dan struktur lain yang merupakan risiko rendah untuk kehidupan manusia dalam kejadian kegagalan	I
Semua bangunan gedung dan struktur lain kecuali mereka terdaftar dalam kategori risiko I, III, dan IV	II
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan risiko besar bagi kehidupan manusia.	III
Bangunan gedung dan struktur lain, tidak termasuk dalam kategori risiko IV, dengan potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi substansial dan/atau gangguan massa dari hari ke hari kehidupan sipil pada saat terjadi kegagalan.	
Bangunan gedung dan struktur lain tidak termasuk dalam risiko kategori IV (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang manufaktur, proses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat seperti bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan peledak) yang mengandung zat beracun atau mudah meledak di mana kuantitas material melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup untuk menimbulkan suatu ancaman kepada publik jika dirilis <sup>a</sup>	
Bangunan gedung dan struktur lain yang dianggap sebagai fasilitas penting.	IV
Bangunan gedung dan struktur lain, kegagalan yang dapat menimbulkan bahaya besar bagi masyarakat.	
Bangunan gedung dan struktur lain (termasuk, namun tidak terbatas pada, fasilitas yang memproduksi, memproses, menangani, menyimpan, menggunakan, atau membuang zat-zat berbahaya seperti bahan bakar, bahan kimia berbahaya, atau limbah berbahaya) yang berisi jumlah yang cukup dari zat yang sangat beracun di mana kuantitas melebihi jumlah ambang batas yang ditetapkan oleh pihak yang berwenang dan cukup menimbulkan ancaman bagi masyarakat jika dirilis <sup>a</sup> .	
Bangunan gedung dan struktur lain yang diperlukan untuk mempertahankan fungsi dari kategori risiko IV struktur lainnya.	

<sup>a</sup>Bangunan gedung dan struktur lain yang mengandung racun, zat yang sangat beracun, atau bahan peledak harus memenuhi syarat untuk klasifikasi terhadap kategori risiko lebih rendah jika memuaskan pihak yang berwenang dengan suatu penilaian bahaya seperti dijelaskan dalam Pasal 1.5.3 bahwa pelepasan zat sepadan dengan risiko yang terkait dengan kategori risiko.

b. Menentukan kecepatan angin dasar,  $V$  (Pasal 26.5)

Dalam TPKB Jakarta, kecepatan angin dasar  $V_s=39,1$  m/s untuk *strength design* dan  $V_s=32$  m/s untuk *serviceability design*. Sedangkan menurut HB 212-2002 *Design wind speeds for Asia–Pacific Region report from AS/NZS* merekomendasikan menggunakan  $V_s=32$  untuk *serviceability design* dan  $V_s=40$  m/s untuk *ultimate*

*design in Indonesian region.* Acuan kecepatan angin berdasarkan konsensus TPKB Jakarta dapat digunakan sebagai landasan desain apabila kecepatan angin pada lokasi yang ditinjau tidak diketahui secara spesifik.

c. Menentukan Parameter Beban Angin.

Parameter beban angin untuk sistem SPGAU ditentukan menurut Pasal 26, yaitu sebagai berikut:

- **Faktor arah angin,  $K_d$  (Pasal 26.6)**

Faktor arah angin ditentukan berdasarkan tabel sebagai berikut.

**Tabel 1. 4.**  
Faktor Arah Angin

Tipe struktur	Faktor arah angin $K_d$
<b>Bangunan gedung</b>	
Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU)	0,85
Komponen dan Klading (K&K)	0,85
<b>Atap lengkung</b>	0,85
<b>Kubah berbentuk bundar</b>	1,0 <sup>a</sup>
<b>Cerobong, tangki, dan struktur serupa</b>	0,90
Persegi	0,95
Segi enam	1,0 <sup>a</sup>
Segi delapan	1,0 <sup>a</sup>
Bundar	
<b>Dinding solid yang berdiri bebas, peralatan bagian atap, dan panel petunjuk solid yang berdiri bebas serta panel petunjuk terikat</b>	0,85
<b>Panel petunjuk terbuka dan rangka terbuka bidang tunggal</b>	0,85
<b>Rangka batang menara</b>	
Segitiga, persegi, atau persegi panjang	0,85
Semua penampang lainnya	0,95

<sup>a</sup>Faktor arah angin  $K_d = 0,95$  diizinkan untuk struktur bundar atau struktur segi delapan dengan sistem struktur non-asimetris.

- **Kategori kekasaran permukaan, (Pasal 26.7)**

Kekasaran permukaan tanah harus ditentukan untuk tujuan menetapkan suatu kategori eksposur seperti yang didefinisikan sebagai berikut:

**Kekasaran Permukaan B:** Daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah

berhutan, atau daerah lain dengan penghalang berjarak dekat yang banyak memiliki ukuran dari tempat tinggal keluarga.

**Kekasaran Permukaan C:** Dataran terbuka dengan penghalang tersebar yang memiliki tinggi umumnya kurang dari 30 ft (9,1 m). Kategori ini mencakup daerah terbuka datar dan padang rumput.

**Kekasaran Permukaan D:** Area datar, area tidak terhalang dan permukaan air. Kategori ini berisi lumpur halus, padang garam, dan es tak terputus.

- **Kategori eksposur, (Pasal 26.7)**

Untuk setiap arah angin yang diperhitungkan, eksposur lawan angin didasarkan pada kekasaran permukaan tanah yang ditentukan dari topografi alam, vegetasi, dan fasilitas dibangun.

**Eksposur B:** Untuk bangunan gedung dengan tinggi atap rata-rata kurang dari atau sama dengan 30 ft (9,1 m), Eksposur B berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, sebagaimana ditentukan oleh Kekasaran Permukaan B, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 1.500 ft (457 m). Untuk bangunan dengan tinggi atap rata-rata lebih besar dari 30 ft (9,1 m), Eksposur B berlaku bilamana Kekasaran Permukaan B berada dalam arah lawan angin untuk jarak lebih besar dari 2.600 ft (792 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar.

**Eksposur C:** Eksposur C berlaku untuk semua kasus saat Eksposur B atau D tidak berlaku.

**Eksposur D:** Eksposur D berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah, ditentukan oleh Kekasaran Permukaan D, berlaku di arah lawan angin untuk jarak yang lebih besar dari 5.000 ft (1.524 m) atau 20 kali tinggi bangunan, pilih yang terbesar. Eksposur D juga berlaku bilamana kekasaran permukaan tanah lawan angin dari situs B atau C, dan situs yang berada dalam jarak 600 ft (183 m) atau 20 kali tinggi bangunan, mana yang terbesar, dari kondisi Eksposur D sebagaimana ditentukan dalam kalimat sebelumnya.

- **Faktor topografi,  $K_{zt}$  (Pasal 26.8)**

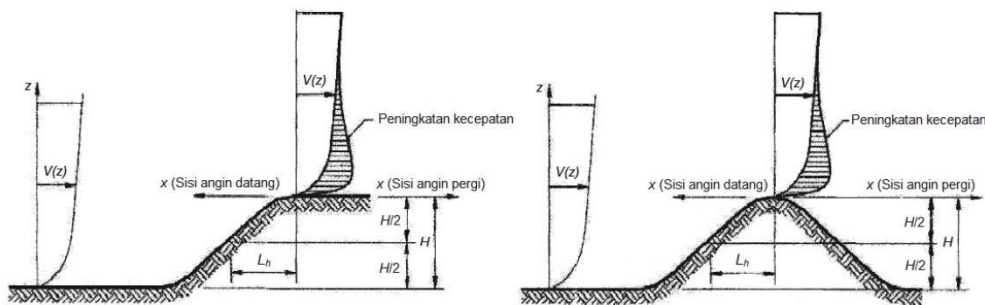
Efek peningkatan kecepatan angin pada bukit, bukit memanjang, dan tebing curam yang terisolasi akan menimbulkan perubahan mendadak dalam topografi umum,

terletak dalam setiap kategori eksposur, dimasukkan dalam perhitungan beban angin.

Di mana faktor topografi:

$$K_{zt} = (1 + K_1 * K_2 * K_3)^2 \dots\dots\dots (19)$$

Di mana faktor ini khusus kategori eksposur C dapat menggunakan Tabel 2.5, dengan parameter mengikuti sesuai kasus pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dann bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan, maka  $K_{zt} = 1.0$ .



**Gambar 1. 11.** Faktor Topografi

(Sumber: SNI 1727-2020)

Di mana faktor ini khusus Kategori Eksposur C dapat menggunakan Tabel 2.5, dengan parameter mengikuti sesuai kasus pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4. Jika kondisi situs dan lokasi gedung dann bangunan lain tidak memenuhi semua kondisi yang disyaratkan, maka  $K_{zt} = 1.0$ .

- **Efek Tiupan Angin**

Faktor Efek Tiupan Angin (G)

Faktor efek-tiupan angin untuk suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar 0,85.

- **Faktor elevasi permukaan tanah,  $K_e$  (Pasal 26.9)**

Faktor elevasi dasar untuk menyesuaikan dengan densitas udara,  $K_e$ , di mana dapat ditentukan berdasarkan elevasi. Secara konservatif faktor elevasi dasar untuk seluruh elevasi dapat diambil,  $K_e = 1$ .

- **Koefisien tekanan internal,  $GC_{pi}$  (Pasal 26-13)**

Koefisien tekanan internal,  $G_{cpi}$  dapat ditentukan berdasarkan klasifikasi ketertutupan bangunan yang direncanakan. Koefisien tekanan internal bisa didapatkan pada Tabel 26.13-1 SNI 1727-2020 yang juga tercantum sebagai berikut:

**Tabel 1. 5.**

Koefisien Tekanan Internal,  $G_{cpi}$  untuk Berbagai Klasifikasi Ketertutupan Bangunan

**Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ ), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)**

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal, ( $GC_{pi}$ )
Bangunan tertutup	$A_o$ kurang dari terkecil $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2$ ( $0,37 \text{ m}^2$ ) dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_o > 1,1A_{oi}$ dan $A_o >$ terkecil dari $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2$ ( $0,37 \text{ m}^2$ ) dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Tinggi	- 0,55 - 0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

**CATATAN**

1. Tanda plus dan minus menandakan tekanan yang bekerja ke arah dan menjauh dari permukaan dalam, masing-masing.

d. Menentukan Koefisien Eksposur Tekanan Velositas,  $K_z$  dan  $K_h$  (Pasal 26.10)

Berdasarkan kategori eksposur yang ditentukan dalam tabel berikut, koefisien eksposur tekanan velositas  $K_z$  atau  $K_h$ , sebagaimana yang berlaku. Untuk situs yang terletak pada zona transisi antara kategori eksposur yang dekat terhadap perubahan oleh akibat kekasaran permukaan tanah, diizinkan untuk menggunakan nilai konversi dari  $K_z$  atau  $K_h$ .

**Tabel 1. 6.**

Koefisien Eksposur Tekanan Velositas, Kh dan Kz

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur		
ft	m	B	C	D
0 – 15	0 – 4,6	0,57 (0,70) <sup>a</sup>	0,85	1,03
20	6,1	0,62 (0,70) <sup>a</sup>	0,90	1,08
25	7,6	0,66 (0,70) <sup>a</sup>	0,94	1,12
30	9,1	0,70	0,98	1,16
40	12,2	0,76	1,04	1,12
50	15,2	0,81	1,09	1,27
60	18,0	0,85	1,13	1,31
70	21,3	0,89	1,17	1,34
80	24,4	0,93	1,21	1,38
90	27,4	0,96	1,24	1,40
100	30,5	0,99	1,26	1,43
120	36,6	1,04	1,31	1,48
140	42,7	1,09	1,36	1,52
160	48,8	1,13	1,39	1,55
180	54,9	1,17	1,43	1,58
200	61,0	1,20	1,46	1,61
250	76,2	1,28	1,53	1,68
300	91,4	1,35	1,59	1,73
350	106,7	1,41	1,64	1,78
400	121,9	1,47	1,69	1,82
450	137,2	1,52	1,73	1,86
500	152,4	1,56	1,77	1,89

<sup>a</sup>Gunakan 0,70 pada Pasal 28, Eksposur B, apabila z < 30 ft (9,1 m).

Koefisien eksposur tekanan velositas Kz dapat ditentukan dari data ketinggian dan tipe esposur bangunan yang bisa dilihat pada tablel Tabel 1. 7. Koefisien Eksposur Tekanan Velositas.

e. Menentukan Tekanan Velositas qz dan qh

Tekanan velositas, qz, dievaluasi pada ketinggian z dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * K_e * V^2 \dots\dots\dots (1.20)$$

Di mana:

- qz = Tekanan kecepatan pada ketinggian z (N/m<sup>2</sup>)
- Kz = Koefisien papan tekanan kecepatan = variatif
- Kzt = Faktor topografi
- Kd = Faktor arah angin
- Ke = Faktor elevasi dasar tanah
- Vc = Kecepatan angin rencana
- G = faktor efek-tiupan angin

f. Menentukan Koefisien Tekanan Eksternal  $C_p$  atau  $C_n$

Koefisien tekanan eksternal untuk atap pelana, atap perisai, atap miring sepihak, dan atap mansard yang biasa digunakan pada bangunan industri bisa didapatkan pada Gambar 27.3-1 SNI 1727-2020 sebagai berikut.

**Tabel 2.2** Koefisien Tekan dinding,  $C_p$

Permukaan	L/B	$C_p$	Digunakan dengan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	$q_z$
	0 – 1	- 0,5	$q_h$
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	$q_h$
	$\geq 4$	- 0,2	$q_h$
Dinding tepi	Seluruh nilai	- 0,7	$q_h$

**Tabel 2.2** Koefisien Tekan dinding,  $C_p$

Arah Angin	h/L	Di sisi angin datang								Di sisi angin pergi			
		Sudut, $\theta$ (derajat)								Sudut, $\theta$ (derajat)			
		10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^c$	10	15	$\geq 20$	
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^a$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 <sup>a</sup>				- 0,3	- 0,5	- 0,6
		-0,18	0,0 <sup>a</sup>	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,01 <sup>b</sup>				
		-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	0,0 <sup>a</sup>					
	0,5	-0,18	-0,18	0,0 <sup>a</sup>	0,2	0,2	0,3	0,4	0,01 <sup>b</sup>	- 0,5	- 0,5	- 0,6	
	$\geq 1,0$	-1,3 <sup>b</sup>	-1,0	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	0,0 <sup>a</sup>					
		-0,18	-0,18	-0,18	0,0 <sup>a</sup>	0,2	0,2	0,4	0,01 <sup>b</sup>	- 0,7	- 0,6	- 0,6	

**Gambar 1. 12.** Sistem Penahan Gaya Angin Utama, Bagian 1 (seluruh ketinggian): koefisien tekanan eksternal,  $C_p$ , untuk bangunan tertutup dan bangunan tertutup sebagian dinding dan atap (Sumber: SNI 1727-2020)

g. Menentukan Tekanan Angin untuk Bangunan Gedung

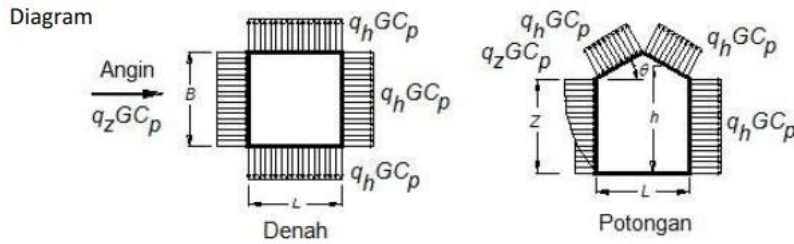
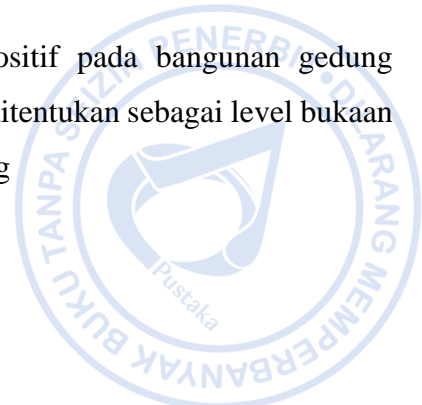
Tekanan angin desain untuk semua ketinggian ditentukan persamaan berikut:

$$p = q_h * [(GC_{pf}) - (+/-GC_{pi})] \text{ (kPa)} \dots\dots\dots (1.21)$$

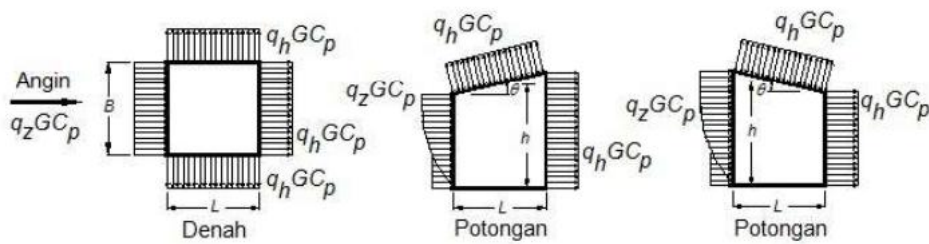
Di mana:

- q =  $q_z$ , untuk dinding di sisi angin datang yang diukur pada ketinggian z di atas permukaan tanah
- q =  $q_h$ , untuk dinding di sisi angin pergi, sisi, dan atap, yang diukur pada ketinggian h di atas permukaan tanah
- q<sub>i</sub> =  $q_z$ , untuk tekanan internal bangunan gedung tertutup dan tekanan internal negatif bangunan tertutup sebagian

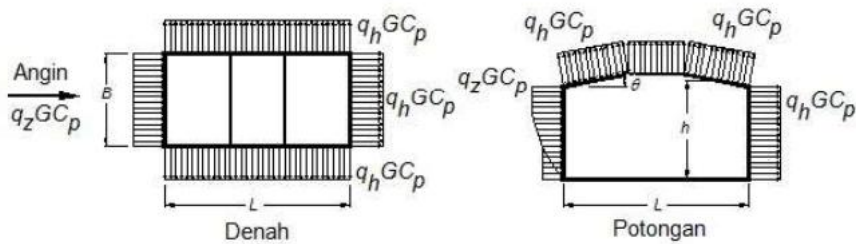
- $q_i$  =  $q_h$ , untuk tekanan internal positif pada bangunan gedung tertutup sebagian bila tinggi  $z$  ditentukan sebagai level bukaan tertinggi pada bangunan gedung
- $G$  = Faktor efek tiupan angin
- $C_p$  = Koefisien tekanan eksternal.



Atap pelana, atap perisai



Atap miring sepihak (CATATAN 4)



Atap mansard [CATATAN 7]

## 5. Beban Gempa (Seismic Load)

Dalam penentuan beban gempa, ada 3 pendekatan untuk Analisa beban gempa yaitu, Analisa gaya lateral ekuivalen, analisa berdasarkan respon spektrum dan respon Riwayat waktu seismik.

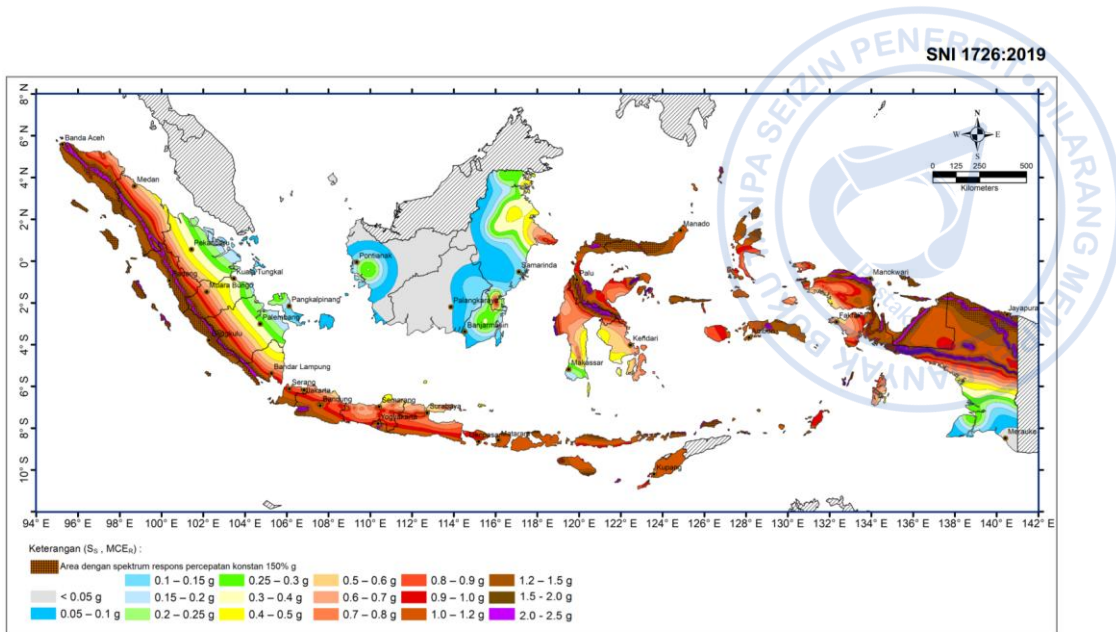
**Tabel 2.12**  
Prosedur Analisa yang Diizinkan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respons ragam pasal 0	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak lebih 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_c$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

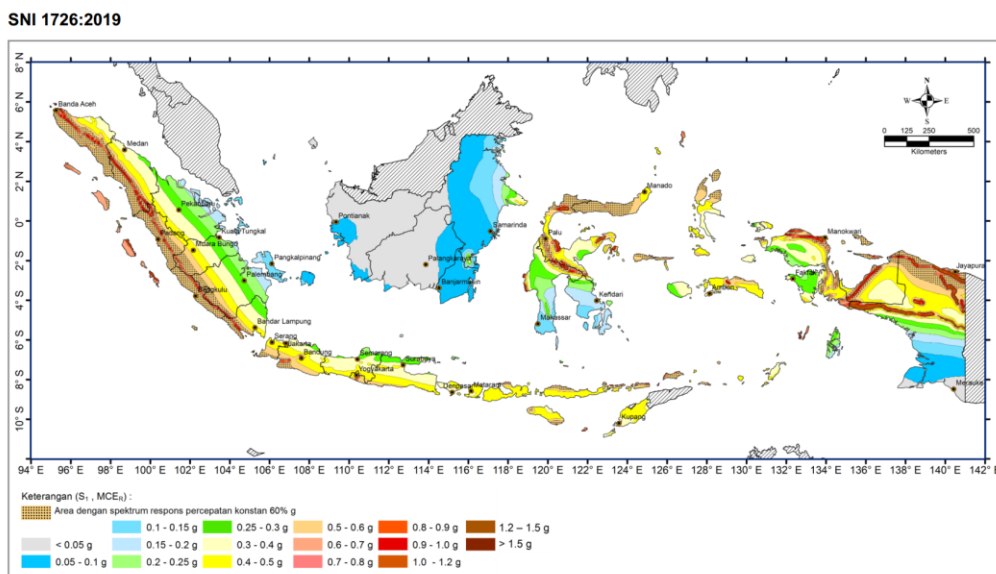
Langkah-langkah dalam penentuan beban gempa berdasarkan analisa gaya lateral ekuivalen harus dilakukan sesuai SNI 1726:2019 yaitu sebagai berikut:

**a. Peta Zonasi Gempa Indonesia**

Wilayah Indonesia dipetakan berdasarkan tingkat risiko gempanya, yang ditentukan atas dasar besarnya percepatan puncak batuan dasar (*Peak Ground Acceleration, PGA*). Berdasarkan SNI 1726:2019, pengaruh beban gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%. Beban gempa ditentukan berdasarkan peta gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (*Maximum Considered Earthquake, MCER*) dengan parameter-parameter gerak tanah  $S_s$  dan  $S_1$ .  $S_s$  adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa *MCER* pada periode pendek, teredam 5%, dan  $S_1$  adalah parameter nilai percepatan respons spektral gempa *MCER* pada periode 1 detik, teredam 5%, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



**Gambar 1. 13.** Parameter Gerak Tanah  $S_s$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia Untuk Spektrum Respons 0,2-Detik (Redaman Kritis 5 %)  
(Sumber: SNI 1726-2019)



**Gambar 1. 14.** Parameter Gerak Tanah  $S_1$ , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCER) Wilayah Indonesia Untuk Spektrum Respons 1-Detik (Redaman Kritis 5 %)  
(Sumber: SNI 1726-2019)

**b. Kategori Risiko dan Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$**

Dalam SNI 1726-2019, struktur bangunan dibedakan berdasarkan tingkat risiko yang ditentukan berdasarkan fungsi dari bangunan tersebut. Kategori risiko bangunan dibagi dalam 4 tingkatan risiko yang menentukan besarnya faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) yang akan digunakan. Penentuan kategori risiko dan faktor keutamaan gempa ( $I_e$ ) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

**Tabel 1. 8.**

Kategori Risiko bangunan gedung dan non gedung

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan</li> <li>- Fasilitas sementara</li> <li>- Gudang penyimpanan</li> <li>- Rumah jaga dan struktur kecil lainnya</li> </ul>	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perumahan</li> <li>- Rumah toko dan rumah kantor</li> <li>- Pasar</li> <li>- Gedung perkantoran</li> <li>- Gedung apartemen/ rumah susun</li> <li>- Pusat perbelanjaan/ mall</li> <li>- Bangunan industri</li> <li>- Fasilitas manufaktur</li> <li>- Pabrik</li> </ul>	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioskop</li> <li>- Gedung pertemuan</li> <li>- Stadion</li> <li>- Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat</li> <li>- Fasilitas penitipan anak</li> <li>- Penjara</li> <li>- Bangunan untuk orang jompo</li> </ul> Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pusat pembangkit listrik biasa</li> <li>- Fasilitas penanganan air</li> <li>- Fasilitas penanganan limbah</li> <li>- Pusat telekomunikasi</li> </ul> Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

**Tabel 1. 9.**Faktor Keutamaan Gempa,  $I_e$ 

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, $I_e$
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

**c. Kelas Situs dan Koefisien Situs,  $F_a$  dan  $F_v$** 

Klasifikasi kelas situs ditentukan berdasarkan beberapa parameter tanah pada kedalaman 30 m dari tanah asli, seperti hasil pengujian kecepatan rambat gelombang geser rata-rata pada regangan geser yang kecil ( $\bar{v}_s$ ), hasil pengujian penetrasi standar rata-rata ( $\bar{N}$ ) atau hasil pengujian penetrasi standar rata-rata tanah nonkohesif ( $\bar{N}_{ch}$ ) dari data N-SPT, dan data kuat geser niralir rata-rata ( $\bar{s}_u$ ) dari uji triaksial. Berdasarkan Pasal 5.3.3 SNI 1726-2019 untuk penetapan kelas situs tanah keras (SC), tanah sedang (SD), dan tanah lunak (SE) harus ditentukan berdasarkan dua dari tiga parameter tersebut. Sehingga, apabila hanya digunakan satu parameter dan kelas situs termasuk dalam kriteria yang dimaksud pada pasal tersebut. Maka, kelas situs yang diperhitungkan adalah kelas situs terendah pada pasal tersebut, yaitu kelas situs tanah lunak (SE). Ketentuan mengenai kelas situs diatur pada Tabel 5 SNI 1726-2019 tentang Klasifikasi Situs.

**Tabel 1. 10.**

Klasifikasi Situs

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	$\geq 100$
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ , 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ , 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$ ) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

**CATATAN:** N/A = tidak dapat dipakai

**Tabel 1. 11.**  
Koefisien Situs,  $F_a$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS <sup>(a)</sup>					

**CATATAN:**

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**Tabel 1. 12.**  
Koefisien Situs,  $F_v$

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget ( $MCE_R$ ) terpetakan pada periode 1 detik, $S_I$					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS <sup>(a)</sup>					

**CATATAN:**

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

**d. Kategori Desain Seismik (KDS)**

Penentuan kategori desain seismik dilakukan berdasarkan kategori risiko serta parameter respons spektral desain,  $S_{DS}$  dan  $S_{D1}$  seperti ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 1. 13.**

Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode Pendek

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

**Tabel 1. 14.**

Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Periode 1 Detik

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Menentukan periode getar struktur (T)

Menentukan nilai  $C_u$  pada tabel dibawah ini

**Tabel 2. 12**

Koefisien untuk batas atas pada periode yang dihitung

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

Periode fundamental pendekatan ( $T_a$ ) ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t \times h_n^x \dots\dots\dots (1.22)$$

Dengan  $h_n$  adalah ketinggian struktur (m)

Tabel Nilai parameter periode pendekatan  $C_t$  dan  $x$

Tipe struktur	$C_t$	$x$
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi 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

$$T_{max} = C_u \times T_a \dots\dots\dots(1.23)$$

T (periode fundamental struktur) diambil dari hasil *output software* Analisa dan dikontrol dan tidak lebih dari T<sub>max</sub>

- Menentukan koefisien respon seismik (C<sub>s</sub>)

koefisien respon seismik (C<sub>s</sub>)

$$C_s = \frac{SDS}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(1.24)$$

$$C_{smax} = \frac{SDS}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(1.25)$$

$$C_{smin} = 0,044 \times SDS \times I_e \dots\dots\dots(1.26)$$

Nilai koefisien respon seismik (C<sub>s</sub>) diambil dari tiga persamaan diatas.

- Menentukan gaya dasar seismik (V)

Gaya geser dasar seismik, V, dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$V = C_s \times W \dots\dots\dots(1.27)$$

Di mana W adalah berat seismik efektif struktur menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang sudah diatur pada SNI 1226-2019 pasal 7.2.2 .

## E. KOMBINASI PEMBEBANAN

Kombinasi pembebanan digunakan untuk menentukan gaya dalam yang bekerja pada seluruh elemen struktur, seperti pelat lantai, balok, kolom, dan tangga dengan menggunakan metode LRFD (*Load and Resistant Factor Design*). Berbagai kondisi yang mungkin terjadi pada struktur yaitu kombinasi dari Beban Mati (*Dead Load*), Beban Hidup (*Live Load*), Beban Angin (*Wind Load*), dan Beban Gempa (*Earthquake Load*).

Kombinasi pembebanan yang digunakan didasarkan pada SNI 1726-2019. Kombinasi pembebanan tersebut adalah sebagai berikut:

1.  $1.4D$
2.  $1.2D + 1.6L + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$
3.  $1.2D + 1.6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5W)$
4.  $1.2D + 1.0W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } R)$
5.  $0.9D + 1.0W$
6.  $1.2D + 1.0E_v + 1.0E_h + L$
7.  $0.9D + 1.0E_v + 1.0E_h$

Keterangan:

D	=	Beban mati + Beban mati tambahan
L	=	Beban hidup lantai
$L_r$	=	Beban hidup atap
P	=	Faktor Redundansi

Pengaruh beban seismik horizontal,  $E_h$ , harus ditentukan sesuai  $E_h = \rho Q_e$

Pengaruh beban seismik horizontal,  $E_v$ , harus ditentukan sesuai  $E_v = 0,2S_{DS}D$

## F. BATAS LENDUTAN

### 1. Atap (*Roofing*)

Fokus pengecekan lendutan pada atap ada 3 bagian yaitu:

- a. Tengah bentang atap
- b. Ujung atap
- c. Daerah yang berpotensi mengalami rembesan

Terdapat dua jenis atap yang umum digunakan, yaitu atap membran dan atap metal. Lendutan yang diizinkan di atap berdasarkan beban yang bekerja dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.



**Tabel 1. 15.**

Batasan Lendutan Izin pada Atap

<b>Struktur atap:</b>	<b>Hidup</b>	<b>Angin</b>	<b>Mati + Hidup</b>
<b>Elemen Struktur Atap</b>			
Menopang ceiling dengan plaster	L/360	L/360	L/240
Menopang ceiling dengan tanpa plaster	L/240	L/240	L/180
Tidak menopang ceiling	L/180	L/180	L/120
Struktur atap menopang metal roofing	L/150		L/60
<b>Struktur penopang lantai</b>	L/360		L/240
<b>Struktur penopang dinding dan partisi interior</b>			
Dengan finishing yang rapuh		L/240	
Dengan finishing yang fleksibel		L/120	
Struktur penopang dinding sekunder yang menopang penutup logam		L/90	

(Sumber: *Design Guide 3: Serviceability Design Consideration for Steel Building*, 2003)

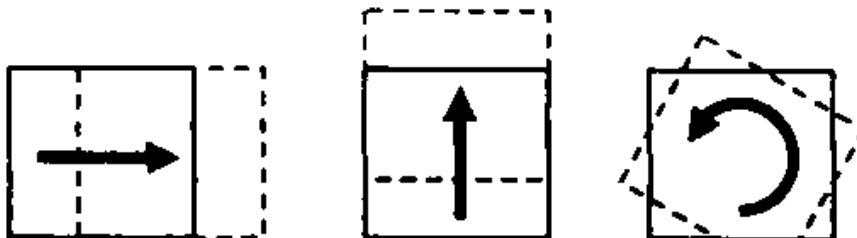
#### a. Lendutan Vertikal

Defleksi vertikal yang berlebih dan penyimpangan (*misalignment*) yang muncul terutama dari tiga sumber: (1) beban gravitasi (DL+LL), (2) efek temperatur, rangkai, dan perbedaan penurunan, dan (3) toleransi dan kesalahan konstruksi. Secara historis, batas defleksi izin untuk komponen horizontal adalah 1/360 dari bentang yang memikul beban hidup nominal penuh dan 1/240 dari bentang untuk komponen atap. Defleksi sebesar 1/300 dari bentang (untuk kantilever, 1/150 dari panjang) dapat terlihat dan menyebabkan kerusakan arsitektur secara umum atau kebocoran pada *klading*.

## G. PENGECEKAN TERHADAP ASPEK KEGEMPAAN

### 1. Bentuk dan Jumlah Ragam

Ragam getar harus berbetuk tranlasional untuk dua arah ortogonal dan rotasi terhadap sumbu vertikal. Ragam getar ini dapat dianalisis dengan menggunakan software metode elemen hingga. Partisipasi massa ragam juga harus dicek persentasenya terhadap SNI 1726-2019. Pada peraturan tersebut, tepatnya pada Pasal 7.9.1.1 ditentukan bahwa partisipasi massa ragam harus 100% dari massa struktur. Namun, terdapat pengecualian bahwa analisis diizinkan untuk mencapai paling sedikit 90% dari massa aktual dalam arah horizontal ortogonal dari model.



Gambar 1. 15. Derajat Kebebasan pada Tiap Lantai

(Sumber: Imam Satyarno. dkk, 2012)

Jumlah ragam dapat diasumsikan secara konservatif sebesar tiga kali jumlah lantai. Hal ini didasari ketentuan bahwa setiap lantai memiliki tiga derajat kebebasan yaitu translasi arah-x, translasi arah-y, dan rotasi. Jumlah ragam tersebut tentunya harus kembali dicek terhadap syarat partisipasi massa ragam.

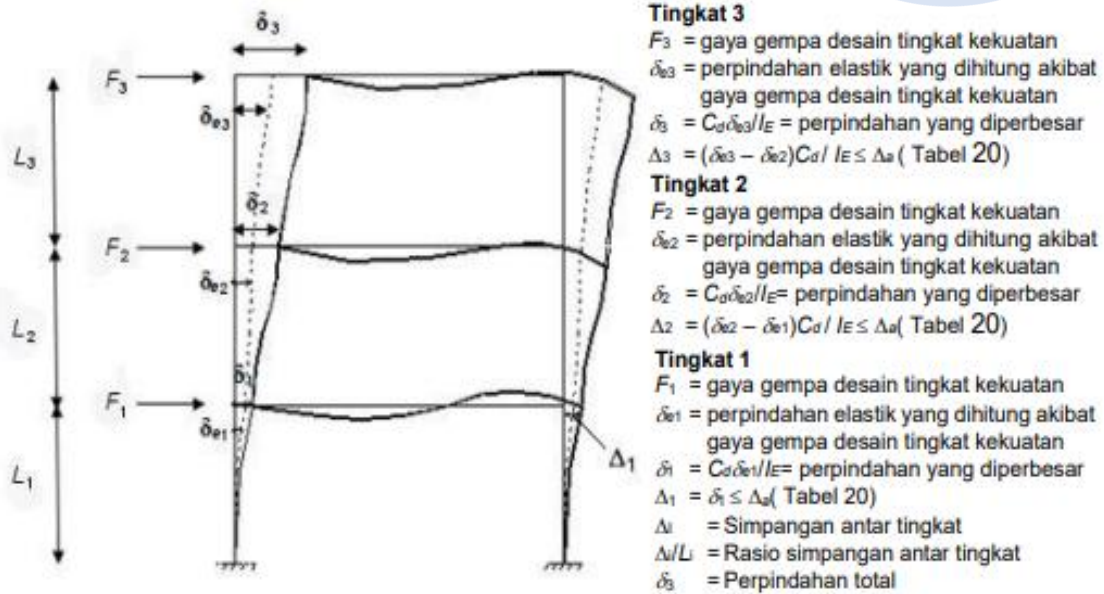
### 2. Simpangan Antar Tingkat

Gaya gempa lateral akan menyebabkan simpangan struktur pada arah lateral di masing-masing lantai. SNI 1726-2019 memberikan pembatasan simpangan lateral antar tingkat untuk menjamin stabilitas struktur, dan mencegah kerusakan elemen non struktural. Simpangan antar tingkat ditentukan berdasarkan perbedaan simpangan pada pusat massa di tingkat yang ditinjau dengan tingkat di bawahnya. Adapun persamaan simpangan pada pusat massa yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots (1.28)$$

Dengan:

- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi  
 $\delta_{xe}$  = Simpangan di lantai yang ditinjau yang diakibatkan oleh gaya gempa lateral (biasanya ditentukan dengan menggunakan program)  
 $I_e$  = Faktor keutamaan gempa



(Sumber: SNI 1726-2019)

Simpangan antar tingkat yang dihitung tidak boleh melebihi batas simpangan antar tingkat izin ( $\Delta_a$ ) yang ditentukan oleh SNI 1726-2019 pada tabel di bawah.

**Tabel 1. 16.**

Simpangan Antar Tingkat Izin

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$

Struktur	Kategori Resiko		
	I atau II	III	IV
eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.			
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup> .	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya.	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya.	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Catatan:

- a  $h_{sx}$  adalah tinggi tingkat di bawah tingkat-x
- b Untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen b dalam kategori desain seismik D, E, dan F, simpangan antar tingkat izin b harus sesuai dengan Pasal 7.12.1.1 SNI 1726-2019
- c Tidak boleh ada batasan simpangan antar tingkat untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit, dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat. Persyaratan pemisahan struktur dalam 7.12.3 tidak diabaikan.
- d Struktur di mana sistem struktur dasar terdiri dari dinding geser batu bata yang didesain sebagai elemen vertikal kantilever dari dasar atau pendukung fondasinya yang dikonstruksikan sedemikian agar penyaluran momen di antara dinding geser (kopel) dapat diabaikan.

Terdapat ketentuan lain pada Pasal 7.12.1.1 yang menjelaskan bahwa untuk sistem pemikul gaya seismik yang terdiri dari hanya rangka momen pada struktur yang didesain untuk kategori desain seismik D, E, atau F, simpangan antar tingkat desain ( $\Delta$ ) tidak boleh melebihi  $\Delta a/\rho$  untuk semua tingkat, nilai  $\rho$  harus ditentukan berdasarkan Pasal 7.3.4.2 SNI 1726-2019.

### 3. Pengecekan P-Delta

P-Delta merupakan pengaruh yang ditimbulkan oleh pergerakan lateral kolom akibat pengaruh beban aksial dan horizontal. Pergerakan lateral ini akan menimbulkan momen sekunder pada daerah sekitar balok dan kolom, serta penambahan simpangan lantai. P-Delta berpengaruh pada geser dan momen yang dihasilkan pada masing-masing tingkat, momen elemen struktur, dan simpangan antar tingkat. P-Delta bisa diabaikan dengan syarat koefisien stabilitas ( $\theta$ ) kurang dari atau sama dengan 0,1.

$$\theta = (P_x \times \Delta \times I_e) / (V_x \times h_{sx} \times C_d) \dots\dots\dots (1.29)$$

Dengan:

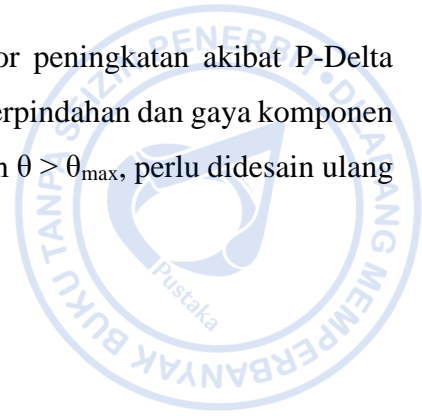
- $\theta$  = Koefisien stabilitas
- $P_x$  = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x, bila menghitung  $P_x$  faktor beban individu < 1,0
- $\Delta$  = Simpangan antar lantai tingkat desain, terjadi secara serentak dengan  $V_x$
- $I_e$  = Faktor keutamaan gempa
- $V_x$  = Gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1
- $h_{sx}$  = Tinggi tingkat di bawah tingkat x
- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

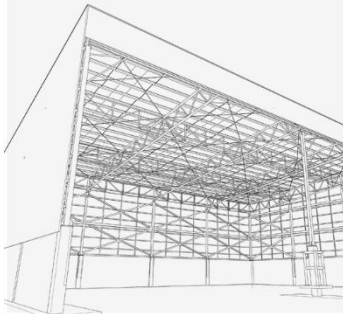
Koefisien stabilitas juga harus dicek terhadap nilai maksimal yang ditentukan berdasarkan persamaan sebagai berikut:

Dengan:

- $\theta$  = Koefisien stabilitas
- $\theta_{max}$  = Koefisien stabilitas maksimal
- $P_x$  = Beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x, bila menghitung  $P_x$  faktor beban individu < 1,0
- $\beta$  = Rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat x dan x-1. Rasio ini diizinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0
- $C_d$  = Faktor pembesaran defleksi

Untuk koefisien stabilitas  $0,1 < \theta < \theta_{\max}$ , faktor peningkatan akibat P-Delta ditentukan berdasarkan analisis rasional. Faktor pengali perpindahan dan gaya komponen struktur ditentukan dengan  $1/(1 - \theta)$ . Untuk struktur dengan  $\theta > \theta_{\max}$ , perlu didesain ulang karena struktur tidak cukup stabil.





# PEMODELAN STRUKTUR



## A. PERANGKAT LUNAK ETABS

Dalam proses perencanaan struktur ETABS jamak digunakan oleh para insinyur karena kemudahan pemakaian dan keandalannya. Program ETABS ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak terkemuka, *Computers and Structures*, di California, Amerika Serikat. Perkembangan program ini lahir dari riset yang diinisiasi oleh Dr. Edward L. Wilson pada tahun 1970 di University of California, Berkeley.



**Gambar 2. 1.** *Software ETABS*

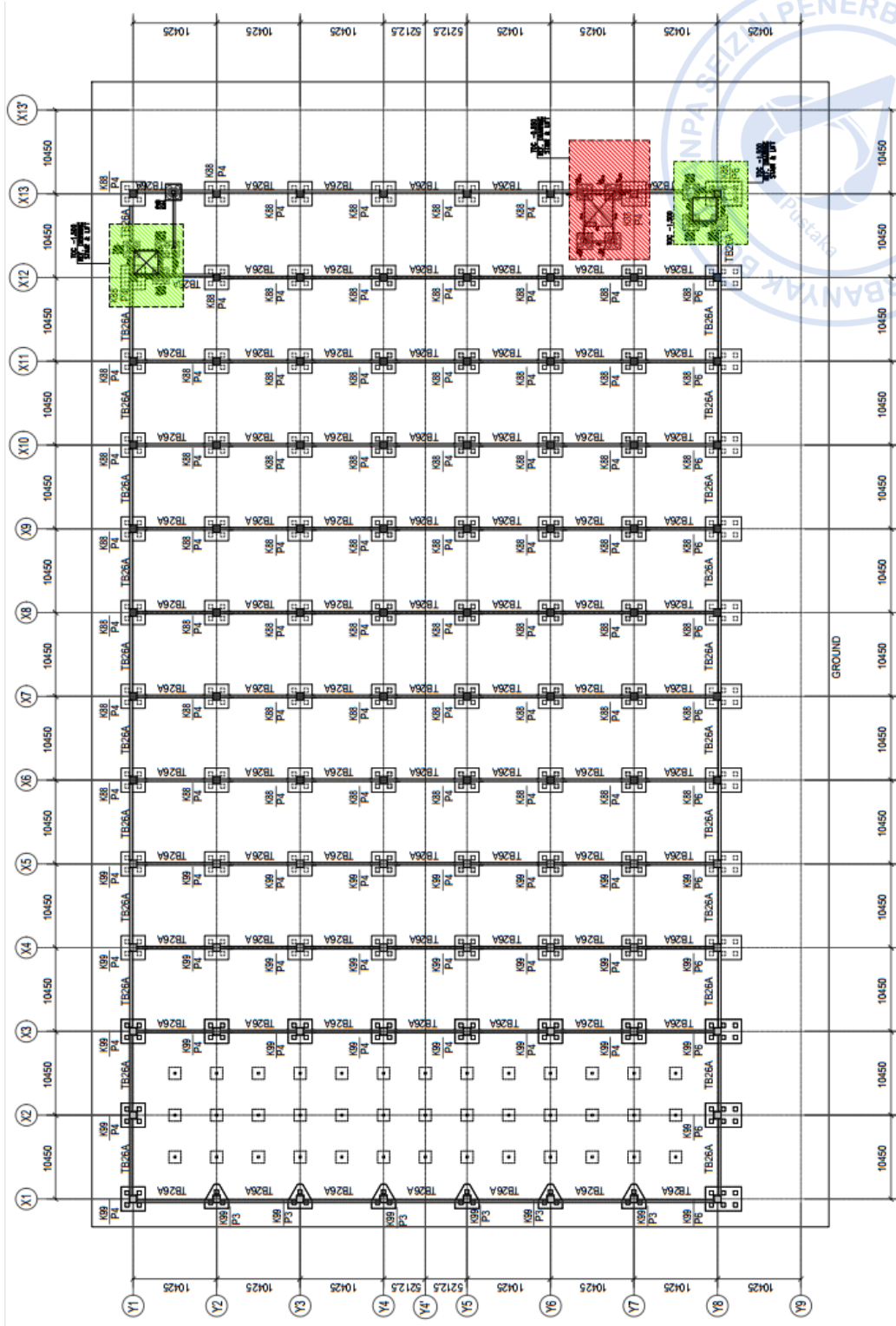
Elemen-elemen struktur pada suatu bangunan diidealisasikan oleh ETABS sebagai elemen garis (*frame*), elemen luasan (*area*), dan elemen titik (*joint*). Elemen-elemen tersebut merepresentasikan elemen aslinya seperti balok, kolom, dinding lantai, pengaku dan lain sebagainya. Elemen-elemen ini kemudian dirangkai menjadi satu-kesatuan dan dianalisis melalui metode elemen hingga yang digunakan program untuk menganalisis matriks kekakuan struktur.

## B. DATA UMUM BANGUNAN

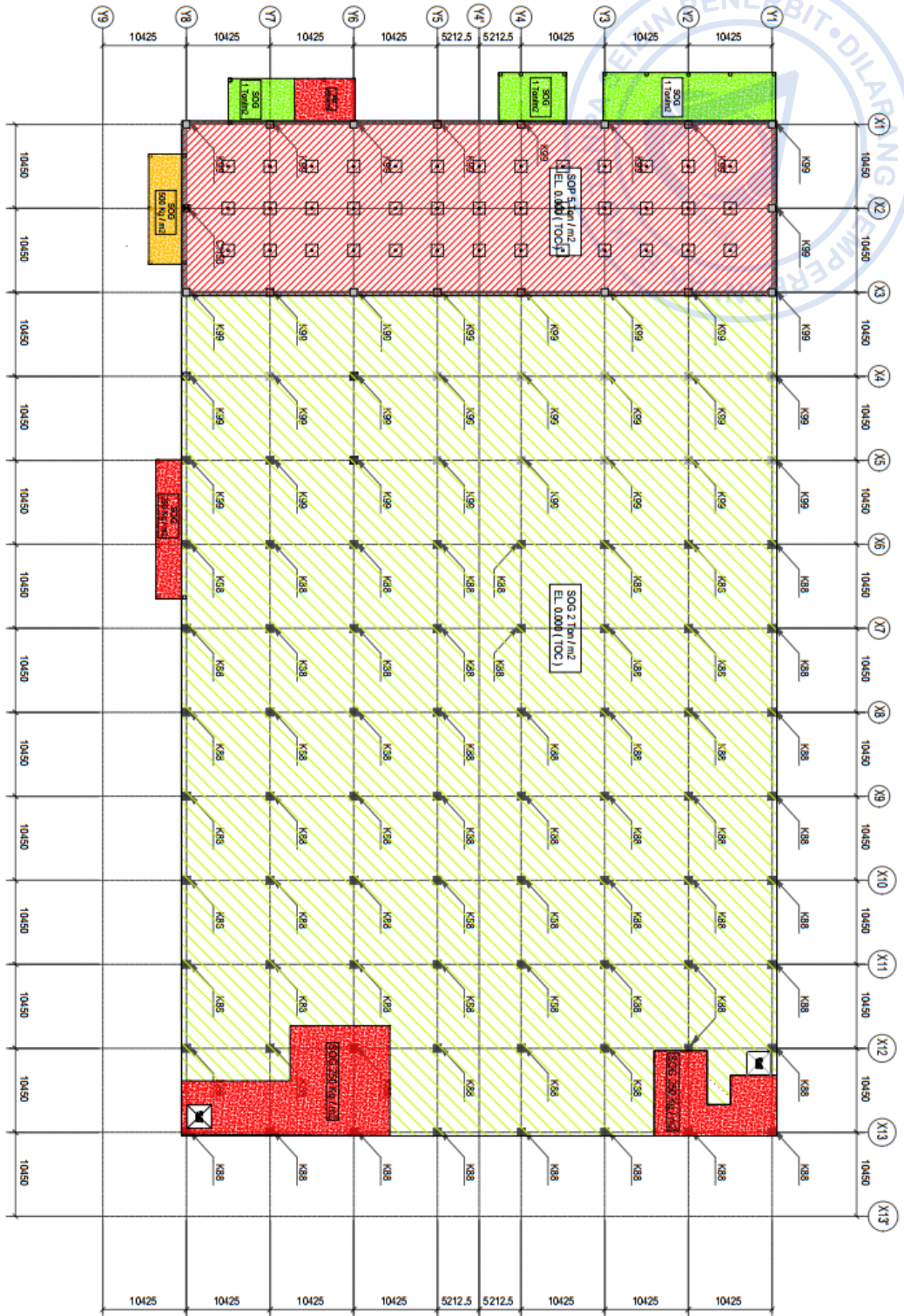
Struktur bangunan yang didesain memiliki data-data penunjang sebagai berikut:

Lebar bangunan, B	=	72.975 m
Panjang bangunan, L	=	135.85 m
Jarak antar portal	=	10.45 m
Tinggi kolom	=	18 m
Tipe struktur	=	<i>Gable frame</i>
Jarak antar kolom <i>post</i>	=	10.425 m
Sudut atap	=	2 derajat
Fungsi bangunan	=	Pabrik





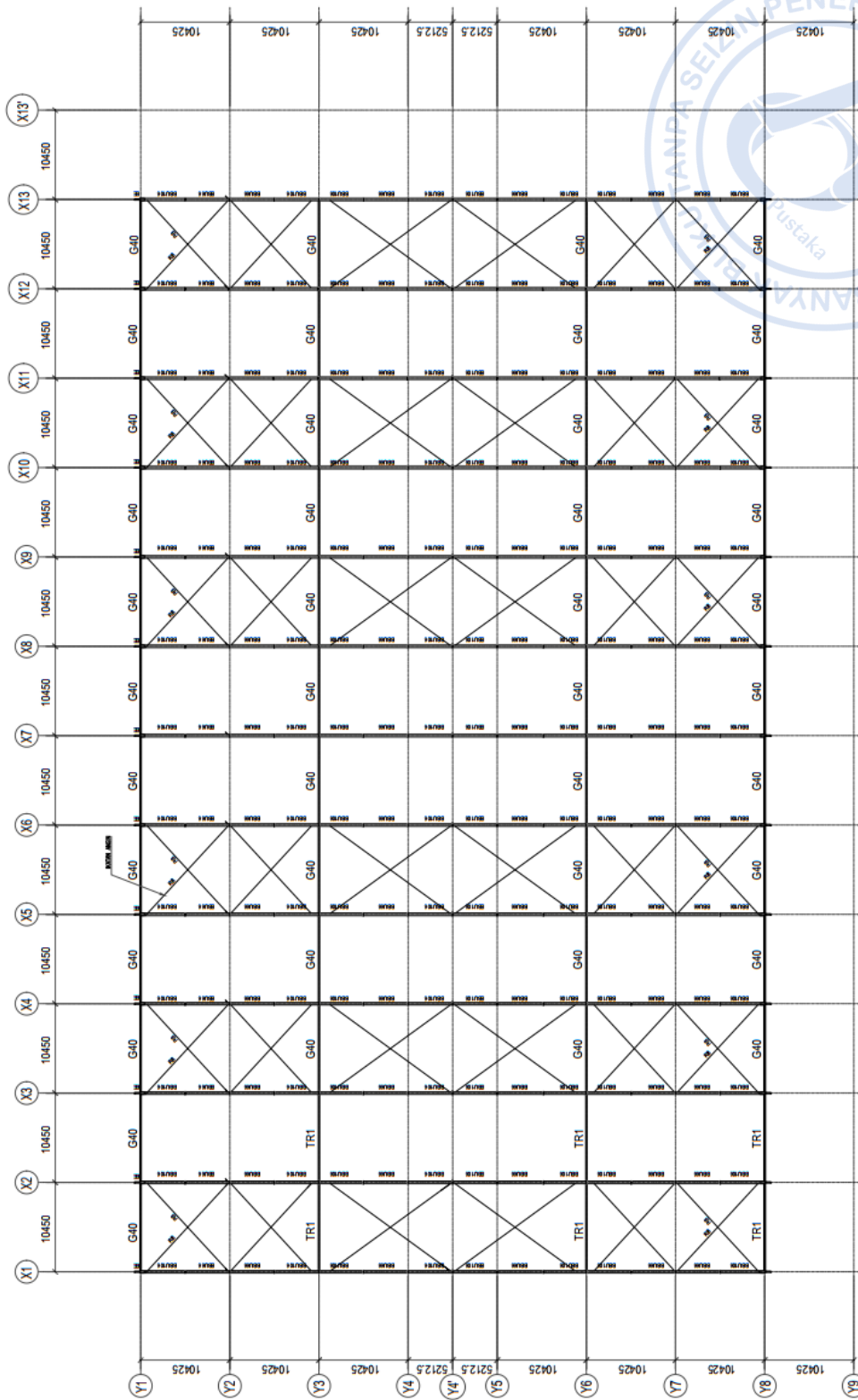
Gambar 2. 2. Plan Pondasi



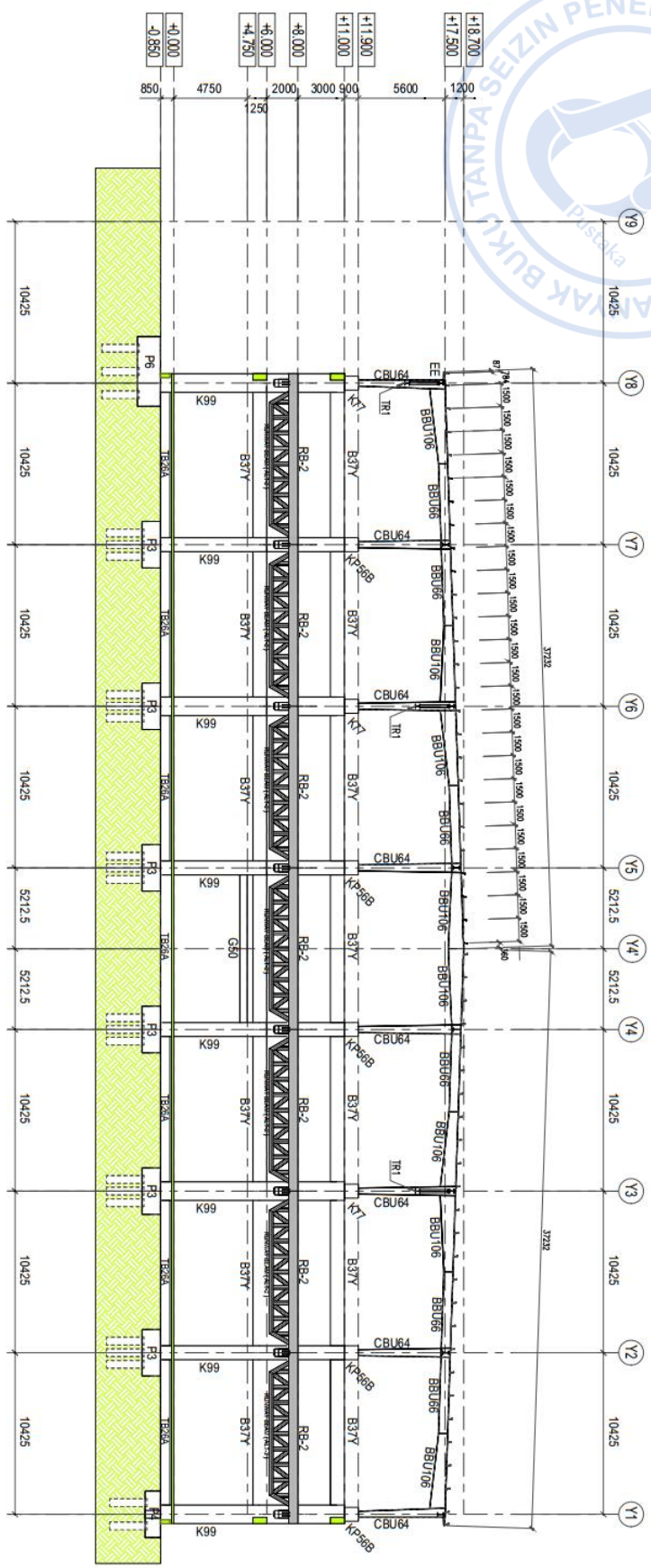
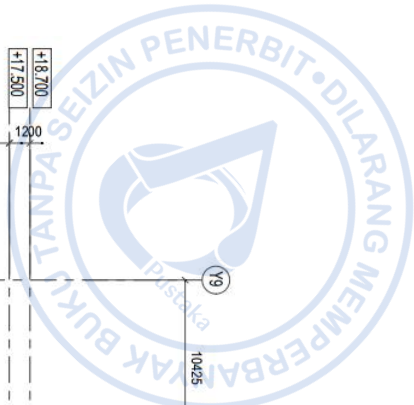
Gambar 2.3. Plan Kolom Lantai 1



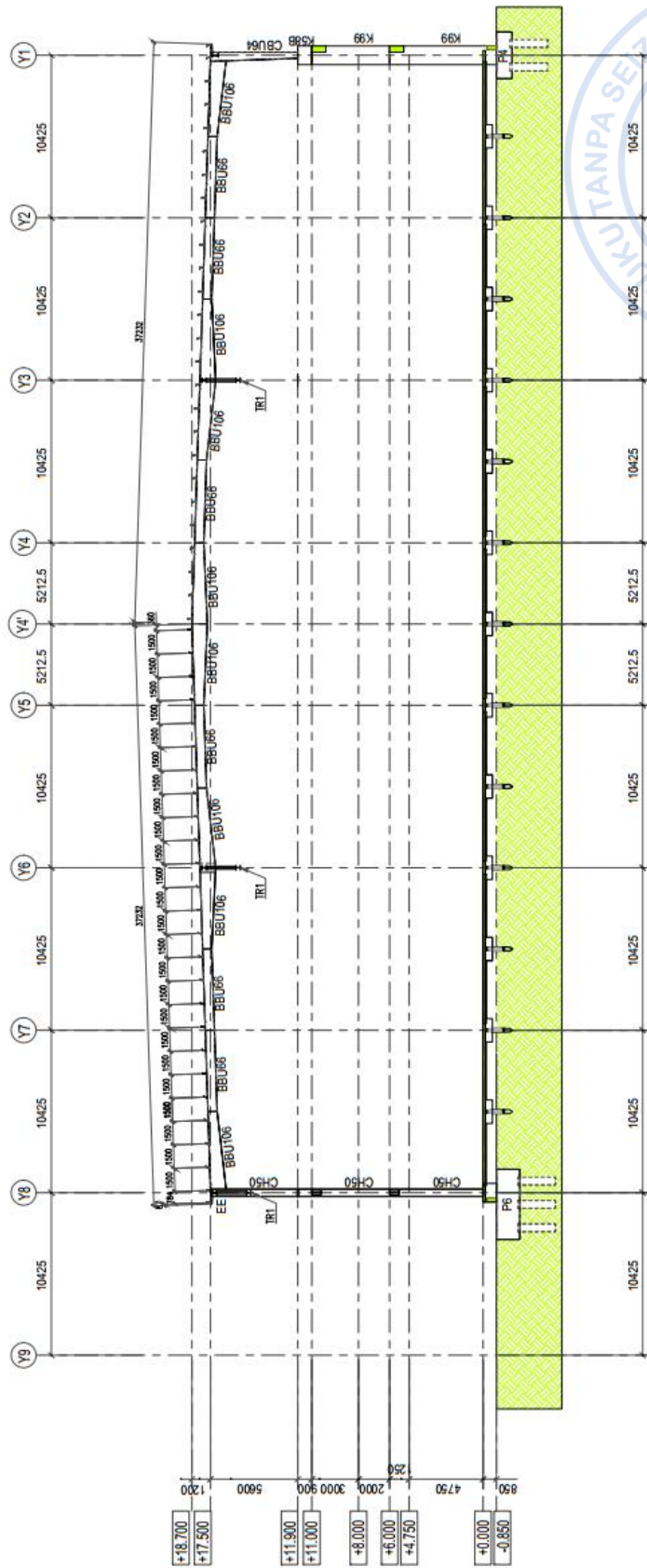




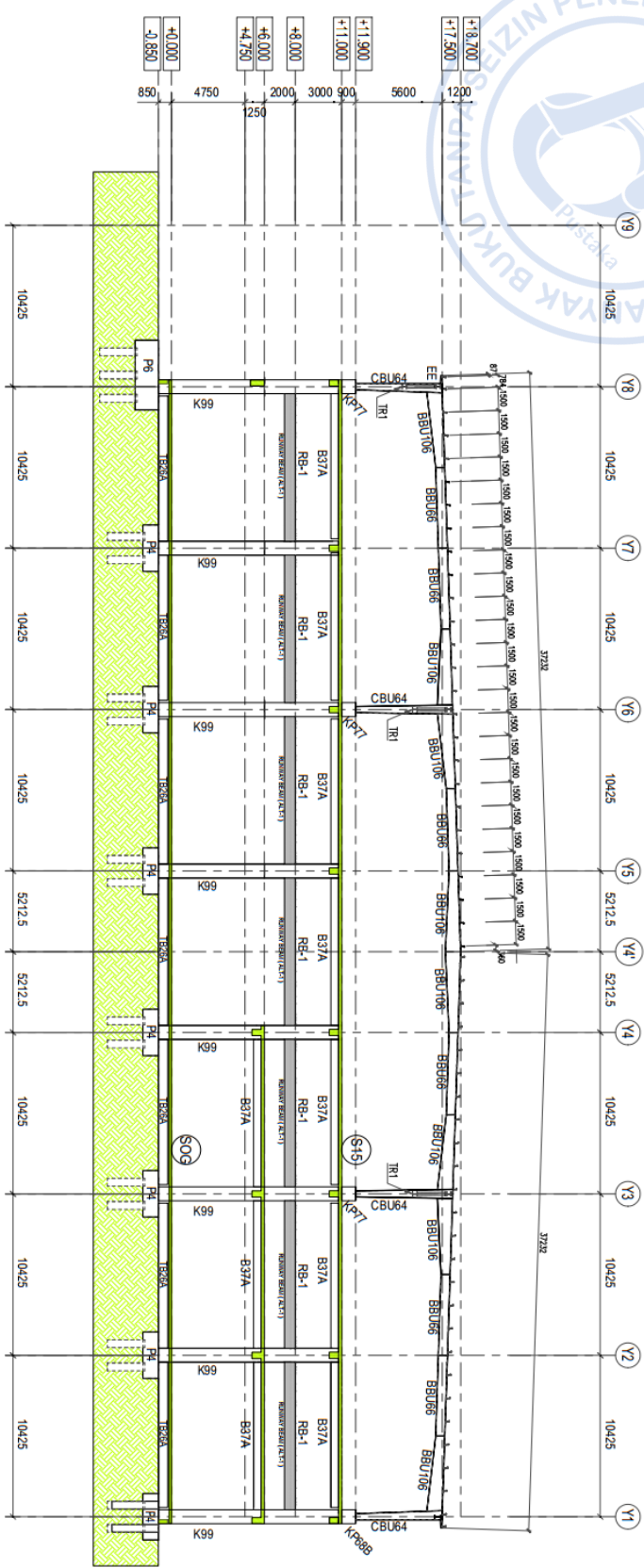
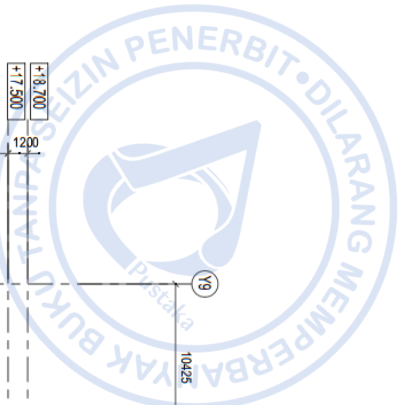
Gambar 2. 6. Plan Atap



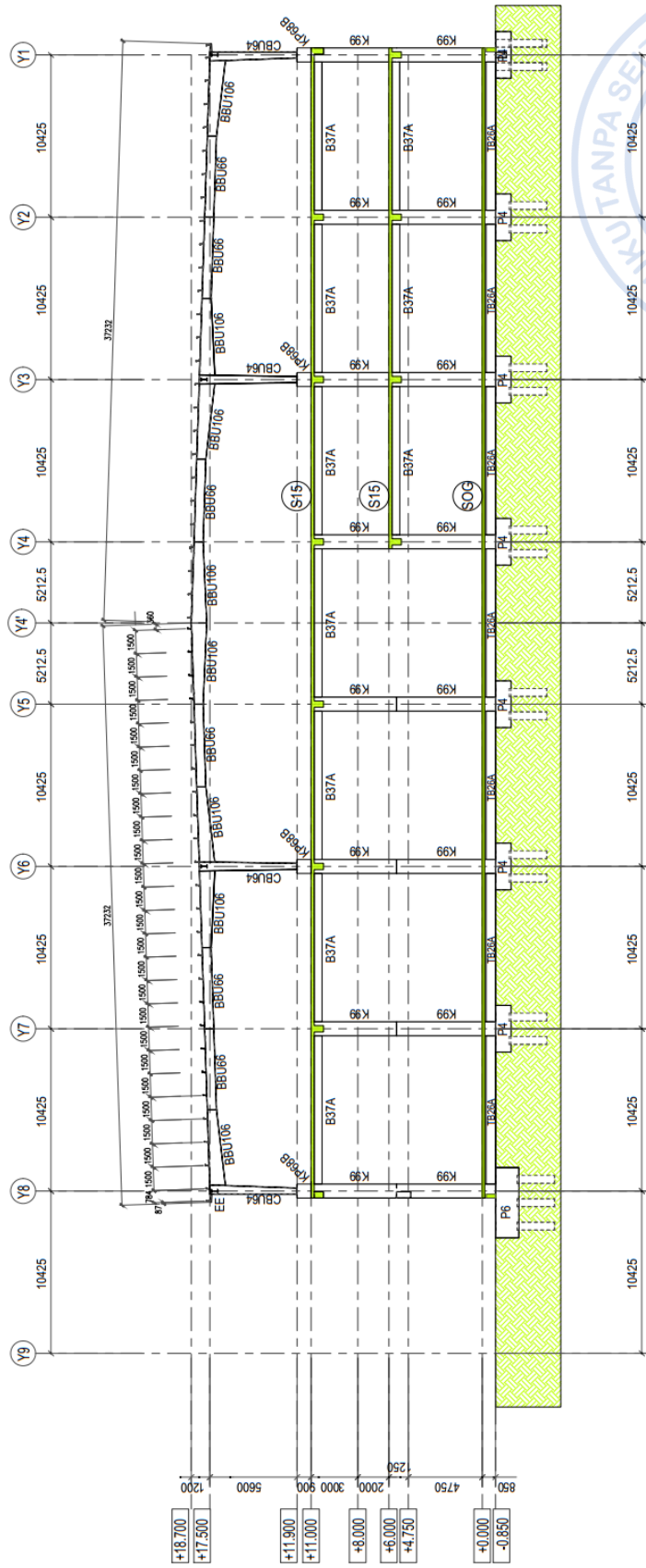
Gambar 2. 7. Potongan Melintang Grid XI



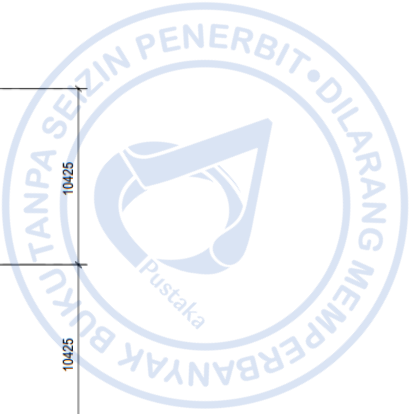
**Gambar 2. 8.** Potongan Melintang Grid X2

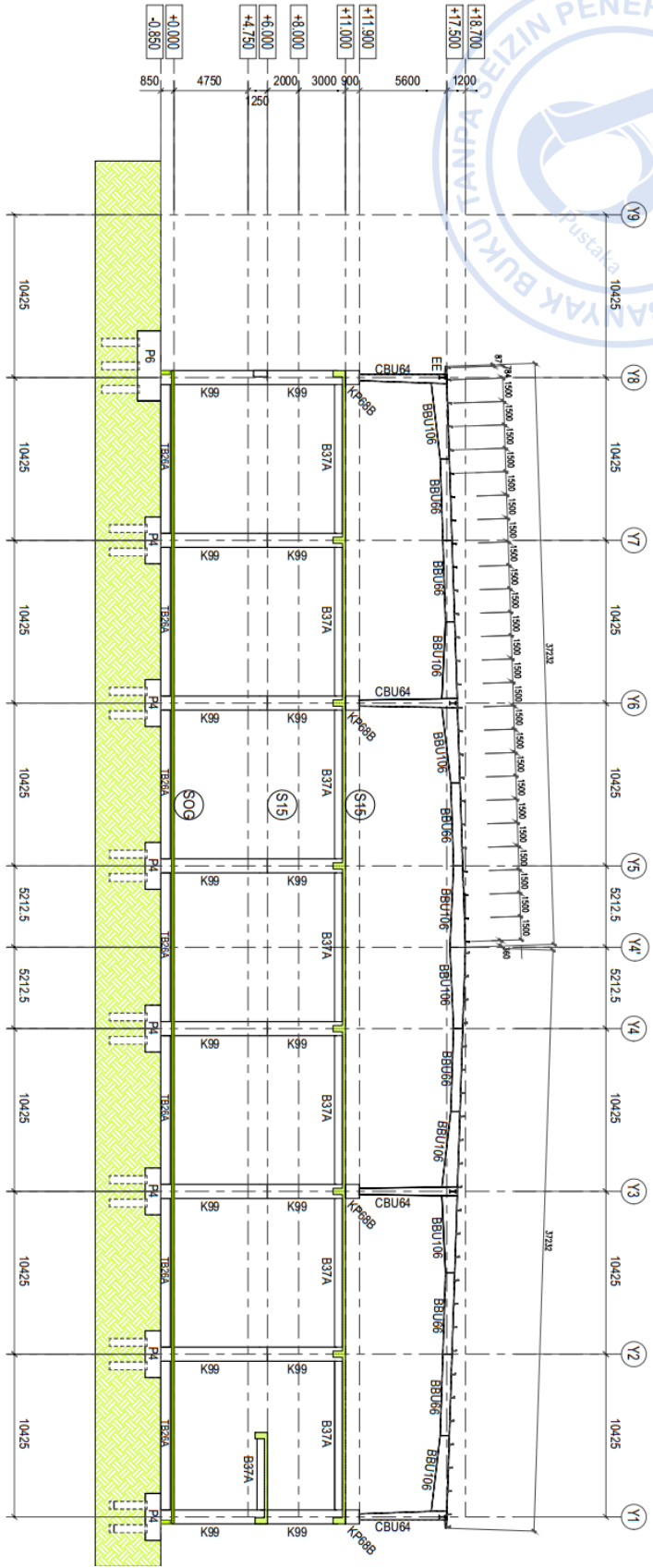
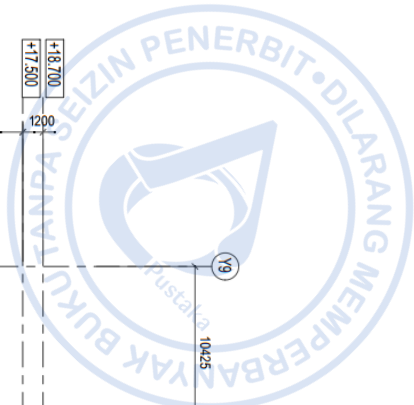


Gambar 2. 9. Potongan Melintang Grid X3

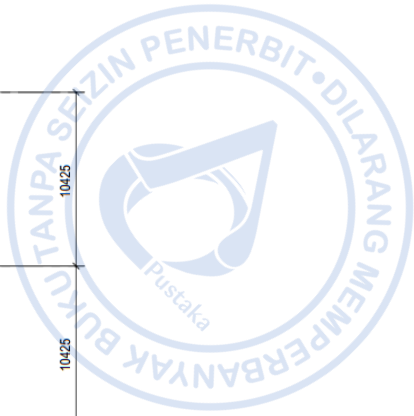
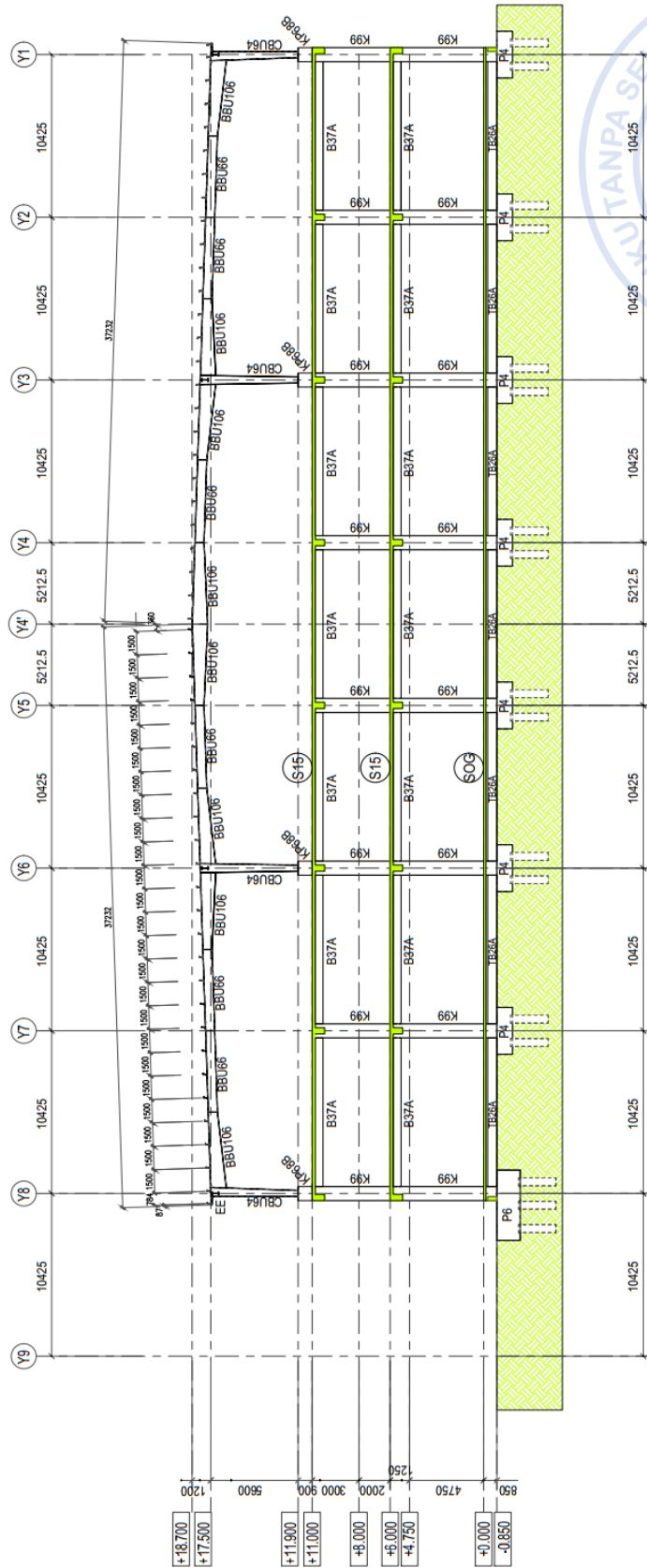


Gambar 2. 10. Potongan Melintang Grid X4

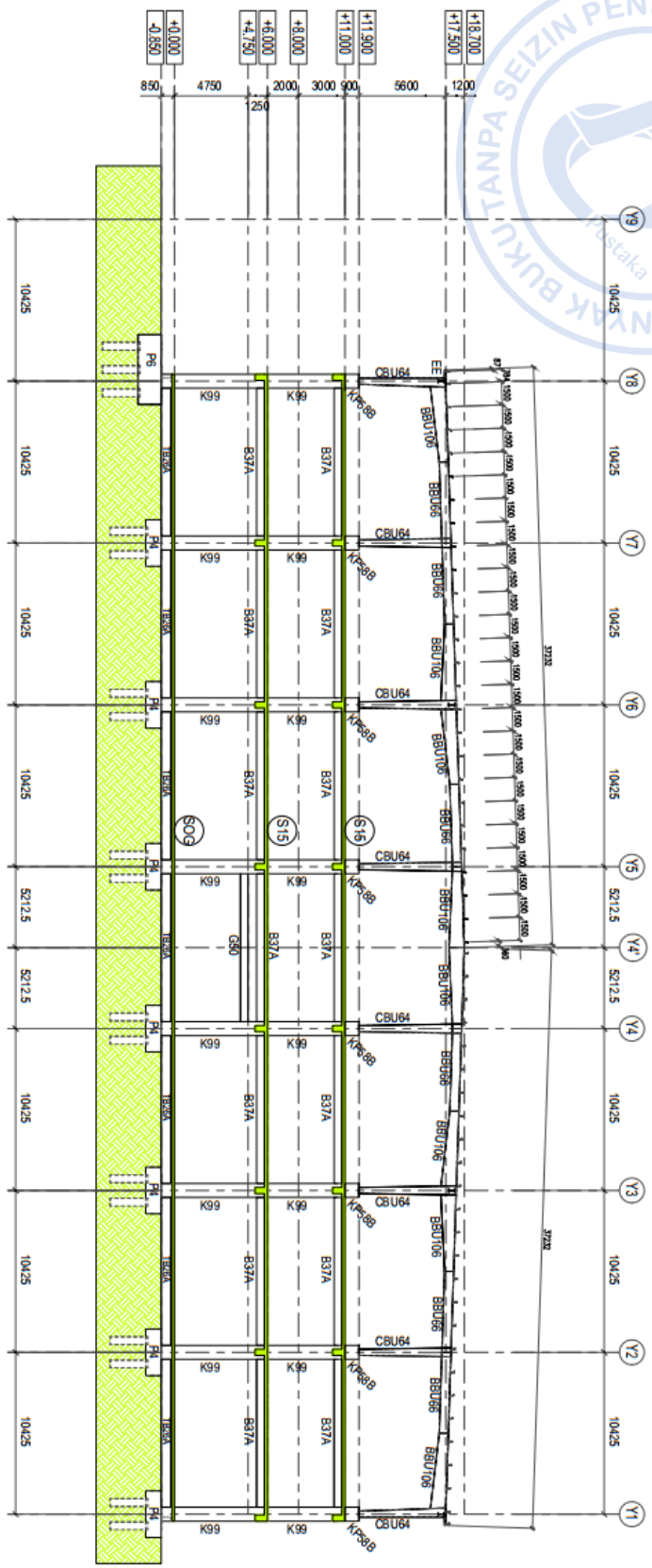
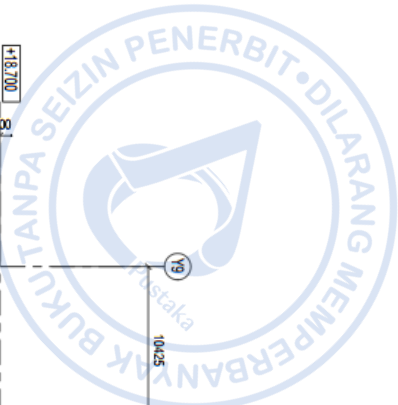




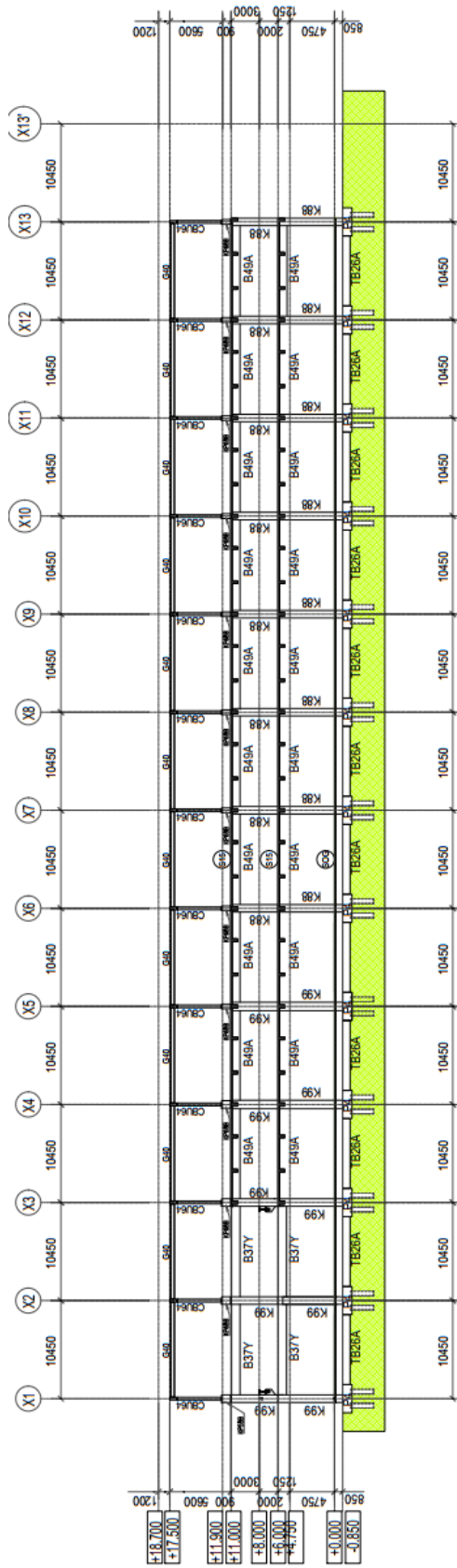
Gambar 2. 11. Potongan Melintang Grid X5



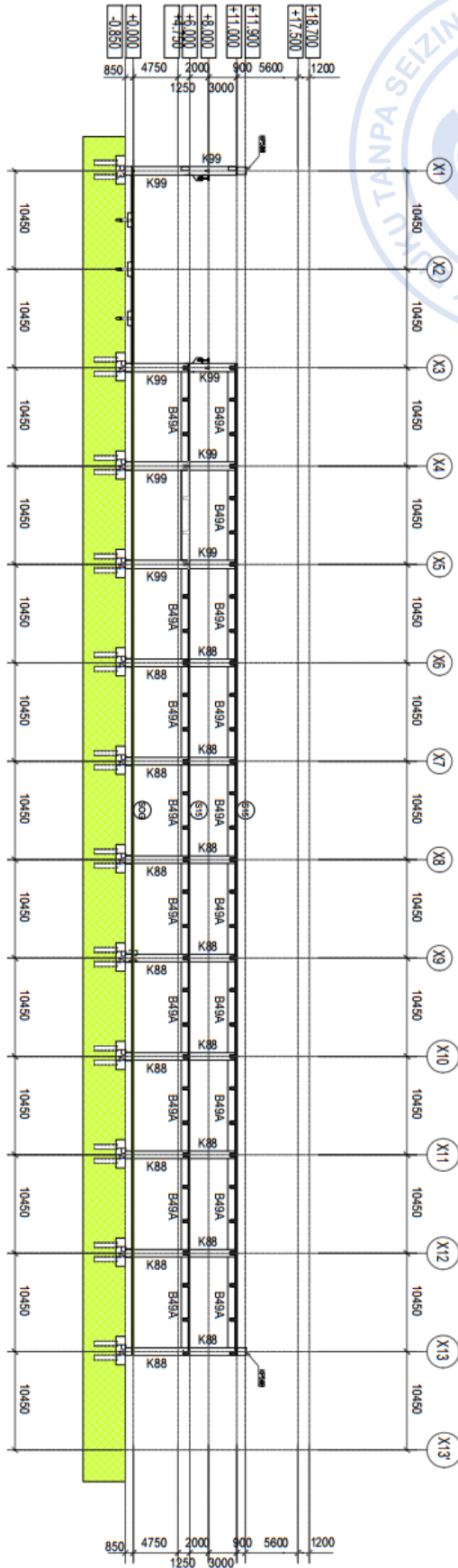
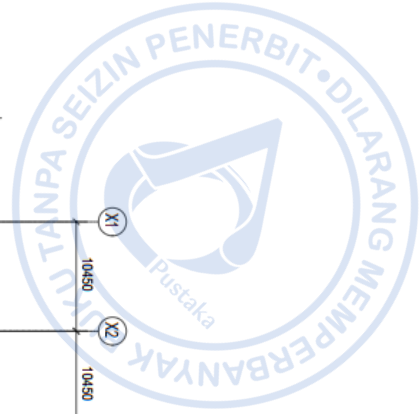
**Gambar 2. 12.** Potongan Melintang Grid X6-12



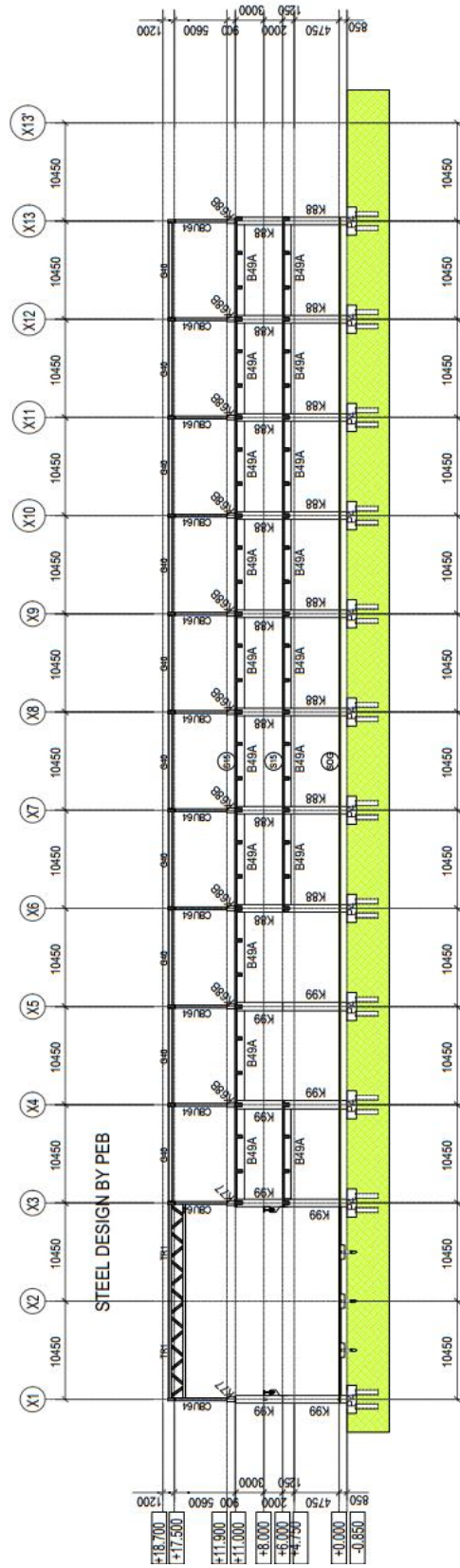
Gambar 2. 13. Potongan Melintang Grid X13



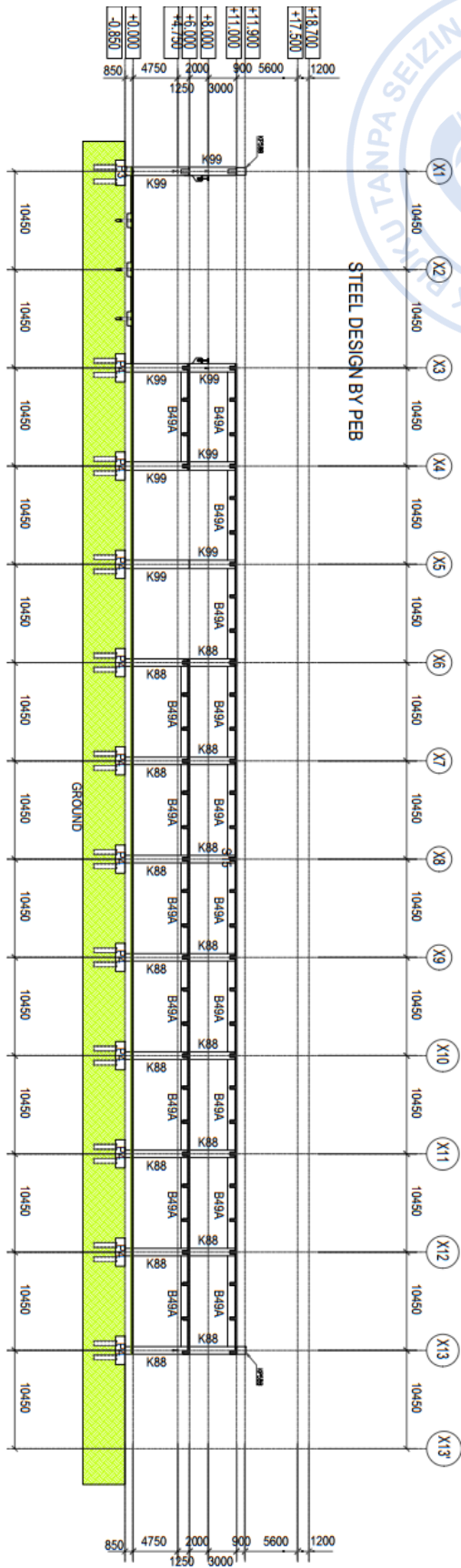
**Gambar 2. 14.** Potongan Melintang Grid Y1



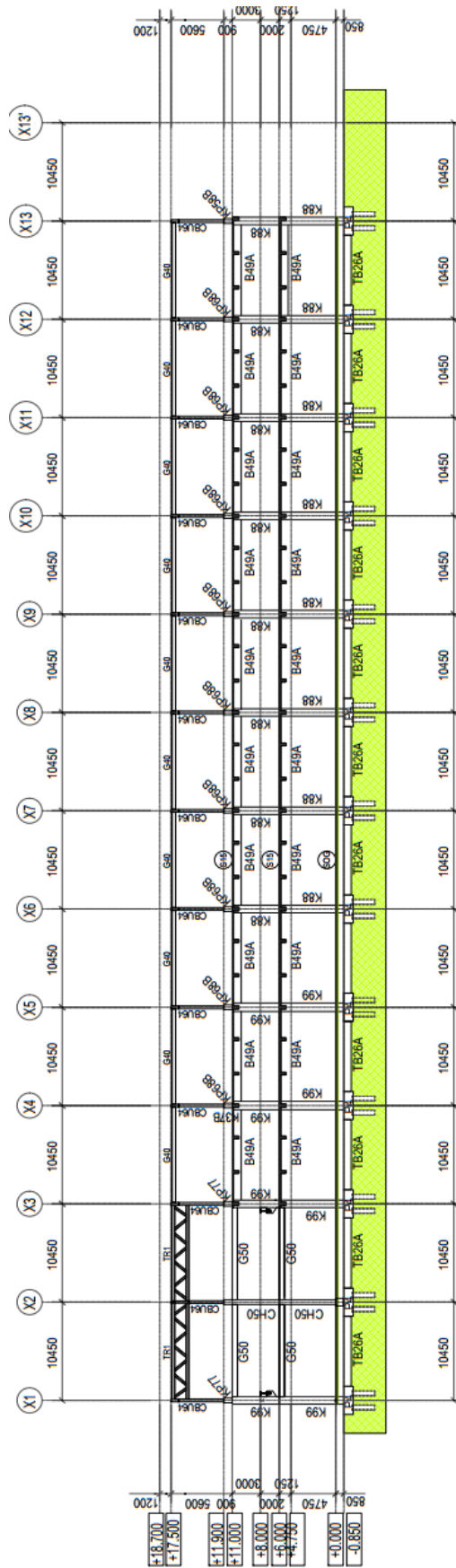
Gambar 2. 15. Potongan Melintang Grid Y2 & Y7



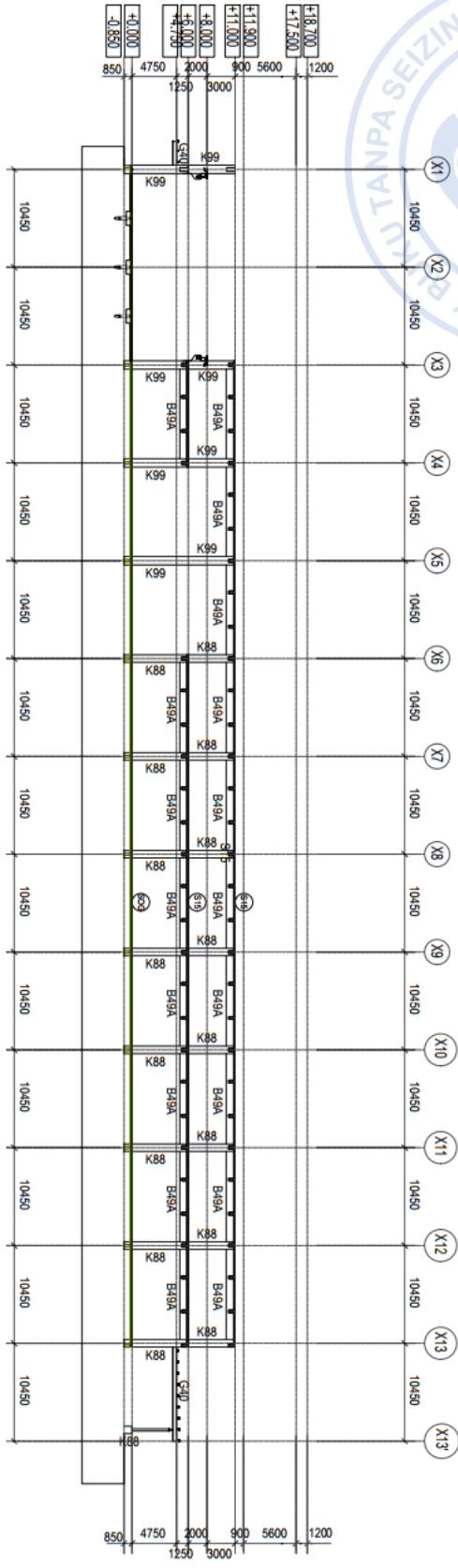
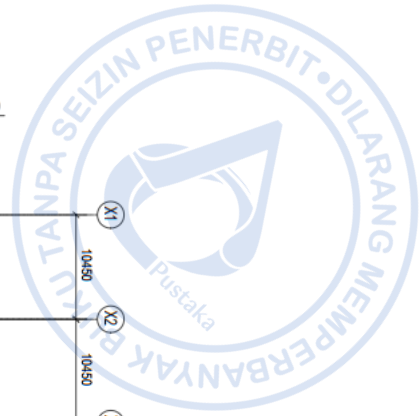
**Gambar 2. 16.** Potongan Melintang Grid Y3 & Y6



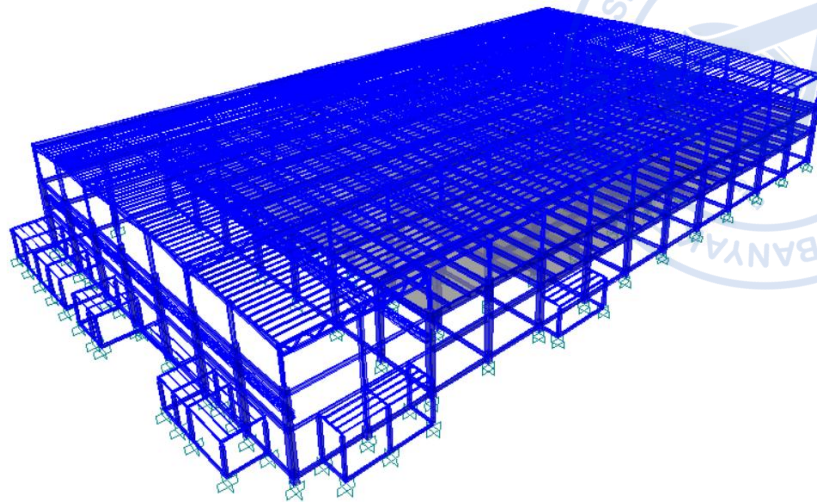
Gambar 2. 17. Potongan Melintang Grid Y4 & Y5



Gambar 2. 18. Potongan Melintang Grid Y8



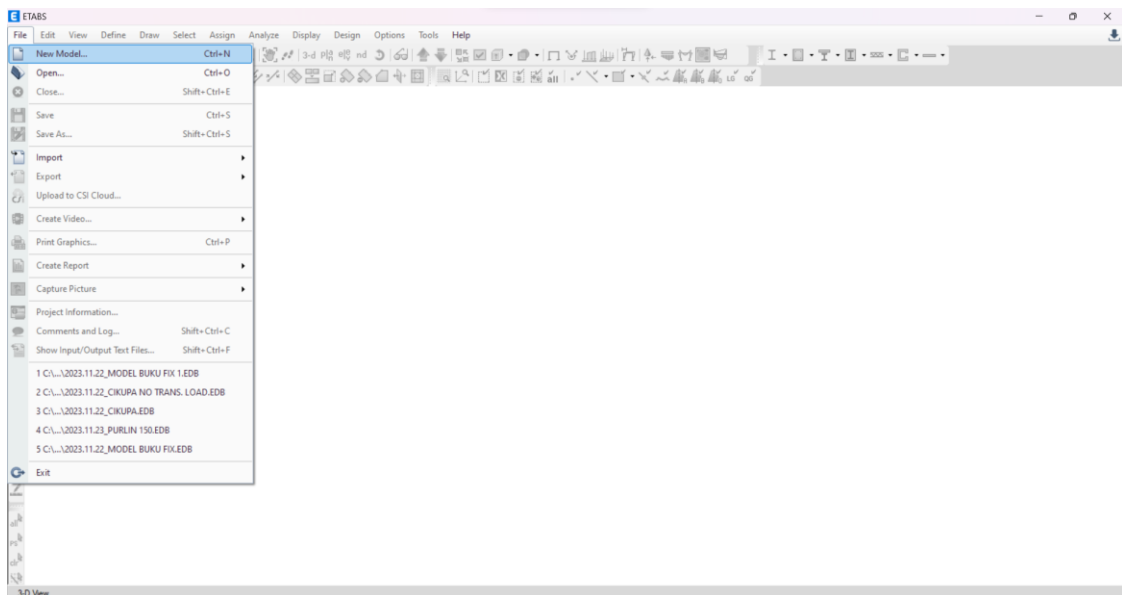
Gambar 2.19. Potongan Melintang Grid Y4'



Gambar 2. 20. Model 3d Warehouse

### C. MEMBUAT FILE BARU

Langkah awal pemodelan dengan *software* ETABS adalah dengan membuat file baru dengan cara klik *File–New Model* atau bisa dilakukan melalui *shortcut* Ctrl+N.

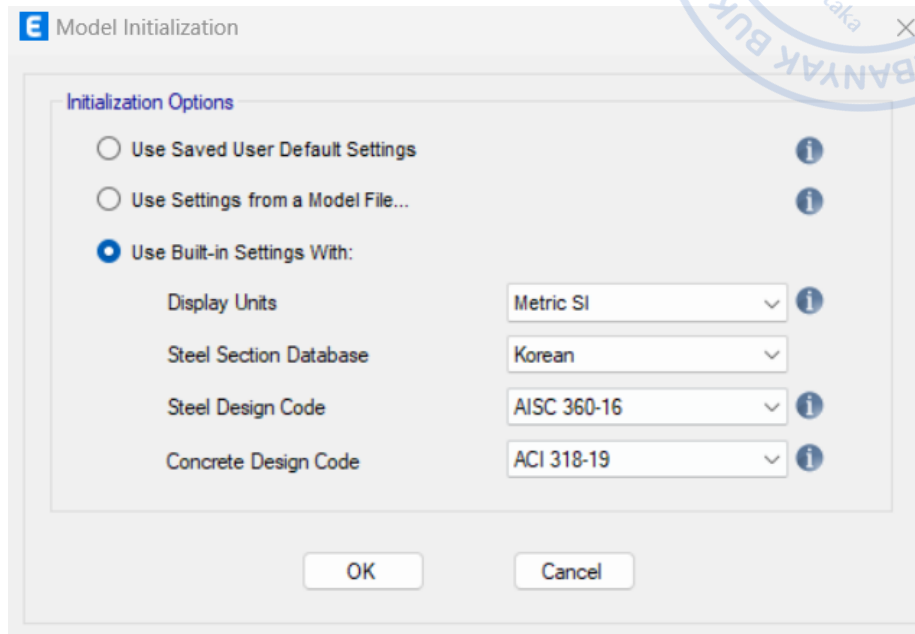


Gambar 2. 21. Pembuatan Model Baru pada ETABS

Sesuaikan parameter-parameter sesuai kode yang digunakan. Untuk proyek di Indonesia, peraturan yang digunakan biasanya mengacu pada peraturan di Amerika.

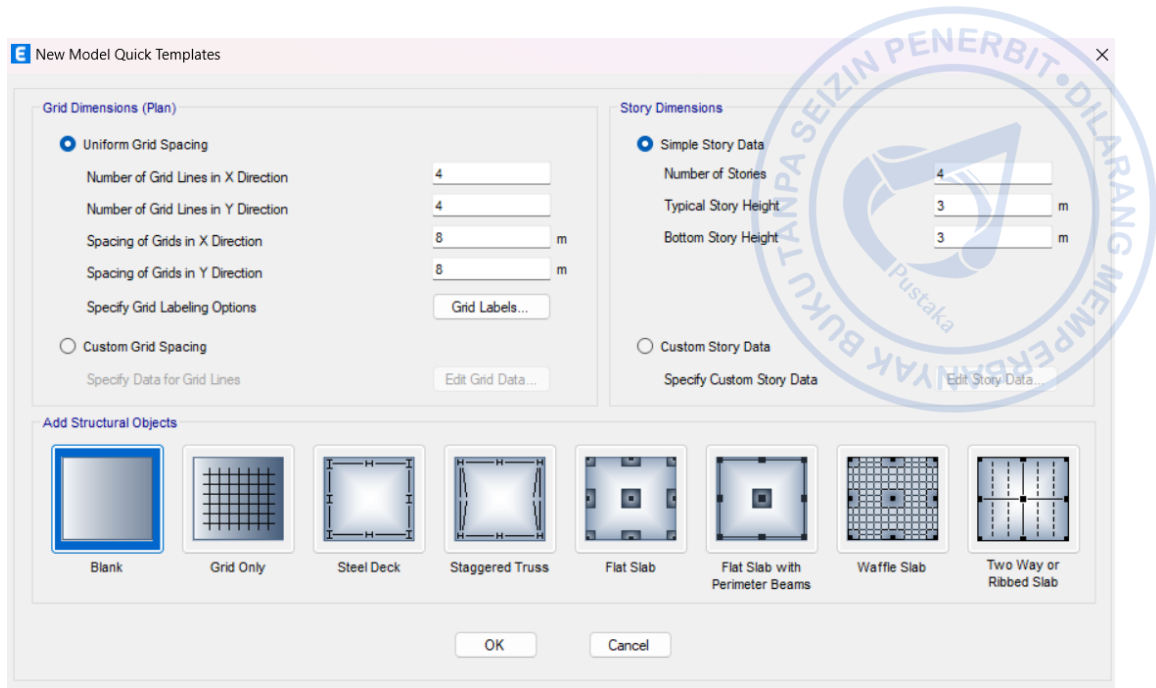
SNI 1729-2020 → AISC 360-16

SNI 2847-2019 → ACI 318-14/19

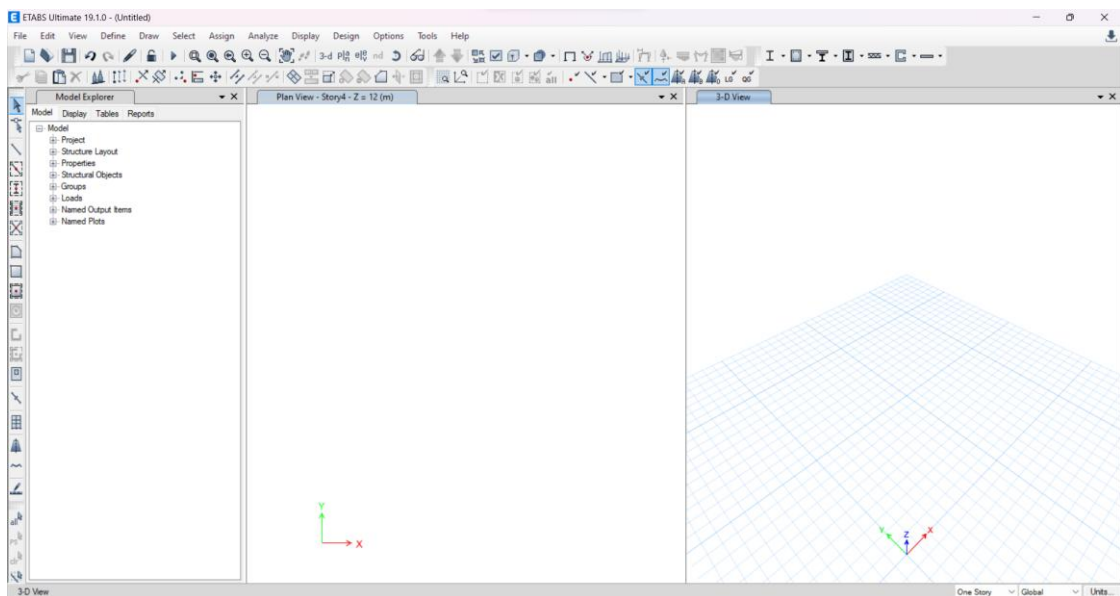


**Gambar 2. 22.** Pemilihan Jenis Satuan dan Kode yang Ingin Digunakan

Pada menu *New Model Quick Template* → pilih *Blank*. Terdapat beberapa pilihan lain seperti *Grid Only* yang dapat digunakan untuk membuat template dengan *grid* sesuai *story dimension* yang dimasukkan.

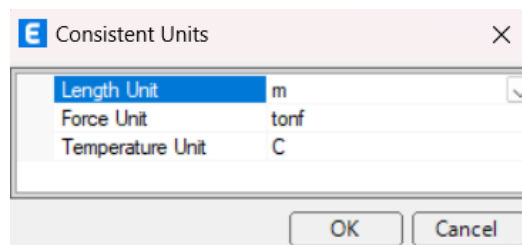
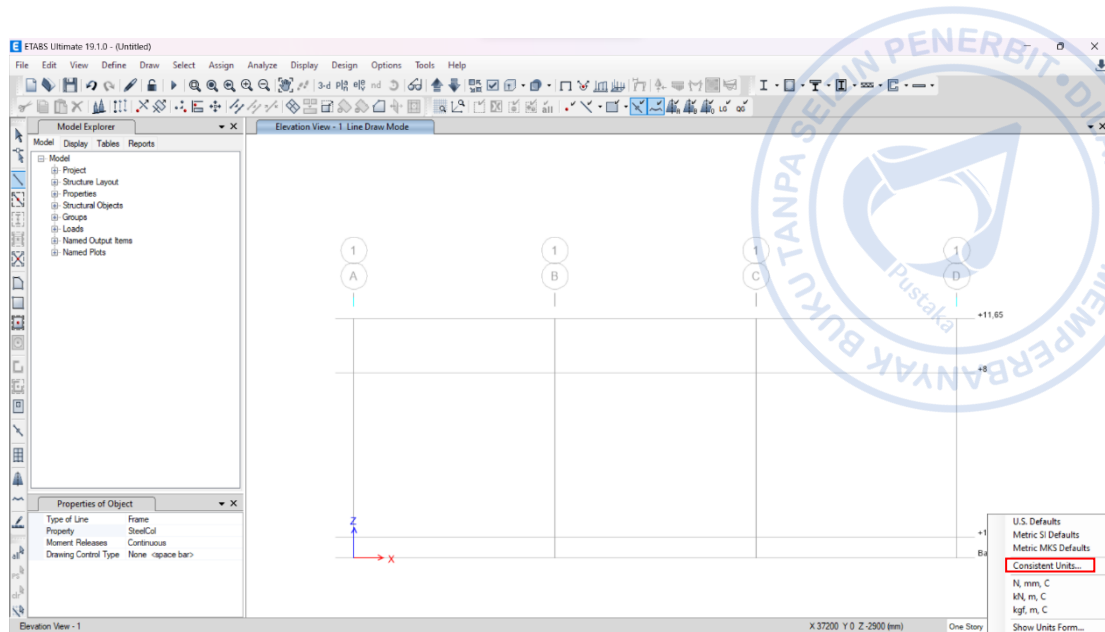


**Gambar 2. 23.** Tampilan *Quick Model*



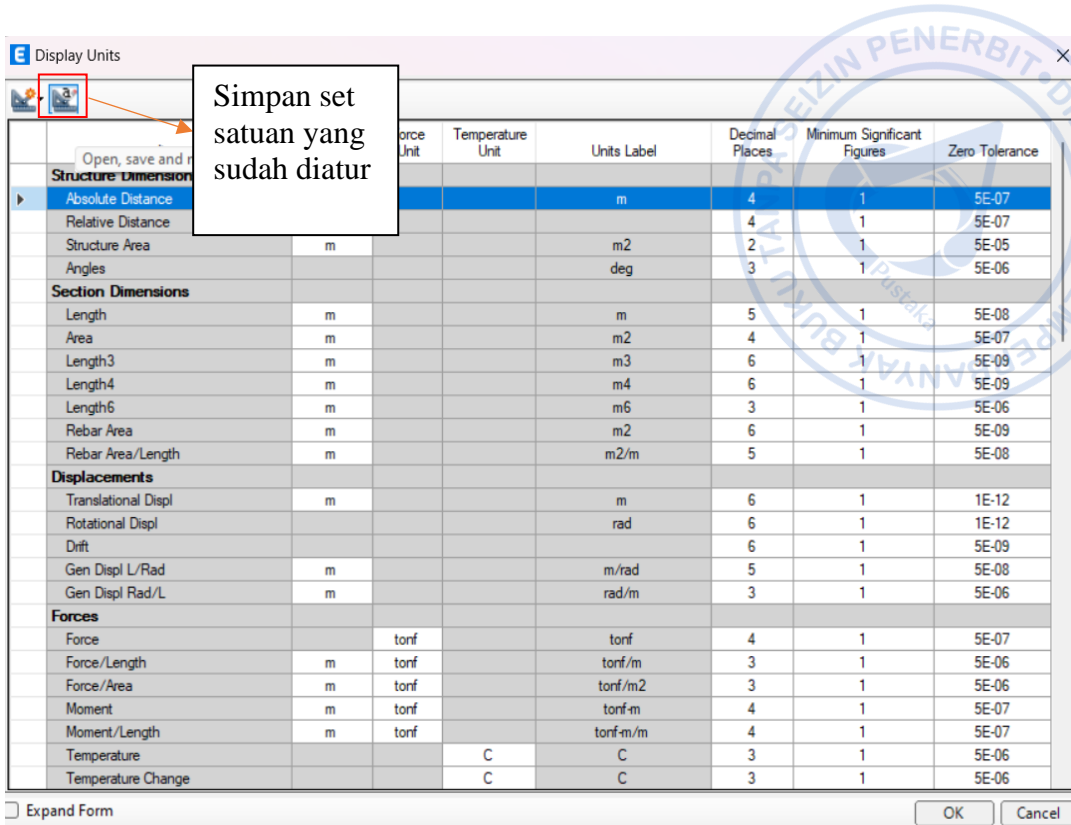
**Gambar 2. 24.** Tampilan Awal Model ETABS

Untuk memudahkan proses pemodelan, atur beberapa *template* unit yang biasa digunakan dengan cara klik pada area pojok kanan bawah → *Units* → *Consistent Units* → atur satuan panjang dan gaya yang diinginkan.

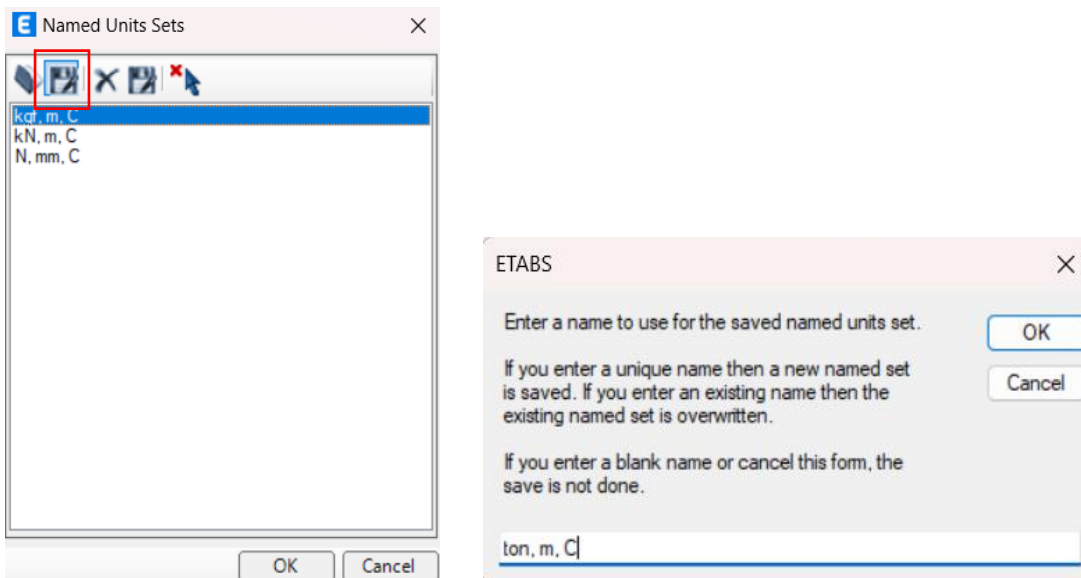


**Gambar 2. 25.** Atur Satuan Panjang dan Gaya

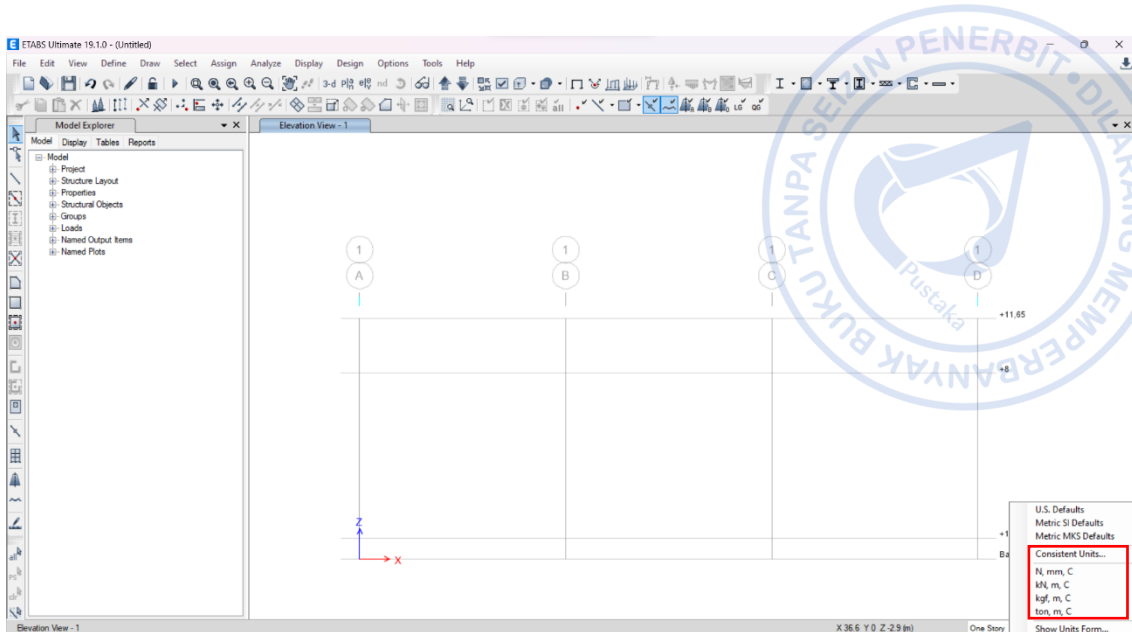
Lalu simpan satuan yang telah diatur dengan cara klik kembali pada pojok kanan bawah → *Units* → *Show Units Form* → beri nama set satuan yang telah diatur dan simpan.



Gambar 2. 26. Display Units



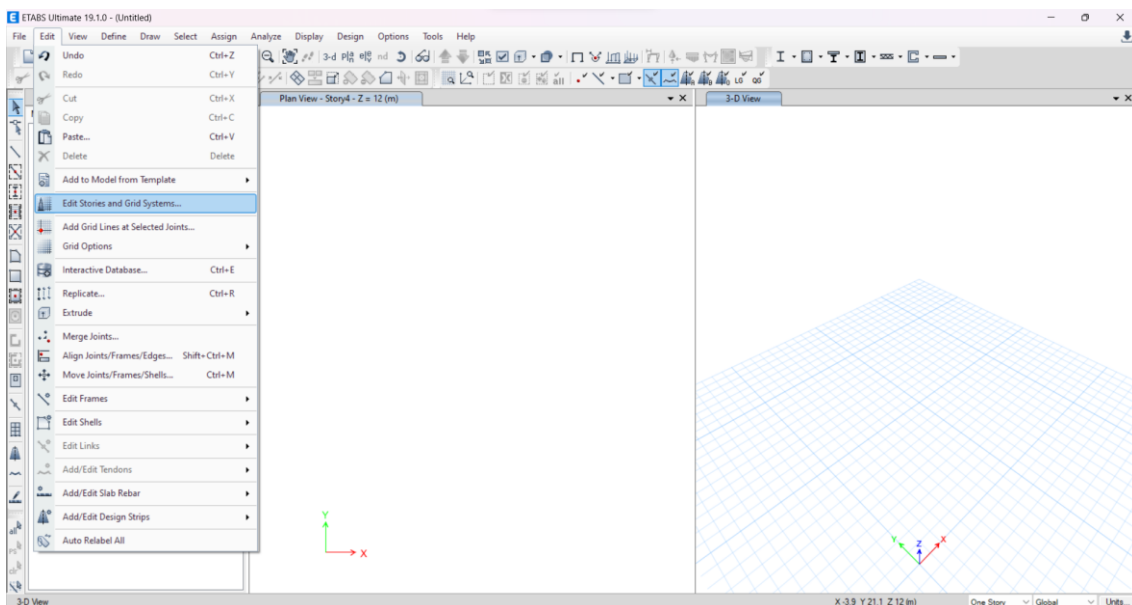
Gambar 2. 27. Simpan Unit Sets



**Gambar 2.28.** *Units Sets* Sudah Muncul pada *Units*

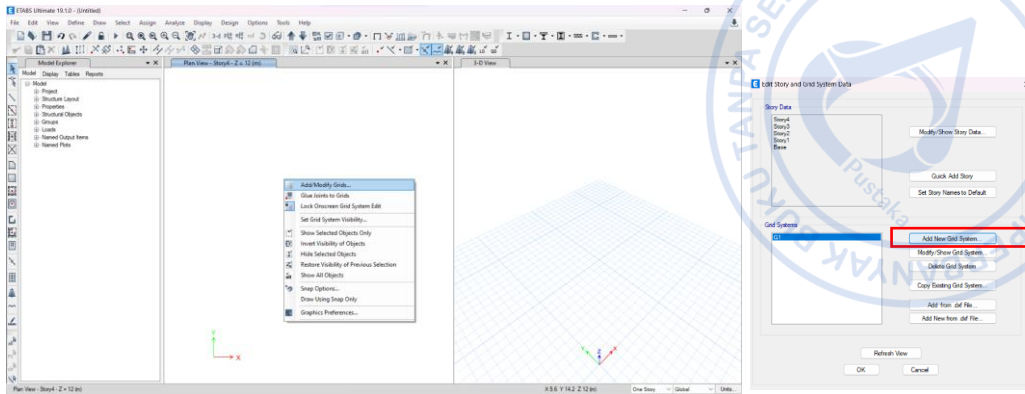
## D. MEMBUAT *GRID*

Selanjutnya untuk membuat *Grid* dan *Story Data*, klik *Edit* → *Edit Stories and Grid Systems* → *Modify*. Atur Jarak *grid* dan ketinggian yang digunakan. Cara lain untuk mengedit *grid* adalah dengan klik kanan → *Add/Modify Grid System*.



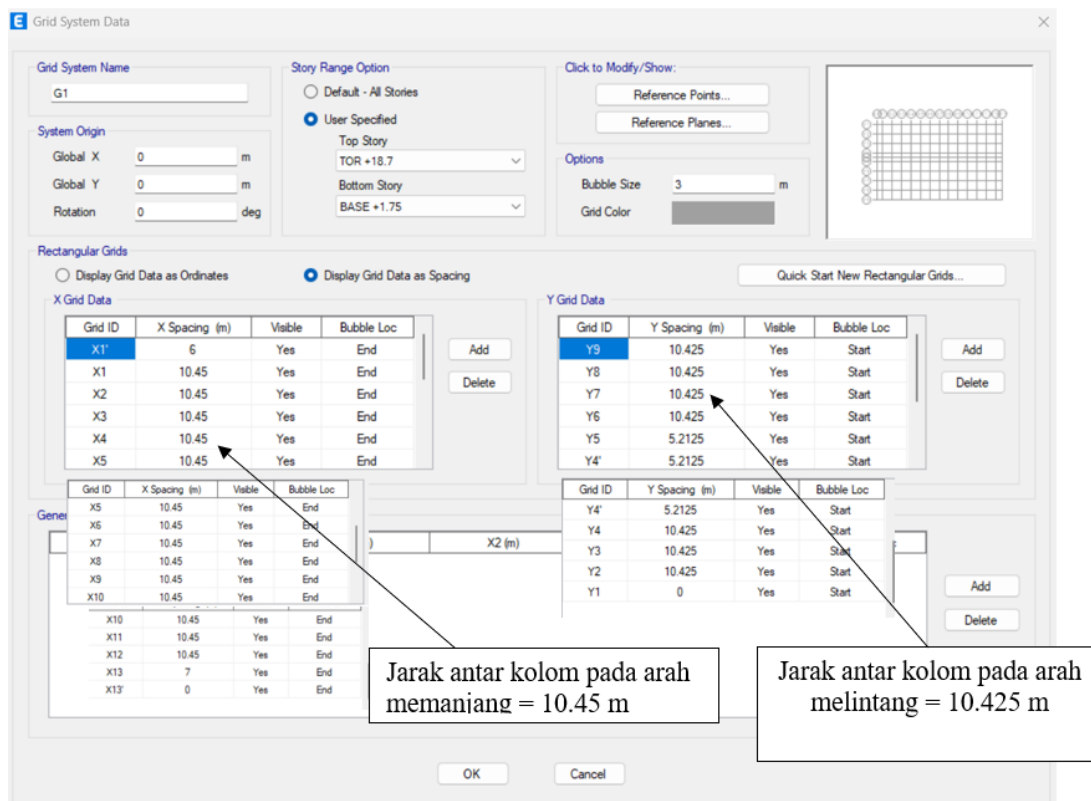
**Gambar 2.29.** *Edit* → *Edit Stories and Grid Systems*

Lalu tambahkan sistem *grid* baru dengan klik → *Add New Grid System*.



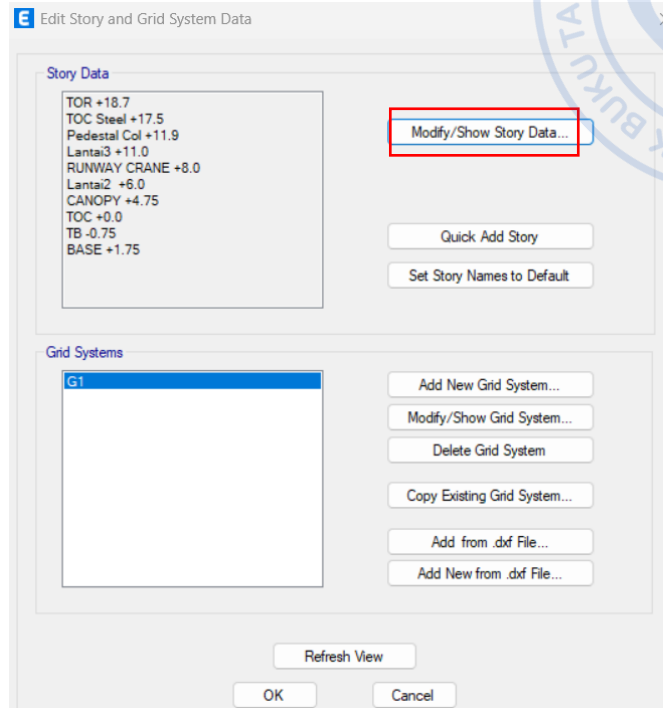
**Gambar 2. 30.** Klik Kanan → *Add/Modify Grid*

*Grid* untuk arah x dan y dapat ditambahkan dengan dua cara, memasukkan ordinat *grid* atau dengan cara memasukkan jarak antar *grid*. Akan dicoba cara *input grid* melalui jarak antar *grid*. Bangunan *warehouse* akan memiliki luas 72.98 m x 125.4 m dengan jarak antar kolom pada arah memanjang 10.45 m, sementara pada arah melintang dengan jarak antar kolom 10.425 m.

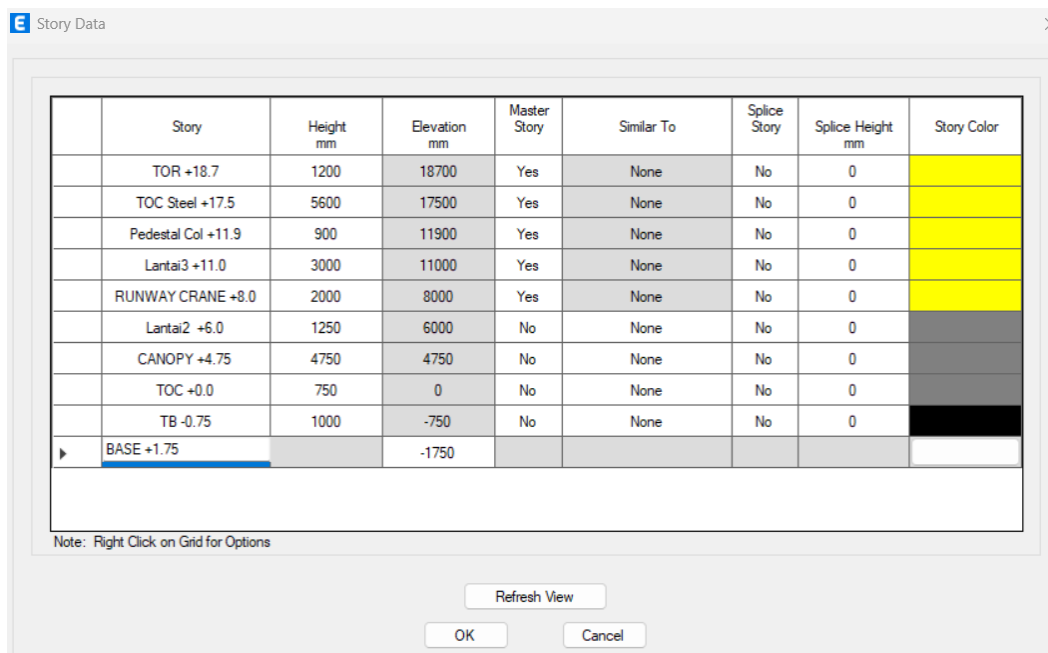


**Gambar 2. 31.** Pengaturan Grid pada Arah X dan Y

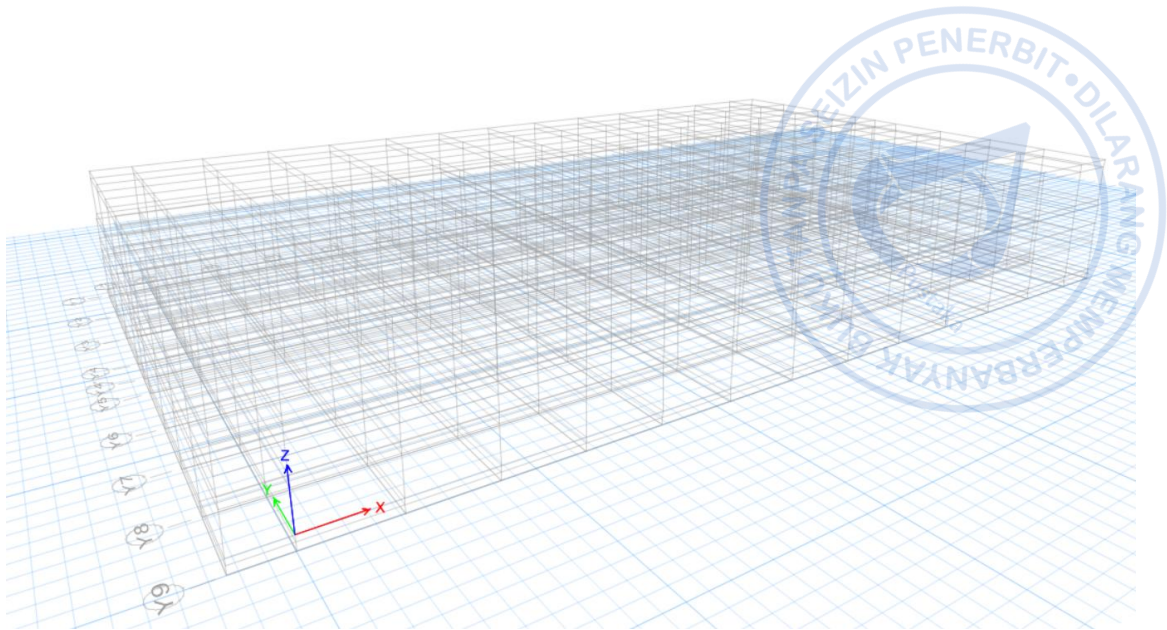
Untuk *grid* arah vertikal bisa diatur pada opsi *Modify/Show Story Data*. *Grid* pada arah vertikal di-*input* berdasarkan elevasi pada lantai dasar , tie beam, lantai2 dan lantai 3, pedestal kolom baja dan atap.



**Gambar 2. 32.** *Modify/Show Story Data*



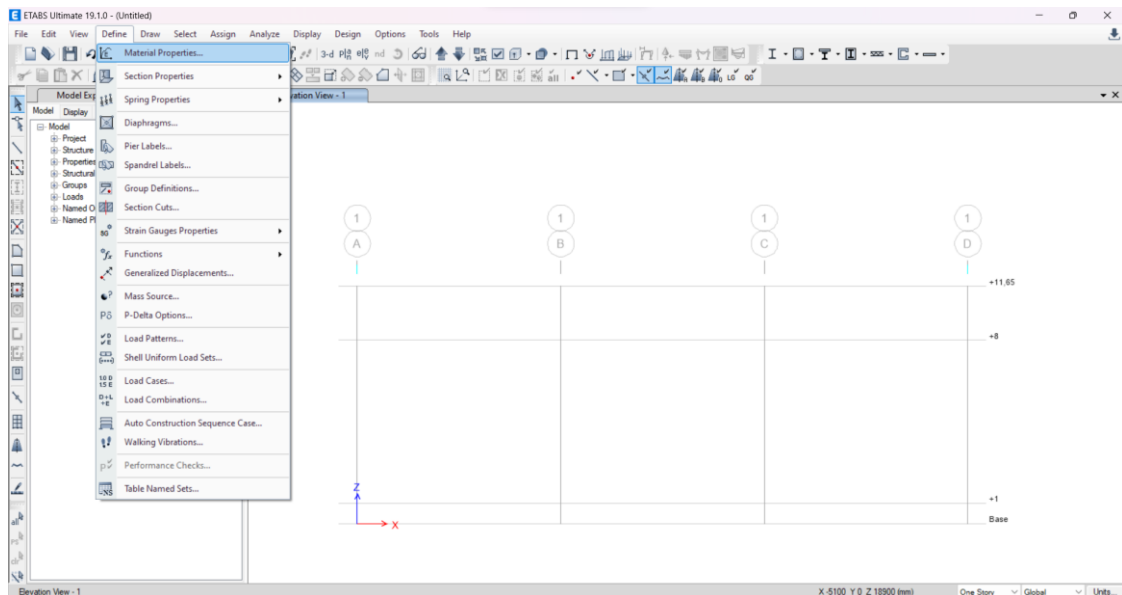
**Gambar 2. 33.** *Input Elevasi yang Dibutuhkan*

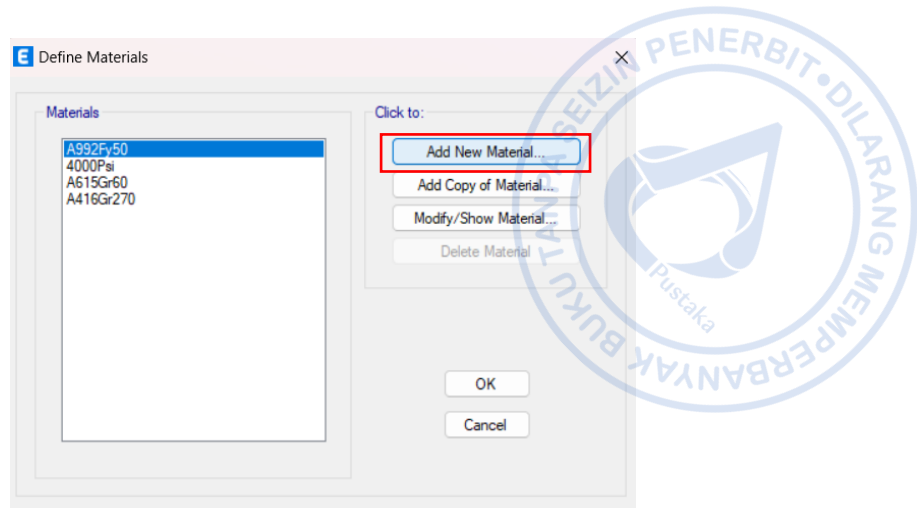


**Gambar 2. 34.** Grid yang Telah Dibuat

## E. PENENTUAN PROPERTI MATERIAL

Langkah selanjutnya ada penentuan material struktur. Material yang digunakan dalam perencanaan struktur menggunakan material beton, baja tulangan dan baja profil. Penentuan material dapat dilakukan dengan cara klik *Define* → *Materials*.





**Gambar 2. 35.** *Define Materials*

Penentuan masing-masing properti material sebagai berikut:

### 1. Material Beton

Data:

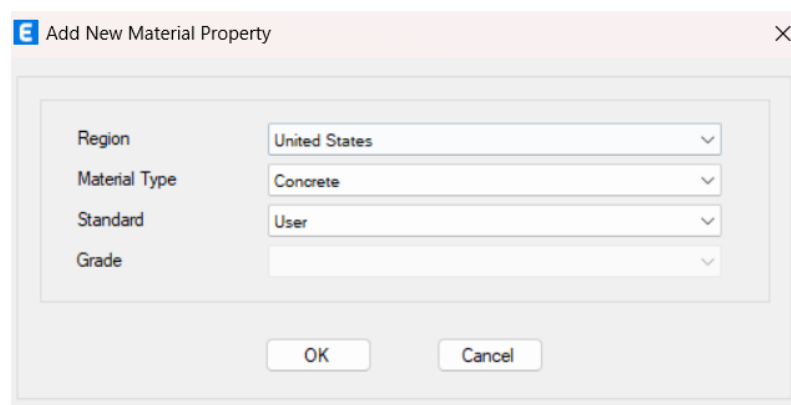
Mutu Beton,  $f_c$  = 25 MPa

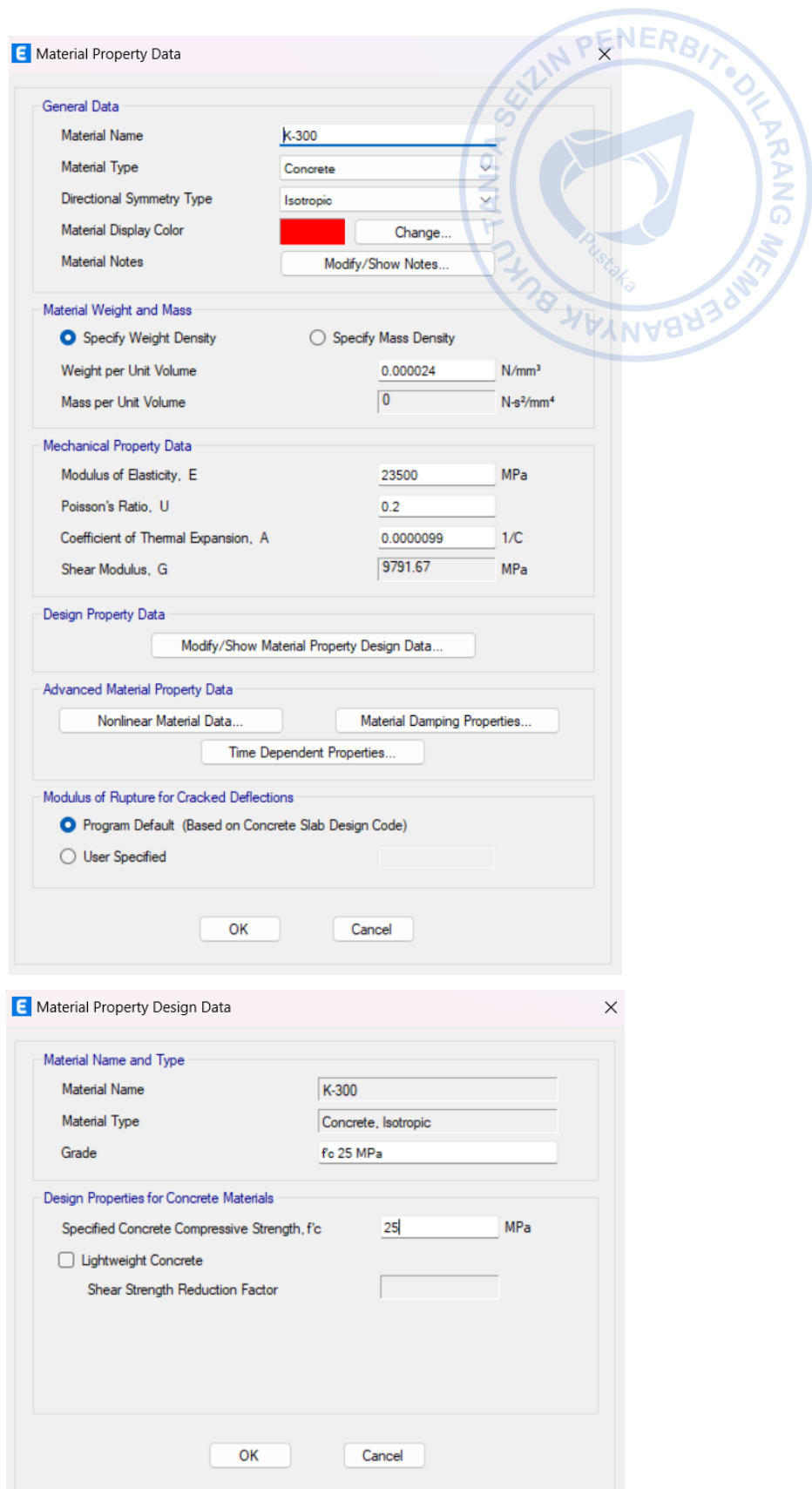
Berat Jenis Beton Bertulang = 2400 kg/m<sup>3</sup>

Nilai modulus elastisitas beton ditentukan berdasarkan Pasal 19.2.2.1 SNI 2847-2019 sebagai berikut:

Modulus Elastisitas Beton,  $E_c$  =  $4700 \sqrt{f_c}$  =  $4700 \times \sqrt{25}$   
 = 23500 MPa

Nisbah Poison,  $\mu$  = 0.2





**Gambar 2. 36.** Penentuan Material Beton

## 2. Material Baja Tulangan

Berdasarkan SNI 2847:2019, spesifikasi material baja tulangan memenuhi persyaratan pasal 20.2.5 adalah baja tulangan tulangan kelas BJTS 420B. Spesifikasi teknis dari baja tulangan kelas BJTS 420B dapat diketahui berdasarkan Tabel 6 SNI 2052-2017 dengan sebagai berikut:

**Tabel 2. 1.**  
Sifat Mekanis Baja Tulangan Berdasarkan SNI 2052-2017

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	-
			12 ( $d \geq 12$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ( $d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ( $d \geq 13$ mm)	180°	5d ( $d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ( $d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ( $d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ( $22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	12 ( $22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ( $19 \leq d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			10 ( $d > 36$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ( $d \leq 25$ mm)	180°	5d ( $d \leq 25$ mm)	Min. 1,15
			6 ( $d \geq 29$ mm)	180°	7d ( $29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ( $d > 36$ mm)	

**Keterangan:**  
1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton  
2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung

Berdasarkan data dari tabel di atas diketahui sifat mekanis BJTS 420B sebagai berikut:

- Mutu Baja Tulangan = BJTD 420B  
 Berat Jenis Tulangan = 7850 kg/m<sup>3</sup>  
 Modulus Elastisitas Baja, Es = 200.000 MPa  
 Tegangan Leleh,  $F_y$  = 420 MPa  
 Tegangan Putus,  $F_u$  = 525 MPa

*Expected yield strength,  $F_{ye}$*  dan *expected tensile strength,  $F_{ue}$*  untuk material baja tulangan bisa didapatkan berdasarkan Tabel 6-4 FEMA 356. Faktor konversi yang diberikan untuk kuat leleh dan yang diekspektasikan pada baja tulangan adalah 1,25.

**Tabel 2. 2.**

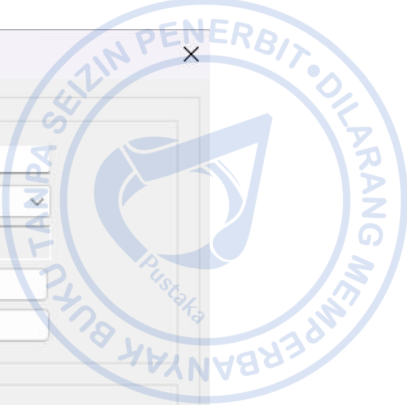
Faktor Konversi untuk Kuat Leleh dan Putus yang Diekspektasikan pada Baja Tulangan Berdasarkan FEMA 356

**Table 6-4 Factors to Translate Lower Bound Material Properties to Expected Strength Material Properties**

Material Property	Factor
Concrete Compressive Strength	1.50
Reinforcing Steel Tensile & Yield Strength	1.25
Connector Steel Yield Strength	1.50

*Expected Yield Strength,  $F_{ye}$*  =  $1.25 \times 420 \text{ MPa} = 525 \text{ MPa}$

*Expected Tensile Strength,  $F_{ue}$*  =  $1.25 \times 545 \text{ MPa} = 681,25 \text{ MPa}$



**E** Material Property Data

**General Data**

Material Name: BJTD420B

Material Type: Rebar

Directional Symmetry Type: Uniaxial

Material Display Color: ████████ Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000077 N/mm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 7.849E-09 N-s<sup>2</sup>/mm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 200000 MPa

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel

**E** Material Property Design Data

**Material Name and Type**

Material Name: BJTD420B

Material Type: Rebar, Uniaxial

Grade: BJTD420B

**Design Properties for Rebar Materials**

Minimum Yield Strength, Fy: 420 MPa

Minimum Tensile Strength, Fu: 545 MPa

Expected Yield Strength, Fye: 525 MPa

Expected Tensile Strength, Fue: 681.25 MPa

OK Cancel

**Gambar 2. 37.** Penentuan Material Baja Tulangan



### 3. Material Baja Profil Canai Panas

Material baja profil yang digunakan adalah sebagai berikut:

Data:

Mutu Baja Profil = ASTM-A572 GR 50

Berat Jenis Baja = 7850 kg/m<sup>3</sup>

Modulus Elastisitas Baja,  $E_s$  = 200.000 MPa

Tegangan Leleh,  $F_y$  = 345 MPa

Tegangan Putus,  $F_u$  = 450 MPa

*Expected yield strength,  $F_{ye}$*  dan *expected tensile strength,  $F_{ue}$*  untuk material baja canai panas bisa didapatkan berdasarkan Tabel A.3-1 SNI 7860-2020. Faktor untuk mengkonversi kuat leleh menjadi untuk kuat leleh terekspektasi untuk baja canai panas A36 adalah 1,5, sementara untuk kuat putus baja, nilai konversi yang diberikan adalah 1,2.

**Tabel 2. 3.**

Faktor Konversi untuk Kuat Leleh dan Putus yang Diekspektasikan pada Baja Canai Panas Berdasarkan SNI 7860-2020

Aplikasi	$R_y$	$R_t$
Profil baja gilas panas dan batangan:		
• ASTM A36/A36M	1,5	1,2
• ASTM A1043/A1043M Gr. 36 (250)	1,3	1,1
• ASTM A992/A992M	1,1	1,1
• ASTM A572/A572M Gr. 50 (345) or 55 (380)	1,1	1,1
• ASTM A913/A913M Gr. 50 (345), 60 (415), 65 (450), atau 70 (485)	1,1	1,1
• ASTM A588/A588M	1,1	1,1
• ASTM A1043/A1043M Gr. 50 (345)	1,2	1,1
• ASTM A529 Gr. 50 (345)	1,2	1,2
• ASTM A529 Gr. 55 (380)	1,1	1,2

*Expected Yield Strength,  $F_{ye}$*  = 1,1 x 345 MPa = 379,5 MPa

*Expected Tensile Strength,  $F_{ue}$*  = 1,1 x 450 MPa = 495 MPa

**E** Add New Material Property


Region: United States

Material Type: Steel

Standard: User

Grade:

OK Cancel




**E** Material Property Data

**General Data**

Material Name: G50

Material Type: Steel

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

**Material Weight and Mass**

Specify Weight Density  Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 0.000077 N/mm<sup>3</sup>

Mass per Unit Volume: 7.849E-09 N-s<sup>2</sup>/mm<sup>4</sup>

**Mechanical Property Data**

Modulus of Elasticity, E: 199947.98 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C

Shear Modulus, G: 76903.07 MPa

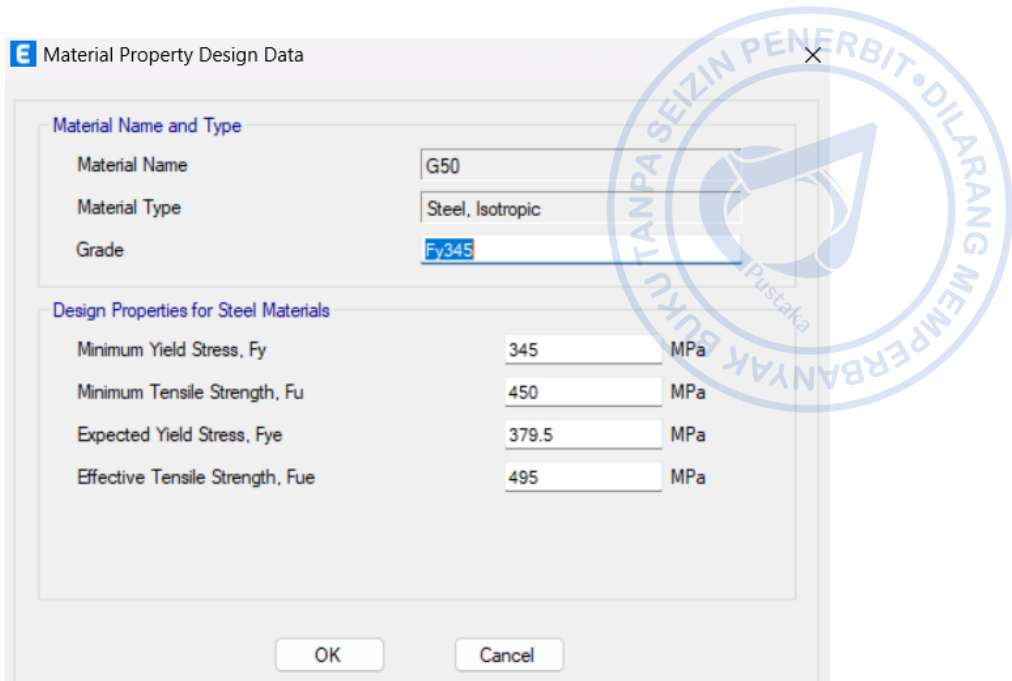
**Design Property Data**

Modify/Show Material Property Design Data...

**Advanced Material Property Data**

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties... Time Dependent Properties...

OK Cancel



**Gambar 2. 38.** Penentuan Material Baja Canai Panas

## F. PENENTUAN PROPERTI PENAMPANG

Ukuran penampang yang digunakan untuk elemen struktur yang direncanakan yaitu sebagai berikut:

1. Kolom Beton
 

K90.90	=	900X900 mm <sup>2</sup>
K80.80	=	800X800 mm <sup>2</sup>
2. Balok Beton
 

B40.90	=	400X900 mm <sup>2</sup>
B30.70	=	300x700 mm <sup>2</sup>
3. Kolom Baja
 

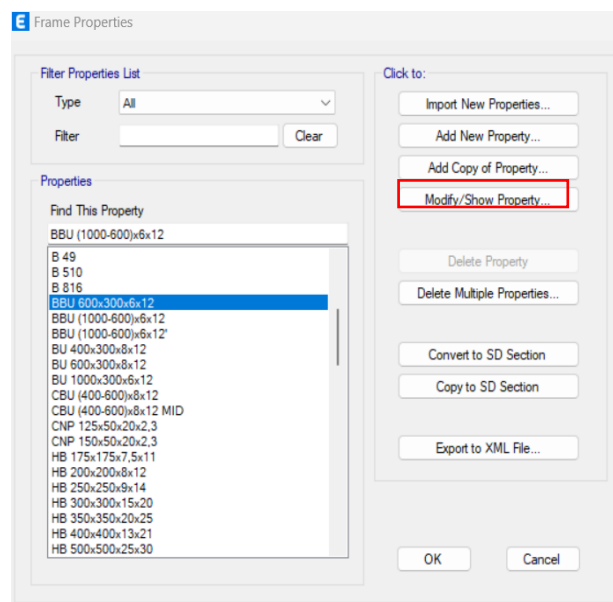
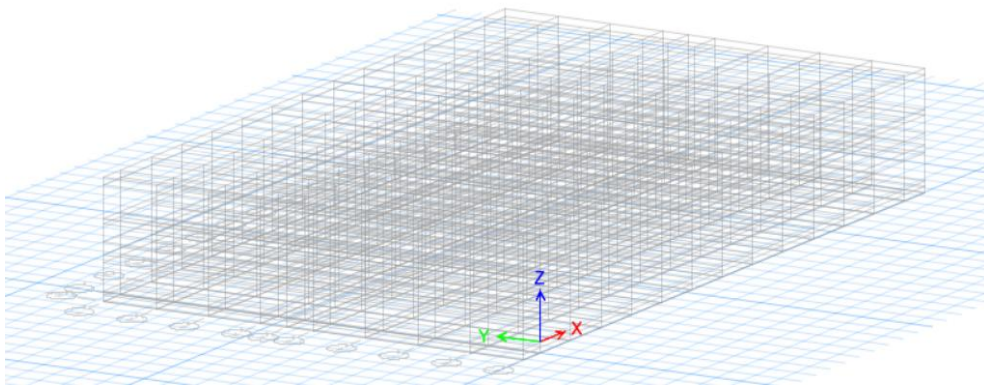
CBU64	=	Bu (400-600)X300X8x12
-------	---	-----------------------
4. *Rafter*

BBU64	=	BBu -(1000-600)X300X6x12
BBU64	=	Bu - 600X300X6x12
5. Purlin
 

Double CNP 200	=	2CNP 200x75x20x3,2
----------------	---	--------------------

6. Ring *Beam* (Regel) dan Nok Atap  
 WF 400 = WF.400X200X8X13
7. *Wind Bracing* = Rod 25 mm

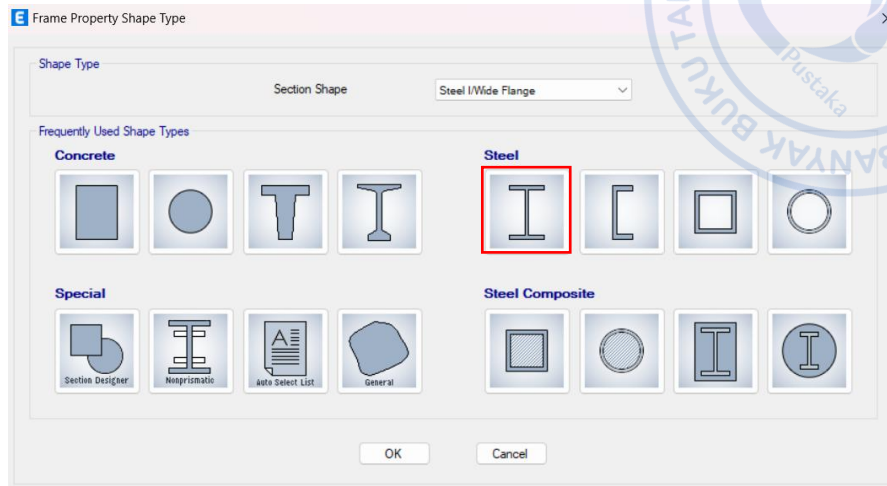
Penentuan dimensi penampang/profil baja dilakukan dengan cara klik *Define–Section Properties–Frame Sections–Add New Property*. Tentukan tipe profil baja pada pilihan *Section Type* seperti sebagai berikut:



**Gambar 2. 39.** Define–Section Properties–Frame Sections–Add New Property

Terdapat empat *template* pilihan profil untuk baja, yaitu, profil *I/Wide Flange Section* yang dapat digunakan untuk pemodelan profil I-WF (*I-Wide Flange*) dan HB (*H-Beam*), *Channel Section* yang dapat digunakan untuk pemodelan profil UNP, *Tube Section* yang dapat digunakan untuk pemodelan profil RHS (*Rectangular Hollow Section*)

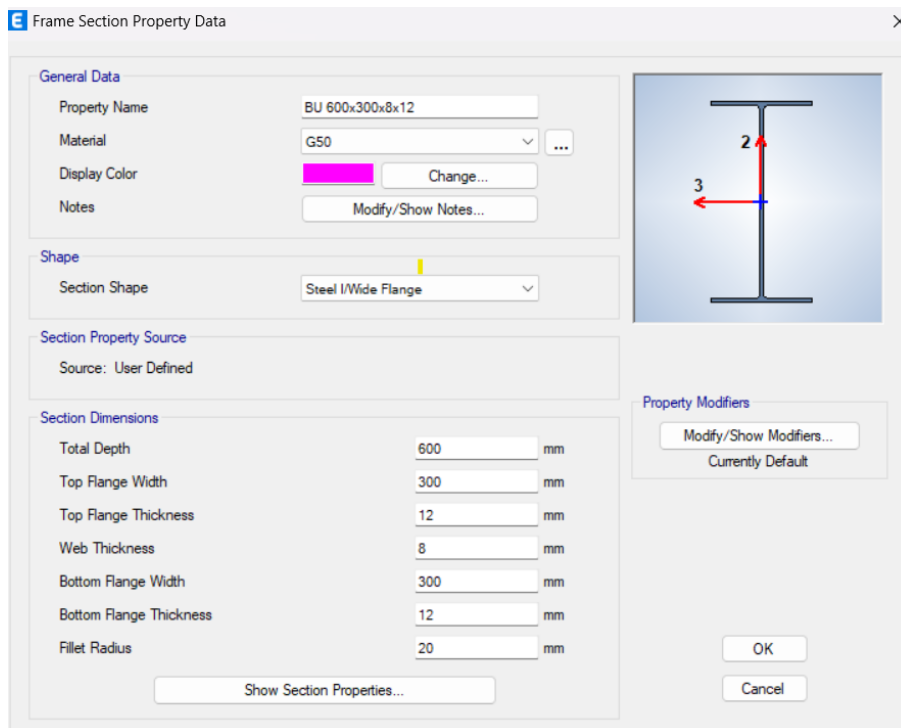
atau SHS (*Square Hollow Section*), serta profil *Pipe Section* yang dapat digunakan untuk pemodelan profil pipa. ETABS juga mengakomodir profil-profil lain seperti *Double Angle Equal Section* dan lain sebagainya.



**Gambar 2. 40.** Beberapa Template Bentuk Profil yang Diakomodir ETABS

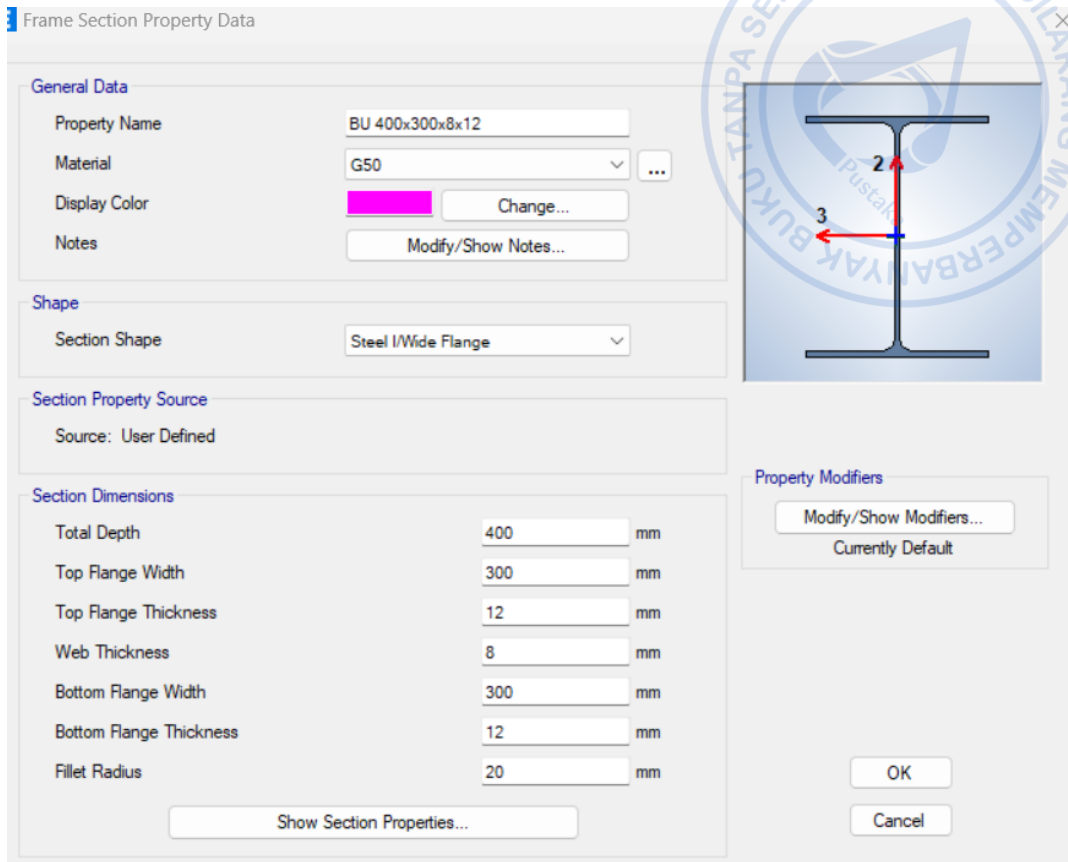
Pemodelan profil I (400-600)X300X8x12 sebagai berikut:

- Modeling profil Bu 600x300x8x12



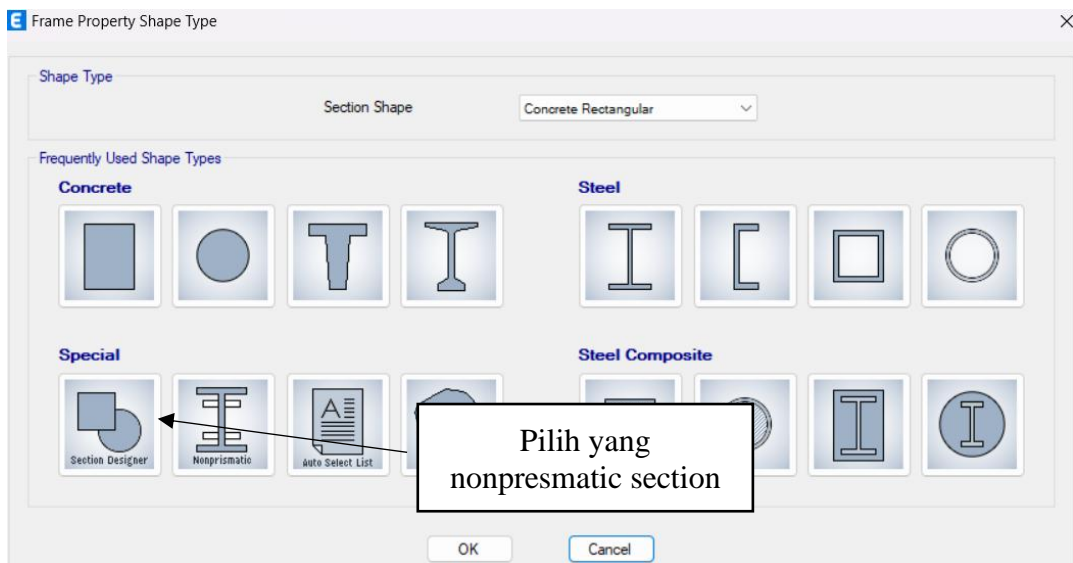
**Gambar 2. 41.** Pemodelan Bu.600X300X8x12

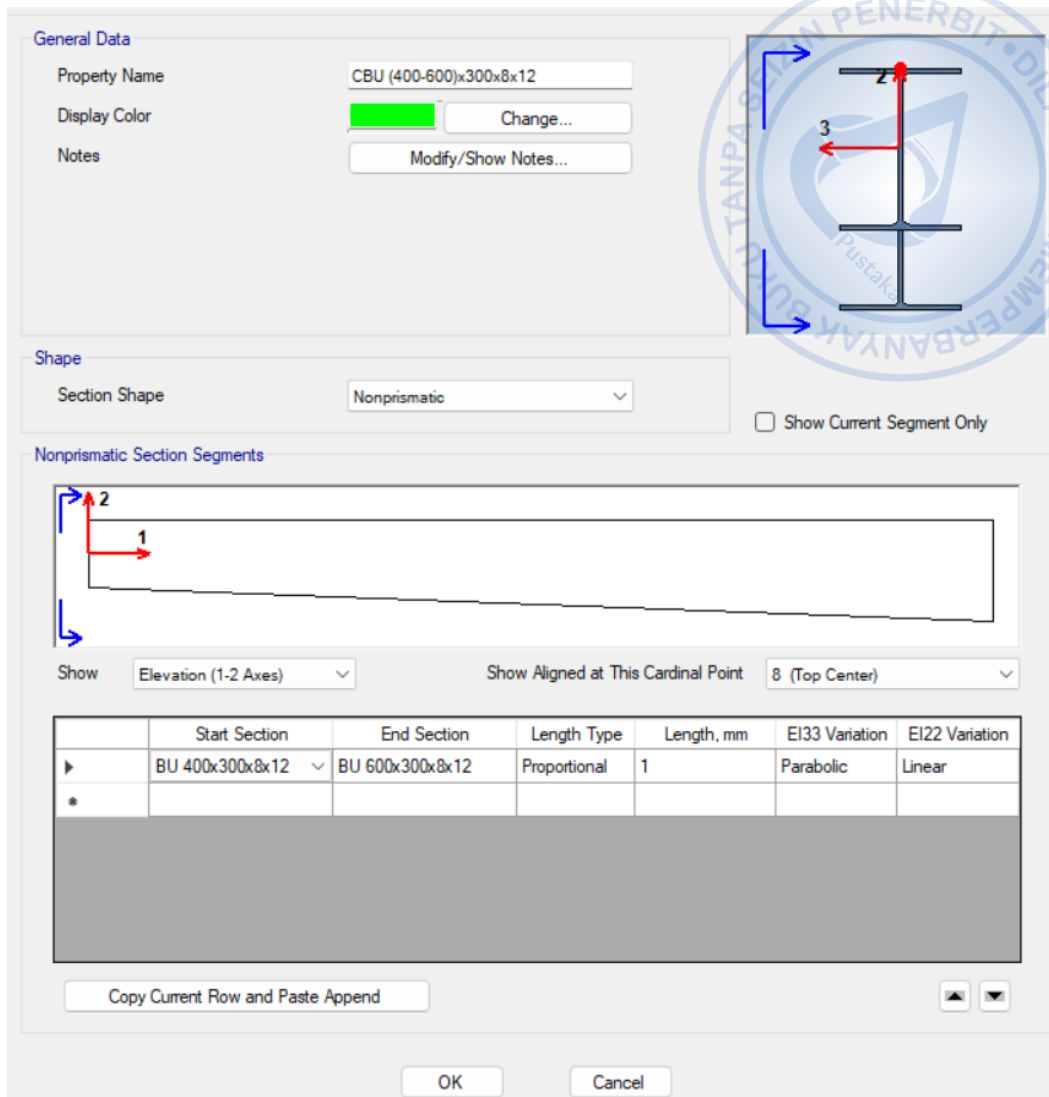
- Modeling profil Bu 400x300x8x12



**Gambar 2. 42.** Pemodelan Bu. 400X300x8x12

- Modeling profil I (400-600)X300X8x12

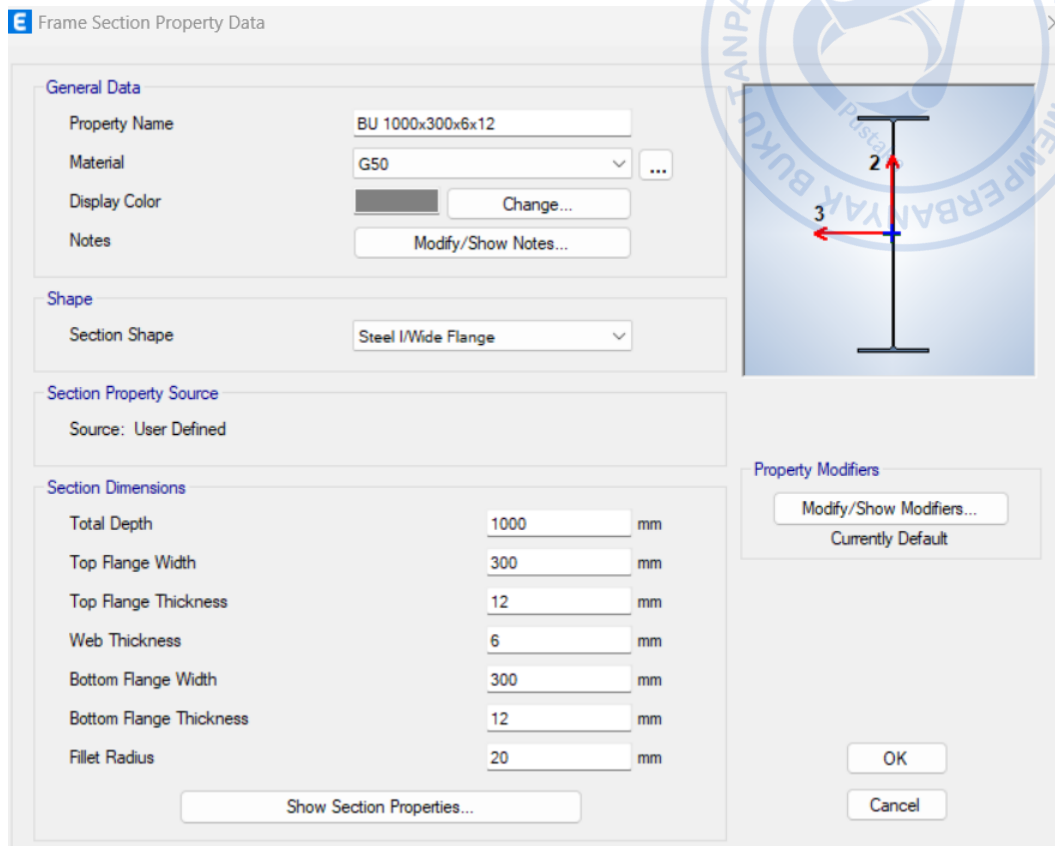




**Gambar 2. 43.** Pemodelan profil CBU (400-600)X300X8x12

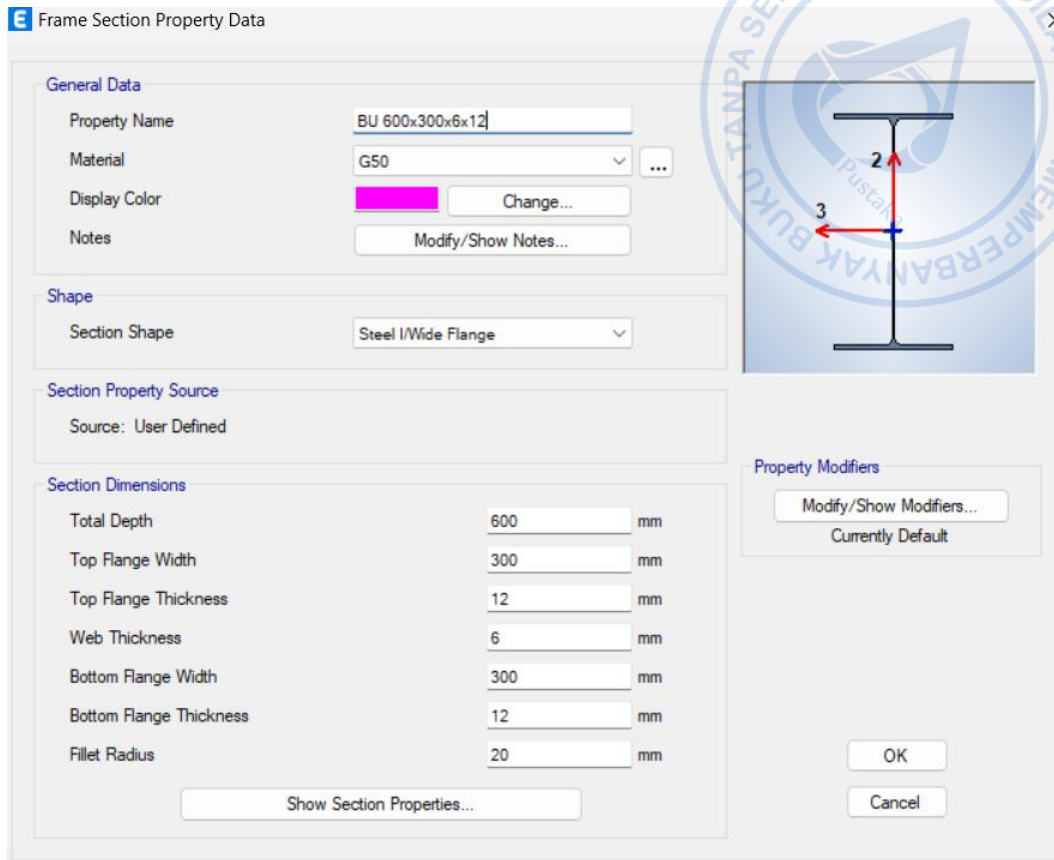
Pemodelan profil I-(1000-600)X300X6x12 sebagai berikut:

- Modeling profil Bu 1000x300x6x12



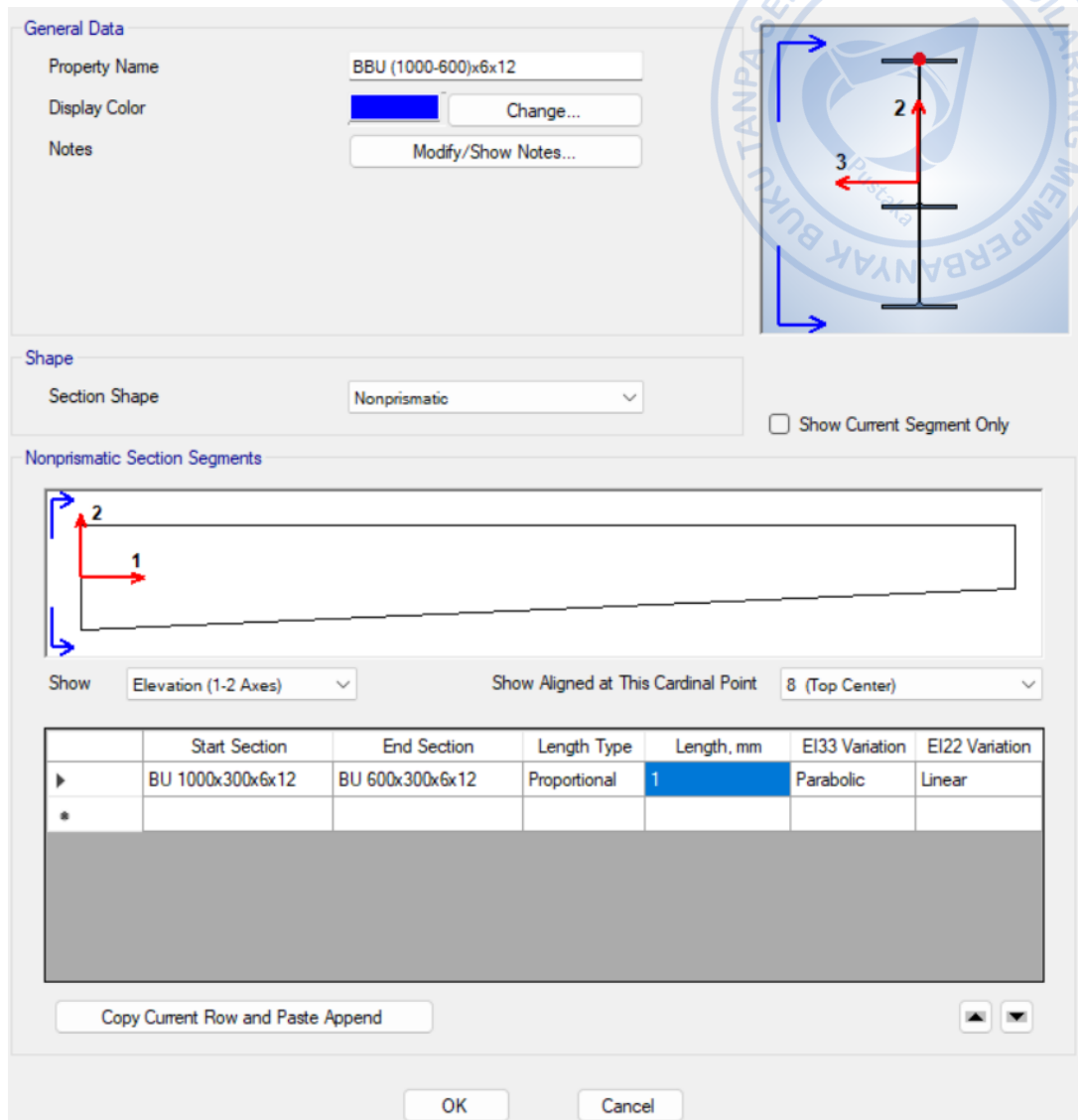
**Gambar 2. 44.** Pemodelan Bu 1000X300X6x12

- Modeling profil Bu 600x300x6x12



**Gambar 2. 45.** Pemodelan Bu 600X300X6x12

- Modeling profil BBU-(1000-600)X300X6x12



**Gambar 2. 46.** Pemodelan BBU-(1000-600)X300X6x12

## Pemodelan profil Bu- 600X300X6x12

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name:

Material:  ...

Display Color:  Change...

Notes:

**Shape**

Section Shape:

**Section Property Source**

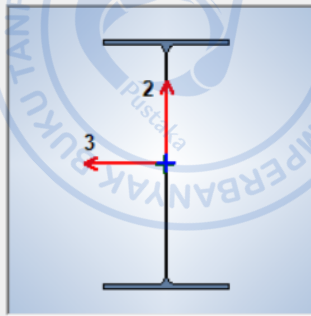
Source: User Defined

**Section Dimensions**

Total Depth	<input type="text" value="600"/> mm
Top Flange Width	<input type="text" value="300"/> mm
Top Flange Thickness	<input type="text" value="12"/> mm
Web Thickness	<input type="text" value="6"/> mm
Bottom Flange Width	<input type="text" value="300"/> mm
Bottom Flange Thickness	<input type="text" value="12"/> mm
Fillet Radius	<input type="text" value="20"/> mm

**Property Modifiers**

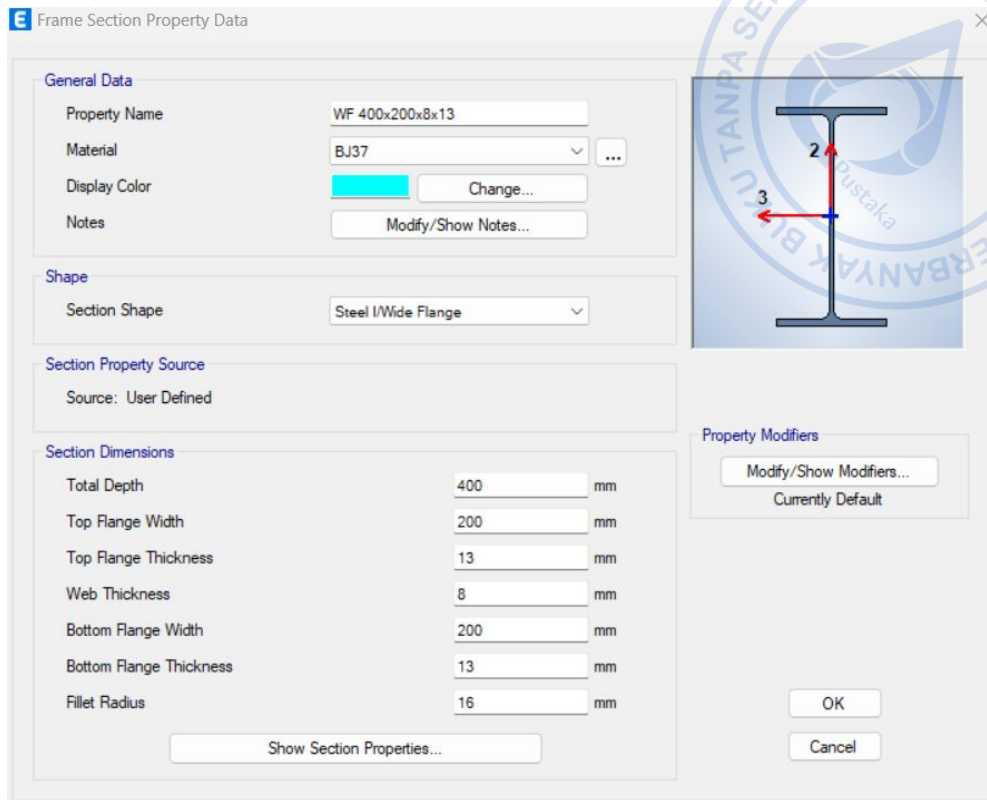
Currently Default



The diagram shows a cross-section of an I-beam. Dimension '2' is the total depth of the section. Dimension '3' is the top flange width. Dimension '4' is the web thickness. The section is centered on a horizontal axis.

**Gambar 2. 47.** Pemodelan Bu- 600X300X6x12

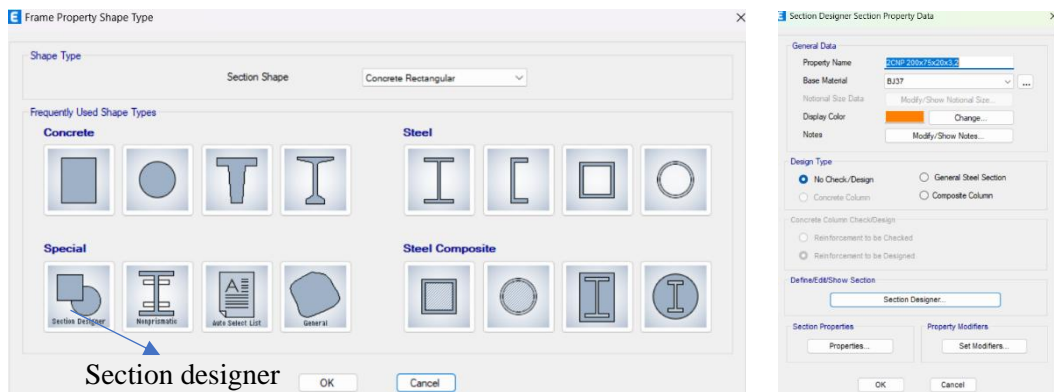
## Pemodelan profil WF.400X200X8X13



**Gambar 2. 48.** Pemodelan profil WF.400X200X8X13

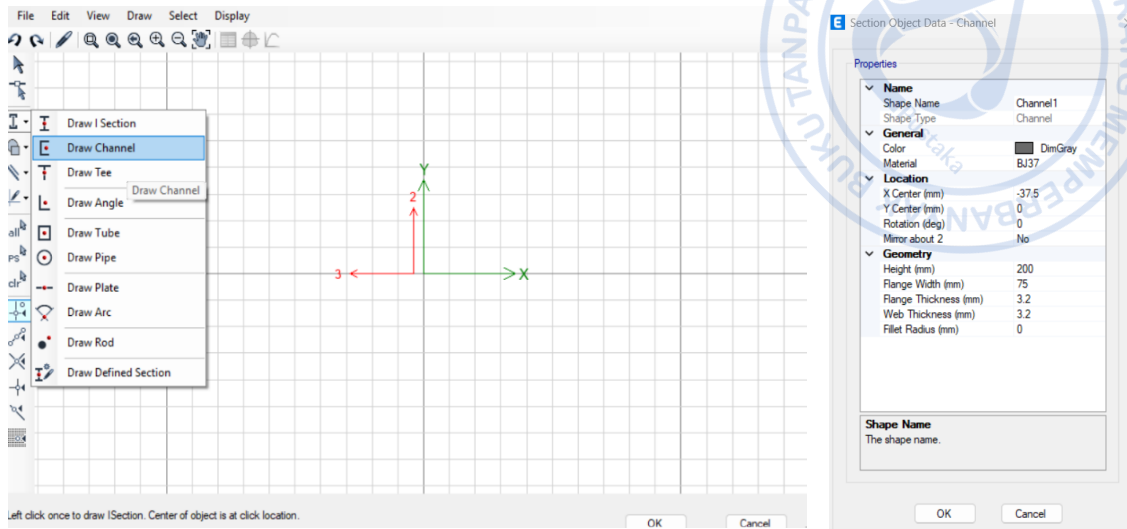
## Pemodelan profil 2CNP 200x75x20x3,2

Untuk memodelkan profil 2CNP 200x75x20x3,2 karena tidak ada di model, bisa dimodelkan di *section designer* dengan cara *Define – Section Properties – Frame Sections – Add New Property – section designer*.



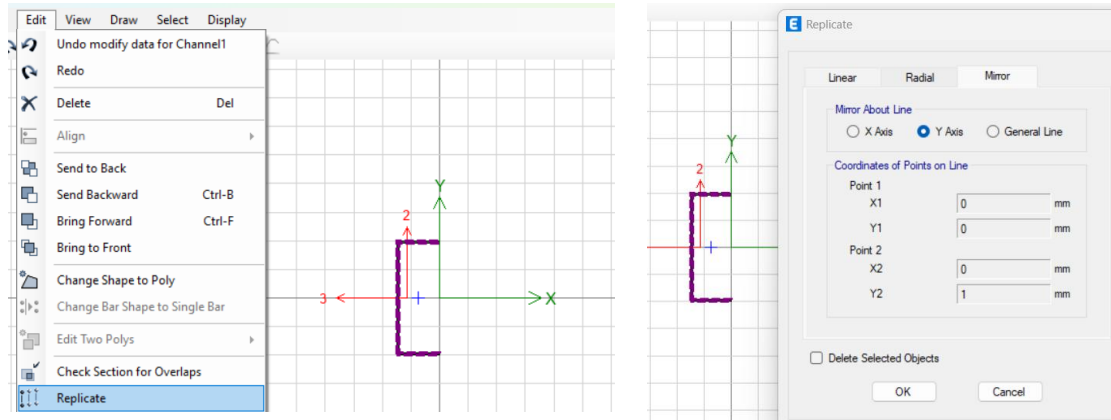
**Gambar 2.2** Pemodelan

Selanjutnya modelkan profil 2CNP 200x75x20x3,2 dengan cara *Draw steel shape – Draw Chaneel*, kemudian isikan profil *chanel* sesuai ukuran profil



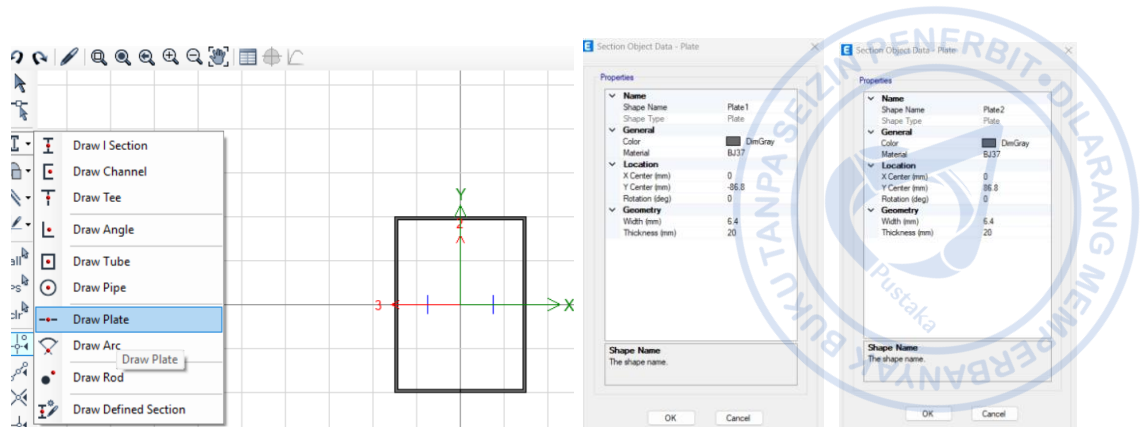
Gambar 2.2 Pemodelan

Kemudian setelah termodelkan profil *chanel*, *mirror* profil tersebut sehingga menjadi profil *double chanel* dengan cara *Edit–Replicate–Mirror–Pilih yang Y Axis*.

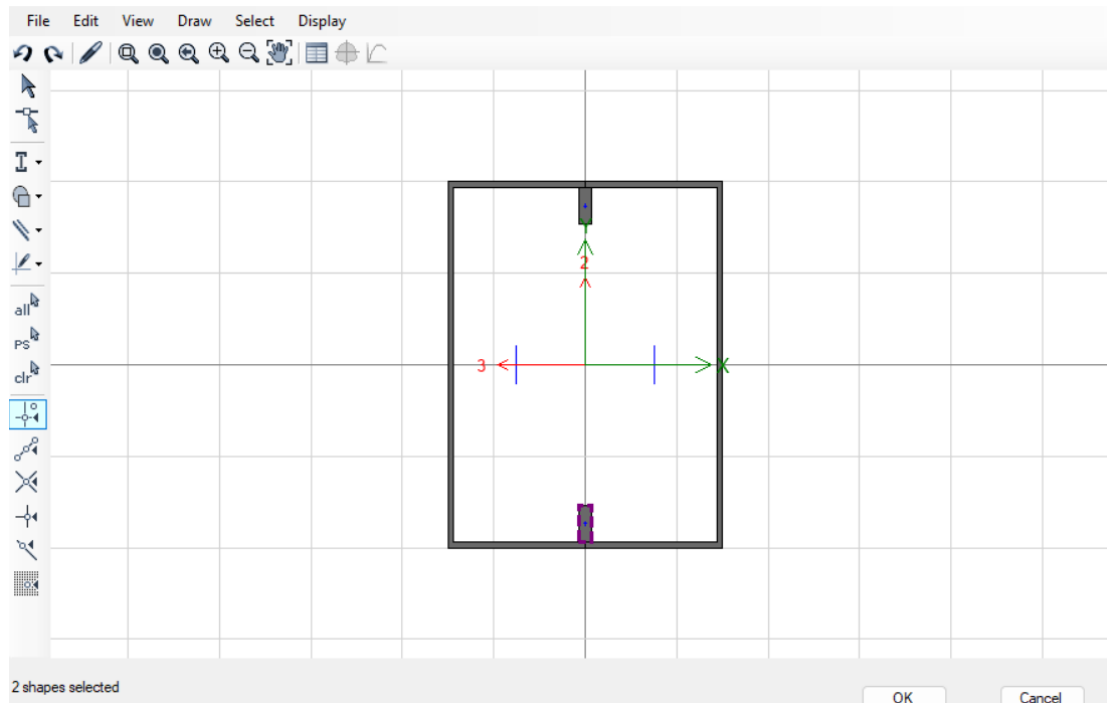


Gambar 2.2 Pemodelan

Kemudian tambahkan profil *plat lipped* di atas dan di bawah profil tersebut dengan cara *Draw steel shape–Draw plate–isikan dimensi plat sesuai dimensi lipped chanel dengan memperhatikan koordinat*. Setelah itu, dengan cara yang sama tambahkan plat lipped lagi dengan koordinat yang berbeda.

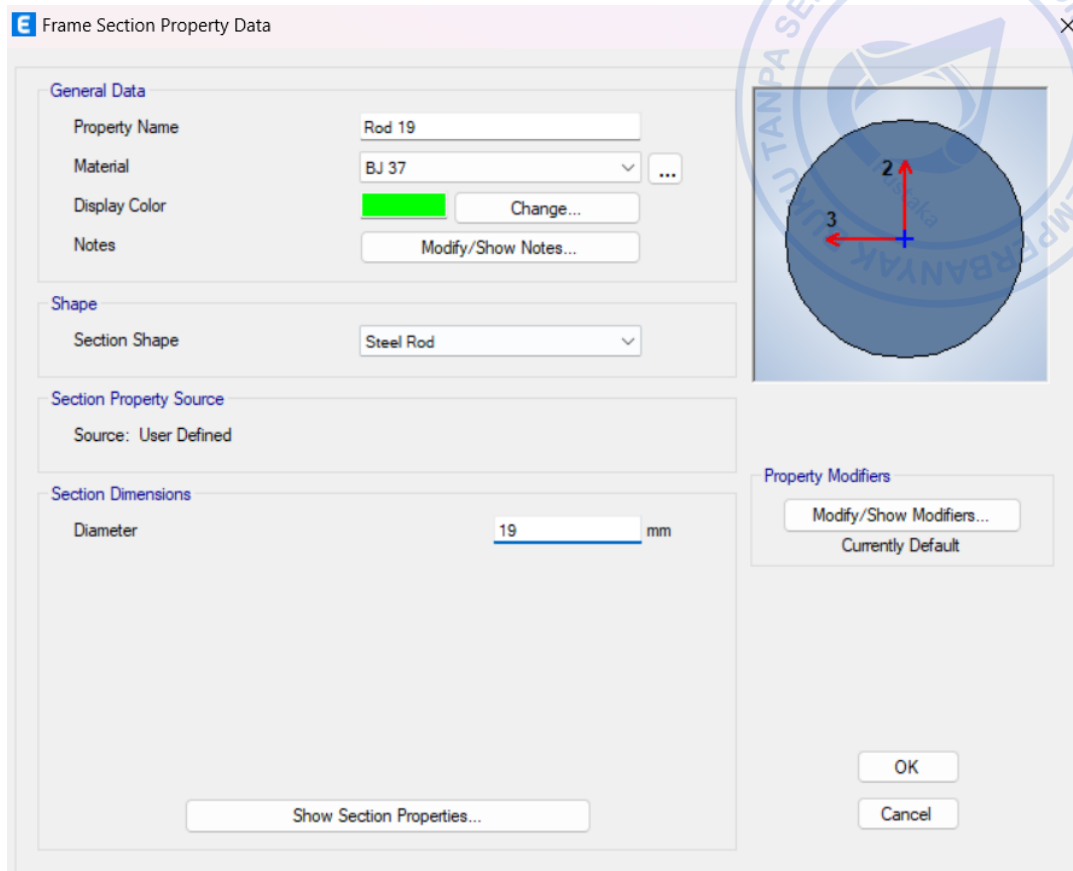


**Gambar 2.2** Pemodelan



**Gambar 2. 49.** Pemodelan CNP. 200X75X20X3,2

## Pemodelan profil Rod 25 mm



**Gambar 2. 50.** Pemodelan Rod 19 mm

## Pemodelan Penampang Profil material Beton

### Profil Kolom

Kolom beton bertulang dibutuhkan untuk menopang kolom baja utama dan kolom *post*. Untuk struktur beton bertulang, kekakuan struktur perlu direduksi dengan beberapa faktor berdasarkan Tabel 6.6.3.1.1(a) atau Tabel 6.6.3.1.1(b) SNI 2847-2019. Secara konservatif faktor reduksi penampang dapat diambil berdasarkan Tabel 6.6.3.1.1(a) SNI 2847-2019 sebagai berikut:

**Tabel 2. 4.**

Momen Inersia dan Luas Penampang yang Diizinkan Untuk Analisis Elastis Pada Level Beban Terfaktor

Bagian dan Kondisi		Momen Inersia	Luas Penampang
Kolom		0.7 I <sub>g</sub>	1.0 A <sub>g</sub>
Dinding	Tidak Retak	0.7 I <sub>g</sub>	
	Retak	0.35 I <sub>g</sub>	
Balok		0.35 I <sub>g</sub>	
Pelat datar dan slab datar		0.25 I <sub>g</sub>	

Penentuan properti penampang kolom dapat dilakukan dengan *Define – Section Properties – Frame Sections – Add New Property – Concrete Rectangular*. Properti penampang dapat ditentukan sebagai berikut.

#### Properti Kolom K80X80

Mutu Material = K-300 ( $f_c = 24.9$  MPa)

Mutu Baja Tulangan = BJTS420B

Di awal jumlah tulangan untuk kolom diasumsikan sebesar 1% A<sub>g</sub>, sehingga:

Tinggi kolom,  $c_1$  = 800 mm

Lebar kolom,  $c_2$  = 800 mm

Luas kolom, A<sub>g</sub> =  $c_1 \times c_2 = 640000$  mm<sup>2</sup>

Rasio penulangan,  $\rho$  = 1%

Luas tulangan yang dibutuhkan  $A_s = 1\% A_g$

$A_s = 6400$  mm<sup>2</sup>

Dimensi tulangan  $d_b = 25$

Luas tulangan  $A_{s1} = 490.87$  mm<sup>2</sup>

Jumlah tulangan  $n = 14$

Faktor modifikasi kekakuan = 0,7

**General Data**

Property Name: K 88

Material: Fc' 24,9 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 800 mm

Width: 800 mm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: BJTD 420B

Confinement Bars (Ties): BJTD 420B

**Reinforcement Configuration**

Rectangular

Circular

**Confinement Bars**

Ties

Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars: 40 mm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 4

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5

Longitudinal Bar Size and Area: D25 507 mm<sup>2</sup>

Corner Bar Size and Area: D25 507 mm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size and Area: D13 127 mm<sup>2</sup>

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 150 mm

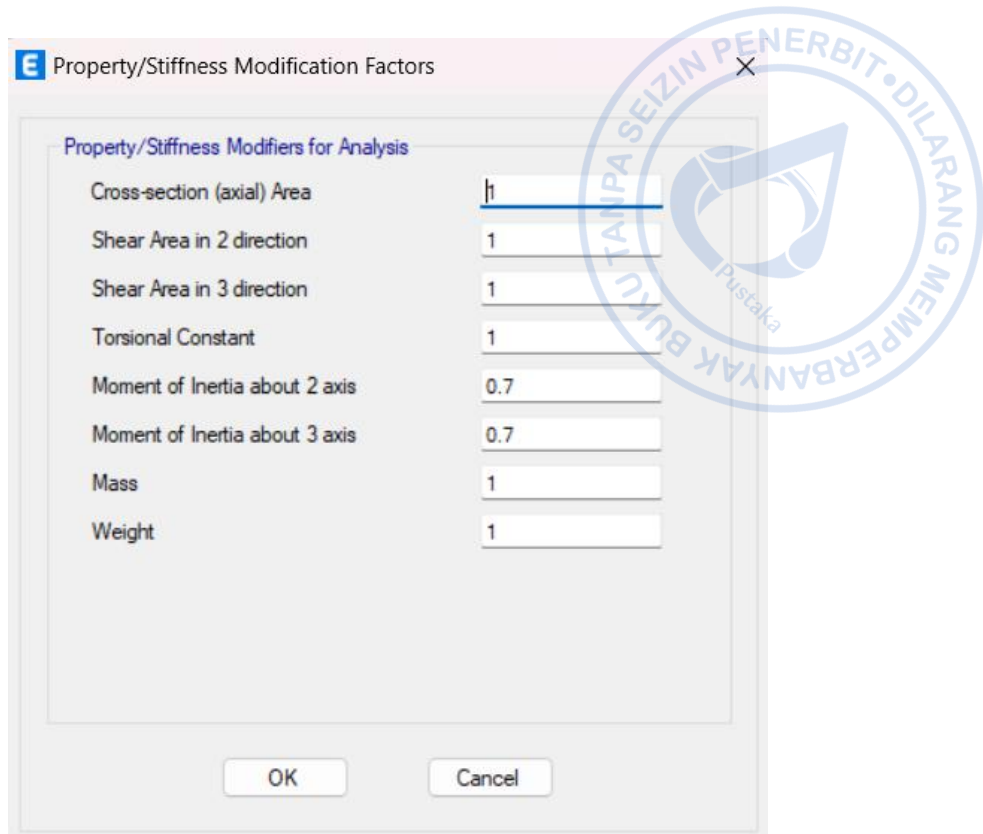
Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK

Cancel

**Gambar 2. 51.** Pemodelan Penampang Kolom K80X80



**Gambar 2. 52.** Modifikasi Kekakuan untuk K80X80

### Properti Kolom K90X90

Mutu Material = K-300 ( $f_c = 24.9$  MPa)

Mutu Baja Tulangan = BJTS420B

Di awal jumlah tulangan untuk kolom diasumsikan sebesar  $1\% A_g$ , sehingga:

Tinggi kolom,  $c_1$  = 900 mm

Lebar kolom,  $c_2$  = 900 mm

Luas kolom,  $A_g$  =  $c_1 \times c_2 = 810000$  mm<sup>2</sup>

Rasio penulangan,  $\rho$  = 1%

Luas tulangan yang dibutuhkan  $A_s = 1\% A_g$

$A_s = 8100$  mm<sup>2</sup>

Dimensi tulangan  $d_b = 25$

Luas tulangan  $A_{s1} = 490.87$  mm<sup>2</sup>

Jumlah tulangan  $n = 18$

Faktor modifikasi kekakuan = 0,7

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: K 99"

Material: Fc' 24,9 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 900 mm

Width: 900 mm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

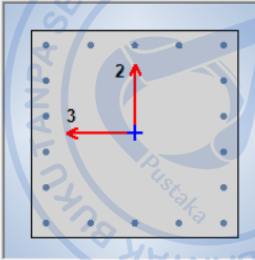
Modify/Show Rebar...

OK

Cancel

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



**E** Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: BJTD 420B

Confinement Bars (Ties): BJTD 420B

**Reinforcement Configuration**

Rectangular

Circular

**Confinement Bars**

Ties

Spirals

**Check/Design**

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

**Longitudinal Bars**

Clear Cover for Confinement Bars: 40 mm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 5

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 6

Longitudinal Bar Size and Area: D25 507 mm<sup>2</sup>

Corner Bar Size and Area: D25 507 mm<sup>2</sup>

**Confinement Bars**

Confinement Bar Size and Area: D13 127 mm<sup>2</sup>

Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 150 mm

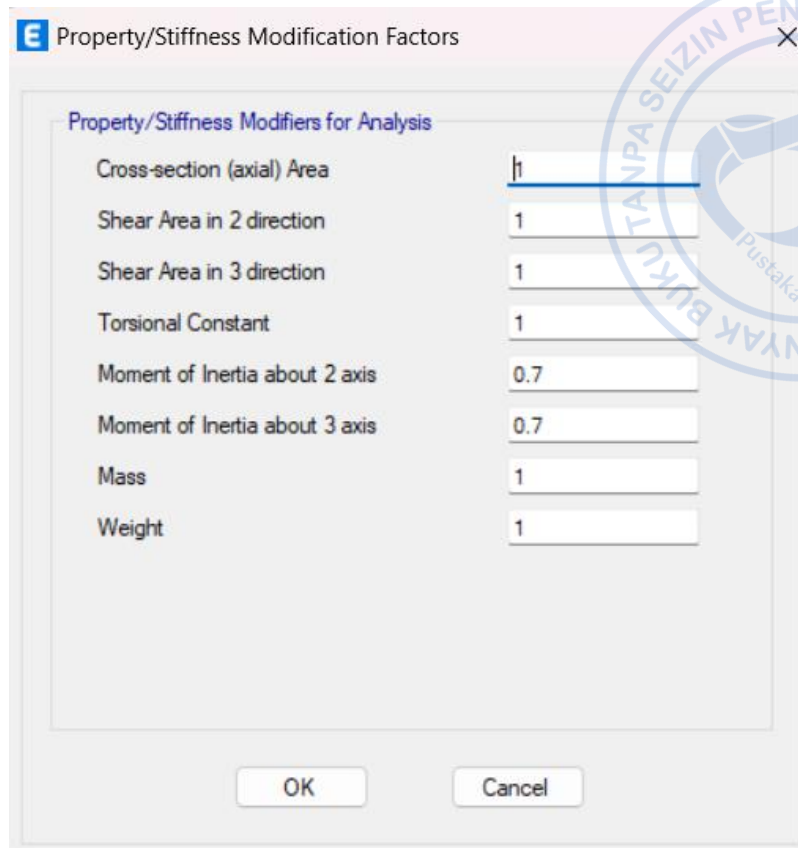
Number of Confinement Bars in 3-dir: 3

Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

OK

Cancel

**Gambar 2. 53.** Pemodelan Penampang Kolom K90X90



**Gambar 2. 54.** Modifikasi Kekakuan untuk K90X90

Profil Balok

**Properti *Beam* B40/90**

Mutu Material = K-300 ( $f_c = 24.9 \text{ MPa}$ )

Mutu Baja Tulangan = BJTS420B

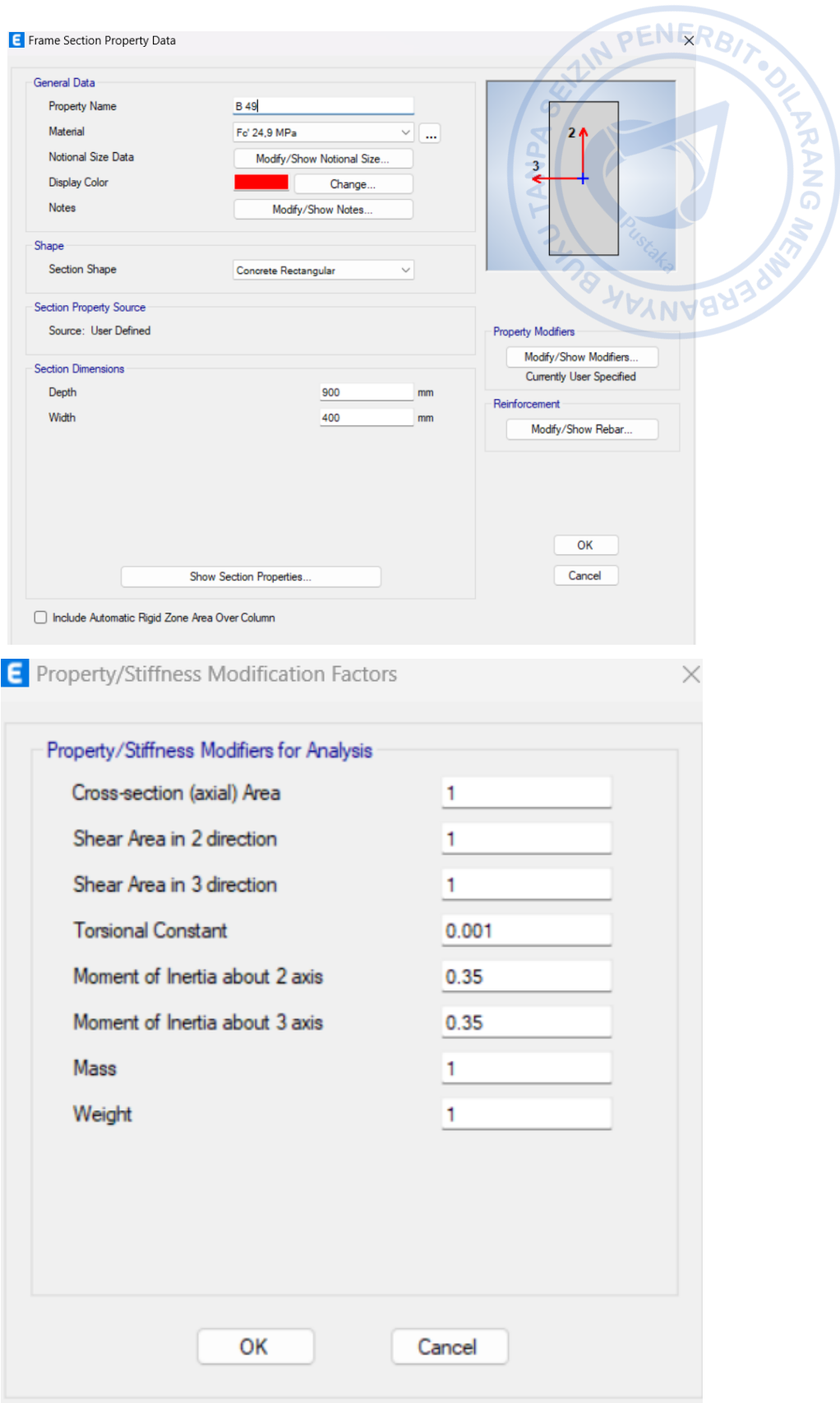
Dia. Tulangan Geser,  $d_s$  = 10 mm

Dia. Tulangan Long.,  $d_b$  = 16 mm

Clear cover,  $c_c$  = 40 mm

Cover to longitudinal bar =  $c_c + d_s + d_b$   
 =  $40 + 10 + 0,5 \cdot 16$   
 = 58 mm

Faktor modifikasi kekakuan = 0,35



**Gambar 2. 55.** Pemodelan Penampang Balok B40X90

## Properti *Beam* B30/70

Mutu Material	=	K-300 ( $f_c' = 24.9 \text{ MPa}$ )
Mutu Baja Tulangan	=	BJTS420B
Dia. Tulangan Geser, $d_s$	=	10 mm
Dia. Tulangan Long., $d_b$	=	16 mm
Clear cover, $c_c$	=	40 mm
Cover to longitudinal bar	=	$c_c + d_s + d_b$
	=	$40 + 10 + 0,5*16$
	=	58 mm
Faktor modifikasi kekakuan	=	0,35



**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: B 37X

Material: Fc' 24,9 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color:   Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 700 mm

Width: 300 mm

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

**Property Modifiers**

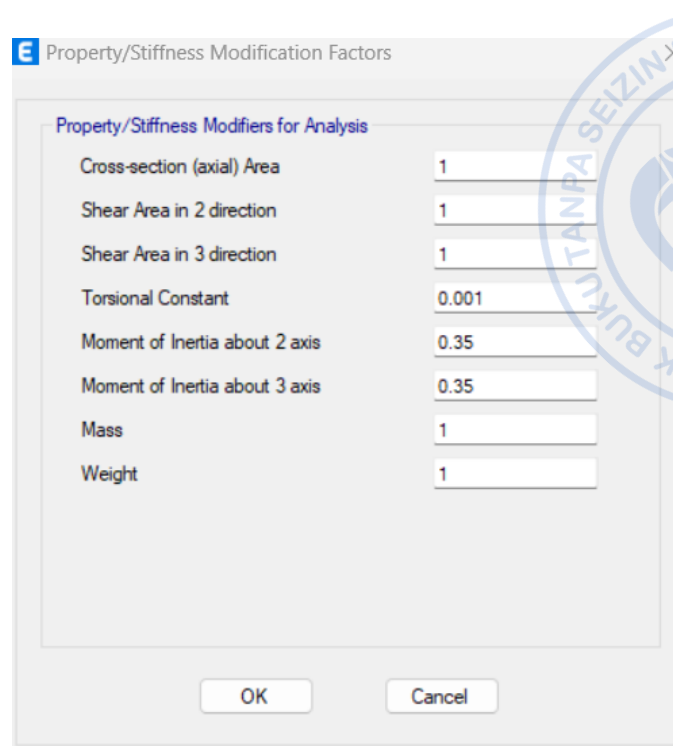
Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

OK

Cancel



**Gambar 2. 56.** Pemodelan Penampang Balok B30X70

### Properti *Tie Beam* TB25/60

Mutu Material	=	K-300 ( $f_c' = 25 \text{ MPa}$ )
Mutu Baja Tulangan	=	BJTS420B
Dia. Tulangan Geser, $d_s$	=	10 mm
Dia. Tulangan Long., $d_b$	=	16 mm
Clear cover, $c_c$	=	40 mm
Cover to longitudinal bar	=	$c_c + d_s + d_b$
	=	$40 + 10 + 0,5*16$
	=	58 mm
Faktor modifikasi kekakuan	=	0,35

**E** Frame Section Property Data

**General Data**

Property Name: TB 25/60

Material: Fc' 24,9 MPa

Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...

Display Color: Change...

Notes: Modify/Show Notes...

**Shape**

Section Shape: Concrete Rectangular

**Section Property Source**

Source: User Defined

**Section Dimensions**

Depth: 600 mm

Width: 250 mm

**Property Modifiers**

Modify/Show Modifiers...  
Currently User Specified

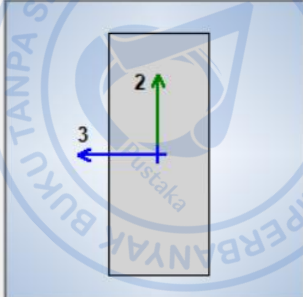
**Reinforcement**

Modify/Show Rebar...

Show Section Properties...

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

OK  
Cancel



**E** Frame Section Property Reinforcement Data

**Design Type**

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

**Rebar Material**

Longitudinal Bars: BJTS420B

Confinement Bars (Ties): BJTS420B

**Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid**

Top Bars: 58 mm

Bottom Bars: 58 mm

**Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams**

Top Bars at I-End: 0 mm<sup>2</sup>

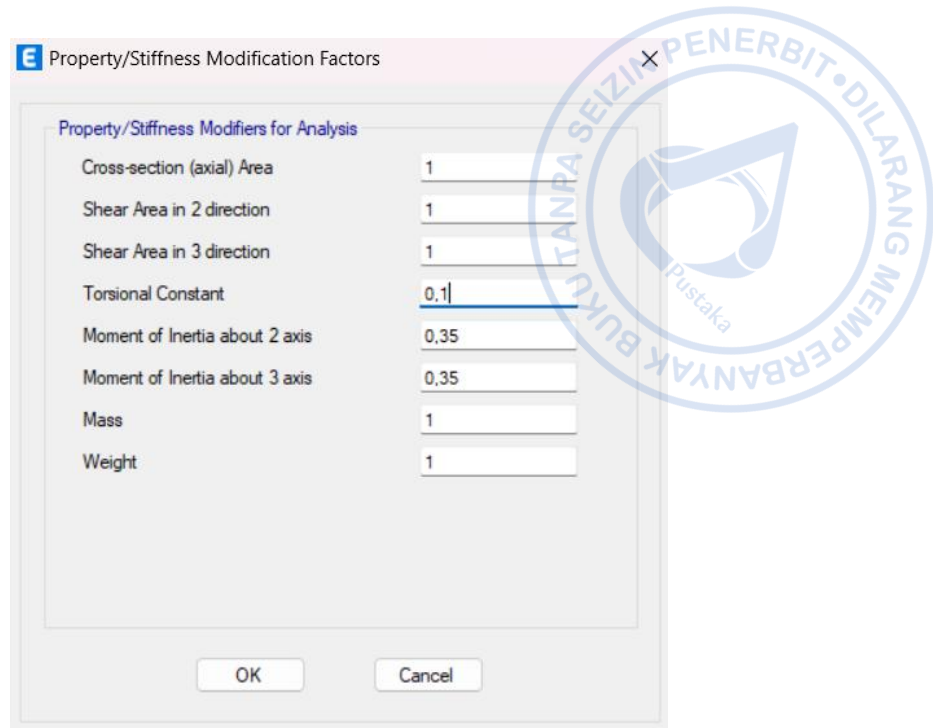
Top Bars at J-End: 0 mm<sup>2</sup>

Bottom Bars at I-End: 0 mm<sup>2</sup>

Bottom Bars at J-End: 0 mm<sup>2</sup>

OK  
Cancel

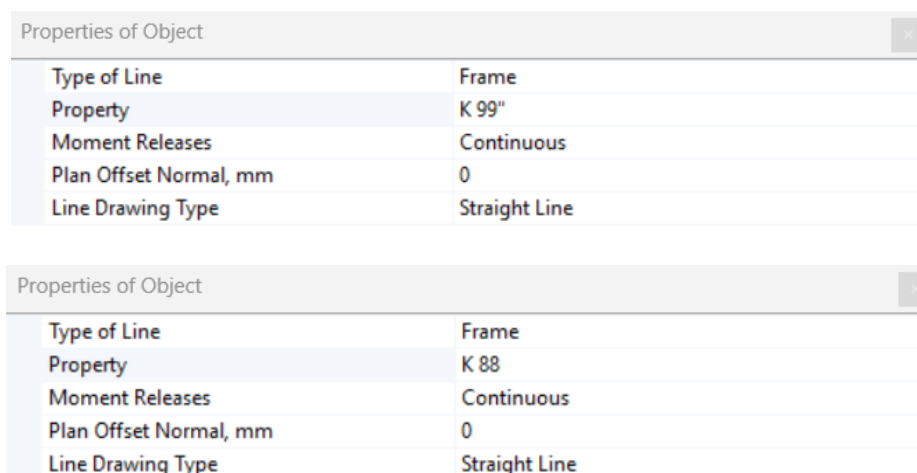
**Gambar 2. 57.** Pemodelan Penampang TB 25.60



Gambar 2. 58. Modifikasi Kekakuan untuk TB25/60

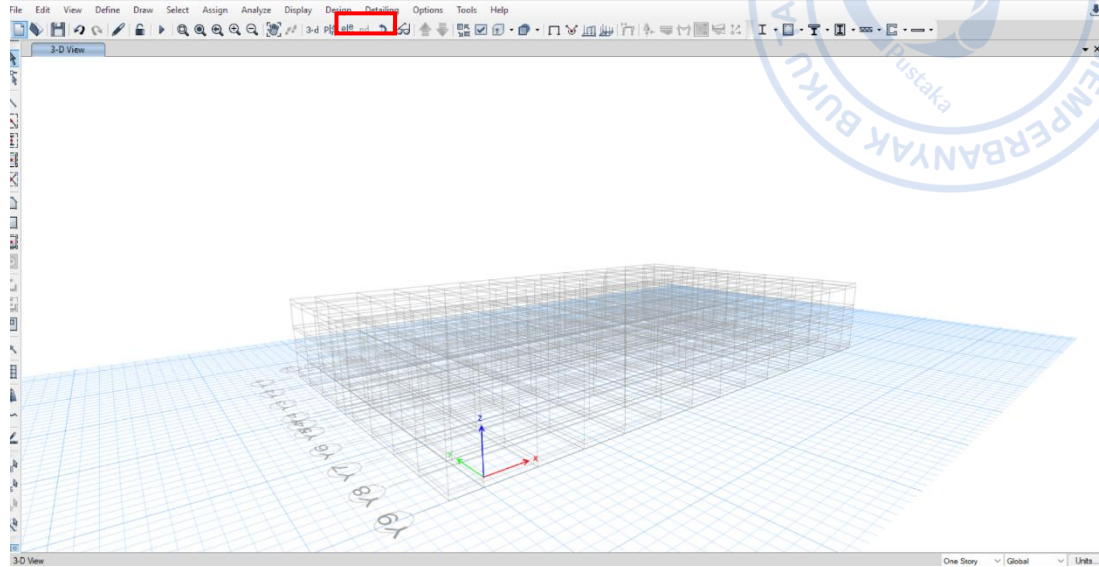
## G. PEMODELAN KOLOM K90X90 DAN K80X80 PADA LANTAI 1

Permodelan elemen kolom dilakukan dengan cara klik *Draw* → *Draw Beam/Column/Brace Objects* → *Quick Draw Column*. Akan muncul tampilan seperti di bawah ini. Tentukan *Section Properties* kolom yang akan digunakan dan arah Kolom. Pilih *All Stories* pada bagian pojok kanan bawah.

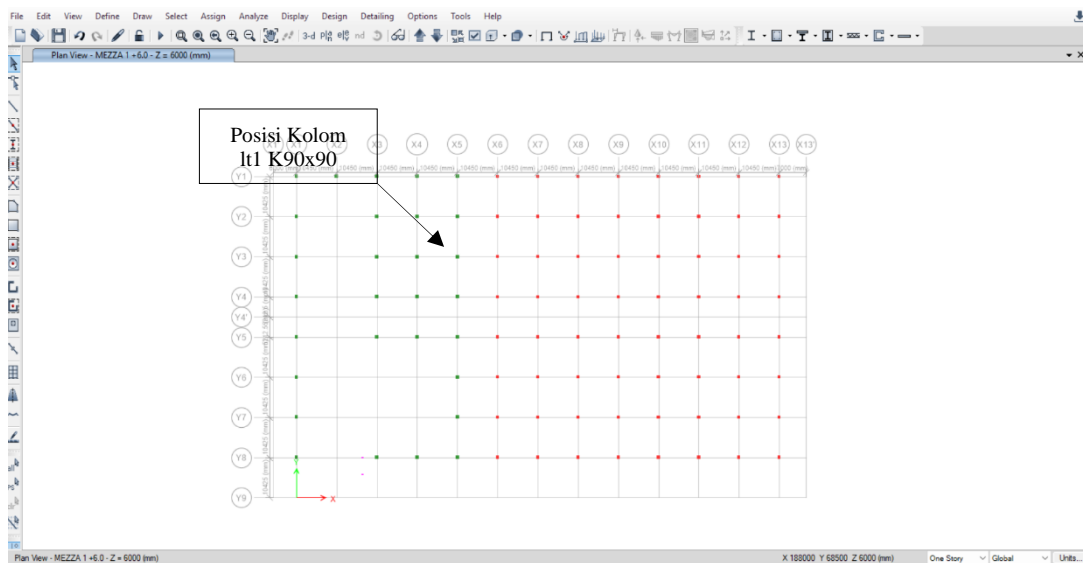


Gambar 2. 59. Draw Kolom K80X80 dan 90X90

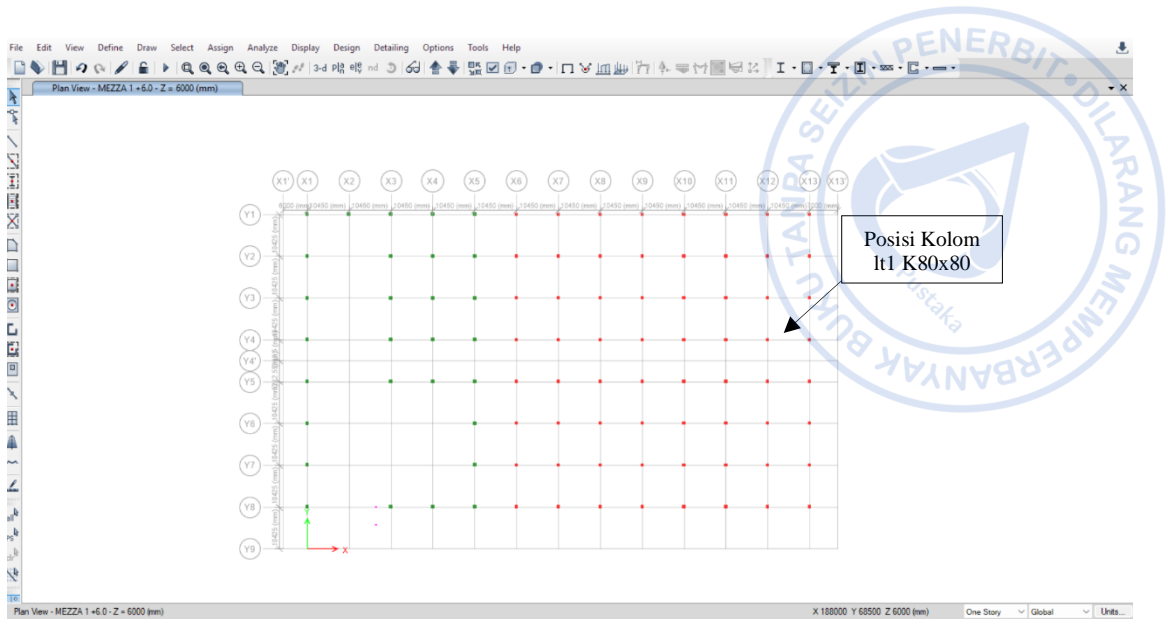
Masuk ke elevasi Potongan yang akan kita modelkan di mana K900X90 dan K80X80 sebagai kolom , caranya dengan klik *View* → *Set Elevation View* → Pilih X13. Lalu *drag* kursor di posisi di mana kolom dibutuhkan.



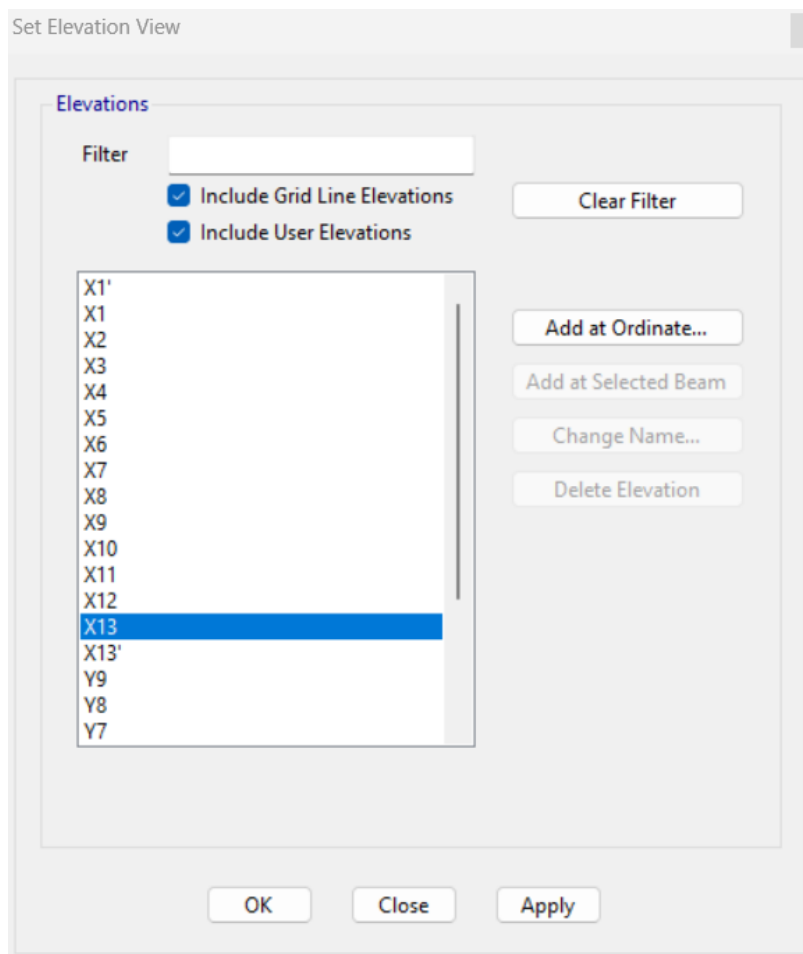
**Gambar 2. 60.** *Set Elevation View*

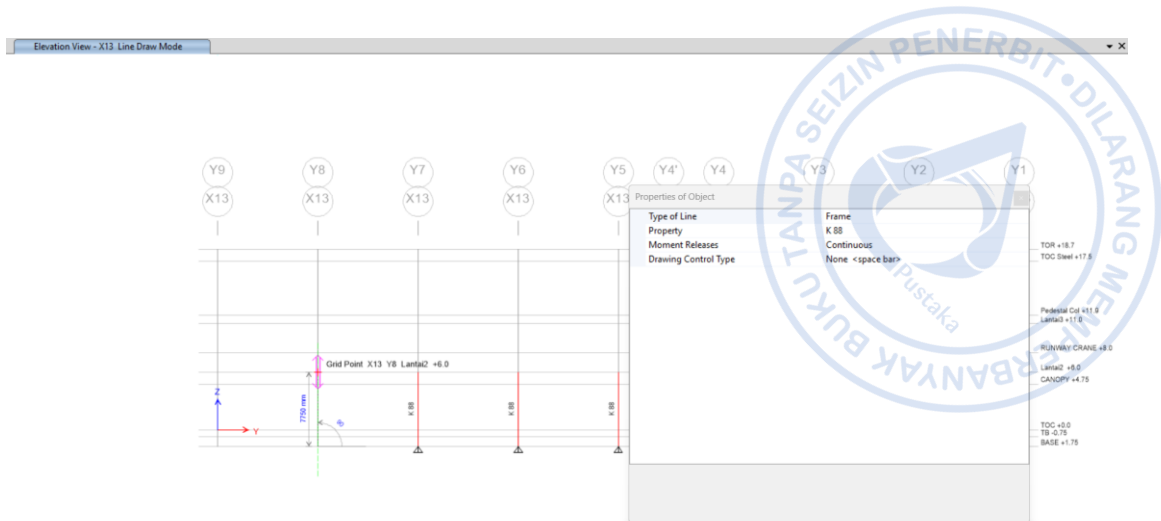


**Gambar 2. 61.** Titik Kolom Lantai 1 K90X90



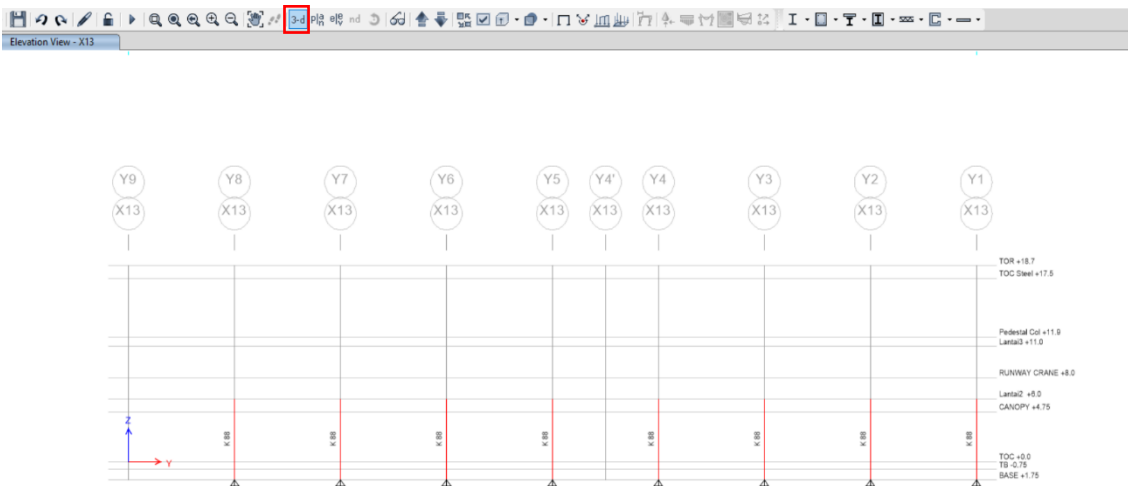
**Gambar 2. 62.** Titik Kolom Lantai 1 K80X80

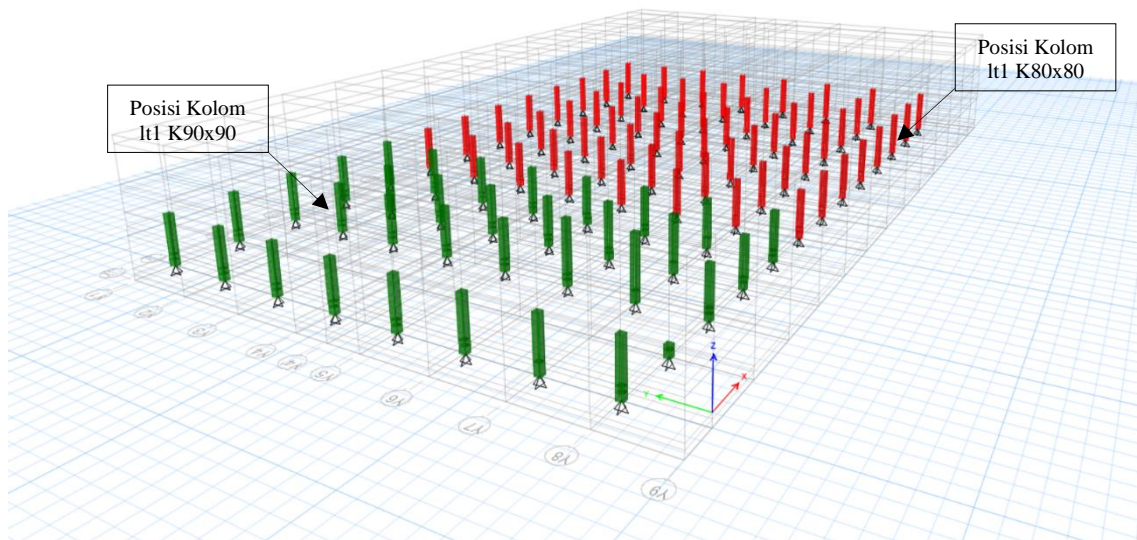
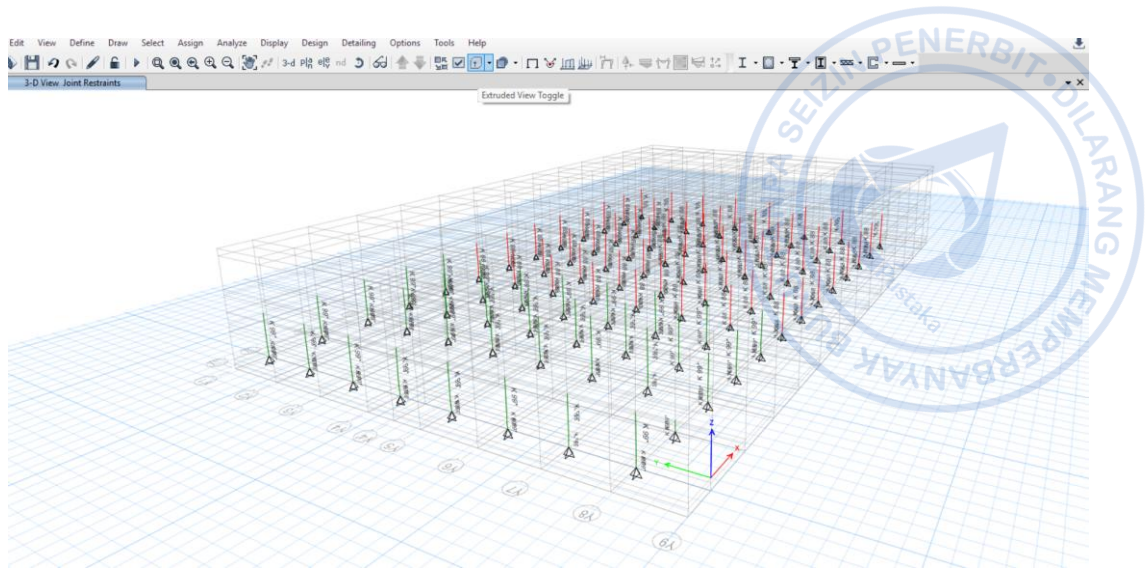




**Gambar 2. 63.** Pemodelan kolom View X13

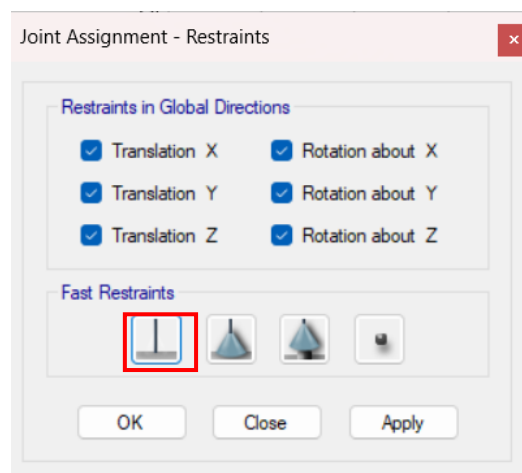
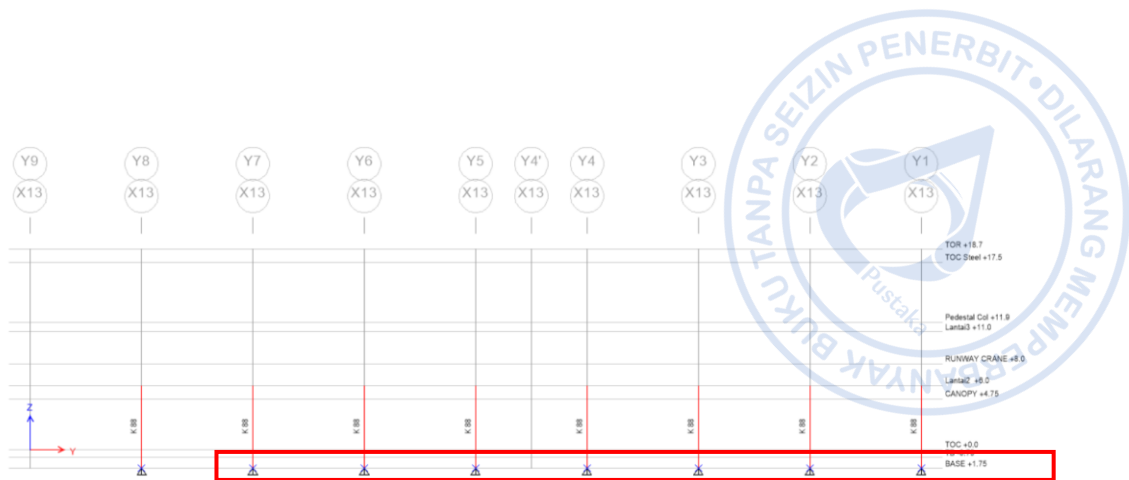
Dengan cara sama modelkan semua kolom K 80x80 dan 90x90 ke semua lokasi yang akan kita modelkan dengan mengganti *Set Elevation View*. Setelah semua kolom lantai 1 sudah termodelkan, kembali ke tampilan 3d, dengan *set default 3D view* kemudian kita bisa melihat hasil pemodelan secara realistis dengan memilih *extruded View Toggle*.





**Gambar 2. 64.** Kolom 80x80 dan 90x90 yang sudah Termodelkan

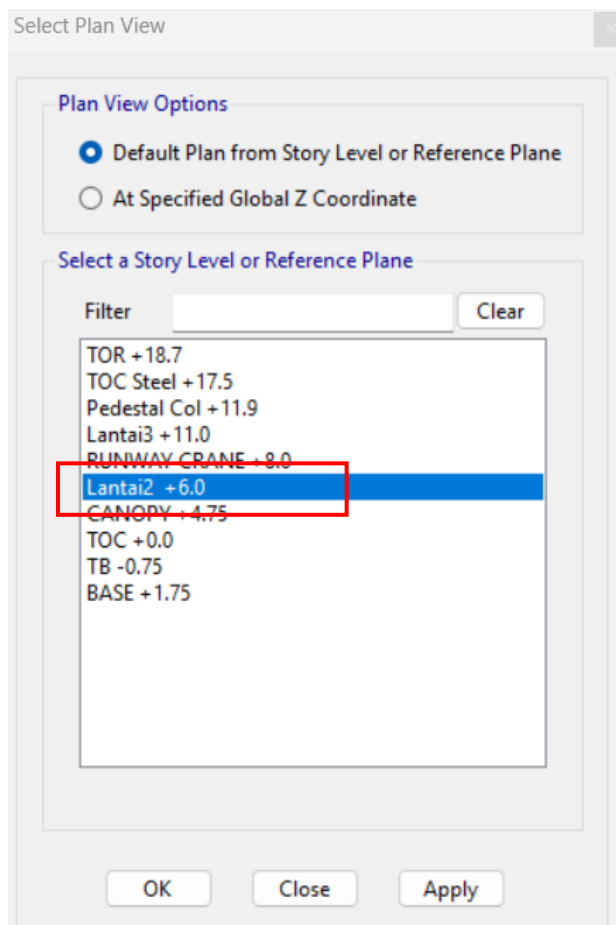
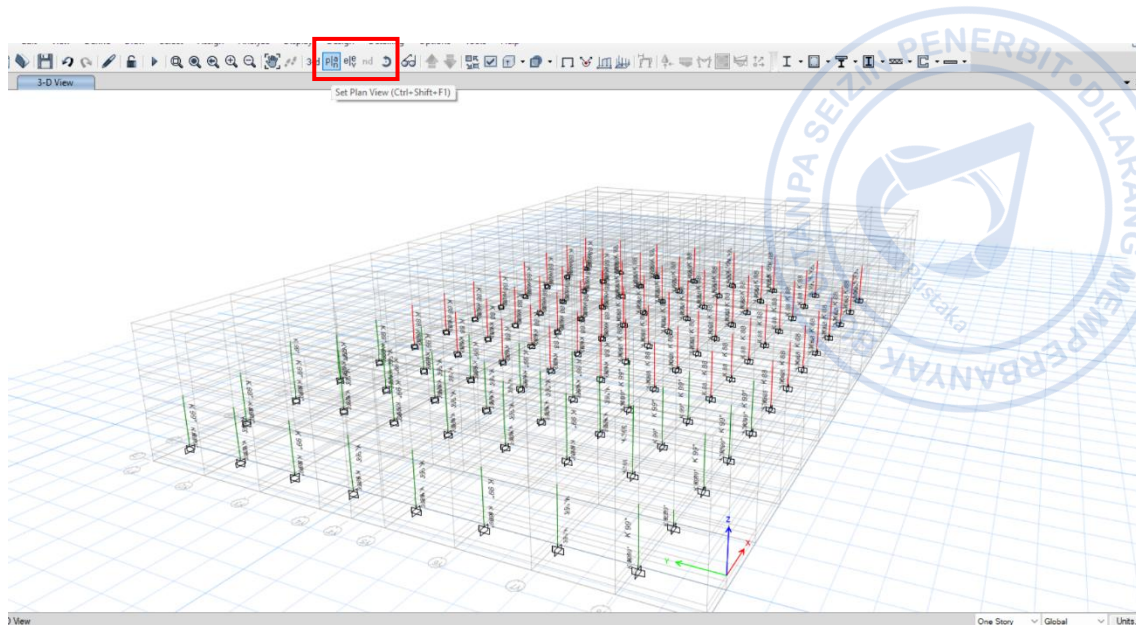
Di permodelan awal, apabila secara default tumpuan kolom akan bertipe sendi (*pinned*). Tumpuan kolom perlu diubah menjadi tumpuan jepit dengan cara *Select joint* bawah dari kolom → *Assign* → *Restraints* → *Fixed*.



Gambar 2. 65. Merubah Tumpuan Kolom Menjadi Jepit

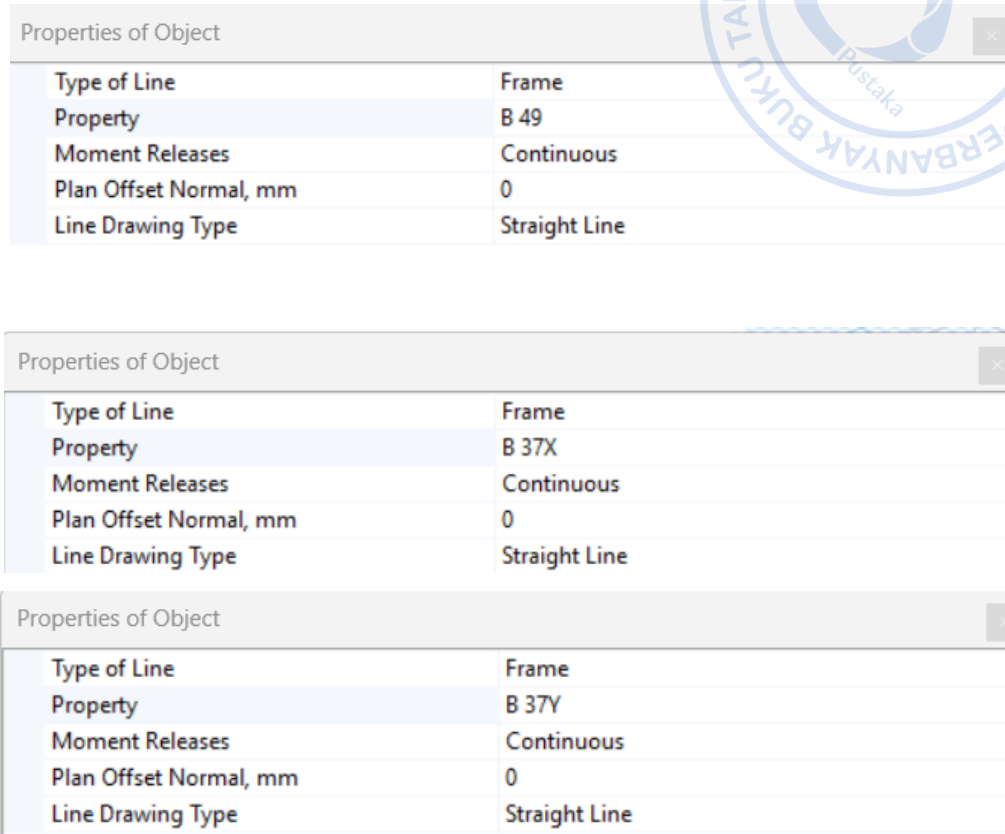
## H. PEMODELAN BALOK ANAK DAN BALOK INDUK LANTAI 2 B 30/70 DAN B 40/90

Untuk pemodelan balok langkah pertama yang perlu dilakukan adalah masuk ke elevasi +6 Mezzanin dengan cara klik *View* → *Set Plan View* → Pilih Lantai 2. Dari *view plan* yang telah ada, kolom bisa langsung dimodelkan dengan opsi klik *Draw* → *Draw Beam/Column/Brace Objects* → *Quick Draw Beam*.

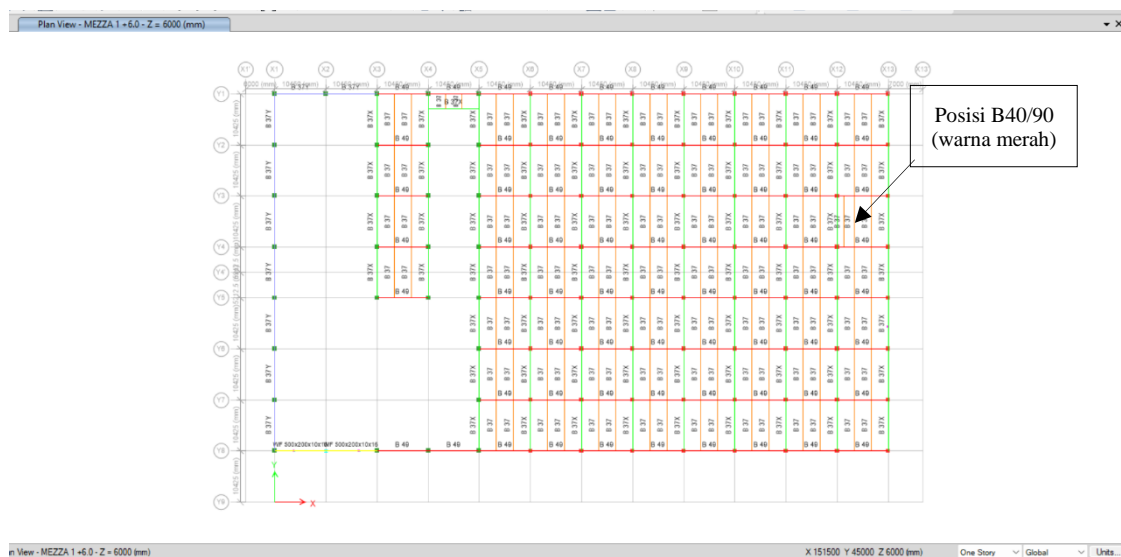


**Gambar 2. 66.** Mengganti elevasi Ke Lantai 2

Adapun properti kolom yang dimodelkan perlu ditentukan saat opsi *Quick Draw Column* sudah diaktifkan. Properti B 40x90 dan B 30x70 disajikan sebagaimana gambar berikut.



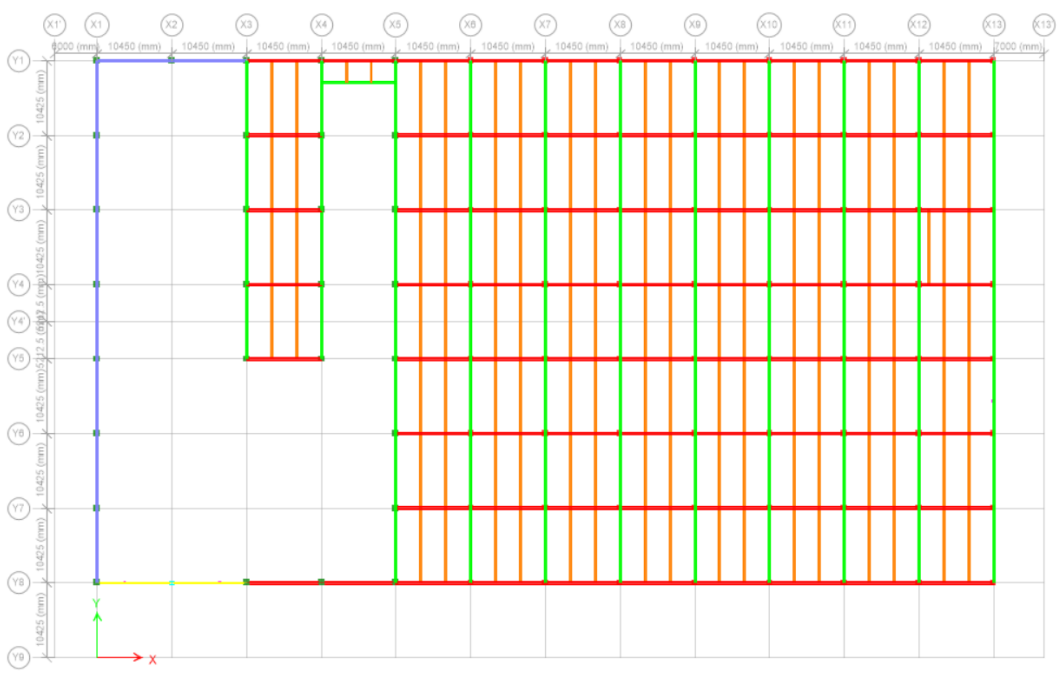
**Gambar 2. 67.** Properties Balok 40x90 dan 30x70 yang Dimodelkan



**Gambar 2. 68.** Titik Balok 40x90 Pada Lantai 2



**Gambar 2. 69.** Posisi Balok Utama 30x70 Pada Lantai 2



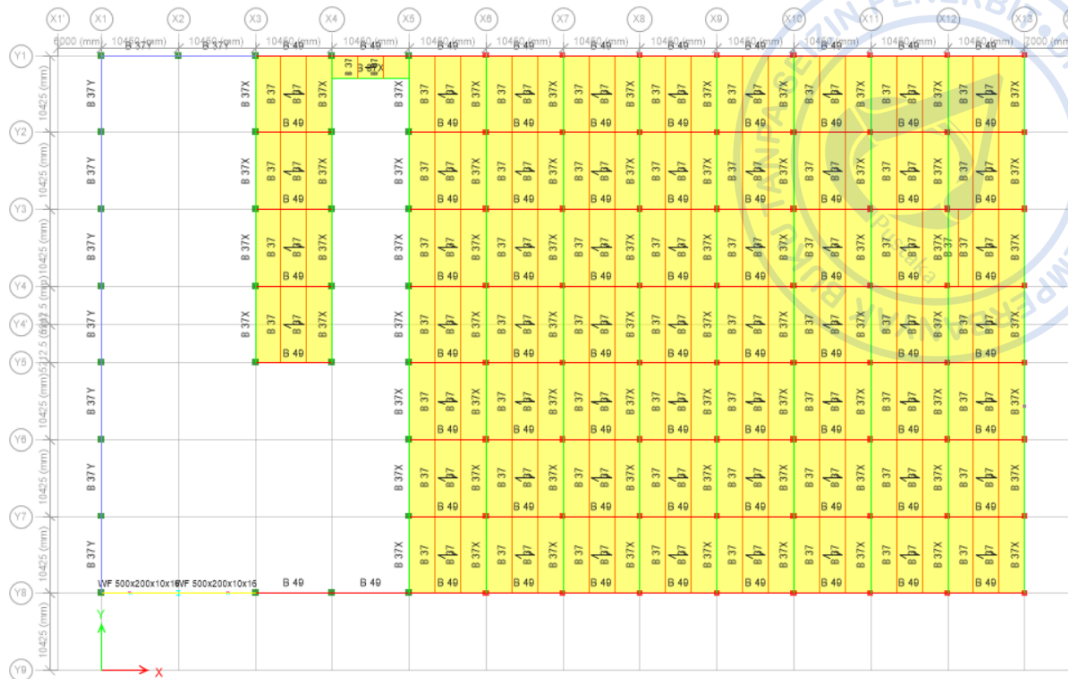
**Gambar 2. 70.** Balok yang Telah dimodelkan Pada Lantai 2

## I. PEMODELAN SLAB S150

Untuk pemodelan slab langkah pertama yang perlu dilakukan adalah masuk ke elevasi lantai 2 dengan cara klik *View* → *Set Plan View* → Pilih lantai 2 . Dari *view plan* yang telah ada, kolom bisa langsung dimodelkan dengan opsi klik *Draw* → *Draw Floor/wall* → *Quick Draw Floor/wall*.



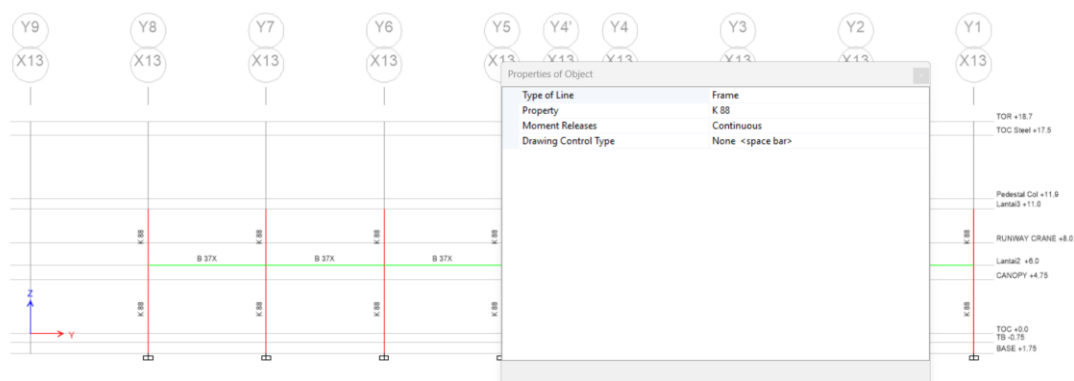
Gambar 2. 71. Properties Slab 150



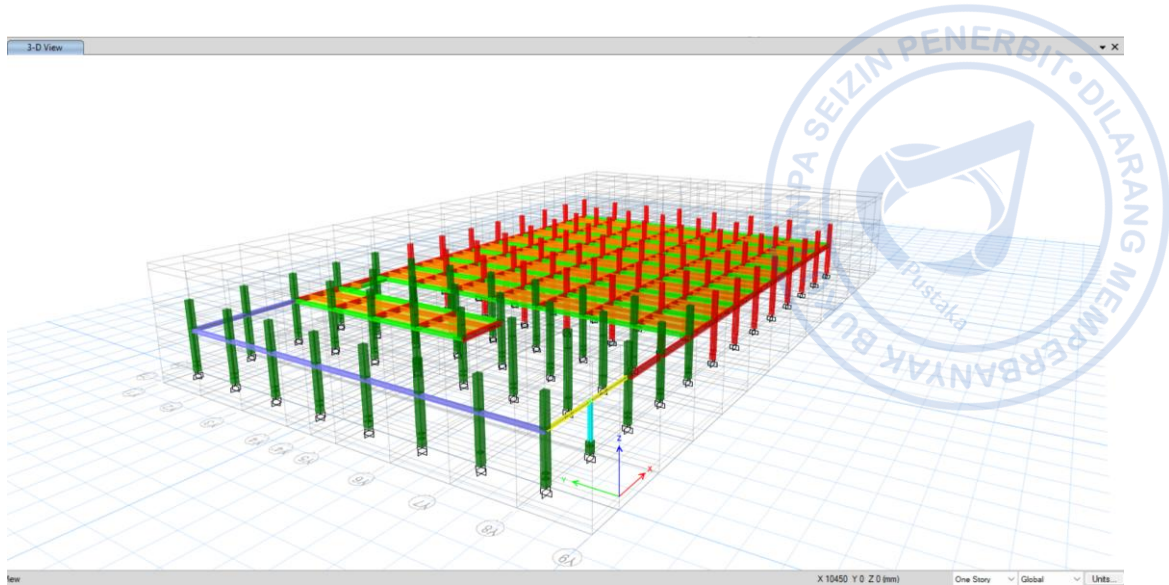
Gambar 2. 72. Pemodelan Slab 150 Pada Lantai 2

## J. PEMODELAN KOLOM K90X90 DAN K80X80 PADA LANTAI 2

Permodelan elemen kolom lantai 2 sama seperti pemodelan pada lantai 1 yaitu dilakukan dengan cara klik *View* → *Set Elevation View* → Pilih X13. klik *Draw* → *Draw Beam/Column/Brace Objects* → *Quick Draw Column* lalu *drag* kursor di posisi di mana kolom yang dibutuhkan. Setelah kolom di *grid* X13 sudah termodelkan dengan cara yang sama ulangi di *grid* yang lain. Atau juga bisa me-*replicate* kolom tersebut.



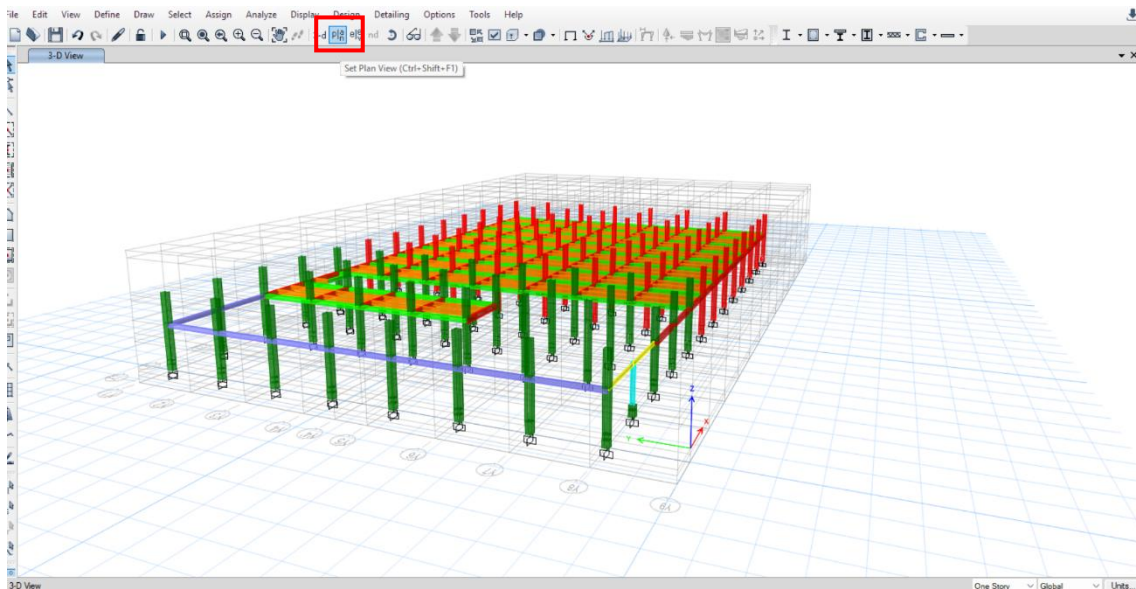
Gambar 2. 73. Pemodelan Kolom grid x13

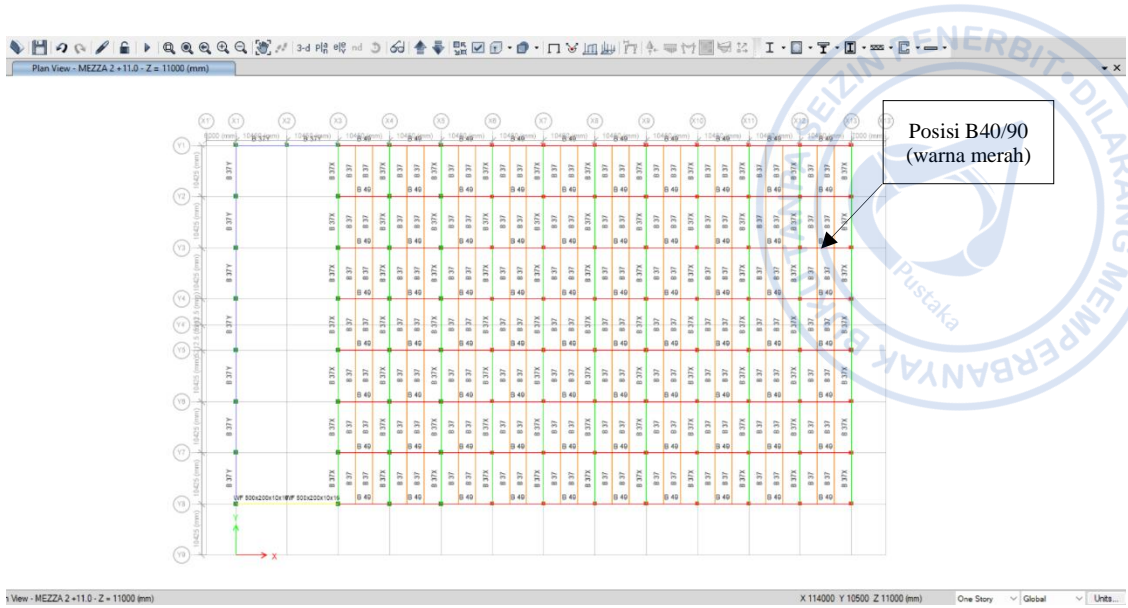


Gambar 2. 74. Pemodelan Kolom Lantai 2

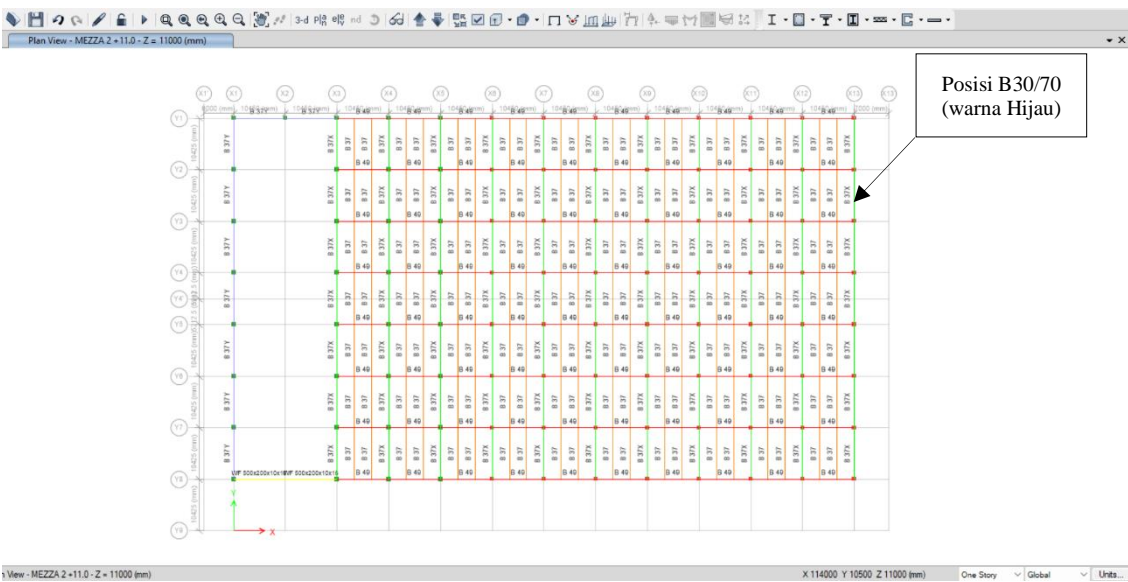
## K. PEMODELAN BALOK ANAK DAN BALOK LANTAI 3

Untuk pemodelan balok lantai 3 sama seperti pemodelan balok pada lantai 2. Dengan cara klik *View*→*Set Plan View*→Pilih Elevasi lantai 3 +11 . Dari *view plan* yang telah ada, kolom bisa langsung dimodelkan dengan opsi klik *Draw*→*Draw Beam/Column/Brace Objects*→*Quick Draw Beam*.





**Gambar 2. 75.** Pemodelan Balok 40x90 Pada Lantai 3



**Gambar 2. 76.** Pemodelan Balok Utama 30x70 Pada Pada Lantai 3



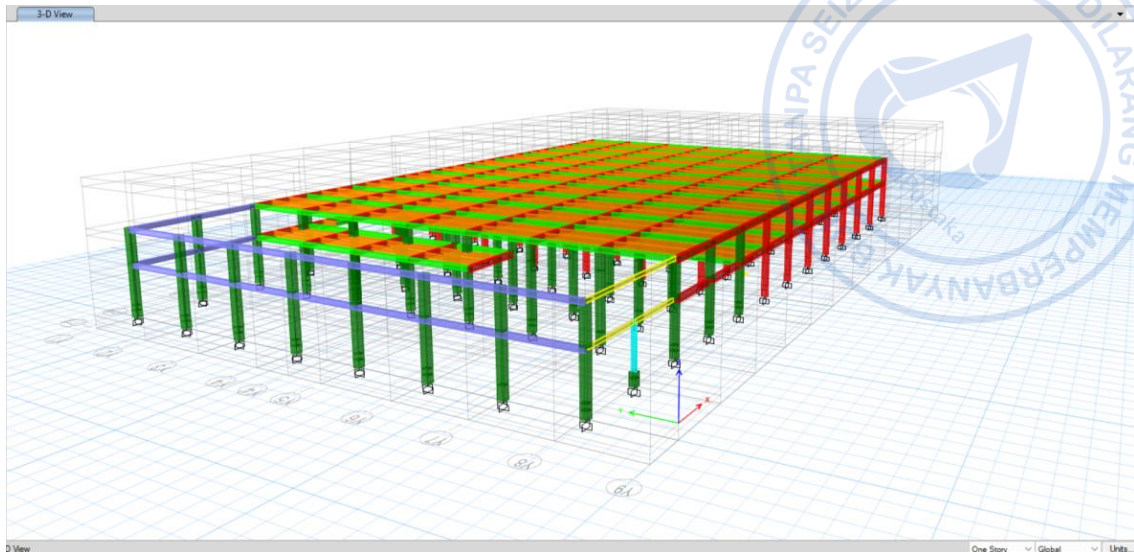
Gambar 2. 77. Balok yang Telah dimodelkan Pada lantai 3

#### L. LPEMODELAN SLAB LANTAI 3 (S150)

Untuk pemodelan slab langkah pertama yang perlu dilakukan adalah masuk ke elevasi +11 Lantai 3 dengan cara klik *View*→*Set Plan View*→Pilih Lantai 3 +11. Dari *view plan* yang telah ada, kolom bisa langsung dimodelkan dengan opsi klik *Draw* → *Draw Floor/wall* → *Quick Draw Floor/wall*.



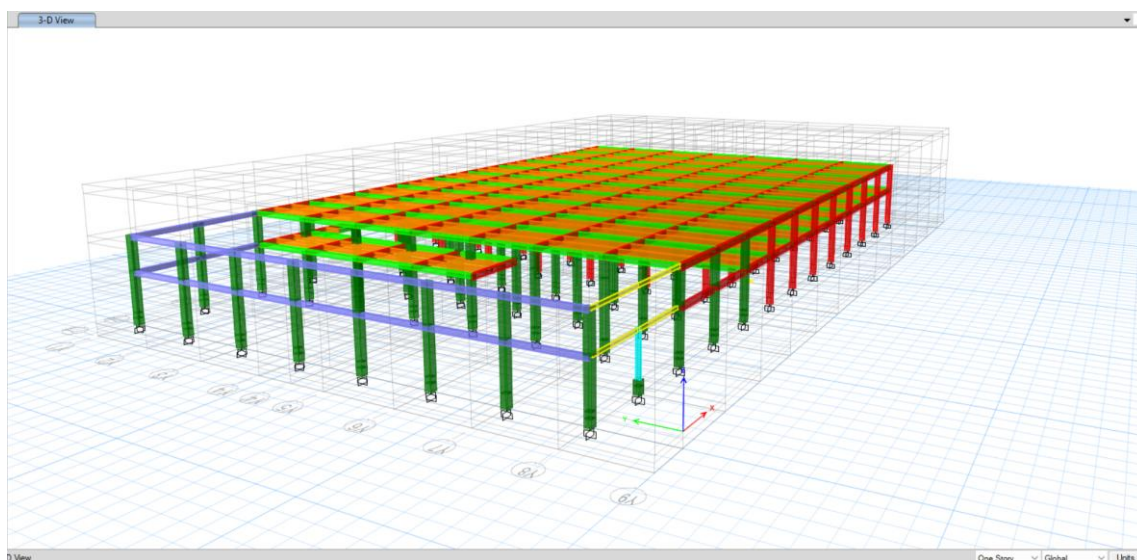
Gambar 2. 78. Properties Slab 150 Pada Lantai 3

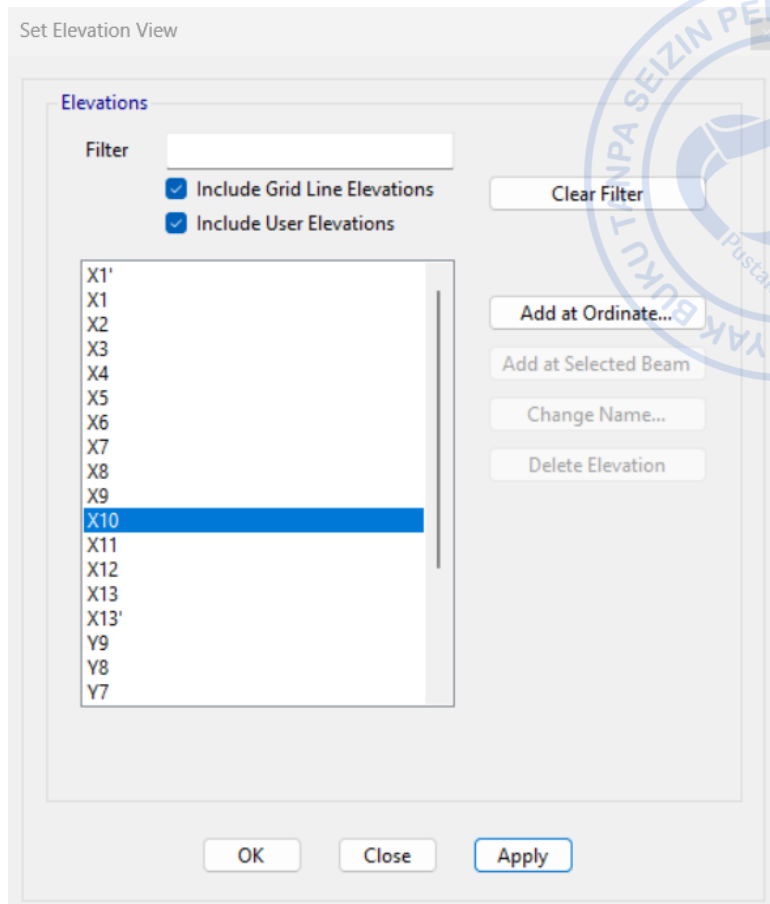


**Gambar 2. 79.** Slab 150 yang Telah dimodelkan Pada Lantai 3

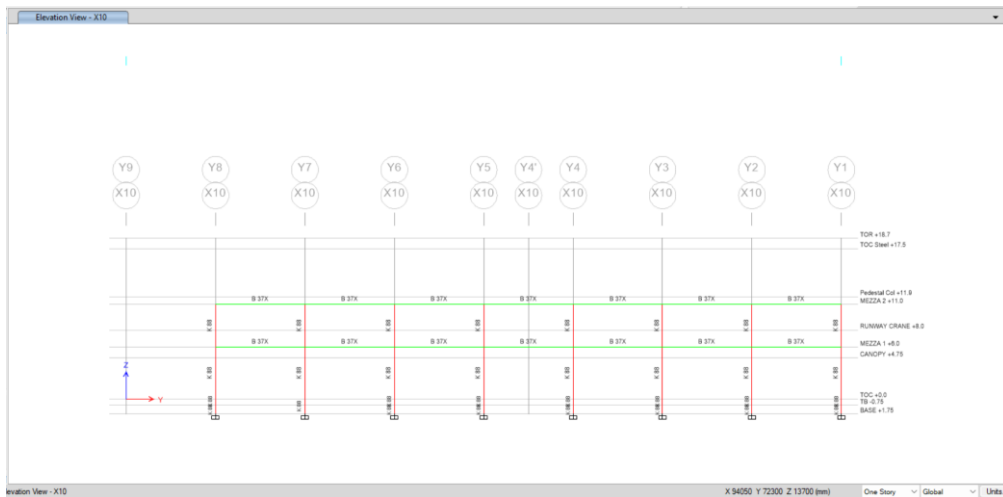
## M. PEMODELAN KOLOM BAJA DAN RAFTER

Sebelum memodelkan *rafter*, hal yang terlebih dahulu perlu dilakukan adalah mengatur elevation view di mana *rafter* akan dimodelkan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara klik opsi *View*→*View*→*Set Elevation View*→Pilih x10, untuk menampilkan *Frame Axis* x10 (arah melintang).



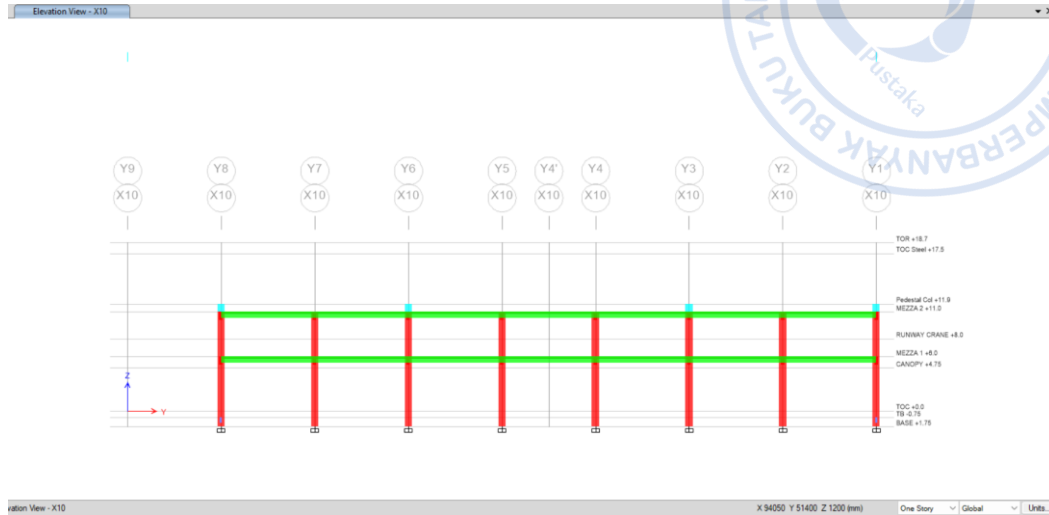


**Gambar 2. 80.** Masuk Ke *Grid X10*



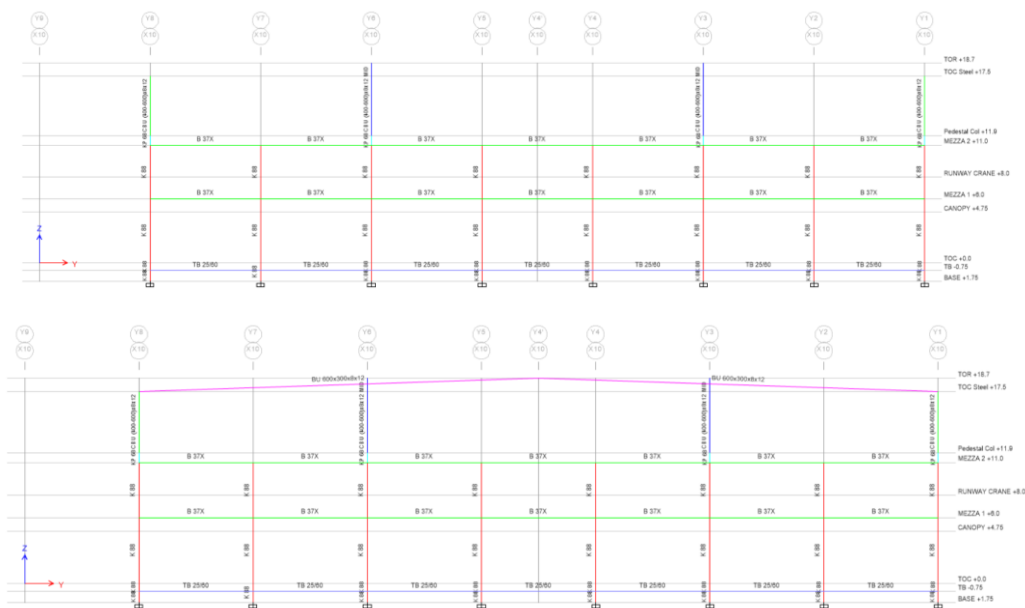
**Gambar 2. 81.** Tampilan *Grid X10*

Modelkan kolom pedestal beton terlebih dahulu langkah dengan cara klik *Draw* → *Draw Beam /Colom* → Pilih profil yang digunakan sebagai kolom pedestal → lalu *drag* kursor di posisi di mana kolom yang dibutuhkan.



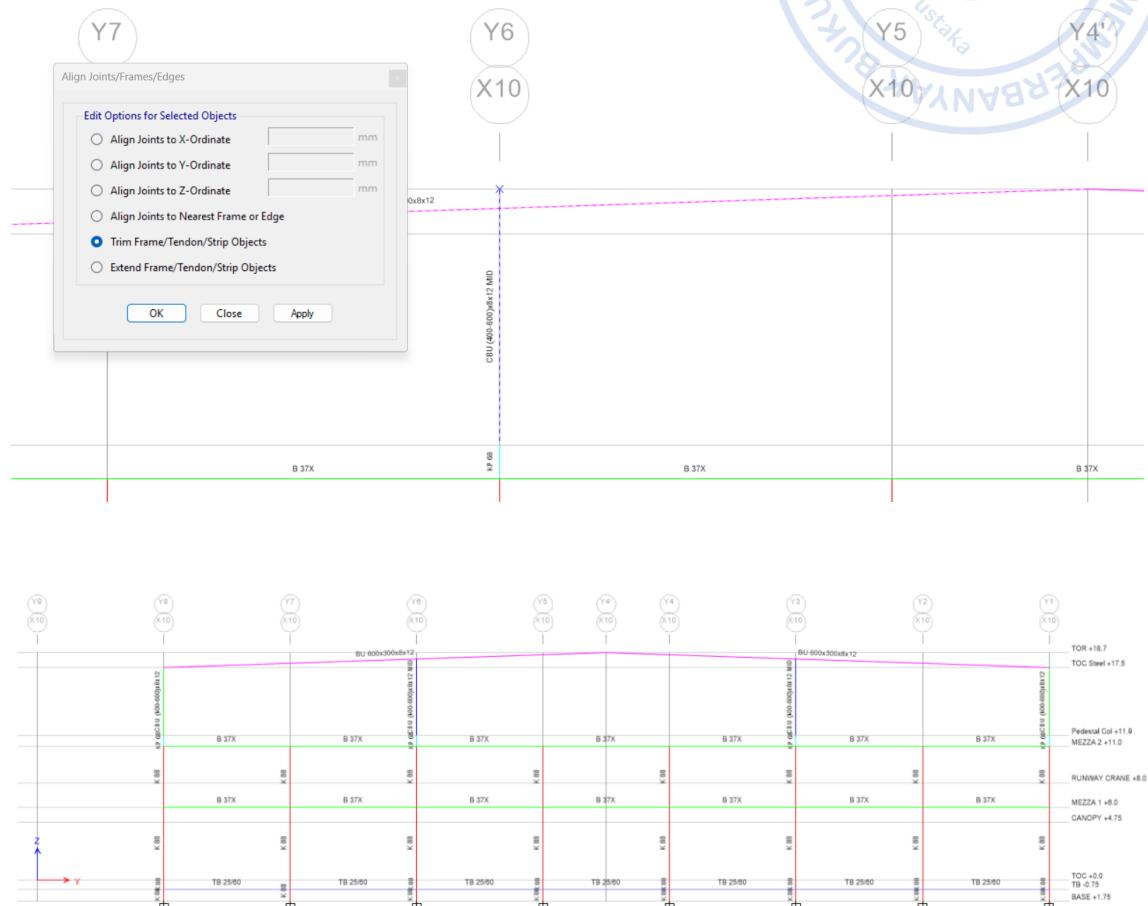
**Gambar 2. 82.** Kolom Pedestal yang Termodelkan

Setelah modelkan kolom pedestal beton dengan cara yang sama modelkan kolom dan *rafter* dengan klik *Draw* → *Draw Beam /Colom* → Pilih profil yang digunakan sebagai kolom dan *rafter* → lalu *drag* kursor di posisi di mana kolom dan *rafter* yang dibutuhkan.



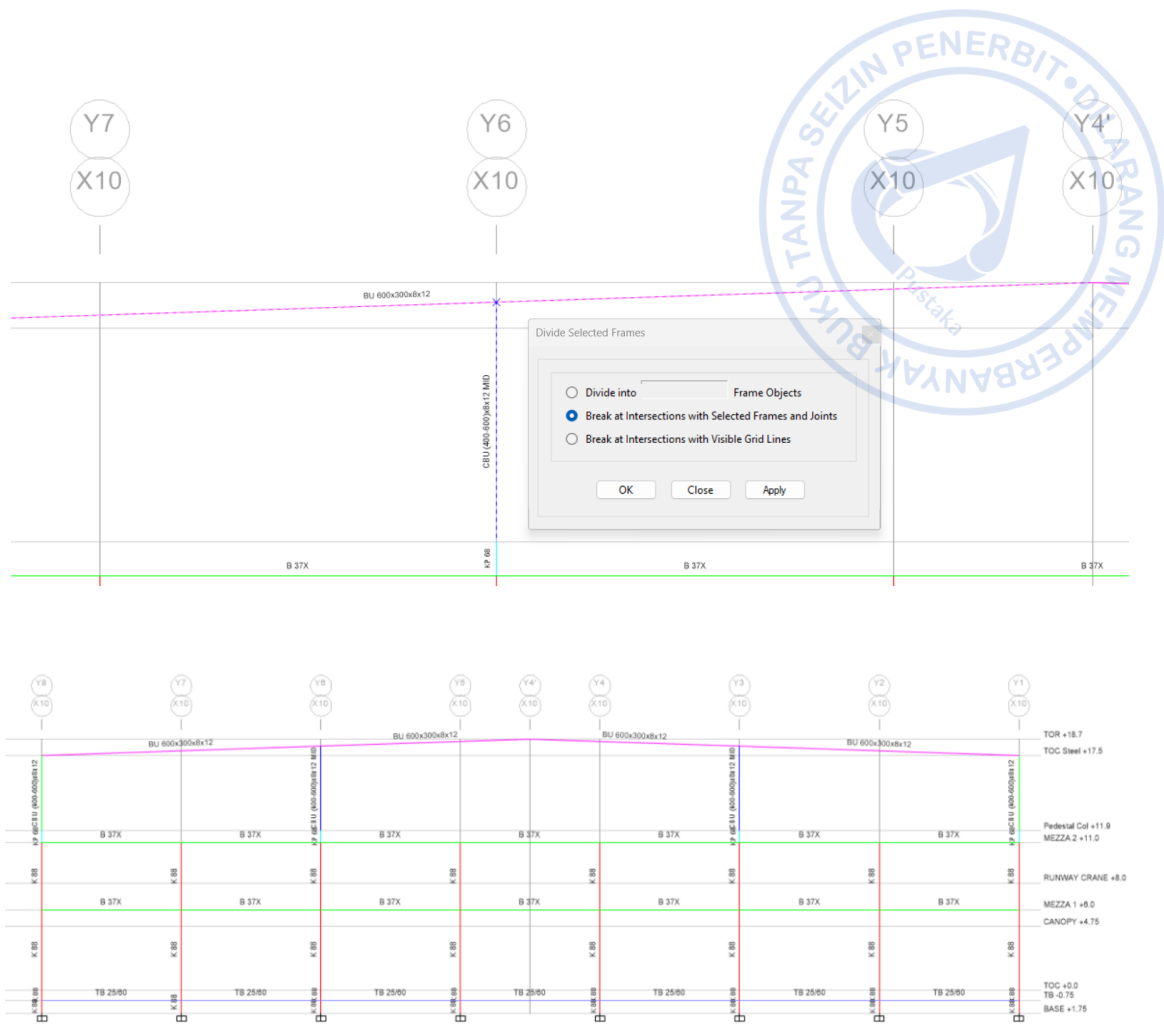
**Gambar 2. 83.** Kolom dan rafter yang Telah dimodelkan

Potong kelebihan batang kolom yang dimodelkan dengan cara, selec kolom beserta ujung kolom dan rafter yang ingin kita potong, klik *Edit* → *align Joint /Frame /Edges* → *Trim Frame*.



**Gambar 2. 84.** *Trime Frame pada Kolom*

Bagi/ potong *rafter* setiap bertemu dengan kolom sesuai pemodelan di lapangan dengan cara *select rafter* dan kolom yang akan kita potong klik *Edit* → *Edit Frames* → *Break at Intersection with selected frames and joints*.



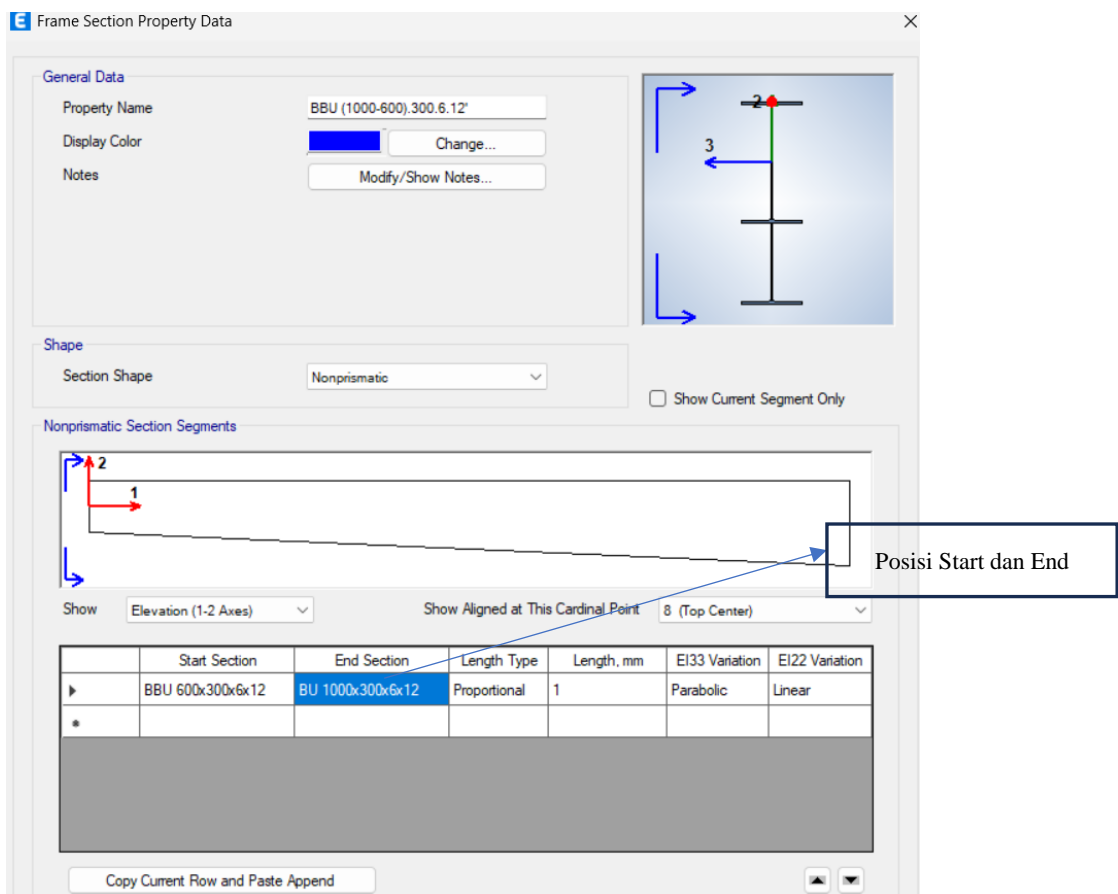
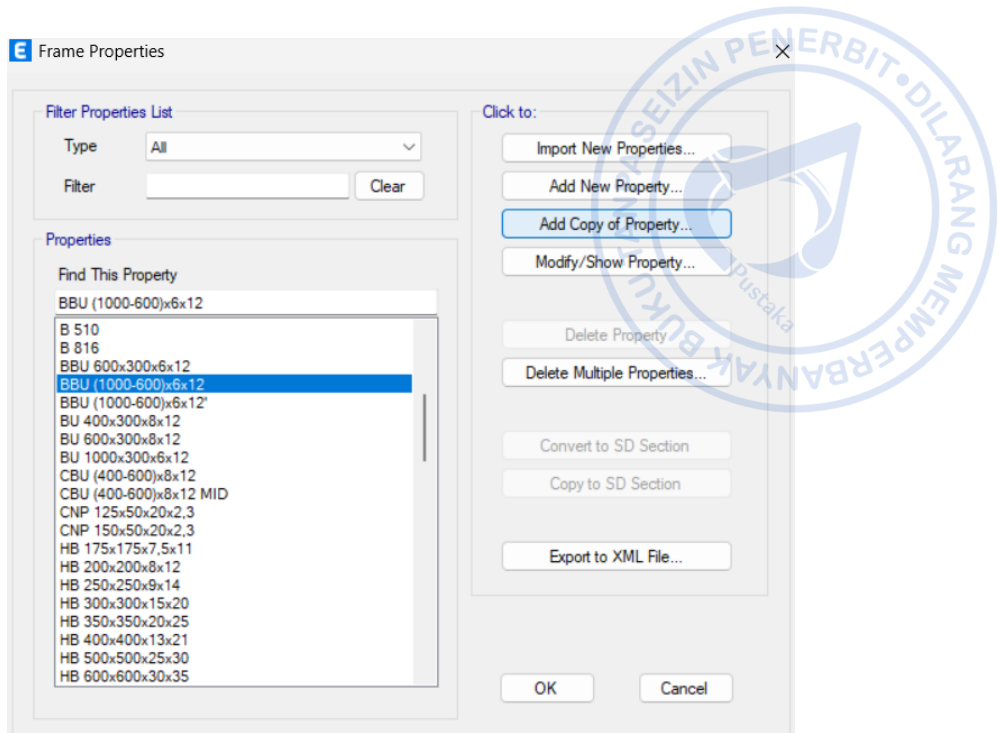
**Gambar 2. 85.** *Trime Frame pada Rafter*

Bagi/ potong rafter lagi menjadi 3 segment dengan cara selec rafter dengan titik pertemuan gording kemudian potong dengan klik *Edit* → *Edit Frames* → *Break at Intersection with selected frames and joints*. Selanjutnya ganti profil rafter yang sudah kita bagi dengan cara selec profil yang akan diganti klik *Assign* → *Section Property* → Pilih BBU (1000-600).300.6.12.



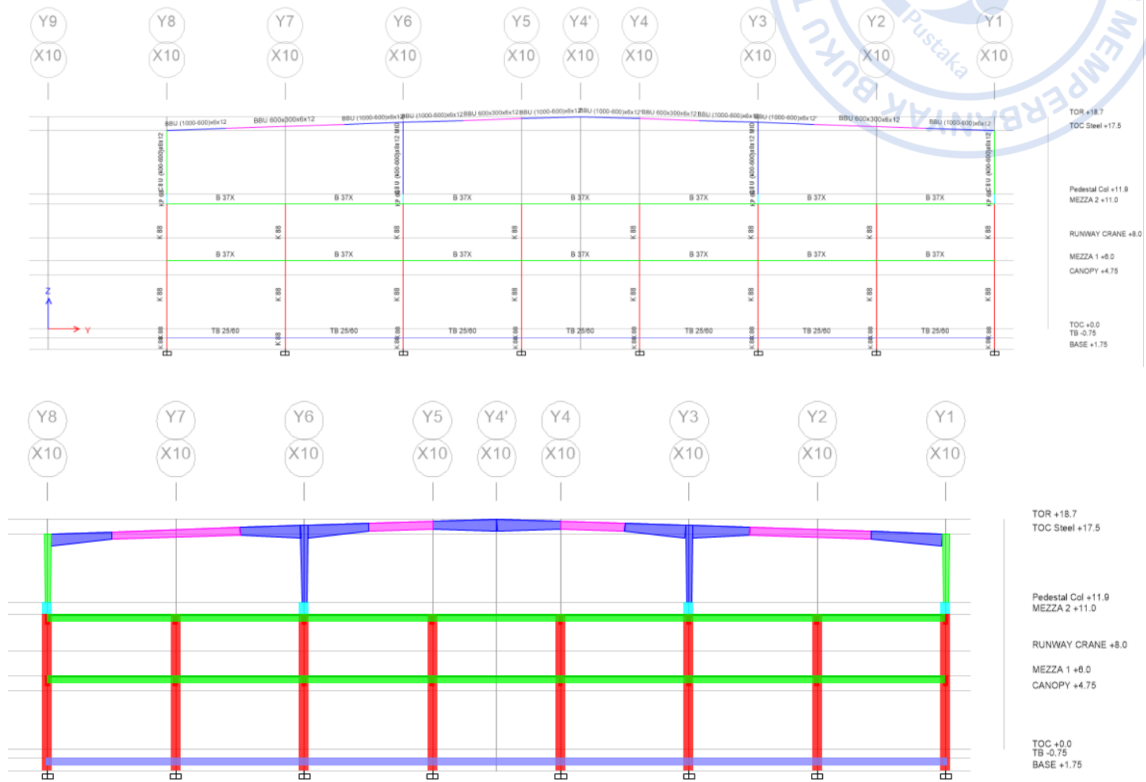
**Gambar 2. 86. Model Rafter Tapered**

Tambahkan *frame section* baru seperti profil BBU (1000- 600).300.6.12. dengan posisi *section* yang berbeda dengan cara Klik *Define* → *Section Properties* → *frame section* → *selec BBU (1000- 600).300.6.12* → *Add Copy Property* → Beri nama *section* baru *BBU (1000- 600).300.6.12'* dan ubah posisi *start* dan *end*.



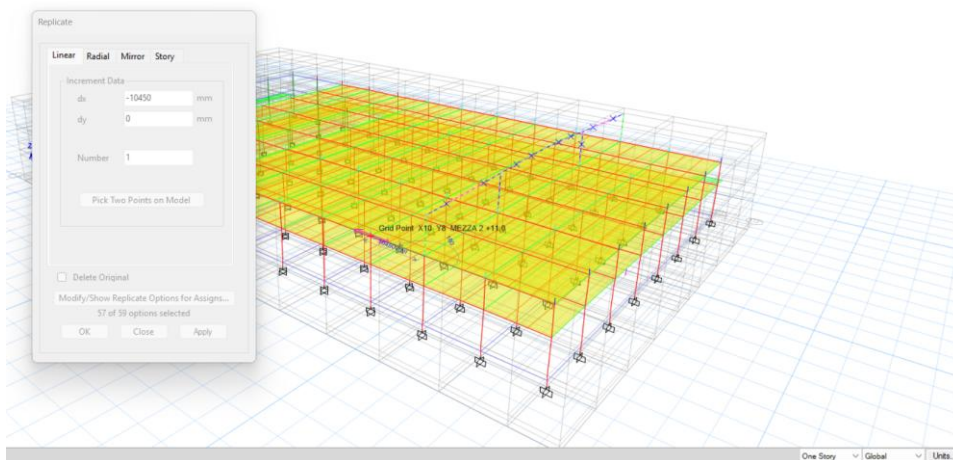
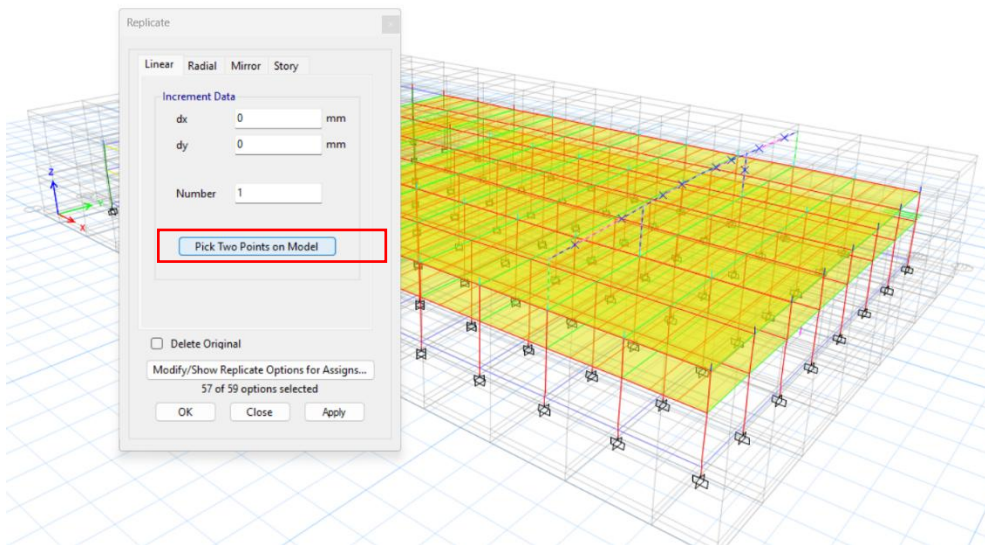
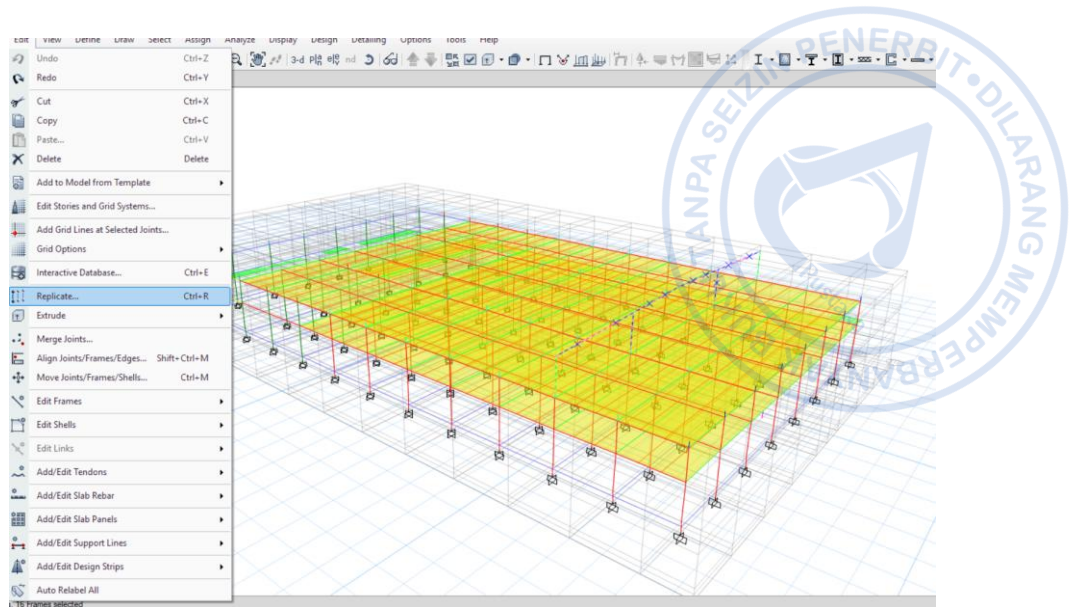
**Gambar 2. 87.** Mengubah Posisi *Start dan End Profil*

Selanjutnya Assign profil *rafter* yang terbalik tadi dengan profil baru yang sudah dimodelkan *BBU (1000- 600).300.6.12'* dengan cara *select* profil yang akan diganti klik *Assign* → *Section Property* → Pilih *BBU (1000- 600).300.6.12'*.

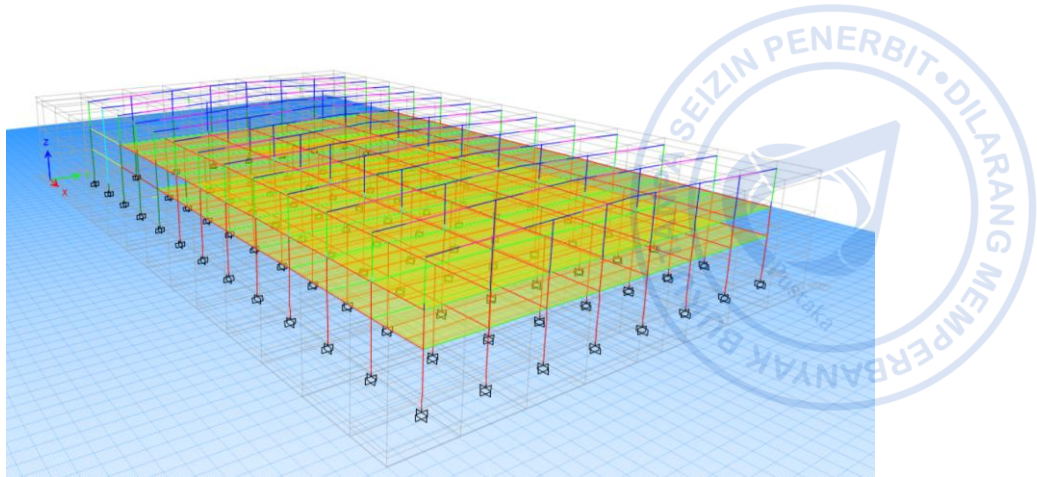


**Gambar 2. 88.** Kolom dan rafter yang Telah dimodelkan

Setelah kolom di *grid X10* sudah termodelkan dengan cara yang sama ulangi di *grid* yang lain. Atau juga bisa me-*replicate* kolom tersebut dengan cara *select* kolom dan *rafter* yang ingin kita copy Klik *Edit*→*Replicate*→isikan dx sesuai jarak *rafter* atau bisa *pick to point on model*→Pilih titik awal (titik *rafter* yang ingin kita *copy*) dilanjutkan titik kedua (titik *rafter* baru). Apabila jarak antar *rafter* sama *number* bisa diisi sesuai jumlah *rafter* yang ingin kita *copy*.



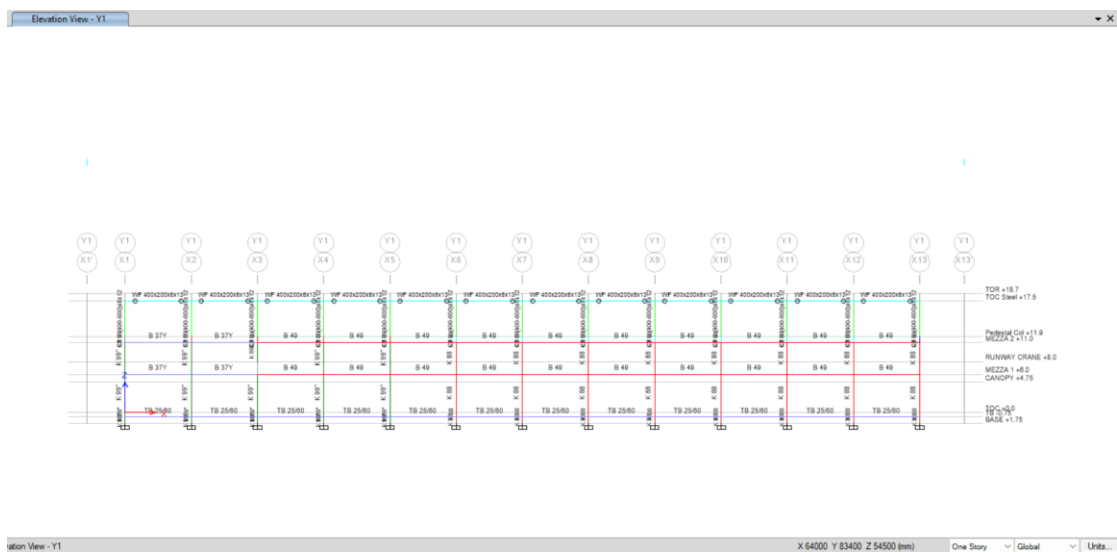
**Gambar 2. 89.** Replicate Pada Rafter

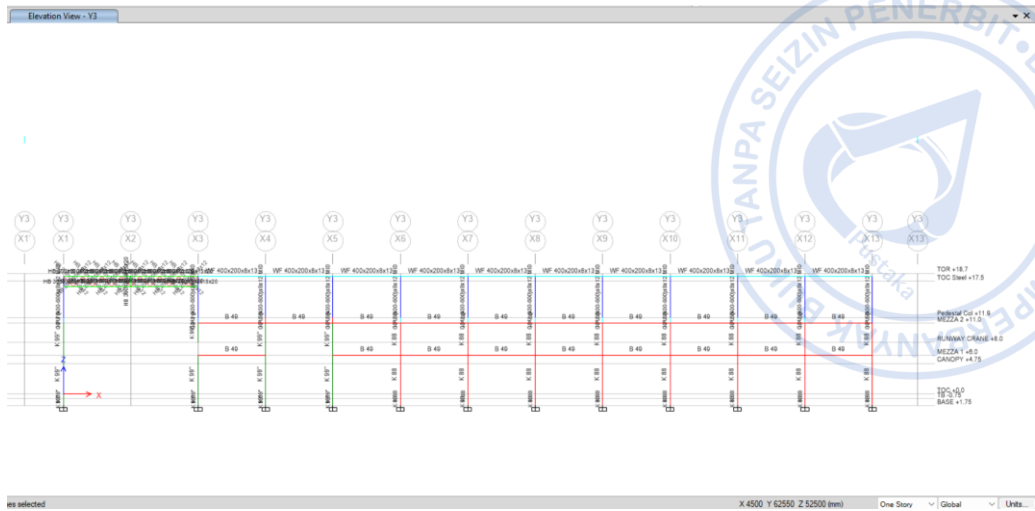


Gambar 2. 90. Rafter yang sudah direplicate

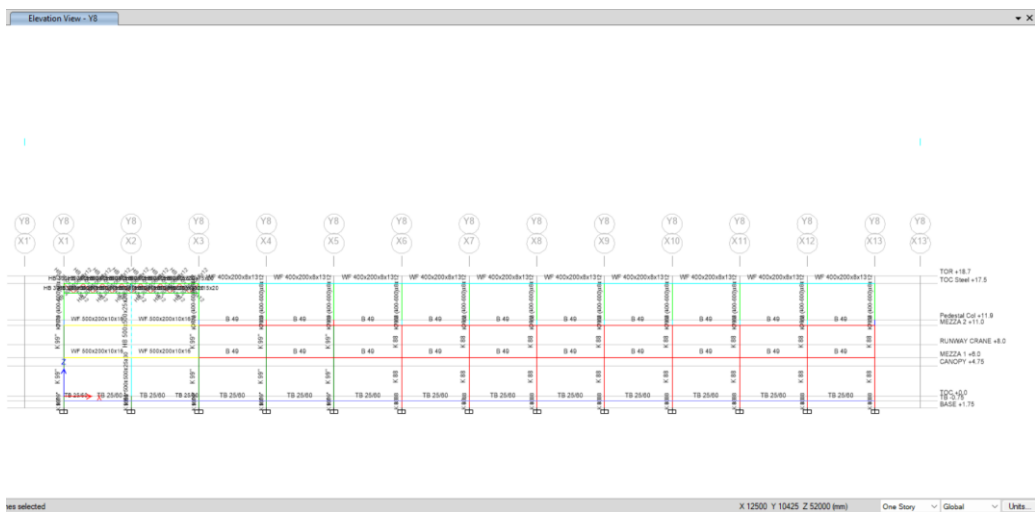
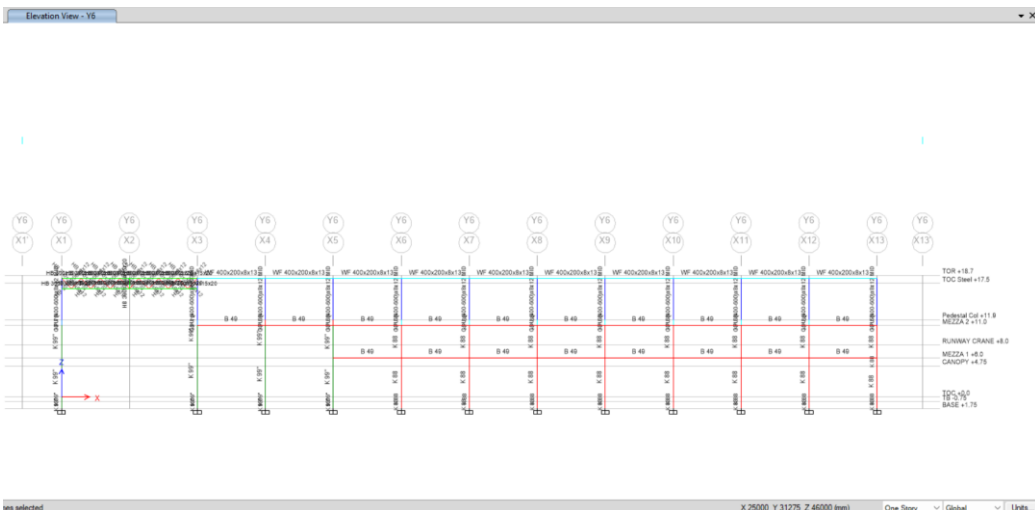
## N. PEMODELAN RING BEAM WF.400X 200X8X13

Nok atap atau biasa disebut *ridge* diperlukan untuk menghubungkan satu *rafter* dengan *rafter* yang lainnya. Nok atap dimodelkan menggunakan WF.400x200x8x13 dan dihubungkan secara sederhana (*pinned*) antar *rafter*. Hal ini dilakukan pertemuan nok atap dengan *rafter* dihubungkan melalui *gusset plate* yang hanya dapat menahan gaya geser dan tidak menahan momen. Pemodelan nok atap dapat dilakukan dengan mengatur potongan terlebih dahulu dengan cara klik opsi *View* → *Set Elevation View* → Pilih potongan yang akan kita modelkan. Selanjutnya, klik *Draw* → *Draw Beam /Colom* → Pilih profil WF.400x200x8x13 → lalu *drag* kursor di posisi di mana *Ring Beam* yang dibutuhkan.





**Gambar 2.91.** Pemodelan Ring Beam elevasi Y1 dan Y3

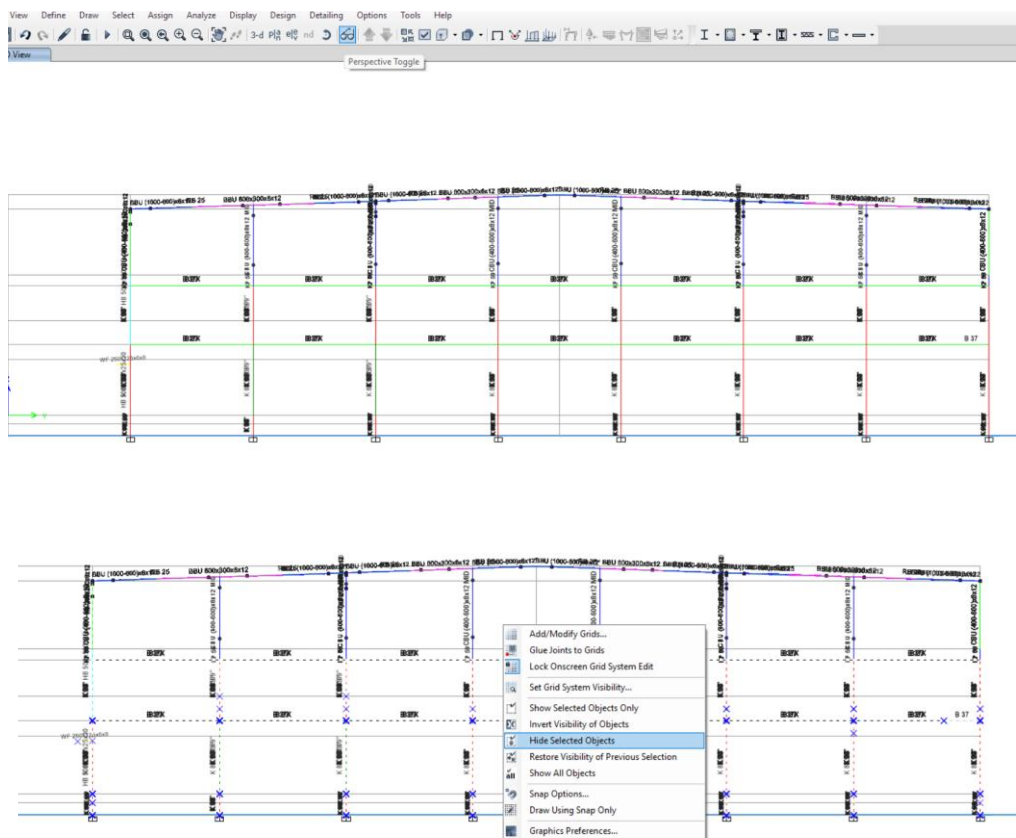


**Gambar 2.92.** Pemodelan Ring Beam elevasi Y6 dan Y8

## O. PEMODELAN PURLIN CNP. 200X75X20X3,2

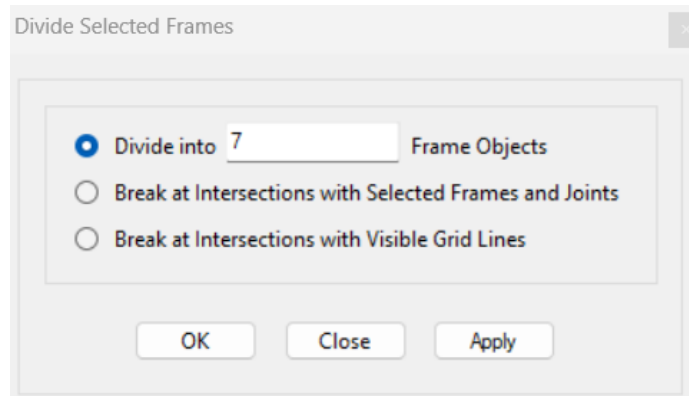
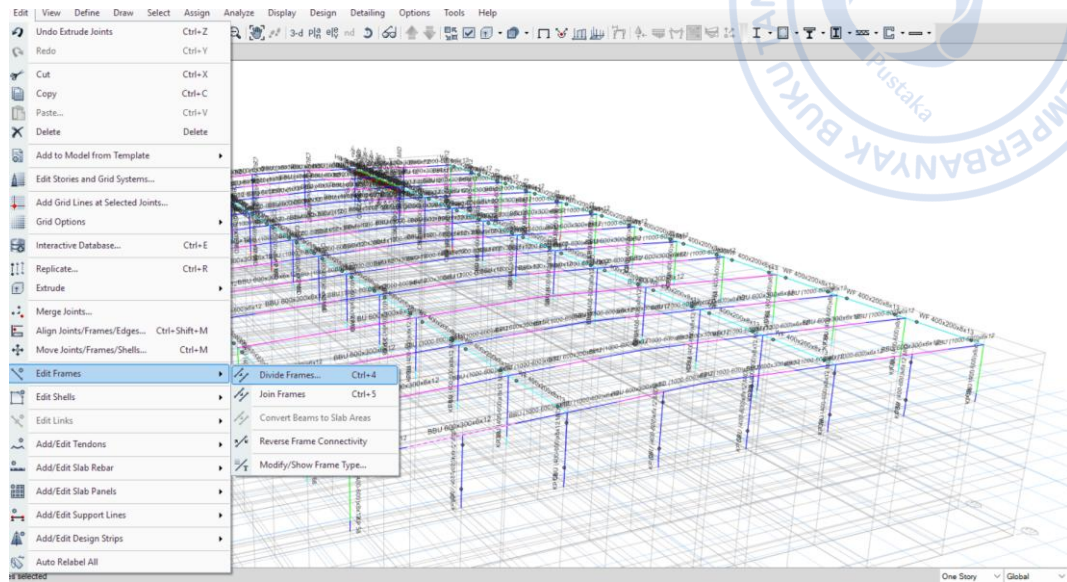
Purlin merupakan elemen yang menjadi dukungan dari penutup atap. Meski di depan, beban tidak diaplikasikan pada purlin namun pada *rafter*, elemen purlin tetap perlu dimodelkan agar berat sendiri purlin tetap terhitung sebagai beban yang merangka pada *rafter*. Purlin dimodelkan sebagai *simply supported beam* dengan tipe koneksi sendi sehingga *moment release* perlu di-assign sebagai 'Pinned.' Untuk memudahkan pemodelan langkah pertama yang perlu dilakukan adalah membagi *rafter* menjadi beberapa bagian. Purlin akan dimodelkan setiap 1,5 m (jarak antar purlin 1,5 m).

Sebelum membagi *rafter* menjadi beberapa bagian, *view* perlu diatur terlebih dahulu agar model yang tidak diperlukan tidak mengganggu pemodelan. Dengan cara *View*→*3D View*→pilih *yz* pada *fast view*→pilih *perspective toggle* (ikon kaca mata) →pilih *Select frame* yang akan di *hide*→klik kanan pada kursor→pilih *perspective toggle*→*Hide Selected Objects*.

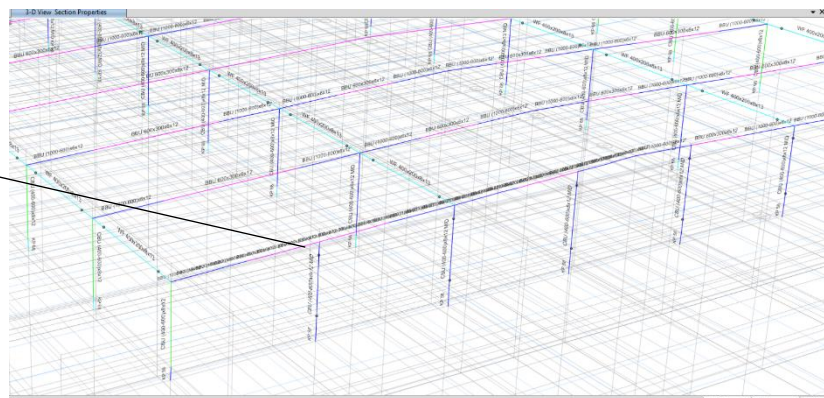


Gambar 2. 93. Pemodelan 3D View

Setelah profil yang tidak perlukan di *hide*, kembali ke tampilan 3D. Kemudian *divide rafter* dengan jarak 1.5 meter dengan cara, *select rafter*→*Edit*→*Edit Frames*→*Divide Frames*→Tentukan jumlah hingga jarak menjadi 1.5m → *Apply*

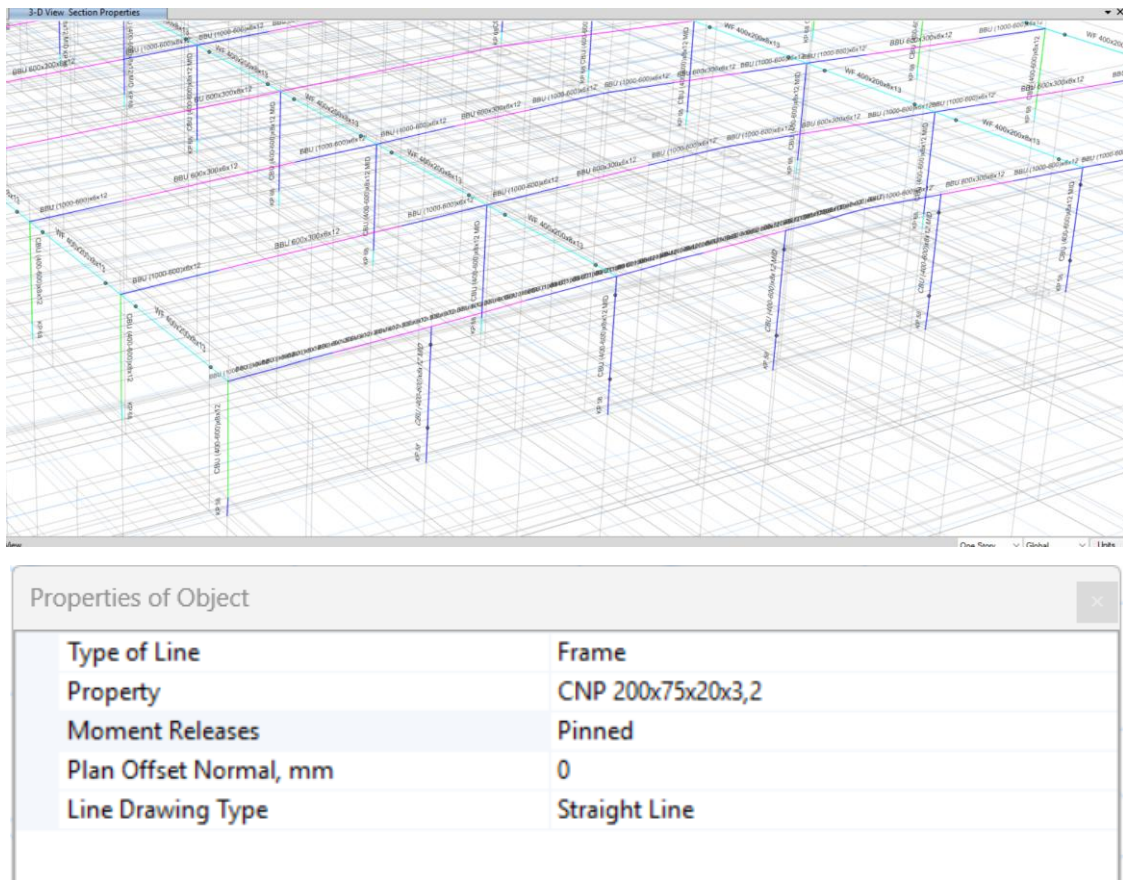


Rafter sudah terbagi dengan jarak 1,5m



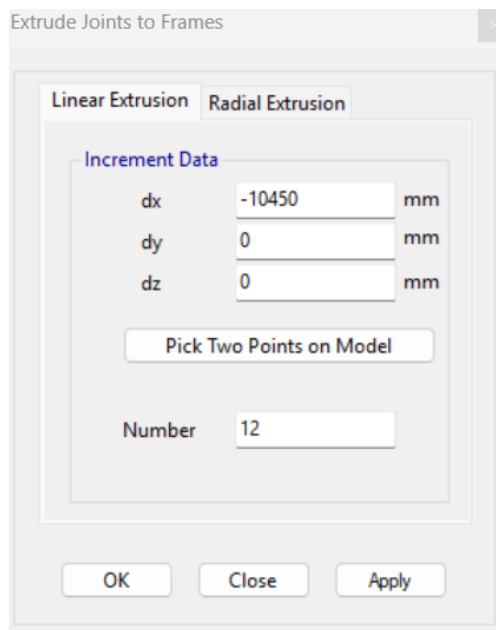
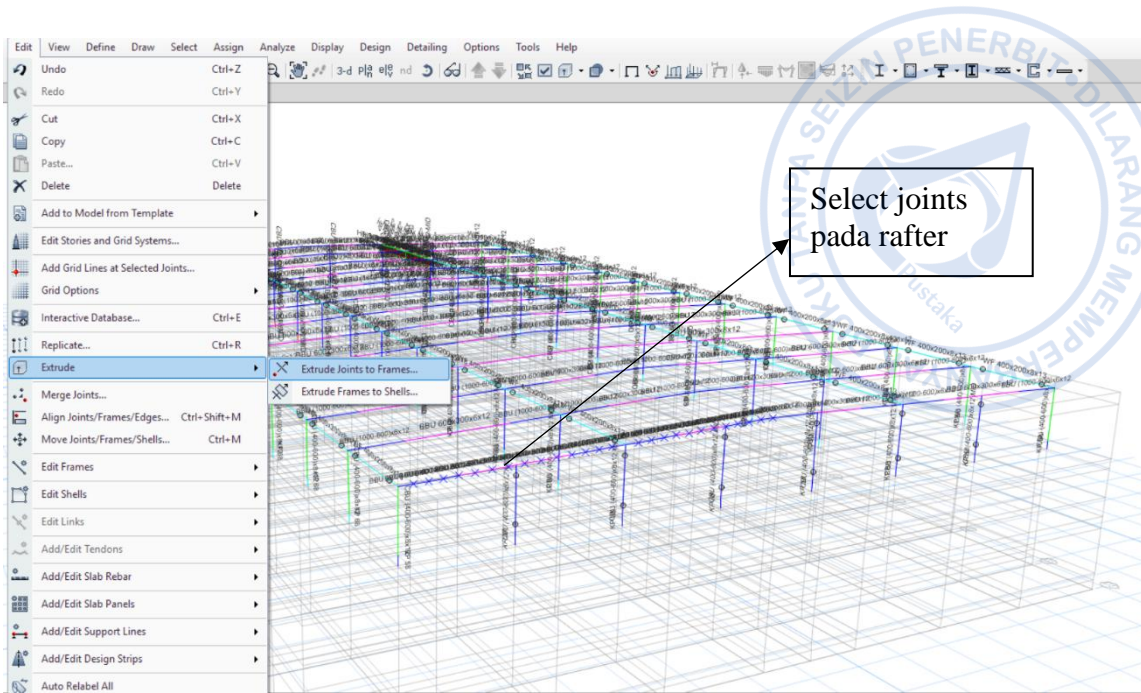
**Gambar 2. 94.** Rafter Terbagi dengan Jarak 1,5 m

Setelah *rafter* terbagi, masing-masing *joint* dari *rafter* yang telah dibagi perlu di-*extrude* menjadi *frames* yang merupakan CNP. 200X75X20X3,2. Sebelum langkah tersebut dilakukan, terlebih dahulu perlu diatur bahwa *joint* akan di-*extrude* menjadi CNP. 200X75X20X3,2. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara klik *Draw Beam/Column/Brace (Plan, View, 3D)*→atur *Properties of Object* sesuai pada gambar di bawah→tutup kembali *Properties of Object*. Dengan demikian *joint* akan dapat langsung di-*extrude* menjadi CNP. 200X75X20X3,2.



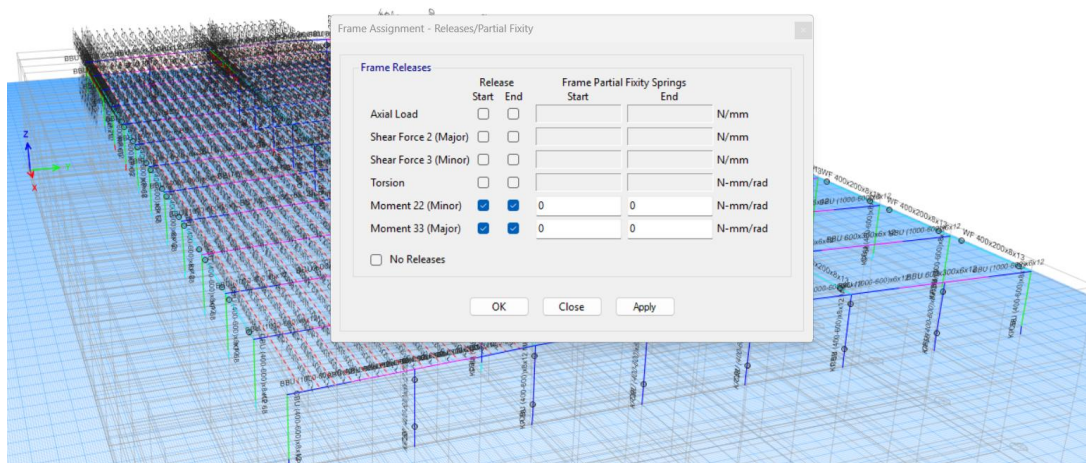
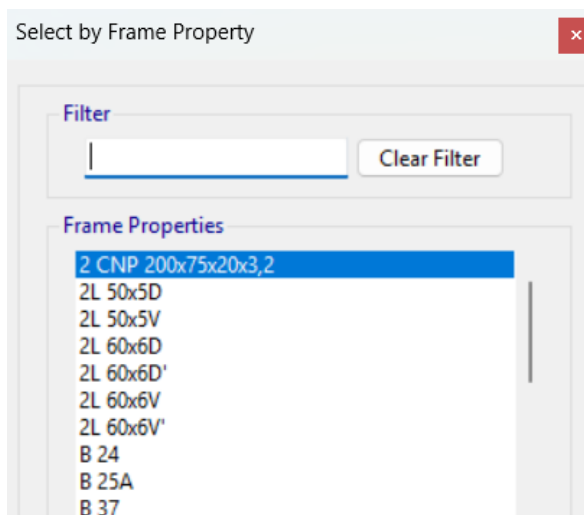
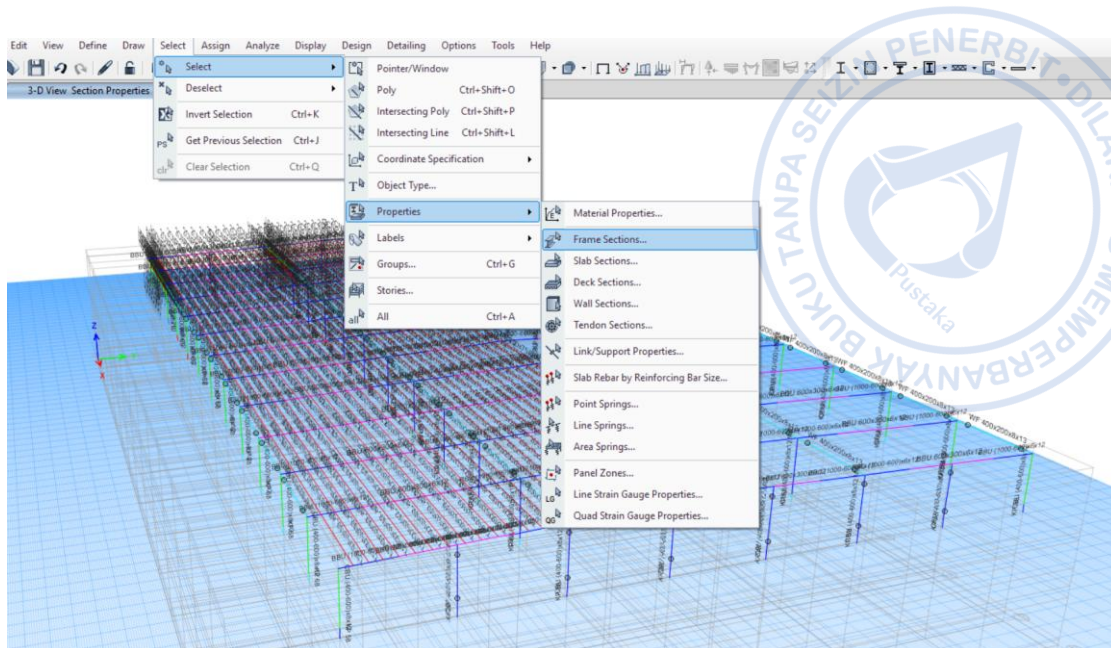
**Gambar 2. 95.** Pengaturan *Properties of Object*

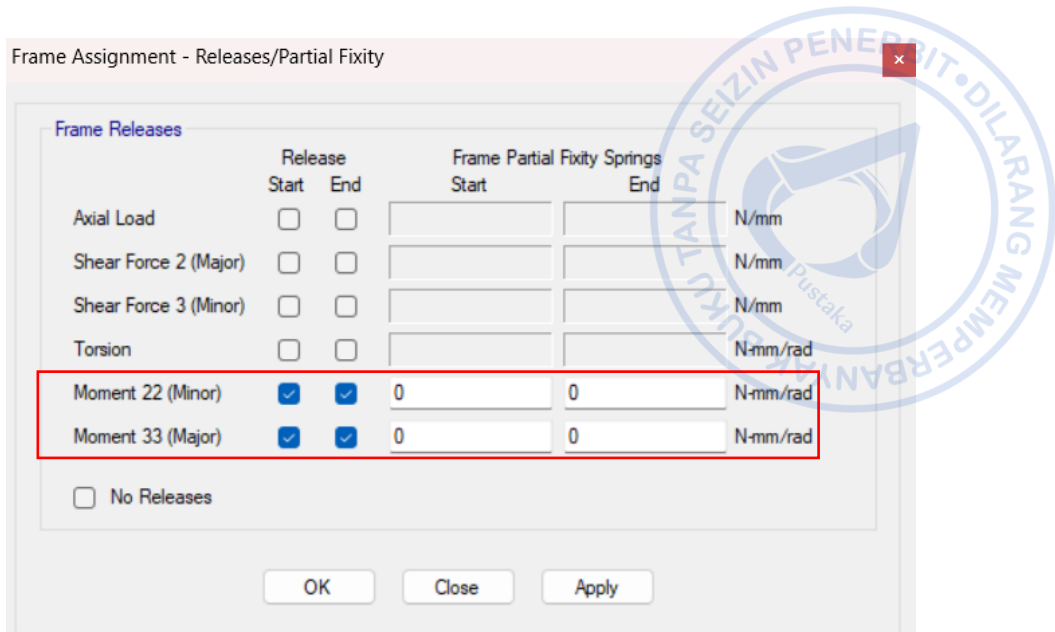
Langkah selanjutnya adalah melakukan ekstrusi *joint*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara *select* masing-masing *joint* pada *rafter* → *Edit* → *Extrude* → *Extrude Joints to Frames*. Opsi *Extrude Joints to Frames* dapat mengekstraksi *object joint* menjadi *frames* yang dikehendaki. Lalu masukkan panjang purlin yang diinginkan yaitu 10,45 meter pada arah y dengan jumlah 12.



**Gambar 2. 96.** *Extrude Joints to Frames* Purlin

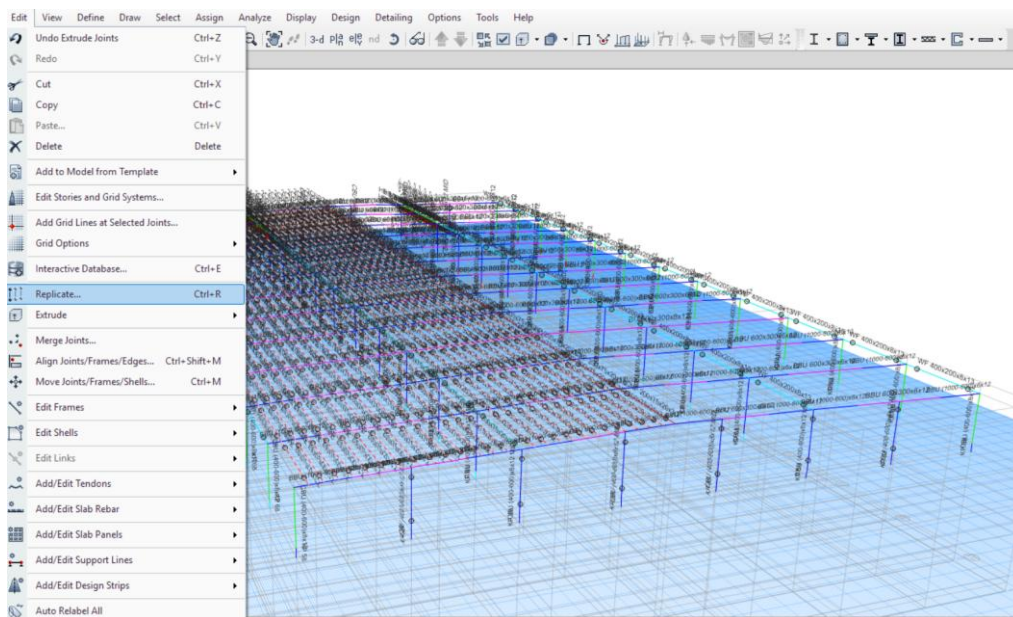
Purlin didesain sebagai *simply supported beam* yang tidak menahan momen di daerah tumpuan. Atas dasar tersebut maka bagian pangkal dan ujung purlin perlu di-*release* dengan cara klik *Select*→*Select*→*Properties*→*Frame Sections*→2 CNP.200X50X20X2,3→*Assign*→*Release Partial Fixity*→*Checklist Moment 22* dan *Moment 33*→*Apply*→*OK*.

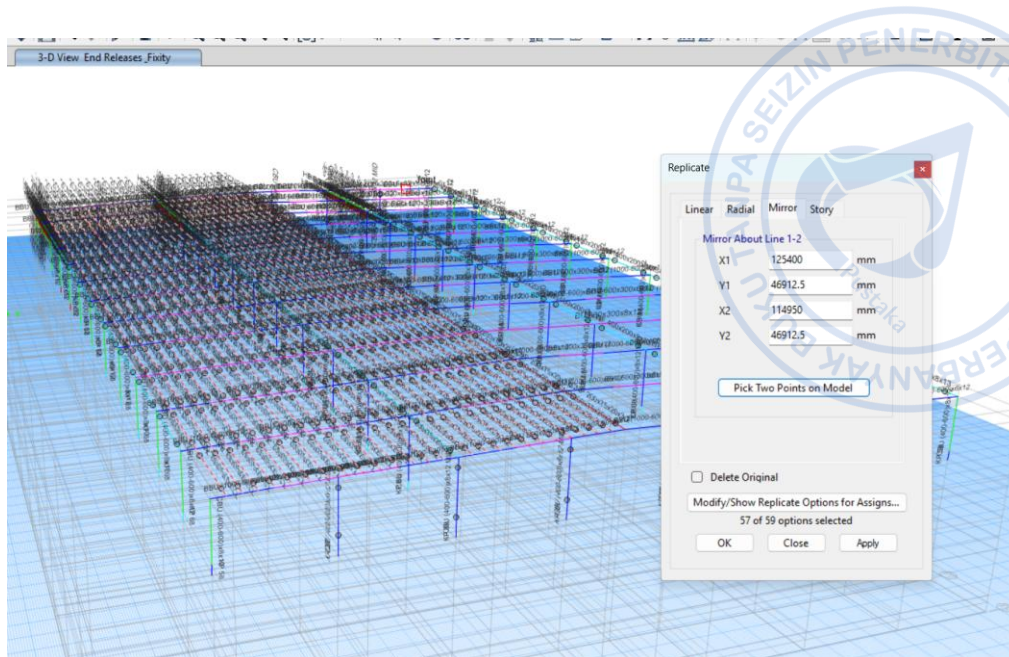




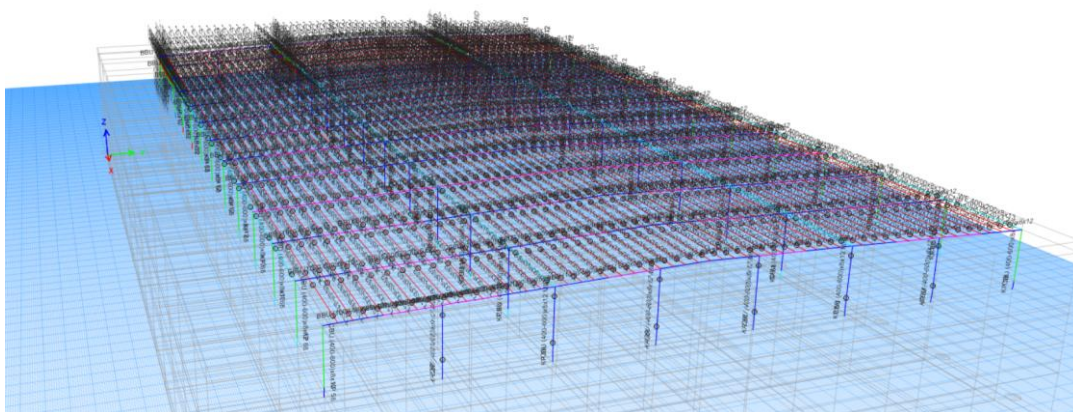
**Gambar 2. 97.** Release Partial Fixity Pada Purlin

Setelah purlin berhasil dimodelkan pada satu sisi *rafter*, maka CNP.150X50X20X2,3 perlu di-*replicate* secara *mirror* ke satu sisi yang lain. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara klik Ctrl+J untuk Select Previous →klik Ctrl+R untuk Replicate→klik Set Plan View pada ribbon atas→Select BASE→lakukan Mirror pada opsi Replicate dengan cara Pick Two Points on Model→hubungkan midpoint pada bagian tengah As 1 bangunan dengan midpoint pada bagian tengah As 2 bangunan→Apply→OK.



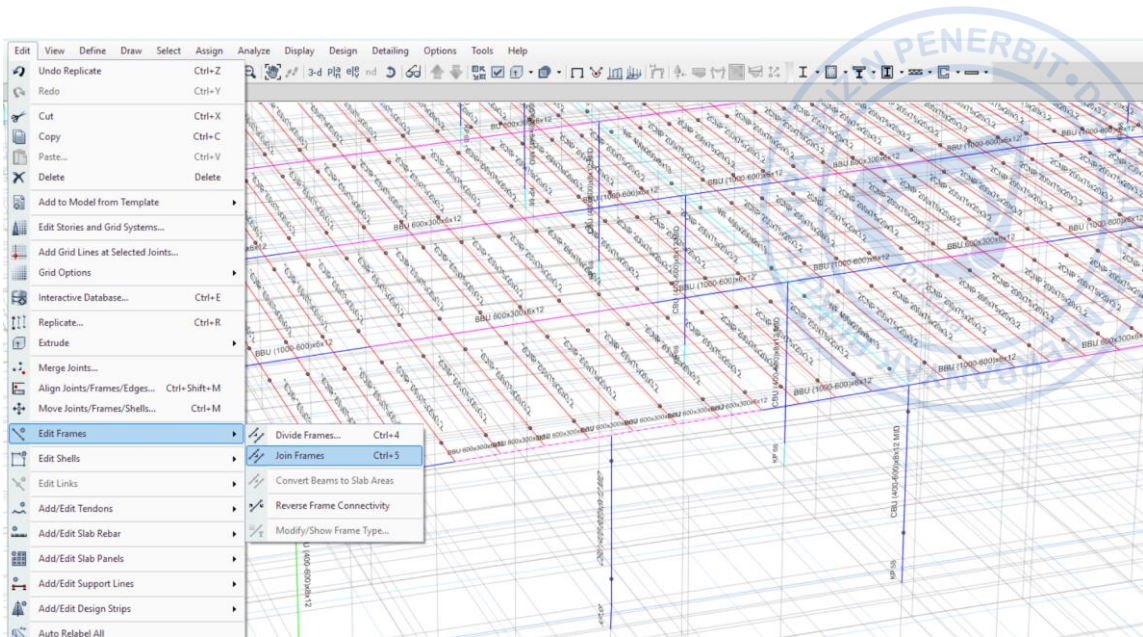


**Gambar 2. 98.** *Mirror Pada Purlin*



**Gambar 2. 99.** Purlin Sudah Dimodelkan

Setelah purlin dimodelkan, maka *rafter* yang sebelumnya dibagi untuk mempermudah pemodelan, perlu disatukan kembali dengan cara select *rafter* yang akan disambung → *Edit* → *Edit Frames* → *Joint Frames*.

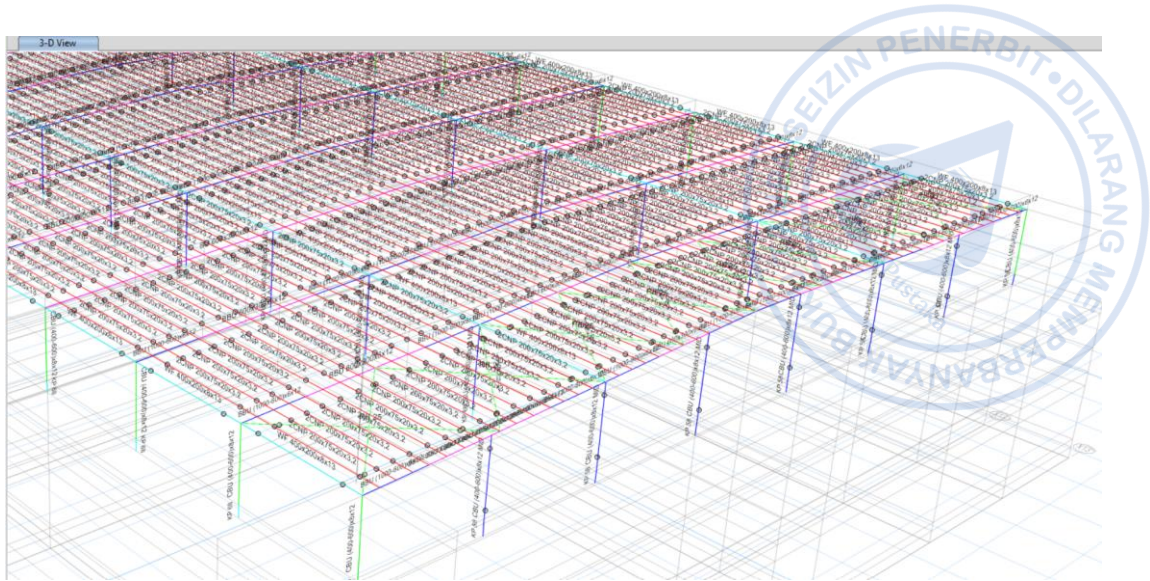


**Gambar 2. 100.** *Frames Rafter* Digabungkan Kembali

### Pemodelan *Roof Bracing* dengan Rod 24 mm

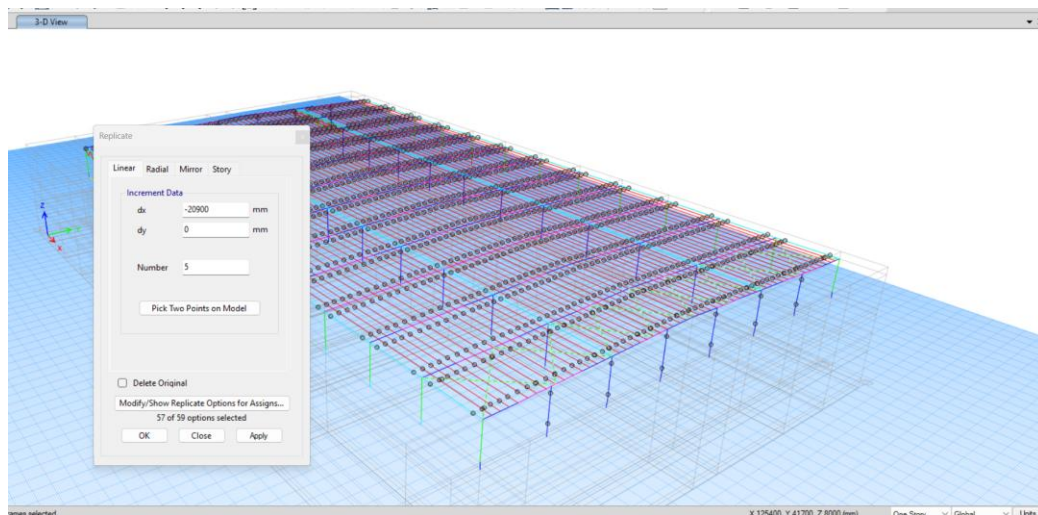
*Roof bracing* dimodelkan pada bentang di mana *X-bracing* sudah dimodelkan. *Roof bracing* juga berfungsi sebagai ikatan angin. *Roof bracing* dimodelkan sebagai *steel rod* dengan diameter 25 mm sebagaimana yang dijelaskan sebelumnya. Pemodelan *roof bracing* dapat dilakukan dengan cara klik *Draw Beam/Column/Brace (Plan, Elev, 3D)* pada *ribbon* bagian kiri→atur *Properties of Object* sebagaimana gambar di bawah→hubungkan secara diagonal *bracing Rod 24 mm*.

Properties of Object	
Type of Line	Frame
Property	RB 25
Moment Releases	Pinned
Plan Offset Normal, mm	0
Line Drawing Type	Straight Line



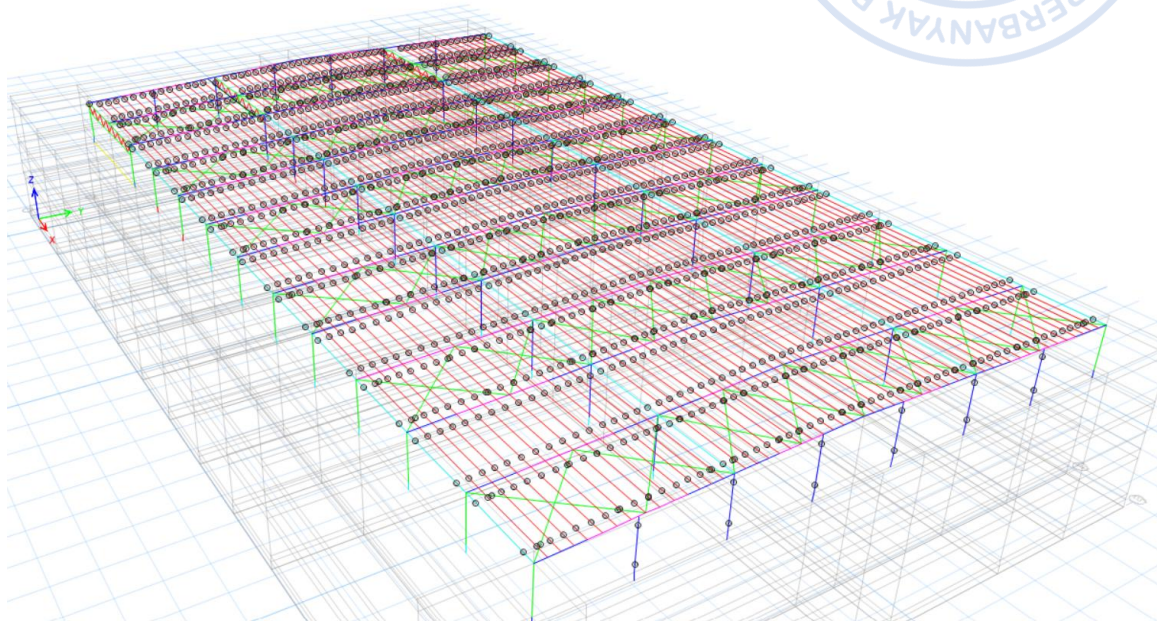
**Gambar 2. 101.** Draw Rod 24 mm Secara Diagonal dari Rafter ke Rafter

Setelah model *roof bracing* dengan Rod 24 mm berhasil dibuat pada satu sisi atap, maka *roof bracing* tersebut perlu direplikasi ke sisi yang lain. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara *Select roof bracing* yang telah dibuat → klik *Ctrl+R* untuk *Replicate* → klik *Set Plan View* pada *ribbon* atas → *Select BASE* → lakukan *Mirror* pada opsi *Replicate* dengan cara *Pick Two Points on Model* → hubungkan *midpoint* pada bagian tengah *As 1* bangunan dengan *midpoint* pada bagian tengah *As 2* bangunan → *Apply* → *OK*.



**Gambar 2. 102.** Replicate Roof Bracing

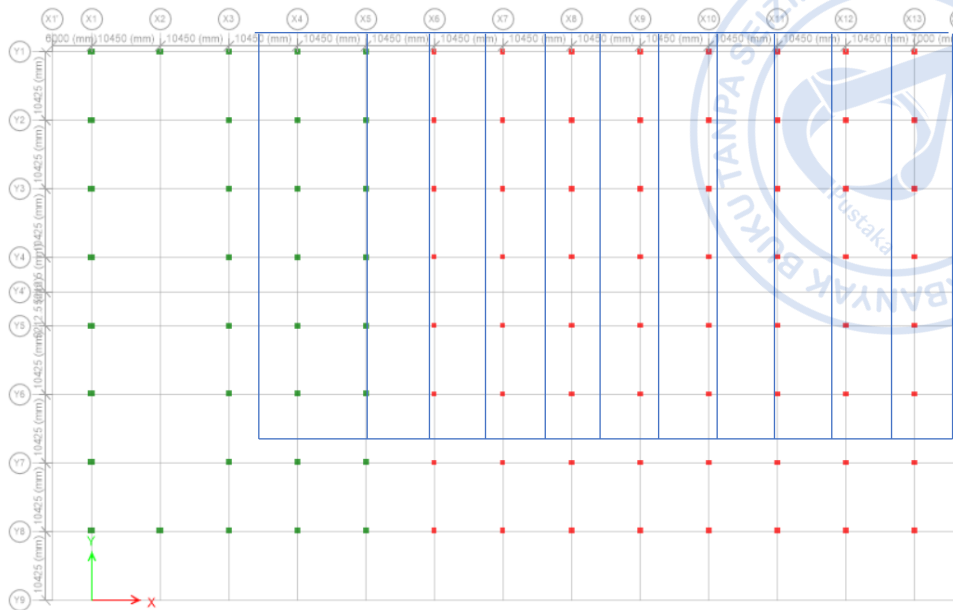
*Roof bracing* yang sudah termodelkan perlu direplikasi dengan jarak 12 m dari posisi semula searah y. Pilih *roof bracing* yang telah termodelkan terlebih dahulu. Hal tersebut dilakukan dengan cara *Select*→*Select*→*Properties*→*Frame Sections*→*Rod 25 mm*→*Apply*→*OK*. Setelah *roof bracing* yang sebelumnya sudah dimodelkan terpilih, klik *Ctrl+R*→*Input* jarak dan jumlah replikasi→*Apply*→*OK*.



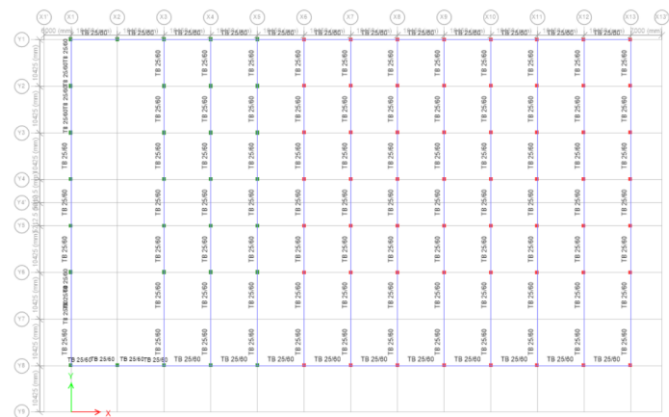
**Gambar 2. 103.** *Roof Bracing* Sudah Termodel pada Keseluruhan Bangunan

## **P. PEMODELAN *TIE BEAM* TB 25/60**

Pemodelan elemen *tie beam* diperlukan agar berat sendiri *tie beam* ikut terhitung saat desain untuk struktur bawah. Pemodelan *tie beam* dapat dilakukan dengan mengatur *View Plan* terlebih dahulu dengan cara klik ikon *Set Plan View* pada *Ribbon*→*Select BASE*→*Apply*→*OK*. Pemodelan *tie beam* dilakukan dengan cara klik *Draw Beam/Column/Brace Objects* pada *ribbon* bagian kiri→*tentukan Section Properties Tie Beam*→*Drag cursor* pada area di mana *tie beam* dibutuhkan.



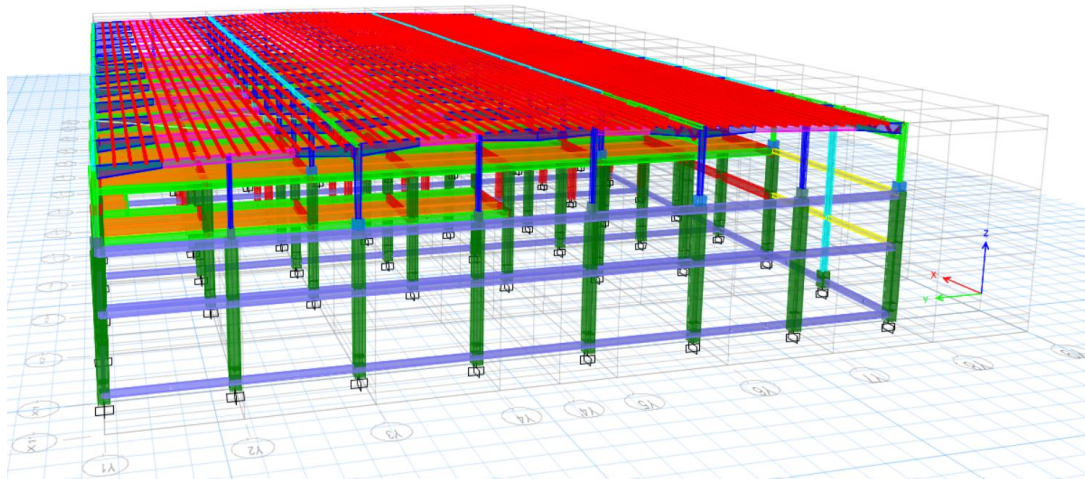
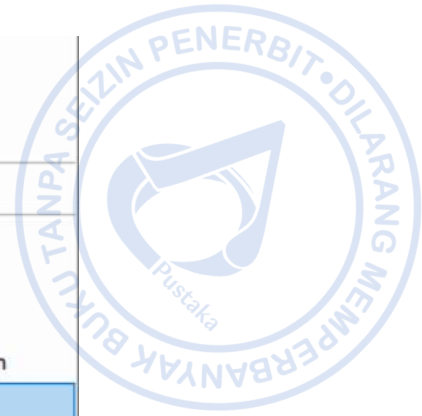
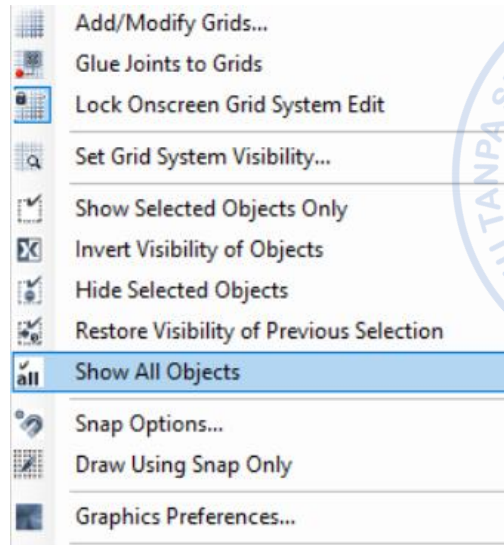
Plan View - TB -0.75 - Z = +750 (mm)



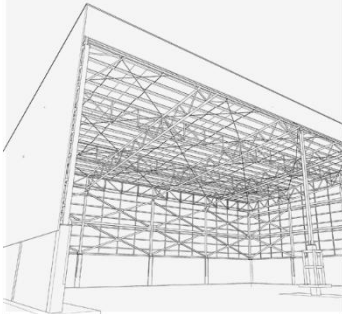
View - TB -0.75 - Z = +750 (mm) X:2500 Y:102500 Z:750 (mm) One Story Global Units

**Gambar 2. 104.** TB25/60 yang Sudah Berhasil Dimodelkan

Setelah semua dimodelkan, klik kanan pada cursor kemudian pilih show all Object. Keseluruhan bangunan sudah termodelkan.



**Gambar 2. 105.** Pemodelan Seluruh Bangunan



# PEMBEBANAN STRUKTUR

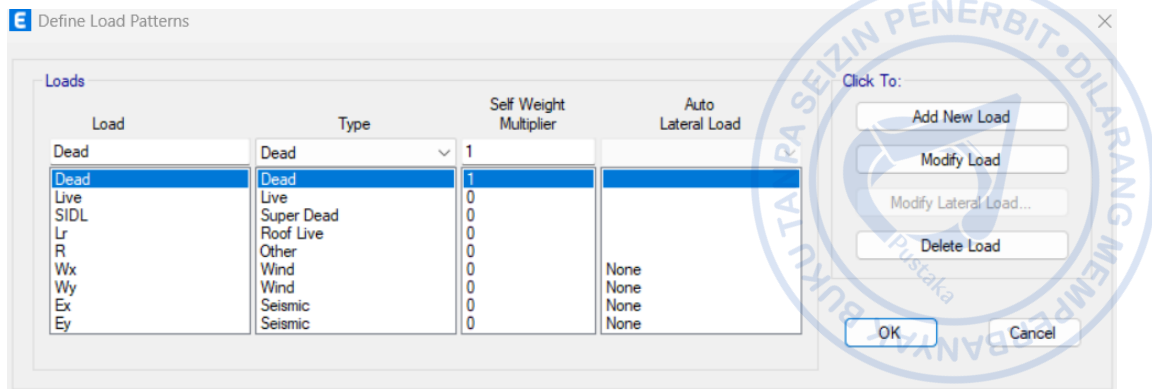


## A. PEMBEBANAN PADA BANGUNAN INDUSTRI

Dalam desain bangunan industri, beban diasumsikan terlebih dahulu berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis yang matang. Beban-beban yang diperhitungkan di antaranya adalah beban mati, beban hidup, beban gempa, dan beban angin. Sebuah desain struktur dikatakan aman apabila memiliki kapasitas yang lebih besar dari beban yang ada sehingga struktur kuat menopang beban tersebut.

## B. PEMBUATAN LOAD PATTERN

*Load pattern* (pola beban) merupakan distribusi spasial dari serangkaian gaya, perpindahan, suhu, dan pengaruh lain tertentu yang bekerja pada suatu struktur. Kombinasi sambungan dan elemen apa pun dapat dipengaruhi oleh kondisi pembebanan dan kinematik. Setiap pola beban diberi tipe desain (*DEAD*, *SUPER DEAD*, *WIND*, *SEISMIC*, dll.) yang mengklasifikasikan tipe beban yang diaplikasikan dan dikomputasikan sesuai tipe beban yang didefinisikan. Dalam ETABS, penentuan *load pattern* dapat dilakukan dengan cara klik *Define – Load Patterns*. Masukkan semua jenis beban seperti gambar di bawah.



Gambar 3. 1. Load Pattern Definition

### C. PERHITUNGAN BEBAN MATI (*DEAD LOAD*)

Beban mati tambahan merupakan beban yang bekerja pada seluruh atap. Beban ini terdiri dari beban mati, beban mati tambahan, berat sendiri struktur, berat *finishing* arsitektur dan berat *ducting*/kabel/pipa M/E dimasukkan serta beban lain yang diperhitungkan sebagai beban tetap pada struktur.

#### *Superimposed Dead Load (SIDL)*

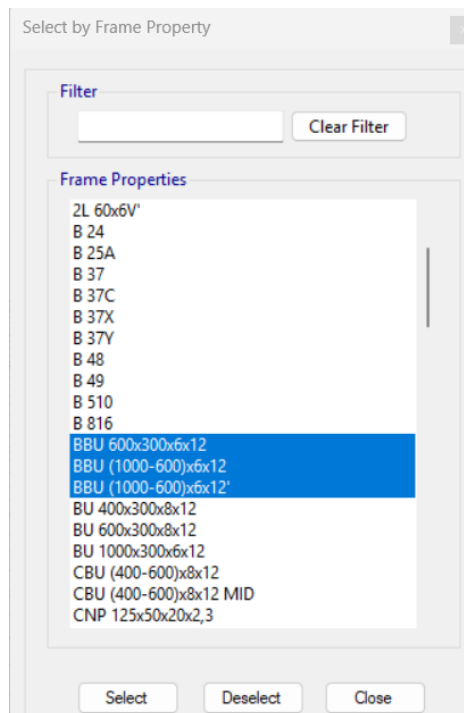
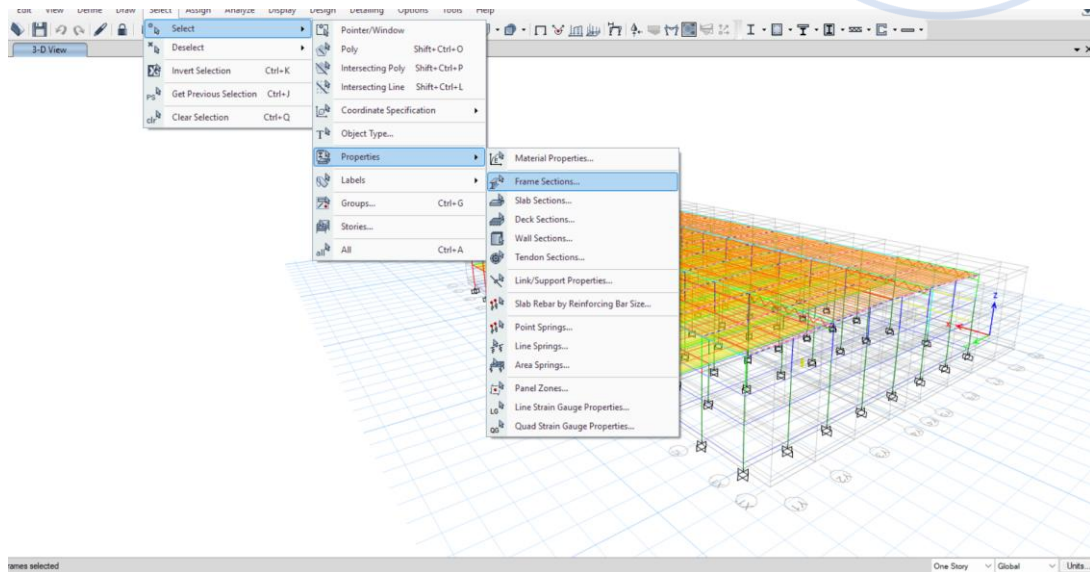
Berat sendiri struktur	(Dihitung oleh program)
Penutup atap (t = 0,55 mm + Insulasi)	= 6 kg/m <sup>2</sup>
ME & Lampu	= 9 kg/m <sup>2</sup>
Solar Panel	= 20 kg/m <sup>2</sup>
+	35 kg/m <sup>2</sup>

**Beban SIDL pada atap = 35 kg/m<sup>2</sup>**

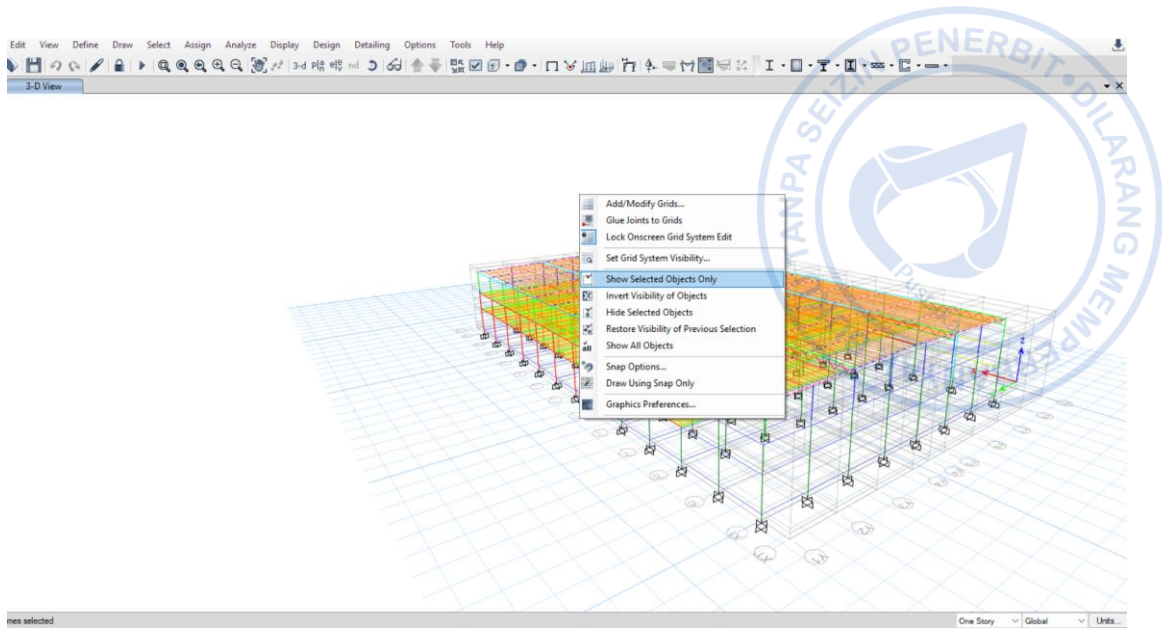
Pada ETABS beban mati dalam hal ini berat sendiri struktur dapat dihitung secara otomatis begitu berat jenis material di-*input* saat pendefinisian material. Untuk beban kolateral atau beban mati tambahan, beban dapat di-*input* sebagai beban garis pada *rafter*. Beban area perlu dikonversi dahulu menjadi beban garis sebagaimana perhitungan di bawah.

Jarak antar portal, a = 10.45 m  
 Beban garis, q SIDL = 35 x 10.45  
 = 366 kg/m

Beban di-input sebagai beban garis pada ETABS dengan cara klik *Select*→*Select*→*Properties*→*Frame Sections*→*Select* profil yang dijadikan *rafter*→Klik *kanan*→*Show Selected Objects Only*.

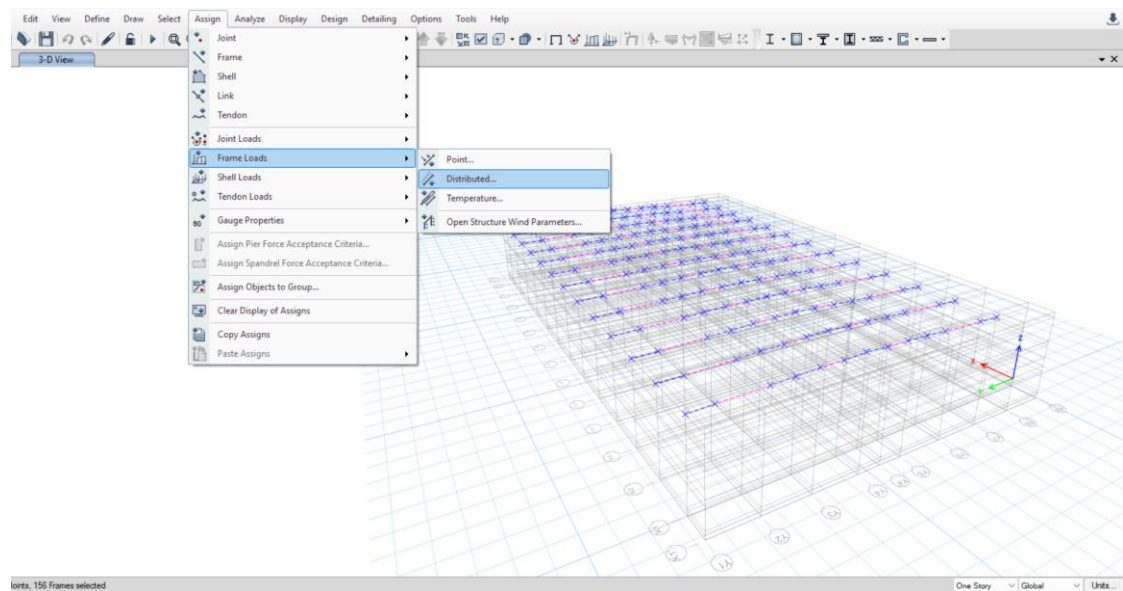


**Gambar 3. 2.** *Select* Profil Rafter

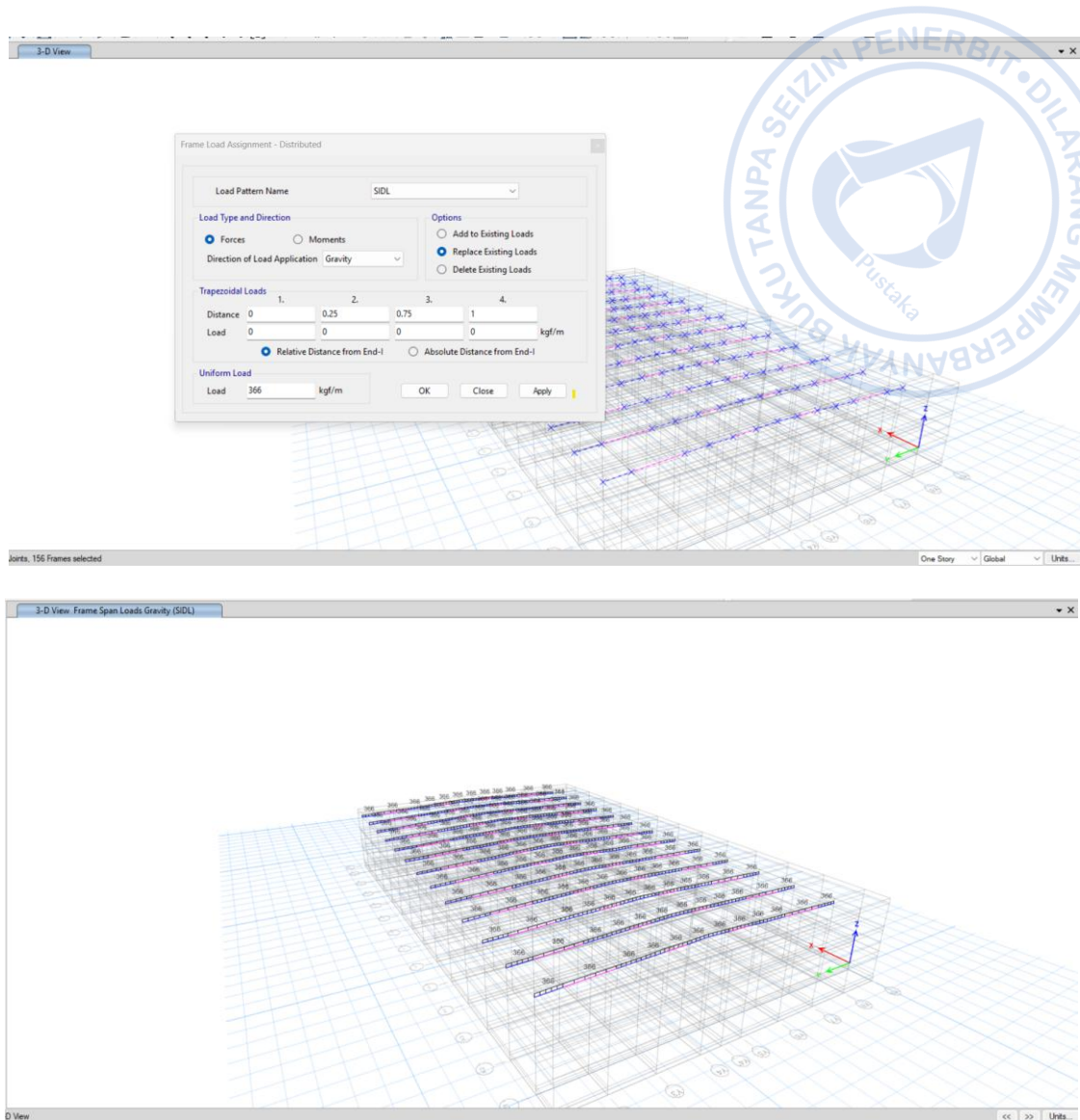


**Gambar 3. 3.** *Show Profil Rafter Only*

Terlebih dahulu akan diaplikasikan beban pada *rafter* bagian tengah, maka *drag* kursor untuk memilih *rafter* yang akan diaplikasikan beban SIDL 90 kg/m. Setelah *rafter* terpilih maka klik *Assign*→*Frame Load*→*Distributed*→*Load Pattern Name*=*SIDL*→*Uniform Load*=366 kg/m.



**Gambar 3. 4.** *Assign* → *Frame Loads* → *Distributed*



**Gambar 3. 5.** SIDL 366 kg/m untuk *Rafter*

### **Perhitungan Beban Hidup Atap (*Roof Live Load*)**

Besaran beban hidup dan reduksi beban hidup mengikuti ketentuan SNI 1727-2020, Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain.

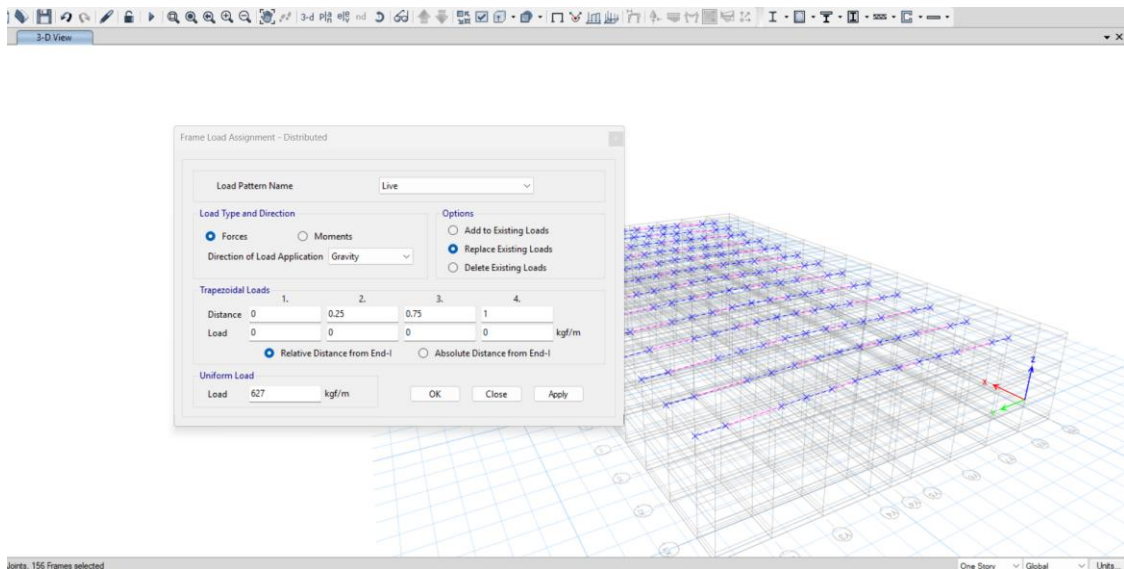
$$\text{Beban hidup pada atap} = 60 \text{ kg/m}^2$$

Untuk beban hidup, beban dapat di-*input* sebagai beban garis pada *rafter*. Beban area perlu dikonversi dahulu menjadi beban garis sebagaimana perhitungan di bawah.

### Untuk *rafter* di bagian tengah

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar portal, } a &= 10.45 \text{ m} \\ &= 60 \times 10.45 \\ &= 627 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Sebagaimana aplikasi beban mati dan SIDL pada *rafter*, beban hidup di-*input* dengan cara yang sama dengan besaran yang berbeda pada *rafter* yang telah dimodelkan. Terlebih dahulu akan diaplikasikan beban pada *rafter* bagian tengah, maka *drag cursor* untuk memilih *rafter* yang akan diaplikasikan beban hidup 360 kg/m. Setelah *rafter* terpilih maka klik *Assign*→*Frame Load*→*Distributed*→*Load Pattern Name = LL* → *Uniform Load = 627 kg/m*. Lakukan hal yang sama terhadap *rafter* bagian tepi dengan *input* besaran beban hidup = 627 kg/m.



**Gambar 3. 6.** Beban LL 627 kg/m untuk *Rafter*

## D. PERHITUNGAN BEBAN HUJAN (*RAIN LOAD*)

Beban akibat genangan air hujan dapat dihitung berdasarkan persamaan yang ada di Bab 2 dengan detail perhitungan sebagai berikut:

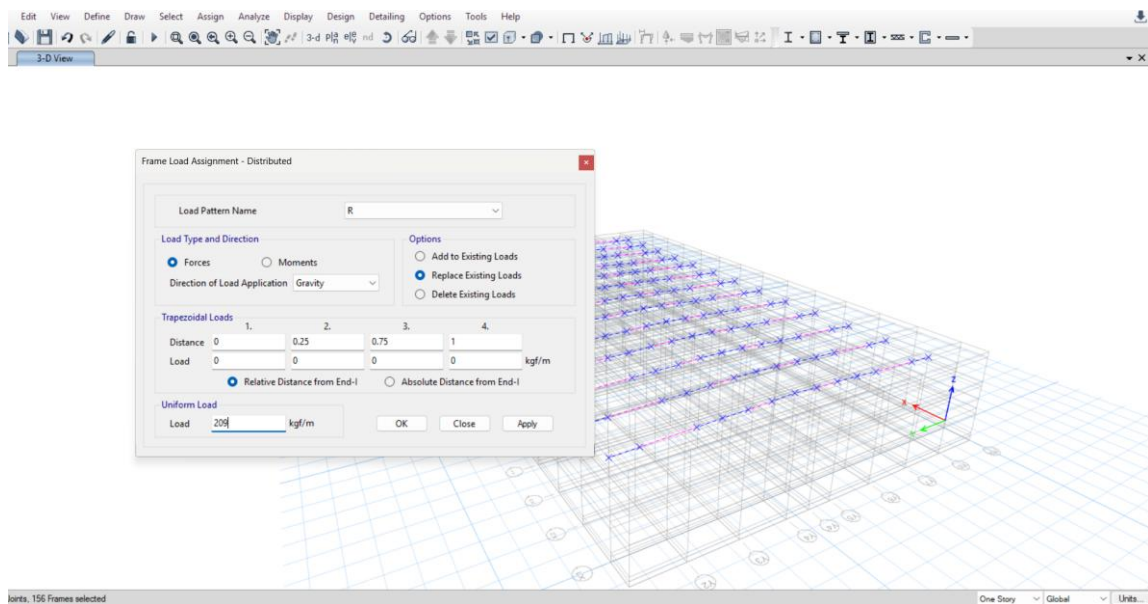
$$\begin{aligned} \text{Sudut atap, } \alpha &= 2 \text{ derajat} \\ \text{Beban hujan, } R &= 40 - 0,8 \times 2 \\ &= 38.4 \text{ kg/m}^2 > 20 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Maka beban akibat genangan air hujan diambil sebesar  $20 \text{ kg/m}^2$ .

Secara sederhana konversi beban area ke beban garis dapat dilakukan dengan mengalikan beban area dan bentang portal untuk *rafter* tengah, serta beban area dan setengah bentang portal untuk *rafter* tepi.

$$\begin{aligned} \text{Jarak antar portal, } a &= 10.45 \text{ m} \\ \text{Beban garis, } q_R &= q \cdot a \\ &= 20 \cdot 10.45 \\ &= 209 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Sebagaimana aplikasi beban-beban sebelumnya pada *rafter*, beban hujan di-input dengan cara yang sama dengan besaran yang berbeda pada *rafter* yang telah dimodelkan. Terlebih dahulu akan diaplikasikan beban pada *rafter* bagian tengah, maka *drag cursor* untuk memilih *rafter* yang akan diaplikasikan beban hujan  $209 \text{ kg/m}$ . Setelah *rafter* terpilih maka klik *Assign* → *Frame Load* → *Distributed* → *Load Pattern Name* = *R* → *Uniform Load* =  $209 \text{ kg/m}$



**Gambar 3. 7.** Beban Hujan  $209 \text{ kg/m}$  untuk *Rafter*

## E. PERHITUNGAN BEBAN ANGIN (*WIND LOAD*)

Perhitungan angin untuk struktur *warehouse* yang direncanakan dilakukan menggunakan metode yang disederhanakan untuk bangunan bertingkat rendah berdasarkan SNI 1727-2020:

### Data-data Awal Bangunan

Kec. Angin, $V$	=	39,1 m/s	(TPKB Jakarta)
Kategori Risiko	=	II	(Table 1.5-1 Risk Category)
Kategori Eksposur	=	C	(Sect. 26.7)
Tinggi Ujung Atap, $h_r$	=	18.77 m	( $h_r \geq h_e$ )
Tinggi dinding, $h_e$	=	17.5 m	( $h_e \leq h_r$ )
Lebar Bangunan	=	72.98 m	(Tegak lurus nok atap)
Panjang Bangunan	=	125.4 m	(Pararel terhadap nok atap)
Faktor Topografi	=	Gable	(Gable atau Miring Sepihak)
$K_{zt}$	=	1,00	(Sect. 26.8 & Figure 26.8-1)
$K_d$	=	0,85	(Table 26.6)
Bangunan tertutup?	=	YA	(Sect. 26.2 & Table 26.11-1)

### Parameter dan Koefisien yang Digunakan

Sudut atap, $\theta$	=	2 derajat
Rata-rata tinggi atap, $h$	=	( $h = (h_r + h_e)/2$ , untuk sudut atap > derajat)
	=	$h = h_e$ , untuk sudut atap $\leq 10$ derajat
	=	18.14 m

### Koefisien Tekanan Internal Positif & Negatif, $G_{Cpi}$ (Table 26.13-1):

Tabel 26.13-1 - Sistem penahan gaya angin utama dan komponen dan klading (semua ketinggian): koefisien tekanan internal, ( $G_{C_{pi}}$ ), untuk bangunan tertutup, tertutup sebagian, terbuka sebagian, dan bangunan terbuka (dinding dan atap)

Klasifikasi ketertutupan	Kriteria untuk klasifikasi ketertutupan	Tekanan internal	Koefisien tekanan internal, ( $G_{C_{pi}}$ )
Bangunan tertutup	$A_o$ kurang dari terkecil $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan tertutup sebagian	$A_o > 1,1A_{oi}$ dan $A_o >$ terkecil dari $0,01A_g$ atau $4 \text{ ft}^2 (0,37 \text{ m}^2)$ dan $A_{oi}/A_{gi} \leq 0,2$	Tinggi	- 0,55 - 0,55
Bangunan terbuka sebagian	Bangunan yang tidak sesuai dengan Klasifikasi tertutup, tertutup sebagian, atau klasifikasi terbuka	Sedang	- 0,18 - 0,18
Bangunan terbuka	Setiap dinding minimal terbuka 80 %	Diabaikan	0,00

#### CATATAN

1. Tanda plus dan minus menandakan tekanan yang bekerja ke arah dan menjauh dari permukaan dalam, masing-masing.

**Gambar 3. 8.** Penentuan Koefisien Tekanan Internal

$$\text{Tekanan internal positif, } +G_{Cpi} = 0,18$$

$$\text{Tekanan internal positif, } -G_{Cpi} = -0,18$$

### Koefisien eksposur tekanan velositas $K_z$ :

#### Tekanan Velositas

Tekanan velositas angin ditentukan berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan sebelumnya dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_z = 0,613 * K_z * K_{zt} * K_d * K_h * V^2$$

$$q_z = 0,613 * 0,98 * 1 * 0,85 * 1,13 * 39,1^2 = 900,14 \text{ kPa}$$

#### Beban Angin

Beban angin ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk angin Datang Atap:

$$C_{pf} = -0,7$$

$$p = q_h * [(G_{C_{pf}}) - q (G_{C_{pi}})]$$

$$\begin{aligned}
&= 900.14 \times ((0.85 \times (-0.7)) - 900.14 \times 0.18) \\
&= -697.61 \text{ N/mm}^2 &= -70 \text{ kg/m}^2 \times 10.45 \\
& &= -731.5 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

Untuk angin Pergi Atap:

$$C_{pf} = -0.3$$

$$\begin{aligned}
p &= q_h * [(GC_{pf}) - q (GC_{pi})] \\
&= 900.14 \times ((0.85 \times (-0.3)) - 900.14 \times 0.18) \\
&= -391.56 \text{ N/mm}^2 &= -40 \text{ kg/m}^2 \times 10.45 \\
& &= -418 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

Untuk Dinding Angin Datang:

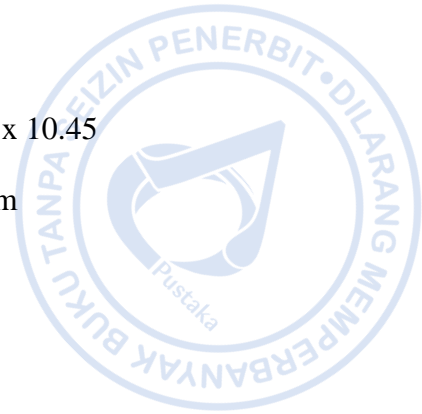
$$C_{pf} = 0.8$$

$$\begin{aligned}
p &= q_h * [(GC_{pf}) - q (GC_{pi})] \\
&= 900.14 \times ((0.85 \times (0.8)) - 900.14 \times 0.18) \\
&= 266.86 \text{ N/mm}^2 &= 33.35 \text{ kg/m}^2 \times 10.45 \\
& &= 349 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

Untuk Dinding Angin Pergi:

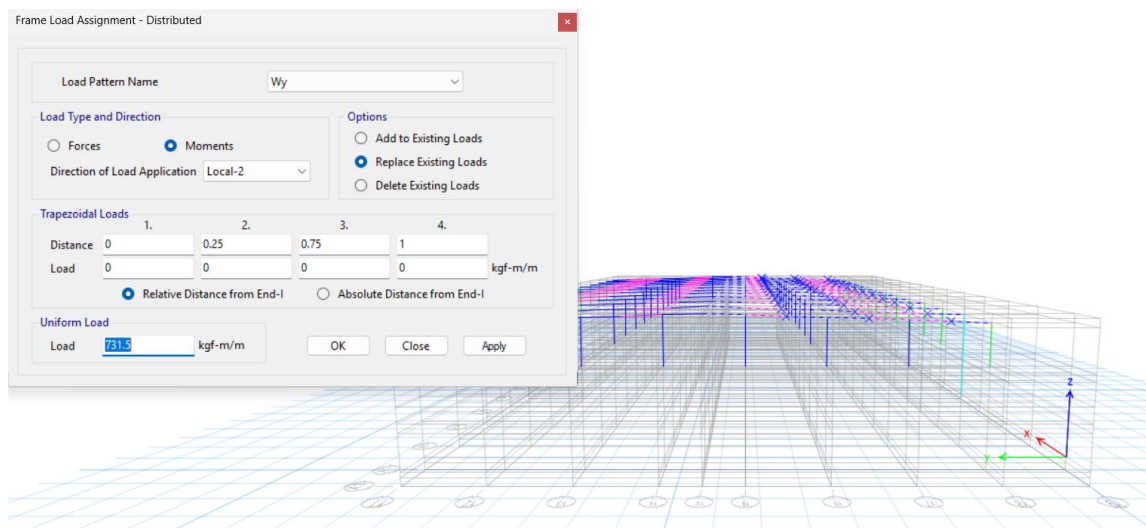
$$C_{pf} = -0.5$$

$$\begin{aligned}
p &= q_h * [(GC_{pf}) - q (GC_{pi})] \\
&= 900.14 \times ((0.85 \times (-0.5)) - 900.14 \times 0.18) \\
&= -544.59 \text{ N/mm}^2 &= -68 \text{ kg/m}^2 \times 10.45 \\
& &= -711.36 \text{ kg/m}
\end{aligned}$$

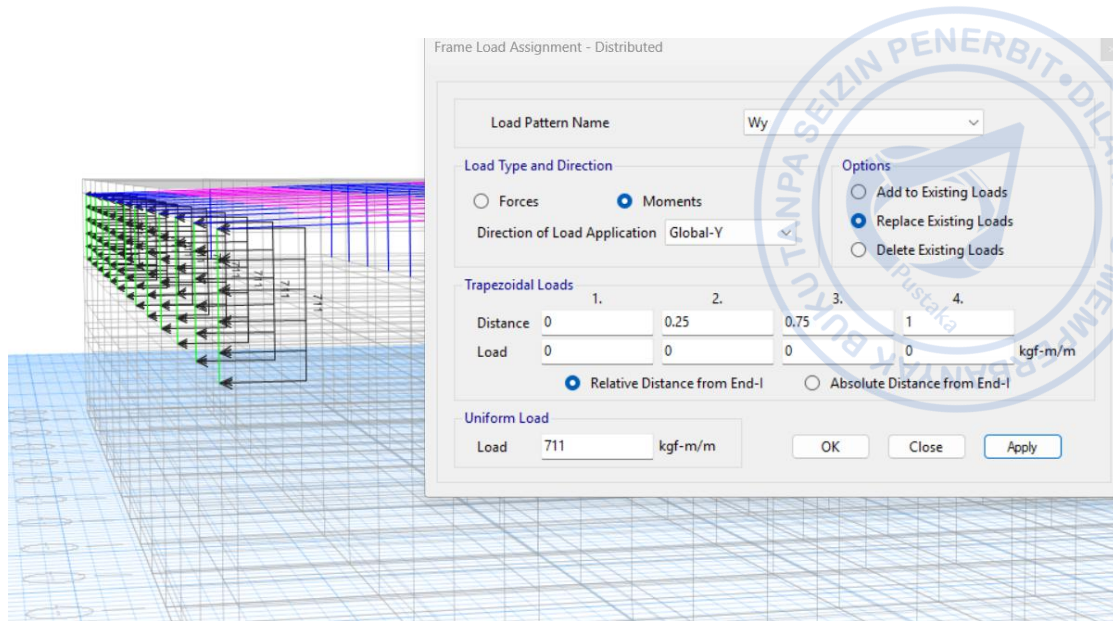


Dengan koefisien tekanan eksternal yang telah diperhitungkan,  $G_{cpi}$  dan  $G_{cpf}$ , sesuai pada Gambar 28.3-1 SNI 1727-2020, rekapitulasi perhitungan tekanan angin untuk masing-masing kasus dan sisi adalah sebagai berikut:

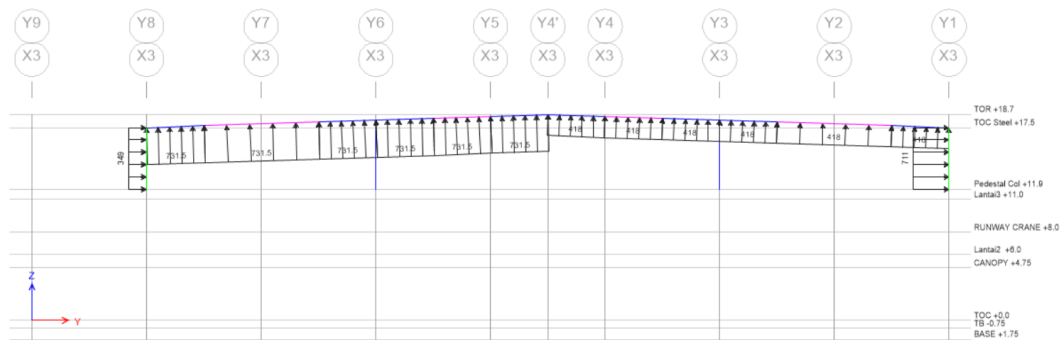
Beban angin baik untuk arah transversal maupun longitudinal di-*input* pada struktur sebagai beban garis dengan mengalikan tekanan angin dengan area tributari yang dilayani. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara klik *rafter* yang akan di-*assign* beban terpilih maka klik *Assign*→*Frame Load*→*Distributed*→*Load Pattern Name* = $W_x$  dan  $W_y$ →*Uniform Load* = *Input* besaran beban. Beban yang diaplikasikan pada struktur bangunan yang didesain ada pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3. 11.** Pembebanan Angin Pada *Rafter*



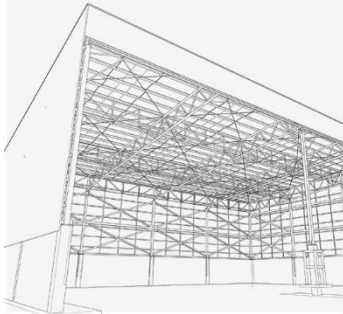
**Gambar 3. 12.** Pembebanan Angin Pada Dinding



**Gambar 3. 13.** Pembebanan Angin Pada Arah Sumbu Y

BAGIAN

# 4



## PERENCANAAN STRUKTUR TERHADAP BEBAN GEMPA



### A. PERHITUNGAN BEBAN GEMPA (*SEISMIC LOAD*)

Beban gempa dihitung dan disesuaikan dengan tata cara perhitungan beban gempa yang terdapat pada uraian di Bagian 1. Beban gempa yang digunakan pada struktur ini merupakan beban gempa statik yang dihitung berdasarkan gaya geser dasar bangunan. Tahapan-tahapan penentuan beban gempa akan disajikan pada Bagian 4 ini.

### B. KATEGORI RISIKO

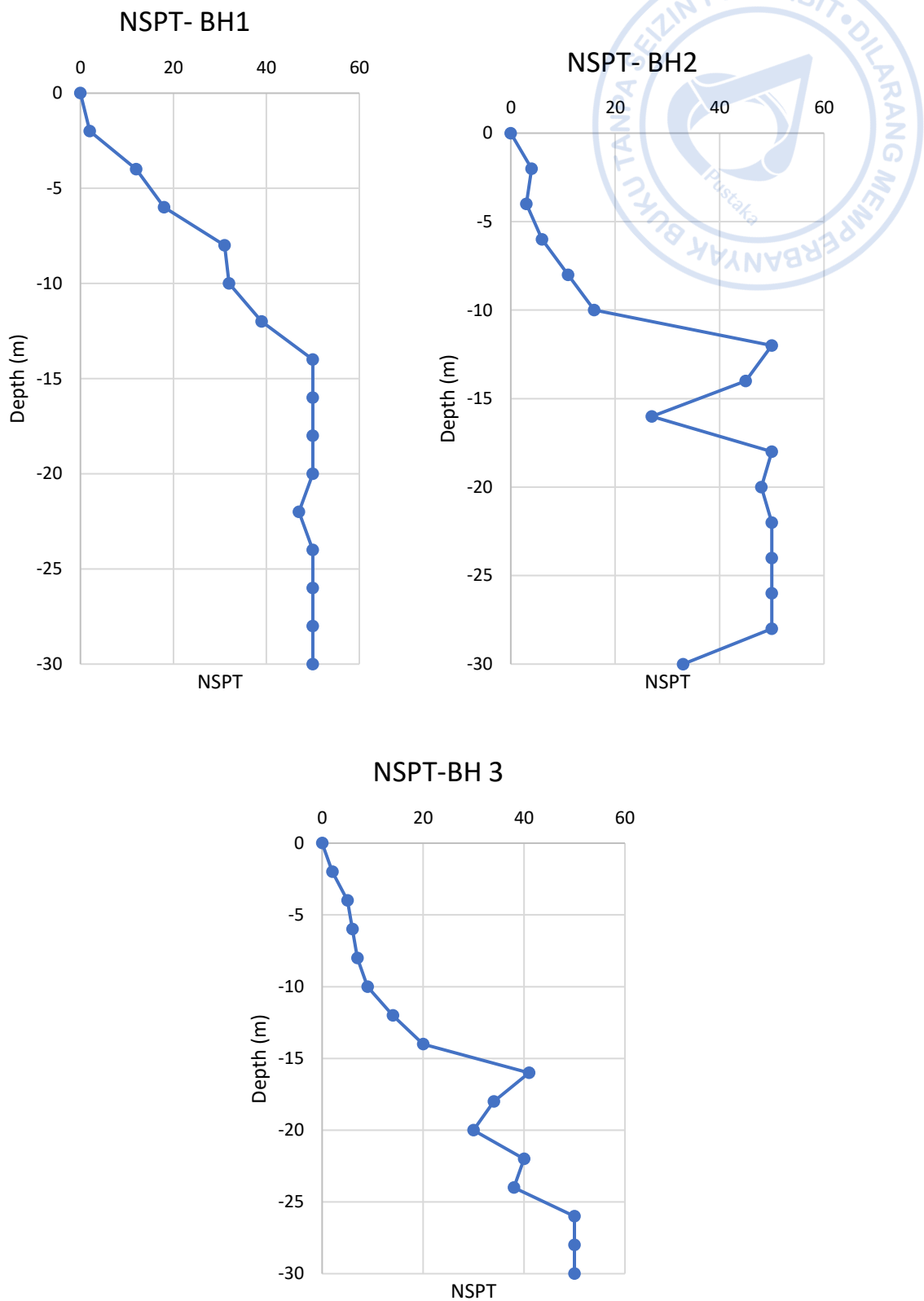
Kategori risiko bangunan ini ditentukan berdasarkan fungsi bangunan. Bangunan yang direncanakan berfungsi sebagai bangunan pabrik yang memiliki kategori risiko II.

### **C. FAKTOR KEUTAMAAN GEMPA**

Setelah kategori risiko bangunan ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan bangunan. Maka, faktor keutamaan gempa sebagai salah satu parameter untuk menentukan besarnya beban gempa dapat ditentukan berdasarkan Tabel 4 SNI 1726-2019 tentang faktor keutamaan gempa. Faktor keutamaan gempa untuk bangunan yang direncanakan adalah 1,00.

### **D. PENENTUAN KELAS SITUS**

Kelas situs ditentukan berdasarkan SNI 1726-2019 berdasarkan data penyelidikan tanah yang tersedia. Pada proyek ini, hanya diketahui satu jenis data penyelidikan tanah yang digunakan untuk menentukan kelas situs, yaitu berupa data N-SPT. Terdapat tiga data N-SPT yang dapat dilihat pada bagian lampiran. Berdasarkan SNI 1726-2019 apabila hanya memperhitungkan satu jenis data tanah, maka kelas situs yang digunakan adalah kelas situs yang paling rendah sesuai ketentuan yang terdapat pada SNI 1726- 2019. Namun pada perhitungan ini, penentuan kelas situs murni berdasarkan nilai yang diperoleh dari data N-SPT. Analisis data N-SPT untuk penentuan kelas situs disajikan pada tabel sebagai berikut.



**Gambar 4. 1** Hasil Pengujian Tanah pada BH 1, BH 2, dan BH 3

**Tabel 4. 1.**  
Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-1

Depth (m)	di (m)	BSTP-01	
		N-SPT	di/Ni
2	2	2	1.00
4	2	12	0.17
6	2	18	0.11
8	2	31	0.06
10	2	32	0.06
12	2	39	0.05
14	2	50	0.04
16	2	50	0.04
18	2	50	0.04
20	2	50	0.04
22	2	47	0.04
24	2	50	0.04
26	2	50	0.04
28	2	50	0.04
30	2	50	0.04
	30		1.82
$N_{\text{rerata}}$		16.49594147	

**Tabel 4. 2**  
Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-2

Depth (m)	di (m)	BH-2	
		N-SPT	di/Ni
2	2	4	0.50
4	2	3	0.67
6	2	6	0.33
8	2	11	0.18
10	2	16	0.13
12	2	50	0.04
14	2	45	0.04
16	2	27	0.07
18	2	50	0.04
20	2	48	0.04
22	2	50	0.04
24	2	50	0.04
26	2	50	0.04
28	2	50	0.04
30	2	33	0.06
	30		2.27

Nrerata

13.22979

**Tabel 4. 3.**  
Klasifikasi Situs Berdasarkan BH-3

Depth (m)	di (m)	BH-3 N-SPT	di/Ni
2	2	2	1.00
4	2	5	0.40
6	2	6	0.33
8	2	7	0.29
10	2	9	0.22
12	2	14	0.14
14	2	20	0.10
16	2	41	0.05
18	2	34	0.06
20	2	30	0.07
22	2	40	0.05
24	2	38	0.05
26	2	50	0.04
28	2	50	0.04
30	2	50	0.04
	30		2.88

Nrerata

10.41295

Berdasarkan analisis data N-SPT, diperoleh nilai tahanan penetrasi standar rata-rata tanah dalam lapisan 30 m paling atas ( $\bar{N}$ ) pada masing-masing titik *bore log* adalah sebagai berikut.

$$\bar{N}_1 = 16.4$$

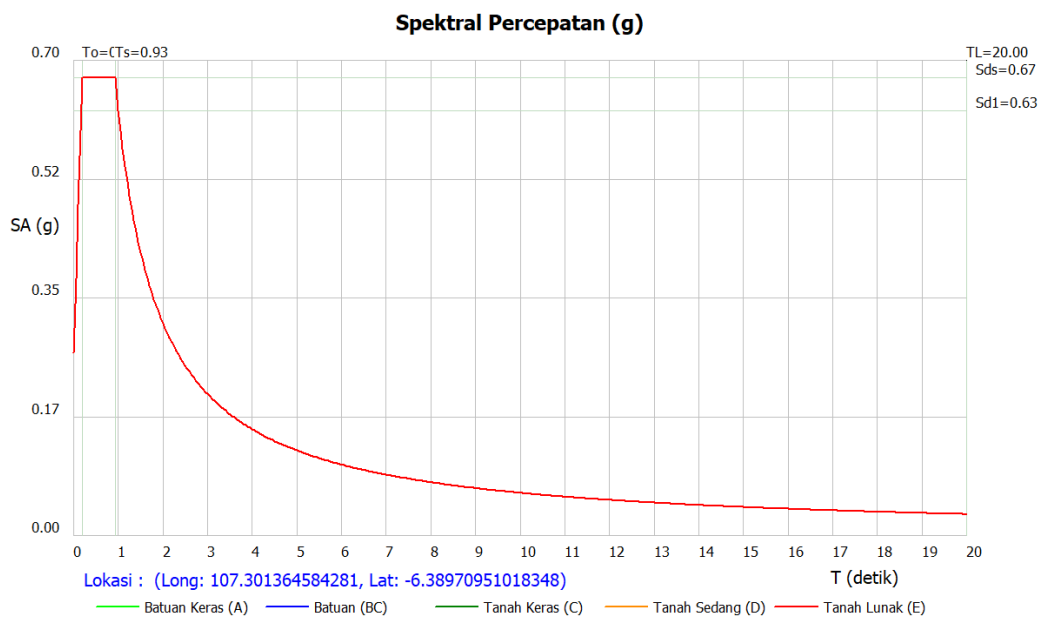
$$\bar{N}_2 = 13.2$$

$$\bar{N}_3 = 10.4$$

Dikarenakan nilai  $\bar{N}$  pada masing-masing titik *bore log* masih dalam kecil dari 15, maka dapat disimpulkan bahwa kelas situs pada lokasi proyek termasuk dalam kelas situs tanah lunak (SE). Penentuan tanah kategori sedang (SD) minimal mem menggunakan sedikitnya hasil pengukuran dua dari tiga parameter  $v_s$ ,  $N$ , dan  $s_u$ .

## E. PERCEPATAN SPEKTRAL DESAIN

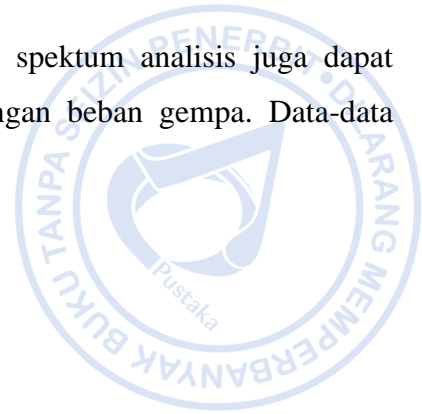
Grafik respon spektrum didesain berdasarkan SNI 1726-2019, yaitu dengan bantuan *software* respon spektrum analisis yang dikembangkan oleh Kementerian PUPR. Data yang diperlukan untuk menjalankan *software* ini adalah lokasi proyek dan kelas situs pada lokasi proyek. Berdasarkan data yang diketahui, lokasi proyek berada pada garis bujur 107.301364584281 ° dan garis lintang -6.38970951018348°, sedangkan kelas situs pada lokasi proyek telah diketahui berdasarkan perhitungan di subbab sebelumnya, yaitu termasuk dalam kelas situs tanah sedang (SD). Sehingga, diperoleh grafik respon spektrum sebagai berikut.



**Gambar 4. 2.** Grafik Respon Spektrum pada Lokasi Proyek

Selain grafik respon spektrum, *software* respon spektrum analisis juga dapat mengeluarkan data-data lain yang mendukung perhitungan beban gempa. Data-data tersebut adalah sebagai berikut:

- $S_s = 0.804571 \text{ g}$
- $S_1 = 0.376023 \text{ g}$
- $T_L = 20 \text{ detik}$
- $F_a = 1.256343$
- $F_v = 2.495906$
- $S_{MS} = 1.010818 \text{ g}$
- $S_{M1} = 0.938519 \text{ g}$
- $S_{DS} = 0.673878 \text{ g}$
- $S_{D1} = 0.625680 \text{ g}$
- $T_0 = 0.185695 \text{ detik}$
- $T_s = 0.928475 \text{ detik}$



## F. PENENTUAN KATEGORI DESAIN SEISMIK

Kategori desain seismik ditentukan berdasarkan Tabel 8 dan 9 SNI 1726-2019. Berdasarkan data yang telah diperoleh yang telah disesuaikan dengan ketentuan yang ada pada SNI 1726-2019, maka dapat disimpulkan bahwa struktur ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik D (KDS D).

Nilai $S_{DS}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Nilai $S_{D1}$	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

**Gambar 4. 3.** Pemilihan Kategori Desain Seismik

## G. SISTEM STRUKTUR

Sistem struktur yang digunakan harus disesuaikan dengan Tabel 12 SNI 1726-2019. Pada bangunan industri, biasanya pada arah melintang digunakan sistem struktur rangka baja pemikul momen biasa, sementara pada arah memanjang digunakan sistem rangka baja dengan bresing konsentris biasa. Sistem rangka baja dengan bresing konsentris biasa mengandalkan rangka baja dengan kombinasi *bracing* menggunakan profil *double angle*. Namun tidak semua bentang arah memanjang menggunakan sistem rangka baja dengan bresing konsentris biasa. Bentang yang tidak menggunakan sistem ini, bertugas untuk menahan beban gravitasi saja dan tidak ikut menahan gaya lateral.

Untuk KDS D, penggunaan sistem struktur rangka baja pemikul momen biasa diizinkan berdasarkan Pasal 7.2.5.6. SNI 1726-2019 untuk struktur yang didesain 1 tingkat dengan beban tributari atap tidak lebih dari  $0,96 \text{ kN/m}^2$ . Ketinggian diizinkan untuk ditambahkan hingga 20 m. Sementara itu penggunaan struktur sistem rangka baja dengan bresing konsentris biasa diizinkan pada bangunan satu tingkat hingga ketinggian 18 m dengan beban mati atap tidak melebihi  $0,96 \text{ kN/m}^2$ .

**Tabel 12 – Faktor  $R$ ,  $C_d$ , dan  $\Omega_0$  untuk sistem pemikul gaya seismik (lanjutan)**

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, $R^a$	Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0^b$	Faktor pembesaran defleksi, $C_d^c$	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n$ (m) <sup>d</sup>				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D <sup>e</sup>	E <sup>e</sup>	F <sup>f</sup>
<b>C. Sistem rangka pemikul momen</b>								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	$4\frac{1}{2}$	3	4	TB	TB	$10^k$	$TI^k$	$TI^k$
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	$TI^l$	$TI^l$	$TI^l$

**Gambar 4. 4. Pemilihan Sistem Struktur**

### **Sistem Rangka Baja Pemikul Momen Biasa (Arah Transversal & Arah Longitudinal)**

$$\text{Koefisien modifikasi respons (R)} = 3,5$$

$$\text{Faktor kuat lebih } (\Omega_0) = 3$$

$$\text{Faktor pembesaran defleksi } (C_d) = 3$$

## H. PERHITUNGAN PERIODE FUNDAMENTAL STRUKTUR

Periode hasil analisis struktur perlu dibatasi untuk perhitungan gaya geser dasar statik oleh beberapa koefisien dan parameter yang telah ditetapkan sesuai pada Tabel 17 dan 18 SNI 1726-2019 Koefisien dan parameter yang dimaksud adalah sebagai berikut:

### Periode pada Arah Melintang (OMF)

$$C_u = 1,4$$

$$C_t = 0,0724$$

$$x = 0,8$$

Perhitungan periode struktur dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\text{Tinggi bangunan (seismik)} \quad h = 17.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Periode Fundamental Pendekatan} \quad T_a &= C_t \times h_x \\ &= 0,715 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Periode maksimum} \quad T_{\max} &= C_u \times T_a \\ &= 1.001 \text{ detik} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan periode fundamental struktur perlu dibandingkan dengan hasil analisis periode fundamental melalui bantuan ETABS. Dari hasil analisis diperoleh periode sebagai berikut:

$$\text{Periode hasil analisis arah-x} \quad T_{c, x} = 3,099 \text{ detik}$$

$$\text{Periode hasil analisis arah-y} \quad T_{c, y} = 1,559 \text{ detik}$$

Dikarenakan periode hasil analisis ( $T_c$ ) lebih besar dari periode maksimum ( $T_{\max}$ ), maka periode struktur yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Periode pakai arah-x} \quad T_x = 1,001 \text{ detik}$$

$$\text{Periode pakai arah-y} \quad T_y = 1,001 \text{ detik}$$

## I. PERHITUNGAN GAYA GESER DASAR SEISMIK

Gaya geser dasar seismik dengan metode statik ekuivalen (V) untuk arah-x dan arah-y dihitung berdasarkan pada Pasal 7.8. SNI 1726-2019. Gaya geser dasar seismik dihitung berdasarkan persamaan Persamaan 30 pada SNI 1726-2019. Massa seismik efektif struktur yang dihitung antara lain adalah sebagai berikut:

- |                            |   |                       |
|----------------------------|---|-----------------------|
| 1. Berat sendiri struktur  | = | Dihitung oleh program |
| 2. Beban SIDL (Atap + M/E) | = | 15 kg/m <sup>2</sup>  |
| 3. Dinding termasuk girt   | = | 15 kg/m <sup>2</sup>  |

### Perhitungan Koefisien Respon Seismik Arah Transversal (OMF)

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien respon seismik (C}_s\text{)} &= S_{DS}/(R/I_e) \\
 &= 0,674 / (3,5/1) \\
 &= 0,205
 \end{aligned}$$

Nilai  $C_s$  perlu dicek terhadap batas atas batas bawah. Untuk batas atas dikarenakan nilai  $T$  kurang dari  $a$  tau sama dengan  $T_L$ , maka digunakan Persamaan 32 SNI 1726-2019. Sedangkan, untuk batas bawah dikarenakan nilai  $S_1$  lebih kecil dari 0,6. Maka, Persamaan 35 SNI 1726-2019 tidak perlu diperhitungkan.

$$\begin{aligned}
 \text{Batas atas, } C_{S \max} &= S_{D1}/(T \times (R/I_e)) \\
 &= 0,177 \\
 \text{Batas bawah, } C_{S \min} &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e > 0,01 \\
 &= 0,030 > 0,01 \\
 &= 0,030
 \end{aligned}$$

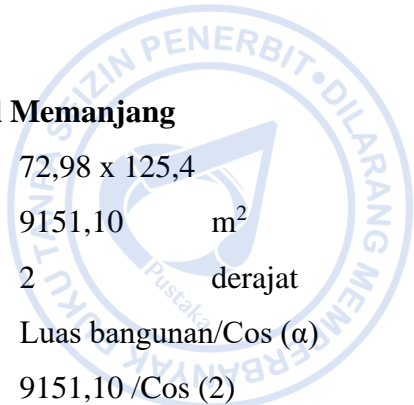
Dikarenakan nilai  $C_{S \min} < C_s < C_{S \max}$ , maka nilai  $C_s$  yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Koefisien respon seismik pakai arah transversal, } C_s = 0,177$$

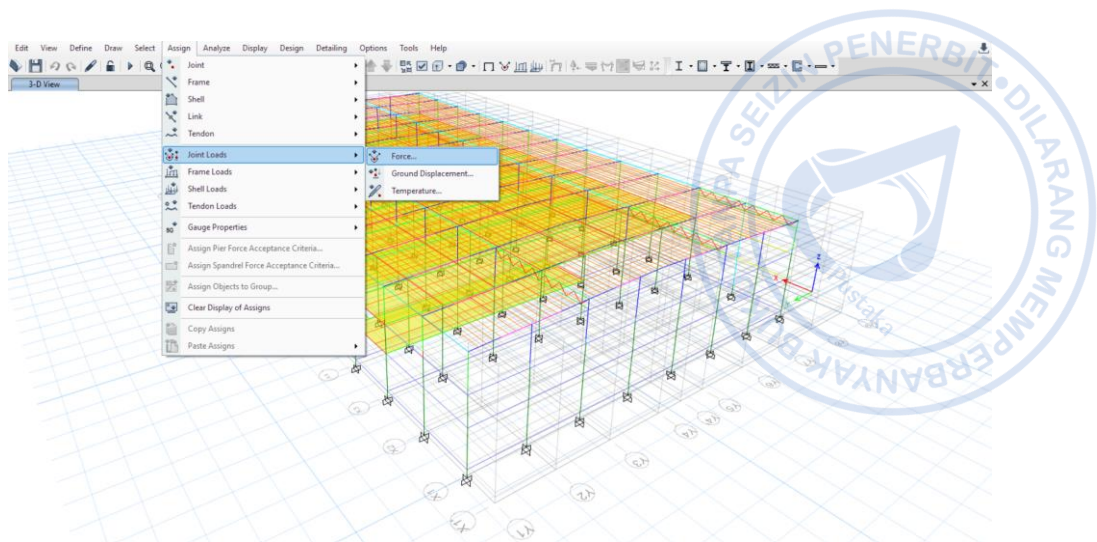
### Perhitungan Berat Seismik Efektif Arah Transversal

Berat seismik efektif struktur dihitung berdasarkan massa efektif struktur yang diperoleh dari program dengan kombinasi 100% beban mati dan beban mati tambahan. Pada perhitungan berat seismik efektif untuk bangunan industri, beban dinding pada arah yang paralel terhadap arah yang ditinjau bisa diabaikan dengan asumsi bahwa dinding ikut menahan gaya lateral searah bidang. Selain itu dinding yang dihitung sebagai massa juga hanya separuh dari seluruh luasan yang dihitung. Pada proyek ini, beban dinding dihitung secara keseluruhan untuk memberikan gaya gempa yang lebih konservatif. Perhitungan berat seismik efektif struktur ditampilkan sebagai berikut.

### Perhitungan Berat Seismik Efektif untuk Portal Memanjang


$$\begin{aligned} \text{Luas bangunan yang ditinjau} &= 72,98 \times 125,4 \\ &= 9151,10 \quad \text{m}^2 \\ \text{Sudut atap, } \alpha &= 2 \quad \text{derajat} \\ \text{Luas atap yang ditinjau} &= \text{Luas bangunan} / \cos(\alpha) \\ &= 9151,10 / \cos(2) \\ &= 9145,5 \quad \text{m}^2 \\ \text{SIDL pada Atap} &= 35 \quad \text{kg/m}^2 \\ \text{Total SIDL} &= 35 \times 9145,5 \\ &= 320092,16 \quad \text{kg} \\ \text{Berat dinding} &= \text{berat clading} \times \text{keliling bangunan} \times \text{tinggi kolom} \\ &= 10 \times 396,75 \times 6,5 \\ &= 25788,75 \quad \text{Kg} \\ \text{Berat seismik efektif, } W &= \text{Dead Load} + \text{SIDL} + \text{Dinding} \\ &= 320092 + 347334 + 25788,75 \\ &= 693214,9 \quad \text{kg} \\ \text{Gaya geser dasar seismik arah transversal, } V_x &= C_s \cdot W \\ &= 0,177 \times 693214,9 \\ &= 122696,098 \quad \text{kg} \\ &= 1227 \quad \text{kN} \\ \text{Jumlah portal yang ditinjau, } n_{\text{Portal}} &= 13 \\ \text{Gaya geser dasar per portal, } V_x &= 94,4 \quad \text{kN} \\ \text{Beban lateral gempa diaplikasikan pada dua titik yaitu pada bagian pangkal portal} \\ \text{dan pada bagian ujung portal (As A dan As D).} \\ \text{Beban diaplikasikan pada 2 titik} &= 94,4 \times 0,5 \quad \text{kN} \\ &= 47,2 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

Gaya lateral akibat gempa pada arah x untuk portal ujung di-*input* pada top kolom dengan cara *Select joint* kolom sebagaimana gambar di bawah → *Assign* → *Joint Loads* → *Forces* → *Input* beban sebagaimana gambar di bawah → *Apply* → OK.



Gambar 4.5. Assign → Joint Loads → Forces

Joint Load Assignment - Force

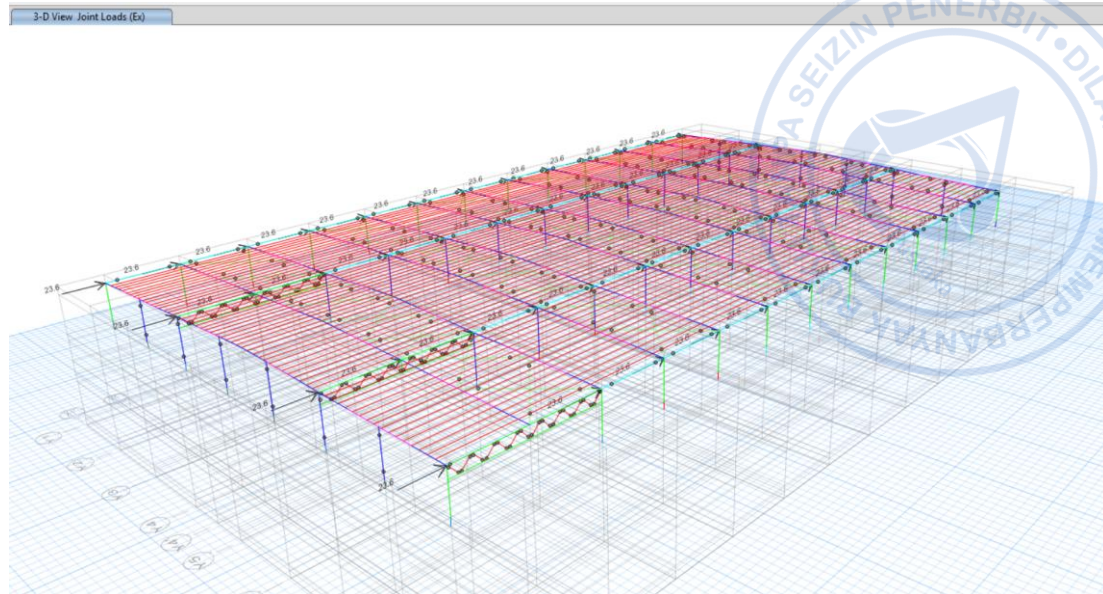
Load Pattern Name: Ex

Category	Parameter	Value	Unit
Loads	Force Global X	23.6	kN
	Force Global Y	0	kN
	Force Global Z	0	kN
	Moment Global XX	0	kN-m
	Moment Global YY	0	kN-m
	Moment Global ZZ	0	kN-m
Size of Load for Punching Shear	X Dimension	0	m
	Y Dimension	0	m

Options:

- Add to Existing Loads
- Replace Existing Loads
- Delete Existing Loads

Buttons: OK, Close, Apply



**Gambar 4. 6.** *Input* Beban Gempa Arah X untuk Portal

### **Perhitungan Berat Seismik Efektif Arah Melintang**

Pada arah longitudinal beban yang diperhitungkan adalah berat sendiri struktur secara keseluruhan, berat dinding secara keseluruhan, beban SIDL. Perhitungan berat seismik efektif struktur ditampilkan sebagai berikut.

#### **Perhitungan Berat Seismik Efektif untuk Portal Arah Melintang**

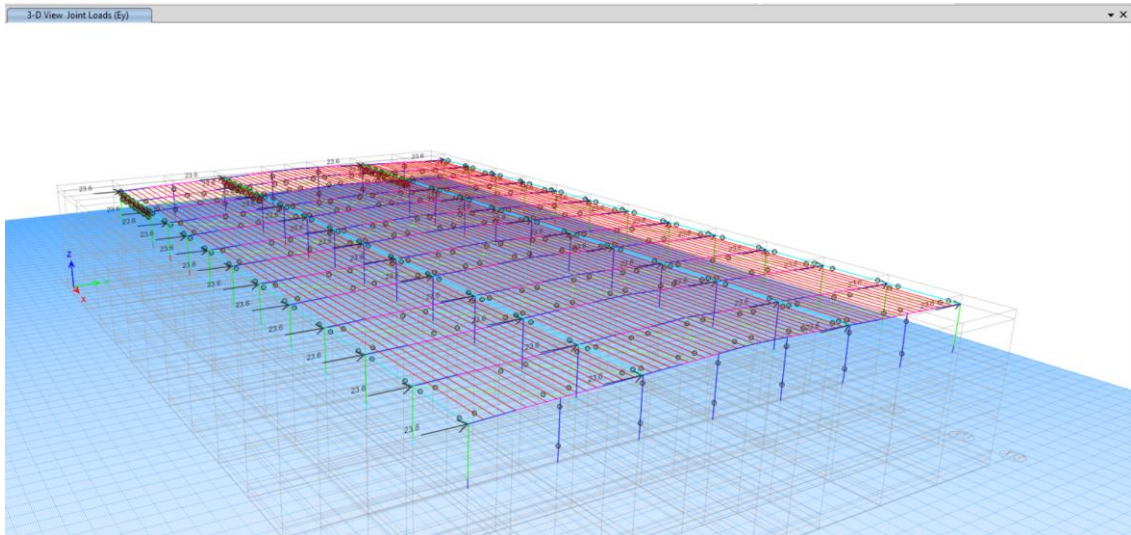
Luas bangunan yang ditinjau	=	72,98 x 125,4	
	=	9151,10	m <sup>2</sup>
Sudut atap, $\alpha$	=	2	derajat
Luas atap yang ditinjau	=	Luas bangunan/Cos ( $\alpha$ )	
	=	9151,10 /Cos (2)	
	=	9145.5	m <sup>2</sup>
SIDL pada Atap	=	35	kg/m <sup>2</sup>
Total SIDL	=	35 x 9145.5	
	=	320092.16	kg
Berat dinding	=	berat <i>clading</i> x keliling bangunan x tinggi kolom	
	=	10 x 396,75 x 6,5	

	=	25788.75	Kg	
Berat seismik efektif, W	=	<i>Dead Load</i> + SIDL + Dinding		
	=	320092 + 347334 + 25788,75		
	=	693214,9	kg	
Gaya geser dasar seismik arah long., $V_y$	=	$C_s \cdot W$		
	=	0,177	x	693214,9
	=	122696.098	kg	
	=	1227	kN	
Jumlah portal yang ditinjau, $n_{Portal}$	=	13		
Gaya geser dasar per portal, $V_y$	=	94,4	kN	

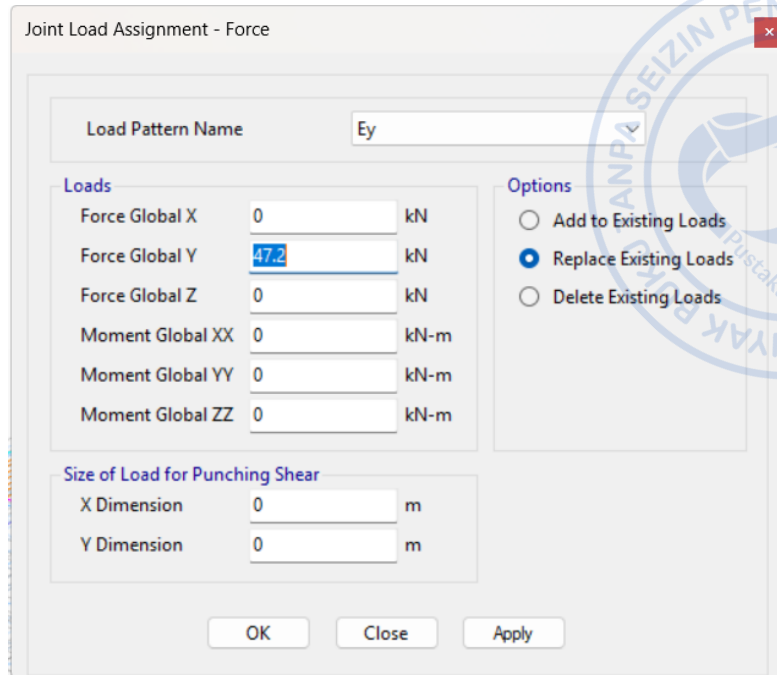
Beban lateral gempa diaplikasikan pada dua titik yaitu pada bagian pangkal portal dan pada bagian ujung portal (As 1 dan As 16).

Beban diaplikasikan pada 2 titik	=	94,4 x 0.5	kN	
	=	47,2	kN	

Gaya lateral akibat gempa pada arah y di-*input* pada top kolom dengan cara *Select joint* kolom sebagaimana gambar di bawah → *Assign* → *Joint Loads* → *Forces* → *Input* beban sebagaimana gambar di bawah → *Apply* → *OK*.



**Gambar 4. 7.** Beban Gempa pada Pangkal dan Ujung Portal



Gambar 4. 8. Input Beban Gempa Arah Y

## J. PENGECEKAN SIMPANGAN ANTAR TINGKAT

Simpangan antar tingkat harus dicek berdasarkan pasa 7.12. SNI1726-2019. Batas simpangan antar tingkat sesuai dengan Tabel 20 SNI 1726-2019. Struktur yang didesain termasuk dalam KDS D, sehingga batasan simpangan antar tingkat harus dibagi dengan faktor redundansi yang diasumsikan sebesar 1.

Tabel 4. 4.

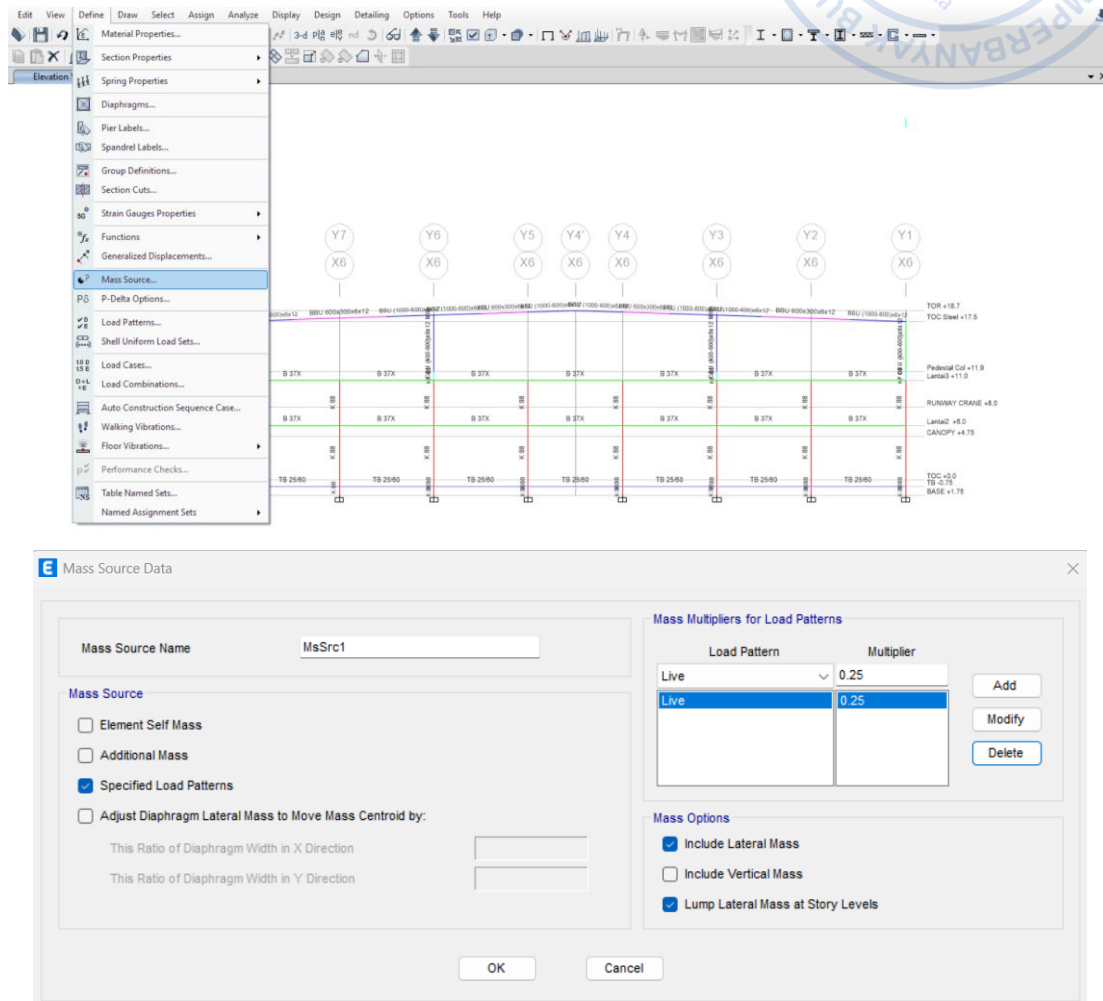
Simpangan Antar Tingkat Izin Berdasarkan SNI 1726-2019

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat.	$0,025h_{zx}^c$	$0,020h_{zx}$	$0,015h_{zx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata <sup>d</sup>	$0,010h_{zx}$	$0,010h_{zx}$	$0,010h_{zx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{zx}$	$0,007h_{zx}$	$0,007h_{zx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{zx}$	$0,015h_{zx}$	$0,010h_{zx}$

### Run Analyze

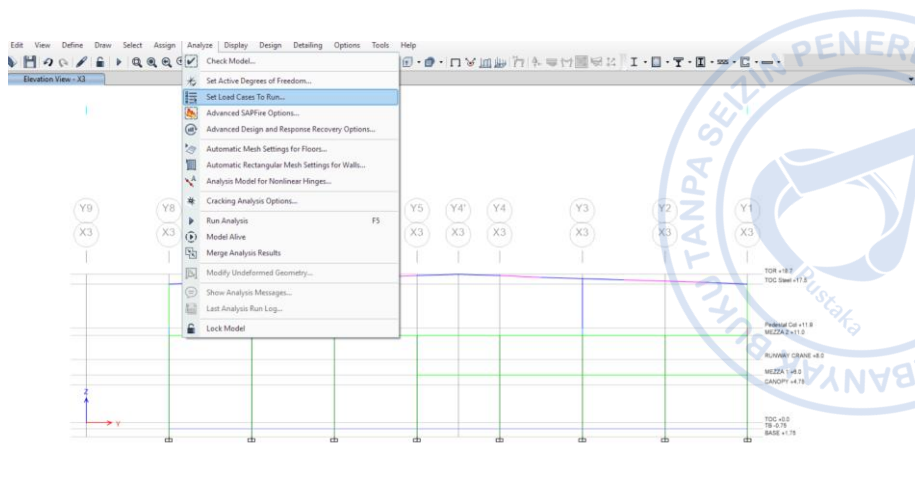
Sebelum melakukan analisis menggunakan ETABS, kita lakukan modifikasi berat massa efektif, karena kita sudah memasukan berat mati, yaitu berat sendiri dan juga

berat mati tambahan pada struktur dalam menghitung gaya gempa statis diatas. berdasarkan SNI 1726-2019 berat seismik efektif tidak hanya berat beban mati, akan tetapi dalam perencanaan *warehouse*, berat efektif berat beban hidup dimasukan sebesar 25% dengan cara mengatur *Mass Source*. Masuk ke *Define*→*Mass Source*→*Modify/show Mass Source*.

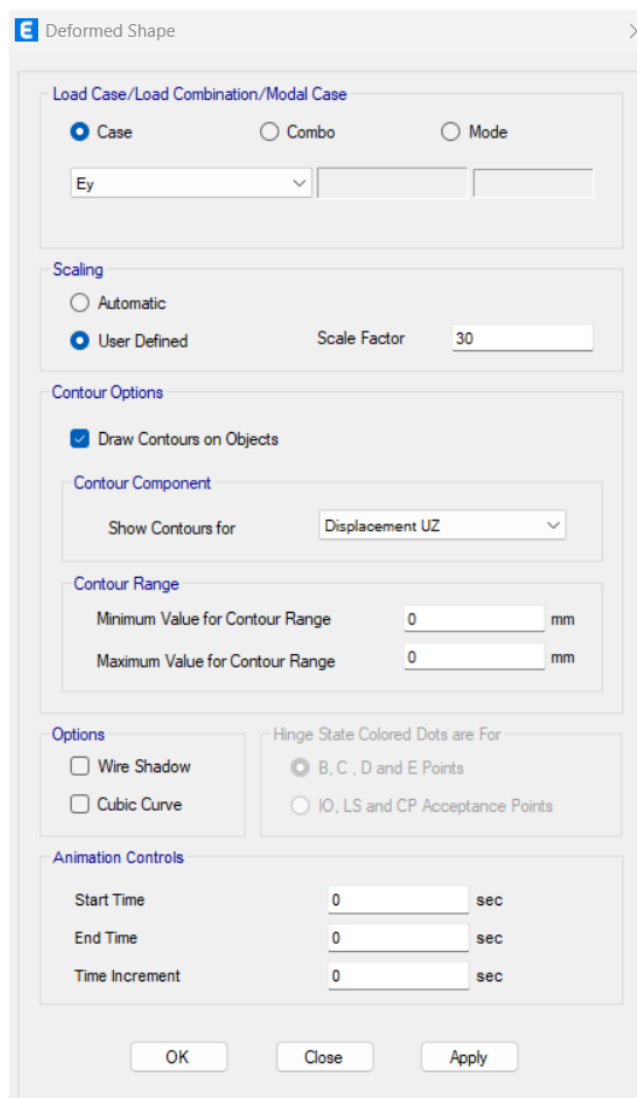


**Gambar 4.9** Mengatur *Mass Source*

Defleksi pada ETABS, dapat dicek dengan melakukan *running case* terlebih dahulu dengan cara klik *Analyze*→*Set Load Cases to Run*→*Run All*→*Run Now*. Perilaku struktur setelah terkena beban gempa dapat dicek dengan cara klik *Show Deformed Shape* pada *ribbon* bagian atas→Atur *case* yang ingin ditampilkan→Atur perpindahan yang ingin ditampilkan→*Apply*→*OK*.

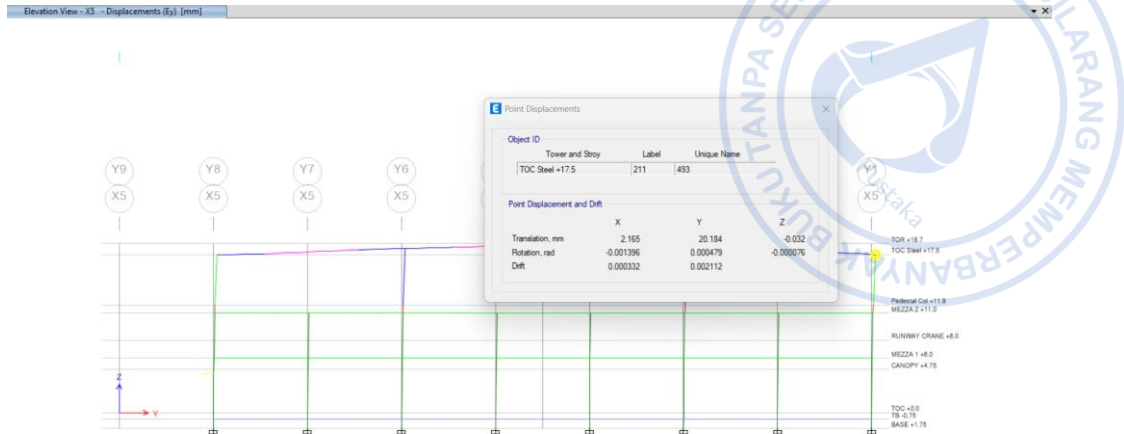


Gambar 4.9. Analyze → Set Load Cases to Run



Gambar 4.10. Atur Perpindahan yang Ingin Ditampilkan

## Simpanan Inelastik untuk Portal Arah Transversal



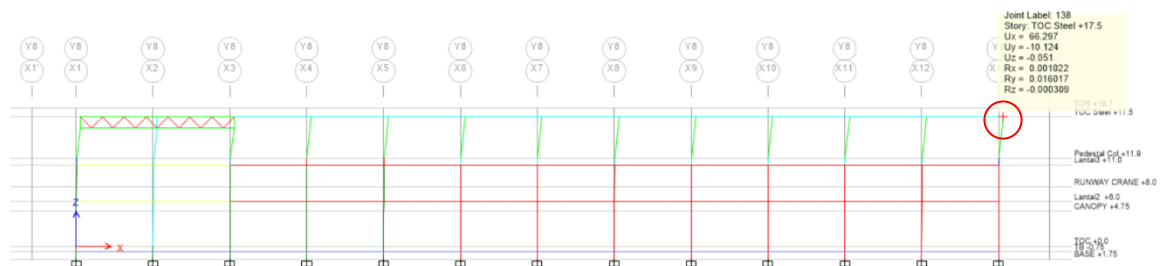
**Gambar 4. 11.** Simpangan Elastik Akibat Gempa Arah Y

Simpangan tersebut perlu dicek terhadap batas izin yang berlaku berdasarkan SNI 1726-2019. Simpangan elastik tersebut perlu diamplifikasi dahulu menjadi simpangan inelastik. Perhitungan simpangan inelastik antar tingkat dapat disajikan sebagai berikut:

$$\Delta_y = 20.184 \text{ mm}$$

## Simpanan Inelastik untuk Portal Arah Longitudinal

Berdasarkan hasil analisis struktur didapatkan bahwa akibat beban gempa arah y diperoleh simpangan elastik sebesar 1,537 mm. Simpangan tersebut perlu dicek terhadap batas izin yang berlaku berdasarkan SNI 1726-2019. Simpangan elastik tersebut perlu diamplifikasi dahulu menjadi simpangan inelastik. Perhitungan simpangan inelastik antar tingkat dapat disajikan sebagai berikut:



**Gambar 4. 12.** Simpangan Elastik Akibat Gempa Arah x

Simpangan elastik tersebut perlu diamplifikasi dahulu menjadi simpangan inelastik. Perhitungan simpangan inelastik antar tingkat dapat disajikan sebagai berikut:

$$\Delta_x = 66.294 \text{ mm}$$

### Pengecekan Terhadap Simpangan Antar Tingkat Izin

Simpangan antar tingkat yang sudah dihitung sebelumnya perlu dibandingkan dengan simpangan antar tingkat izin untuk memastikan bahwa struktur tidak mengalami simpangan antar tingkat yang berlebihan. Hasil pengecekan menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat struktur masih di bawah batas yang diizinkan.

**Tabel 4. 5.**

Pengecekan Terhadap Simpangan Antar Tingkat Izin

	$\Delta$ (mm)	$0,02h_{sx}$ (mm)	Cek
Portal Arah Transversal	20.184	112	OK
Portal Arah Longitudinal	66.294	112	OK

## K. PENGECEKAN TERHADAP PENGARUH P-DELTA

Pengaruh P-Delta pada struktur perlu diperhitungkan sesuai dengan Pasal 7.8.7. SNI 1726-2019. Pengaruh P-Delta perlu dibandingkan terhadap nilai koefisien stabilitas ( $\theta$ ) yang dihitung berdasarkan Persamaan 45 SNI 1726-2019. Nilai koefisien stabilitas perlu dicek terhadap batasan koefisien stabilitas ( $\theta_{max}$ ) yang dihitung berdasarkan Persamaan 46 SNI 1726-2019 dan batasan pengaruh P-Delta sebesar 0,1.

### Perhitungan Koefisien Stabilitas Portal Arah Transversal

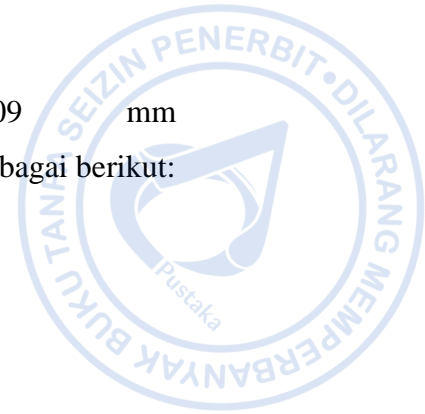
Beban desain vertikal total, P	=	2377,9	kN
Gaya geser seismik, $V_x$	=	337,9+ 48,2	
	=	386,0	kN
Tinggi tingkat, $h_{sx}$	=	9	m

Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$  = 3  
 Simpangan antar tingkat,  $\Delta_x$  = 28,809 mm

Koefisien stabilitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\theta = \frac{P_x \times \Delta \times I_e}{V_x \times h_{sx} \times C_d}$$

$$\theta = \frac{2377,9 \times 28,809 \times 1}{386,0 \times 9000 \times 3} = 0,0066$$



### Perhitungan Koefisien Stabilitas Portal Arah Longitudinal

Beban desain vertikal total,  $P$  = 2377,9 kN  
 Gaya geser seismik,  $V_y$  = 355,9 kN  
 Tinggi tingkat,  $h_{sx}$  = 9 m  
 Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$  = 3,25  
 Simpangan antar tingkat,  $\Delta_y$  = 5,876 mm

Koefisien stabilitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\theta = \frac{P_x \times \Delta \times I_e}{V_x \times h_{sx} \times C_d}$$

$$\theta = \frac{2377,9 \times 5,876 \times 1}{355,9 \times 9000 \times 3,25} = 0,0013$$

Perhitungan batasan koefisien stabilitas dapat dijabarkan sebagai berikut:

### Koefisien Stabilitas Maksimum untuk Portal Arah Transversal

Rasio kebutuhan geser,  $\beta$  = 1,0  
 Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$  = 3  
 Batas koefisien stabilitas,  $\theta_{max}$  =  $0,5/(\beta \times C_d) < 0,25$   
 = 0,1667

### Koefisien Stabilitas Maksimum untuk Portal Arah Longitudinal

Rasio kebutuhan geser,  $\beta$  = 1,0  
 Faktor pembesaran defleksi,  $C_d$  = 3,25  
 Batas koefisien stabilitas,  $\theta_{max}$  =  $0,5/(\beta \times C_d) < 0,25$   
 = 0,1538

### **Pengecekan Koefisien Stabilitas Terhadap Batas Izin**

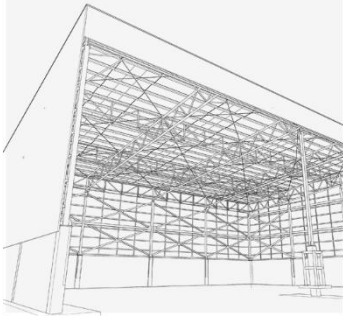
Berdasarkan perhitungan di atas dapat dilihat bahwa nilai dari koefisien stabilitas pada tiap tingkat baik untuk arah-x maupun untuk arah-y masih memenuhi batasan nilai untuk koefisien stabilitas ( $\theta_{\max}$ ) dan nilai untuk batasan pengaruh P-Delta sebesar 0,1. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa struktur tidak perlu memperhitungkan pengaruh dari P-Delta.

Arah transversal       $\theta = 0,0066 < 0,1667, OK!$

Arah longitudinal       $\theta = 0,0013 < 0,1538, OK!$

BAGIAN

# 5

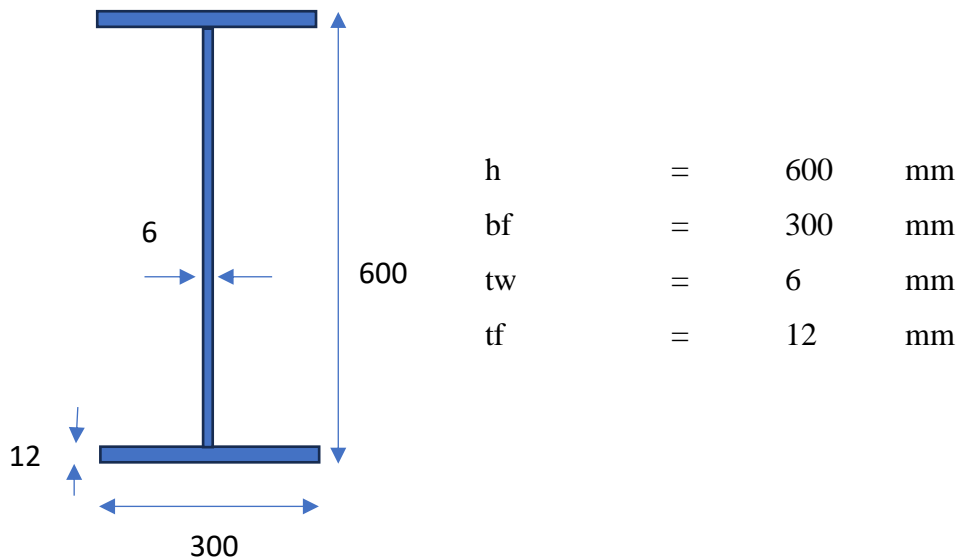


## PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PEB



### A. PERENCANAAN STRUKTUR BALOK PROFIL BU 600.300.6.12

Peraturan desain struktur baja di Indonesia mengacu pada SNI 1729-2020 yang merupakan adopsi identik dari AISC 360-16. Berikut ini disajikan perhitungan struktur *runway beam* yang mengacu pada SNI 1729-2020.



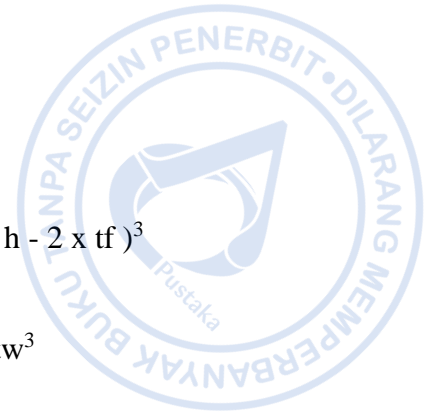
Gambar 5.1 Model Profil BU 600.300.6.12

Analisis profil penampang:

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \times b \times t_f + (h - 2 \times t_s) \times t_w \\
 &= 11808 \text{ mm}^2 \\
 I_x &= 1/12 \times b f \times h^3 - 1/12 \times (b f - t_w) \times (h - 2 \times t_f)^3 \\
 &= 5,400,069,496 \text{ mm}^2 \\
 I_y &= 1/6 \times t_f \times b^3 + 1/12 \times (h - 2 \times t_f) \times t_w^3 \\
 &= 54024576 \text{ mm}^2 \\
 S_x &= I_x / 0.5h \\
 &= 2499425.28 \text{ mm}^2 \\
 S_y &= I_y / 0.5bf \\
 &= 360163.84 \text{ mm}^2 \\
 Z_x &= 1/4 \times b f \times h^2 - 1/4 \times (b - t_w) \times (h - 2 \times t_f)^2 \\
 &= 2780352 \text{ mm}^2 \\
 Z_y &= 1/2 \times t_f \times b f^2 - 1/4 \times (h - 2t_f) \times t_w^2 \\
 &= 549216
 \end{aligned}$$

Plat Sayap

$$\begin{aligned}
 \lambda_f &= 0.5 \times b f / t_f \\
 &= 12.5 \\
 \lambda_{pf} &= 0.38 \times \sqrt{E / F_y} \\
 &= 9.15 \\
 \lambda_{rf} &= 0.95 \times \left( \frac{K_c \times E}{F_l} \right)^{0.5} \\
 &= 18.58
 \end{aligned}$$



$$K_c = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$$

$$= 0.461880215$$

$$F_l = 0.7 \times F_y \text{ (simetri ganda)}$$

$$= 241.5$$

$$\lambda_p < \lambda_s < \lambda_r \text{ (profil non-kompak)}$$

Plat badan

$$h_1 = h - 2 \times t_f$$

$$= 576$$

$$\lambda_w = h_1/t_w$$

$$= 72.00$$

$$\lambda_{pw} = 3.76 \times \sqrt{E/F_y}$$

$$= 90.53$$

$$\lambda_{rw} = 5.70 \times \sqrt{E/F_y}$$

$$= 137.24$$

$$\lambda_b < \lambda_p \text{ (termasuk profil kompak)}$$

Berdasarkan nilai  $\lambda_p$  dan  $\lambda_r$  dari plat badan dan sayap, dibagi menjadi 3

- (1) Penampang Kompak:  $(\lambda_f \text{ juga } \lambda_w) < \lambda_p$
- (2) Penampang tak kompak:  $\lambda_p < (\lambda_f \text{ juga } \lambda_w) < \lambda_r$
- (3) Penampang langsing:  $\lambda_r < (\lambda_f \text{ juga } \lambda_w)$

Kondisi kondisi batas untuk " tekok torsi lateral" balok sesuai ketentuan F2.2 (AISC 2010).(Kompak di web, tak kompak di *flange*).

#### Lateral Torsional *Buckling*

$$r_y = (I_y/A)^{0.5}$$

$$= \left( \frac{54024576}{11808} \right)^{0.5}$$

$$= 67.64060934 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 \times r_y \times (E/f_y)^{0.5}$$

$$= 1.76 \times 67.64 \left( \frac{200000}{345} \right)^{0.5}$$

$$= 2866.3263 \text{ mm}$$

$$= 2.8663 \text{ m}$$



$$\begin{aligned}
 C_w &= 1/24 \times (h - t_f)^2 \times t_f \times b f^3 \\
 &= \frac{1}{24} \times (600 - 12)^2 \times 12 \times 300^3 \\
 &= 4667544000000.00 \text{ mm}^6
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 r_{ts} &= (I_y \times C_w)^{0.5} / S_x \\
 &= \frac{(54024576 \times 4667544000000.00)^{0.5}}{2499425.28} \\
 &= 6353.31 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$t_{rs} = 79.71 \text{ mm}$$

$$C = 1 \text{ (Profil I simetris ganda)}$$

$$h_0 = h - t_f$$

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{2 \times b f \times (t_f)^3 + h_0 \times t_w^3}{3} \\
 &= \frac{2 \times 300 \times (12)^3 + 588 \times 8^3}{3} \\
 &= 445952
 \end{aligned}$$

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0} + \left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_0}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}$$

$$= 1.95 \times 79.71 \frac{200000}{0.7 \times 345} \sqrt{\frac{445952 \times 1}{2499425.28 \times 588} + \left(\frac{445952 \times 1}{2499425.28 \times 588}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 345}{200000}\right)^2}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 7568.90 \text{ mm} \\
 &= 7.57 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kondisi Batas LTB Di mana  $L_p = 2.866$  dan  $L_r = 7.57 \text{ m}$

Diketahui jarak antar gording = 1.5 m

$$1.5 < 3.4 \quad (L_b < L_p)$$

Karena  $L_b < L_p$  maka baja tidak mengalami Lateral torsional buckling sehingga terjadi plastis penuh.



### Perhitungan Kuat Lentur Pelelehan (Momen Plastis)

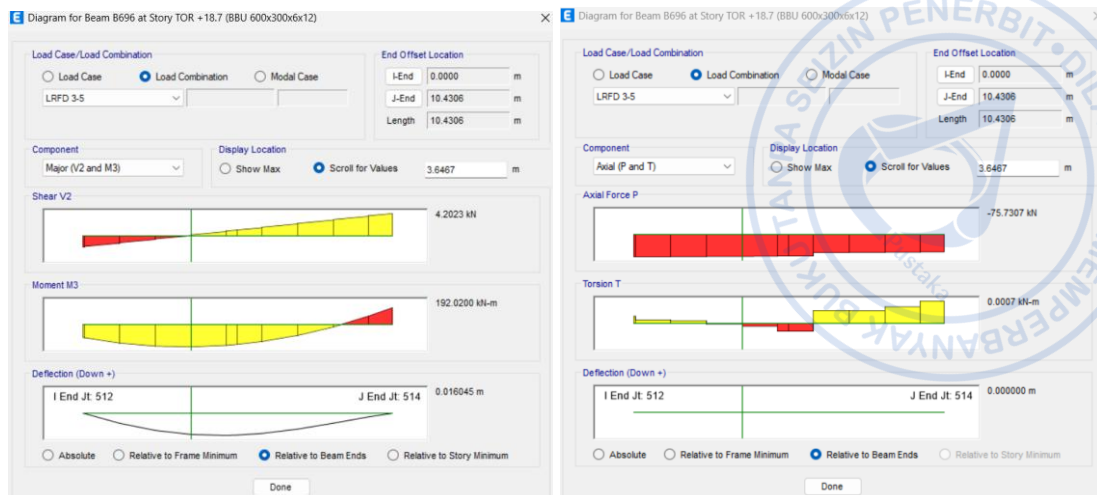
Kapasitas momen plastis dapat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= \phi \times Z_x \times f_y \quad (\phi = 0.9) \\ &= 863299296 \quad \text{N.mm} \\ &= 863.299296 \quad \text{Kn.m} \end{aligned}$$

Kondisi Batas : Tekuk Lokal Sayap

$$\begin{aligned} M_{nx} &= \left[ M_p - (M_p - 0.7f_y \cdot s_x) \cdot \left( \frac{\lambda_f - \lambda_{pf}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pf}} \right) \right] \\ &= \left[ 863299296 - (863299296 - 0.7 \times 345 \times 2499425.28) \cdot \left( \frac{12.5 - 9.15}{18.58 - 12.5} \right) \right] \\ &= 771,032,905.07 \quad \text{N.mm} \\ &= 771.03 \quad \text{Kn.m} \end{aligned}$$

$M_n$  dipilih terkecil yaitu: 771.03 Kn.m



**Gambar 5.2** Momen dan Aksial Ultimate Profil BU 600.300.6.12

Dari hasil analisa menggunakan *software* didapatkan nilai paling maksimal Profil BU 600.300.6.8 pada jarak 3.46 m dengan hasil gaya dalam sebagai berikut:

$$M_{ux} : 192.02 \quad Kn.m$$

$$P_u : 75.73 \quad Kn$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek rasio} &= \frac{Pr}{2P_c} + \frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \\
 &= \frac{Pr}{2P_c} + \frac{192.02}{771.07} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \\
 &= 0.02 + 0.268 + 0.001 \\
 &= 0.289 \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

Steel Stress Check Information (AISC 360-16)

Story: TOR +18.7  
Beam: B696  
Analysis Section: BBU 600x300x6x12  
Design Section: BBU 600x300x6x12

COMBO ID	STATION LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
LRFD 3-4	7.24141	0.039 (C)	= 0.004 + 0.033 + 0.002	0.035	1.4E-04
LRFD 3-4	8.44206	0.011 (C)	= 0.004 + 0.006 + 1.6E-04	0.040	1.4E-04
LRFD 3-4	8.44206	0.012 (C)	= 0.004 + 0.006 + 0.001	0.046	4.6E-05
LRFD 3-4	9.64271	0.033 (C)	= 0.004 + 0.028 + 4.8E-04	0.051	4.6E-05
LRFD 3-4	9.64271	0.034 (C)	= 0.004 + 0.028 + 0.002	0.056	8.2E-05
LRFD 3-4	10	0.061 (C)	= 0.004 + 0.055 + 0.001	0.059	8.2E-05
LRFD 3-5	0.00000	0.176 (C)	= 0.021 + 0.155 + 2.0E-05	0.113	5.9E-05
LRFD 3-5	0.03752	0.178 (C)	= 0.021 + 0.158 + 4.2E-05	0.112	5.9E-05
LRFD 3-5	0.03752	0.179 (C)	= 0.021 + 0.158 + 0.001	0.106	7.7E-05
LRFD 3-5	1.23817	0.243 (C)	= 0.021 + 0.222 + 3.9E-04	0.074	7.7E-05
LRFD 3-5	1.23817	0.243 (C)	= 0.021 + 0.222 + 0.001	0.068	1.2E-04
LRFD 3-5	2.43882	0.280 (C)	= 0.020 + 0.259 + 0.001	0.035	1.2E-04
LRFD 3-5	2.43882	0.280 (C)	= 0.020 + 0.259 + 3.8E-04	0.029	6.8E-05
LRFD 3-5	3.63947	0.289 (C)	= 0.020 + 0.268 + 4.4E-04	0.004	6.8E-05
LRFD 3-5	3.63947	0.289 (C)	= 0.020 + 0.268 + 0.001	0.010	6.5E-05

Overwrites Details  
Strength Deflection  
OK Cancel

Gambar 5.3 Steel Stress Check Information

Perhitungan Gaya Geser 600.300.6.12

$$A_w = d \times t_w = 600 - (12 \times 2) \times 6 = 3456 \text{ mm}^2$$

$$h/t_w = 600/6 = 100 < 260 \text{ maka } K_v = 5$$

Cek hilai h/tw

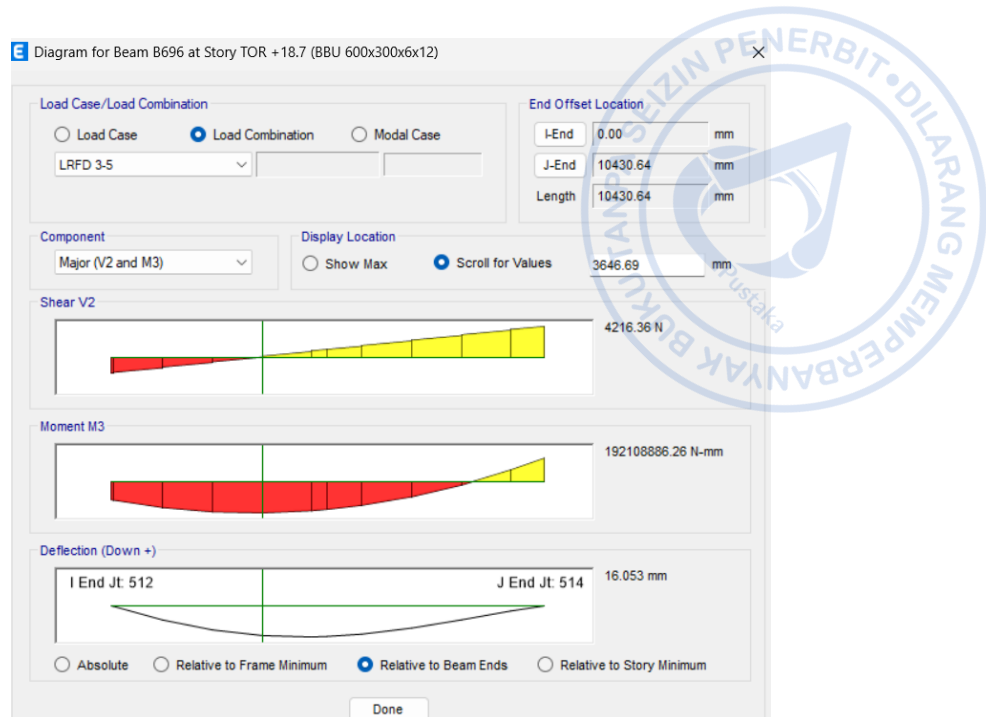
$$1.37 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} = 1.37 \times \left[ \frac{5 \times 200000}{345} \right]^{0.5} = 70.53$$

$$h/t_w > 1.37 \times \left[ \frac{K_v \times E}{f_y} \right]^{0.5} \text{ maka nilai } C_v \text{ didapat pada rumus dibawah:}$$

$$C_v = \frac{1.51 \times k_v \times E}{\left( \frac{h}{t_w} \right)^2 \times f_y}$$

$$C_v = 0.438$$

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 \times F_y \times A_w \times C_v \\ &= 0.6 \times 345 \times 3456 \times 0.438 \\ &= 313113.6 \text{ N} \end{aligned}$$



**Gambar 5.4** Nilai Geser Profil BU 600.300.6.12

Dari hasil analisa menggunakan *software* didapatkan nilai paling maksimal Profil BU 600.300.6.12 pada jarak 3.46 m dengan hasil gaya dalam sebagai berikut:

$$V_u \quad : 4216.36 \text{ N}$$

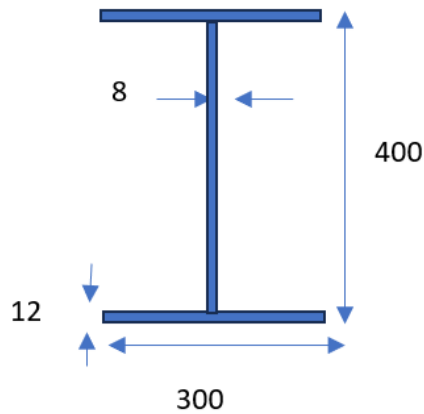
*Rasio Gaya geser:*

$$\begin{aligned} \frac{v_u}{\phi \cdot V_n} &= \frac{4216.36}{0.9 \times 313113.6} \\ &= 0.01 \quad \quad \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

Perencanaan Kolom CBU (400-600).300.8.12

Berdasarkan hasil analisa ETABS didapatkan rasio kolom paling menentukan di *station* 0.0 yaitu 0.558. maka analisa yang akan kita tinjau di *station* 0.0 juga yaitu *frame section*

BU 400.300.8.12



A : 10208 mm<sup>2</sup>  
r<sub>x</sub> : 173.6 mm  
r<sub>y</sub> : 71.5 mm

**Gambar 5.5** Model Profil BU 400.300.8.12

Periksa Kelangsingan Penampang

Kelangsingan sayap

$$\begin{aligned} b/t &= 300/12 \\ &= 25 > 0.56x\sqrt{E/F_y} = 13.96 \quad (\text{sayap tidak langsing}) \end{aligned}$$

Kelangsingan Badan

$$\begin{aligned} h/t_w &= (400-2 \times 12)/8 \\ &= 47 > 1.49 \times \sqrt{E/F_y} = 35.87 \quad (\text{badan tidak langsing}) \end{aligned}$$

Karena kolom tidak termasuk elemen langsing ditinjau menggunakan tekuk lentur

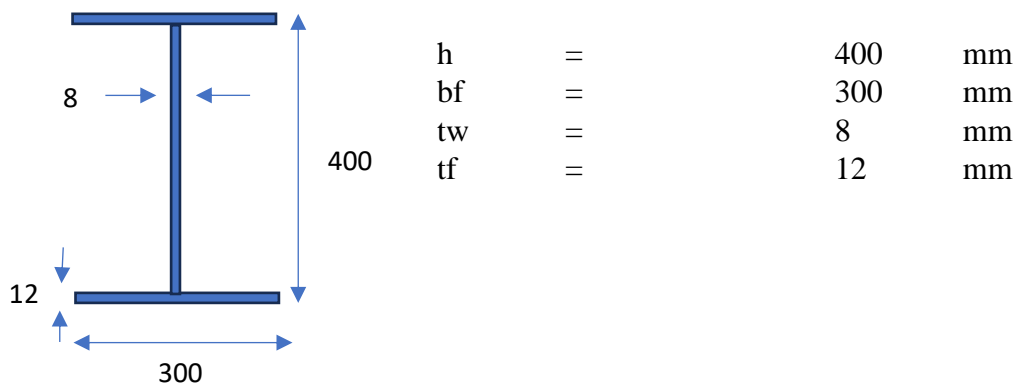
$$\begin{aligned} \lambda_y &= \frac{K \times L_y}{r_y} = \frac{1 \times 6285}{71.5} \\ &= 100.468 < 4.71 \times \sqrt{E/F_y} = 113.40 \quad (\text{terjadi tekuk inelastis) maka:} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_e &= \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{kl}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{(100.47)^2} \\ &= 195.56 \text{ Mpa} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= [0.658^{(f_y/F_e)}] \times F_y \\
 &= [0.658^{(345/195.56)}] \times 345 \\
 &= 164.87 \text{ Mpa} \\
 P_n &= F_{cr} \times A = 164.87 \times 10208 \\
 &= 1682992.96 \text{ Mpa} \\
 &= 1682.99 \text{ Kn} \\
 P_c &= \phi \times P_n = 0.9 \times 1741.941 \\
 &= 1567.75 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

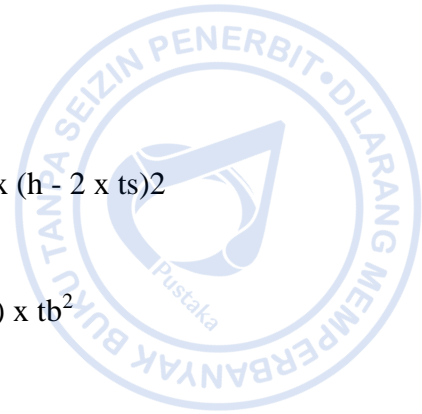
#### Pengecekan Kondisi Lentur kolom



#### Analisis profil penampang:

$$\begin{aligned}
 A &= 2 \times b \times t_s + (h - 2 \times t_s) \times t_b \\
 &= 10208 \text{ mm}^2 \\
 I_x &= 1/12 \times b \times h^3 - 1/12 \times (b - t_b) \times (h - 2 \times t_s)^3 \\
 &= 306503850.67 \text{ mm}^4 \\
 I_y &= 1/6 \times t_s \times b^3 + 1/12 \times (h - 2 \times t_s) \times t_b^3 \\
 &= 54016042.67 \text{ mm}^4 \\
 S_x &= I_x / 0.5h \\
 &= 1532519.25 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_y &= I_y / 0.5b \\
 &= 360106.9511 \text{ mm}^3 \\
 Z_x &= 1/4 \times b \times h^2 - 1/4 \times (b - t_b) \times (h - 2 \times t_s)^2 \\
 &= 1679552 \text{ mm}^3 \\
 Z_y &= 1/2 \times t_s \times b^2 - 1/4 \times (h - 2t_s) \times t_b^2 \\
 &= 546016 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$



#### Plat Sayap

$$\begin{aligned}
 \lambda_f &= 0.5 \times b_f / t_f \\
 &= 12.5 \\
 \lambda_{pf} &= 0.38 \times \sqrt{E / F_y} \\
 &= 9.15 \\
 \lambda_{rf} &= 0.95 \times (K_c \times E / F_l)^{0.5} \\
 &= 20.56 \\
 K_c &= \frac{4}{\sqrt{h / t_w}} \\
 &= 0.57 \\
 F_l &= 0.7 \times F_y \text{ (simetri ganda)} \\
 &= 241.5
 \end{aligned}$$

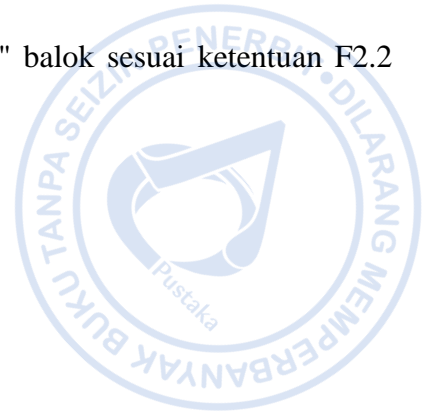
#### Plat badan

$$\begin{aligned}
 h_1 &= h - 2 \times t_f \\
 &= 376 \\
 \lambda_w &= h_1 / t_w \\
 &= 47.00 \\
 \Lambda &= 3.76 \times \sqrt{E / F_y} \\
 &= 90.53 \\
 \lambda_{rw} &= 5.70 \times \sqrt{E / F_y} \\
 &= 137.24 \\
 \lambda_b < \lambda_p &\text{ (termasuk profil kompak)}
 \end{aligned}$$

Karena termasuk kedalam profil kompak, kuat lentur penampang pada kondisi plastis.

$$\begin{aligned}
 M_{p1} &= \phi \times Z_x \times F_y = 0.9 \times 1679552 \times 345 \\
 &= 521500896 \text{ Nmm} \\
 &= 521.500896 \text{ Kn.m}
 \end{aligned}$$

Kondisi kondisi batas untuk " tekok torsi lateral" balok sesuai ketentuan F2.2 (AISC 2010)



Lateral-Torsional *Buckling*

$$\begin{aligned} r_y &= (I_y/A)^{0.5} \\ &= \left( \frac{54024576}{11808} \right)^{0.5} \\ &= 72.74297375 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_p &= 1.76 \times r_y \times (E/f_y)^{0.5} \\ &= 1.76 \times 72.74 \times \left( \frac{200000}{345} \right)^{0.5} \\ &= 3082.5432 \text{ mm} \\ &= 3.0825 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_w &= 1/24 \times (h - t_f)^2 \times t_f \times b_f^3 \\ &= \frac{1}{24} \times (600 - 12)^2 \times 12 \times 300^3 \\ &= 2032344000000.00 \text{ mm}^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{ts} &= (I_y \times C_w)^{0.5} / S_x \\ &= 6836.82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$r_{ts} = 82.69 \text{ mm}$$

$$C = 1 \text{ (Profil I simetris ganda)}$$

$$\begin{aligned} h_0 &= h - t_f \\ &= 388 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} J &= \frac{2 \times b_f \times (t_f)^3 + h_0 \times t_w^3}{3} \\ &= \frac{2 \times 300 \times (12)^3 + 588 \times 8^3}{3} \\ &= 411818.6667 \end{aligned}$$

$$L_r = 1.95 r t_s \frac{E}{0.7 f_y} \sqrt{\frac{J \cdot c}{s x \cdot h o} + \sqrt{\left(\frac{j \cdot c}{s x \cdot h o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$= 1.95 \times 79.71 \frac{200000}{0.7 \times 345} \sqrt{\frac{445952 \times 1}{2499425.28 \times 588} + \sqrt{\left(\frac{445952 \times 1}{2499425.28 \times 588}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 \times 345}{200000}\right)^2}}$$

$$L_r = 8346.94 \text{ mm}$$

$$= 8.35 \text{ m}$$

$$C_b = 1$$

Karena  $L_p < L_b < L_r$

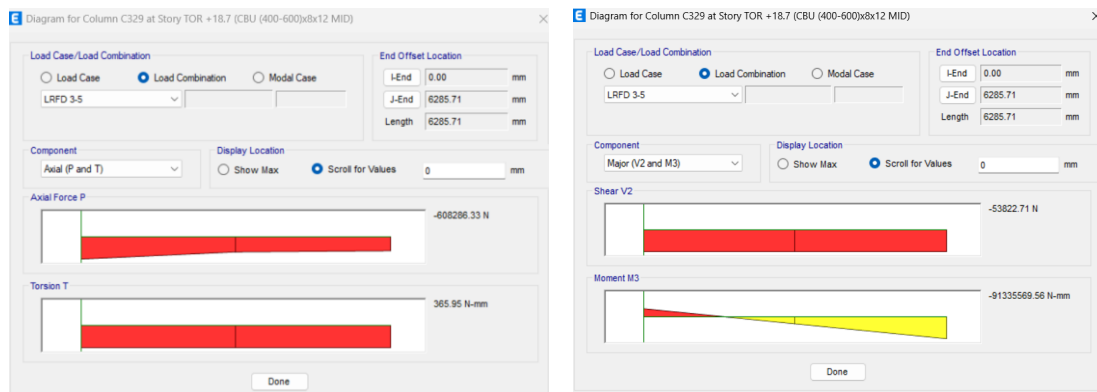
$$M_n = C_b \times \left[ M_p - (M_p - 0.7 f_y \cdot s x) \cdot \left( \frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right]$$

$$M_n = 1 \times \left[ 521500896 - (521500896 - 0.7345 \cdot 1532519.25) \cdot \left( \frac{6285 - 3082.54}{8346.94 - 3082.54} \right) \right]$$

$$M_n = 429402270.13 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 429.40 \text{ Kn.m}$$

Berdasarkan bantuan ETABS didapatkan gaya sebagai berikut;



**Gambar 5.6** Momen dan Aksial Ultimate Profil BU 400.300.8.12

$$P_u = 608286.33 \text{ N} = 608.28633 \text{ Kn}$$

$$M_u = 91335569.56 \text{ N.mm} = 91.34 \text{ Kn.m}$$

Menghitung Gaya aksial dan momen Lentur

$$\text{Jika } \frac{Pr}{Pc} = \frac{608.286}{1682.99} = 0.361 > 0.2, \text{ maka:}$$

$$\frac{Pr}{Pc} + \frac{8}{9} \left[ \frac{Mrx}{Mcx} + \frac{Mry}{Mcy} \right] < 1.0$$

$$0.361 + \frac{8}{9} \left[ \frac{91.34}{429.40} + 0 \right]$$

$$0.361 + 0.189 = 0.55 < 1 \text{ (OK)}$$



**E** Steel Stress Check Information (AISC 360-16)

Story	TOR +18.7	Analysis Section	CBU (400-600)x&x12 MID
Column	C329	Design Section	CBU (400-600)x&x12 MID

COMBO ID	STATION LOC	MOMENT RATIO	INTERACTION CHECK	MAJ-SHR RATIO	MIN-SHR RATIO
LRFD 2-2	3142.9	0.364 (C)	= 0.257 + 0.106 + 4.7E-04	0.070	3.2E-05
LRFD 2-2	6285.7	0.520 (C)	= 0.246 + 0.274 + 4.0E-04	0.069	3.2E-05
LRFD 3-1	0.0	0.461 (C)	= 0.332 + 0.129 + 0.001	0.069	2.6E-05
LRFD 3-1	3142.9	0.292 (C)	= 0.208 + 0.084 + 2.8E-04	0.056	2.6E-05
LRFD 3-1	6285.7	0.341 (C)	= 0.097 + 0.244 + 4.5E-04	0.054	2.6E-05
LRFD 3-2	0.0	0.319 (C)	= 0.248 + 0.070 + 2.7E-04	0.038	1.3E-05
LRFD 3-2	3142.9	0.114 (C)	= 0.062 + 0.052 + 7.3E-05	0.030	1.3E-05
LRFD 3-2	6285.7	0.188 (C)	= 0.054 + 0.134 + 4.6E-04	0.030	1.3E-05
LRFD 3-3	0.0	0.282 (C)	= 0.227 + 0.055 + 0.001	0.030	0.000
LRFD 3-3	3142.9	0.092 (C)	= 0.051 + 0.041 + 0.001	0.024	0.000
LRFD 3-3	6285.7	0.148 (C)	= 0.042 + 0.105 + 4.5E-04	0.024	0.000
LRFD 3-4	0.0	0.266 (C)	= 0.217 + 0.049 + 0.001	0.026	1.1E-05
LRFD 3-4	3142.9	0.082 (C)	= 0.046 + 0.036 + 0.001	0.021	1.1E-05
LRFD 3-4	6285.7	0.130 (C)	= 0.037 + 0.092 + 4.4E-04	0.021	1.1E-05
LRFD 3-5	0.0	0.558 (C)	= 0.388 + 0.167 + 0.003	0.090	6.7E-05

Overwrites    Details

Strength  
 Deflection

OK    Cancel

**Gambar 5.7** Rasio Hasil Analisis ETABS profil CBU (400-600).300.8.12

Perhitungan Gaya Geser 400.300.8.12

$$Aw = d \times tw = 400 - (12 \times 2) \times 8 = 3008 \text{ mm}^2$$

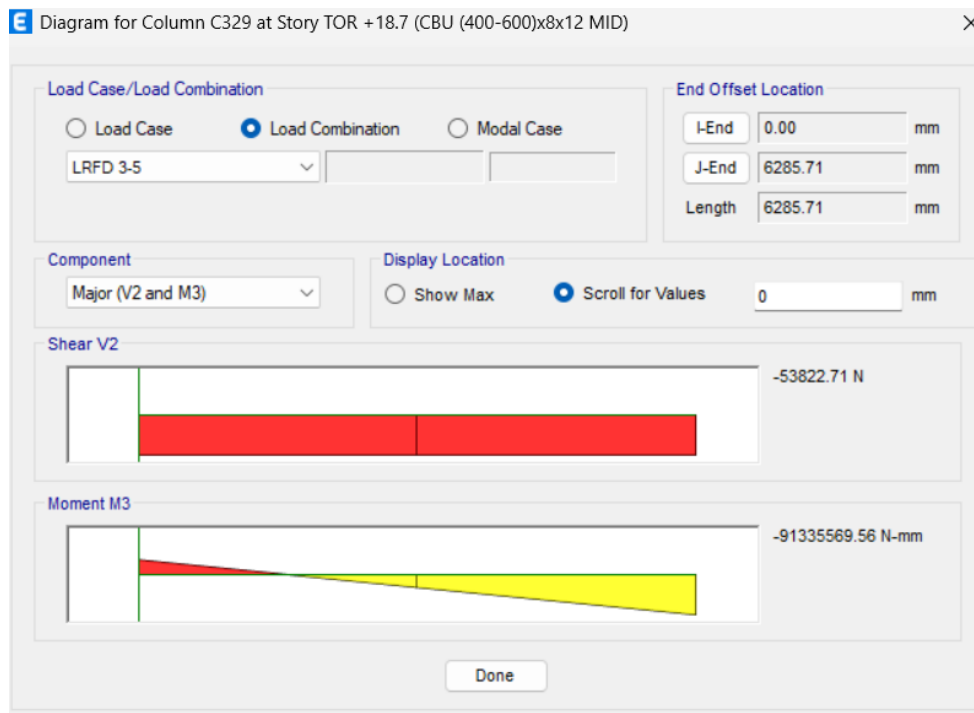
$$h/tw = 600/8 = 75 < 260 \text{ maka } Kv = 5$$

Cek nilai  $h/tw$

$$2.24 \times \left[ \frac{E}{fy} \right]^{0.5} = 2.24 \times \left[ \frac{200000}{345} \right]^{0.5} = 53.93$$

$$h/tw < 1.37 \times \left[ \frac{Kv \times E}{fy} \right]^{0.5} \quad \text{maka nilai } Cv \text{ adalah } 1$$

$$\begin{aligned} Vn &= 0.6 \times Fy \times Aw \times Cv \\ &= 0.6 \times 345 \times 3008 \times 1 \\ &= 622656 \text{ N} \end{aligned}$$



**Gambar 5.8** Nilai Geser Profil BU 400.300.8.12

Dari hasil analisa menggunakan software didapatkan nilai paling maksimal Profil BU 400.300.6.12 pada jarak 0 m dengan hasil gaya dalam sebagai berikut:

$$Vu : 53822.71 \text{ N}$$

Rasio Gaya geser:

$$\frac{Vu}{\phi \cdot Vn} = \frac{53822.71}{0.9 \times 622656} = 0.09 \quad (\text{OK})$$



Profil aman terhadap Geser

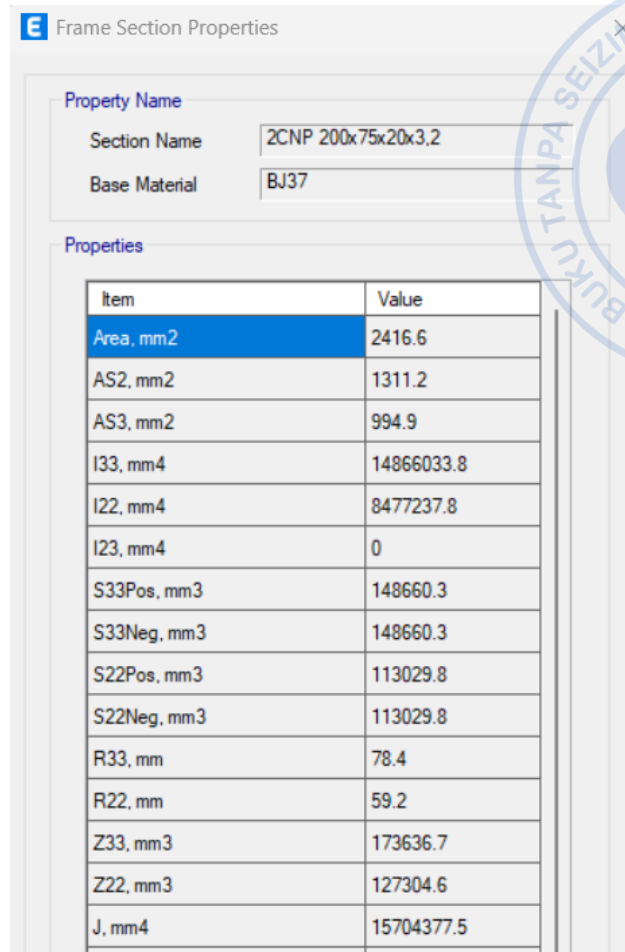
## B. PERENCANAAN PURLIN

Purlin direncanakan menggunakan profil 2CNP 200.75.20.3,2

Jarak Purlin	Lgording	: 1.5 m
kemiringan Atap	$\alpha$	: 2°
Bentang Purlin	Lgording	: 10.45 m
Jumlah <i>Sagord</i> (dipasang/2m)		: 5 buah
Jarak antar <i>Sagord</i>		: 2.09 m

Berdasarkan modeling dari Etabs didapatkan *Section Properties* 2CNP 200.75.20.3,2

Zx	: 173636.7 mm <sup>3</sup>	A	: 2416.6 mm <sup>2</sup>
Zy	: 127304.6 mm <sup>3</sup>	Sx	: 14866033.8 mm <sup>3</sup>
Ix	: 14866033.8 mm <sup>4</sup>	Sy	: 113029.8 mm <sup>3</sup>
Iy	: 8477237.8 mm <sup>4</sup>	Qbs	: 18.57 kg/m



Property Name	Value
Section Name	2CNP 200x75x20x3,2
Base Material	BJ37

Item	Value
Area, mm <sup>2</sup>	2416.6
AS2, mm <sup>2</sup>	1311.2
AS3, mm <sup>2</sup>	994.9
I33, mm <sup>4</sup>	14866033.8
I22, mm <sup>4</sup>	8477237.8
I23, mm <sup>4</sup>	0
S33Pos, mm <sup>3</sup>	148660.3
S33Neg, mm <sup>3</sup>	148660.3
S22Pos, mm <sup>3</sup>	113029.8
S22Neg, mm <sup>3</sup>	113029.8
R33, mm	78.4
R22, mm	59.2
Z33, mm <sup>3</sup>	173636.7
Z22, mm <sup>3</sup>	127304.6
J, mm <sup>4</sup>	15704377.5

**Gambar 5.9** Frame Section Properties 2CNP 200.75.20.3,2

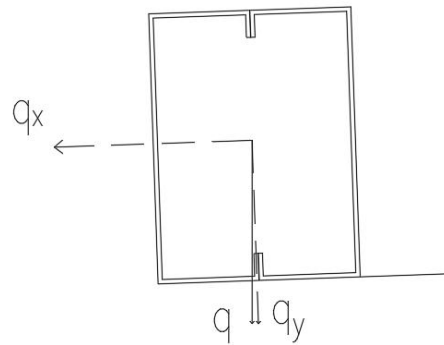
Perhitungan beban yang bekerja pada purlin:

Berat sendiri penutup atap	: 5.0	kg/m <sup>2</sup>	
Solar Panel	: 20.0	kg/m <sup>2</sup>	
ME	: 5	kg/m <sup>2</sup>	
Insulation (glasswool 16 kg/m <sup>3</sup> , t=1")	: 5	kg/m <sup>2</sup>	+
Total Beban yang bekerja pada purlin	: 35	kg/m <sup>2</sup>	

Berat Total Beban Tambahan (SIDL)= 35 x 1.5	= 52.5	kg/m	
Beban Air Hujan (58 kg/m <sup>2</sup> )	= 58 x 1.5	= 87.0	kg/m
Berat Sendiri Purlin	= 18.57	kg/m	+
Total	= 158.07	kg/m	

Beban tambahan (*bracing, sagrod, etc*) = 10% DL = (10% x (52.5 + 18.57))  
 = 7.107 kg/m

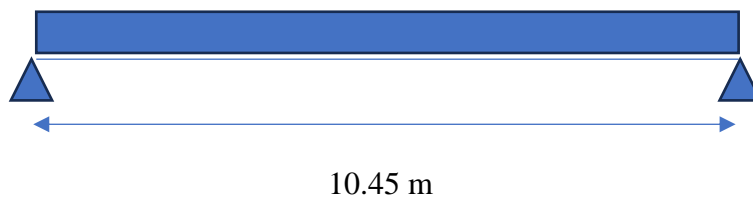
Total (q) = 158.07 + 7.107  
 = 165.177 kg/m



**Gambar 5.10** Model Arah Gaya 2CNP 200.75.20.3,2

$$q_x = q \times \cos(\alpha) = 165.177 \times \cos(2^\circ) = 165.076 \text{ kg/m}$$

$$q_y = q \times \sin(\alpha) = 165.177 \times \sin(2^\circ) = 5.762 \text{ kg/m}$$



Momen maksimum di tengah bentang:

$$M_{ux} = \left(\frac{1}{8}\right) \times q_x \times L^2 = \left(\frac{1}{8}\right) \times 165.076 \times 10.45^2 = 2253.346 \text{ kg.m}$$

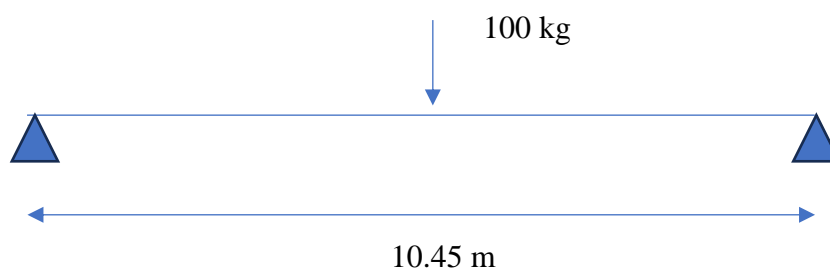
$$M_{uy} = \left(\frac{1}{8}\right) \times q_y \times L^2 = \left(\frac{1}{8}\right) \times 5.762 \times 10.45^2 = 3.146 \text{ kg.m}$$

Akibat beban *maintance*

*Point Load* (P) (100kg)

$$\begin{aligned} P_x = P \cos (\alpha) &= 100 \times \cos (2^\circ) \\ &= 99.939 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_y = P \sin (\alpha) &= 100 \times \sin (2^\circ) \\ &= 3.488 \text{ kg} \end{aligned}$$



Momen maksimum di tengah bentang:

$$\begin{aligned} M_{ux} &= \left(\frac{1}{4}\right) \times q_x \times L^2 &= \left(\frac{1}{4}\right) \times 99.939 \times 10.45^2 \\ &= 261.091 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{uy} &= \left(\frac{1}{4}\right) \times q_y \times L^2 &= \left(\frac{1}{4}\right) \times 3.488 \times 10.45^2 \\ &= 1.823 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Momen dipilih paling besar antara beban *point load* dan beban merata:

$$\begin{aligned} M_{ux} &= 2253.346 \text{ kg.m} &= 22097775.6 \text{ N.mm} \\ M_{uy} &= 3.146 \text{ kg.m} &= 30851.7209 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



Cek profil penampang

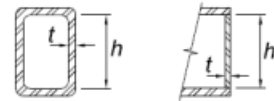
Plat Badan

$$\begin{aligned} \lambda_w \quad (b/t) &= 68.6/3.2 \\ &= 21.44 \\ \lambda_{pw} &= 1.12 \times \sqrt{E/F_y} \\ &= 1.12 \times \sqrt{200000/240} \\ &= 32.33 \\ \lambda_{rw} &= 1.40 \times \sqrt{E/F_y} \\ &= 1.40 \times \sqrt{200000/240} \\ &= 40.41 \end{aligned}$$

$\lambda_w < \lambda_{pw} \longrightarrow$  badan termasuk profil kompak

Plat Sayap

$$\begin{aligned} \lambda_f \quad (h/t) &= 193.6/3.2 \\ &= 60.5 \\ \lambda_{pf} &= 2.42 \times \sqrt{E/F_y} \\ &= 2.42 \times \sqrt{200000/240} \\ &= 69.86 \\ \lambda_{rf} &= 5.7 \times \sqrt{E/F_y} \\ &= 5.7 \times \sqrt{200000/240} \\ &= 164.54 \end{aligned}$$



$\lambda_f < \lambda_{pf} \longrightarrow$  sayap termasuk profil kompak

Termasuk profil kompak

$$\begin{aligned} M_{n1x} &= \phi \times Z_x \times f_y = 0.9 \times 173636.7 \times 240 \\ &= 37505527.2 \text{ N.mm} \\ M_{n1y} &= \phi \times Z_y \times f_y = 0.9 \times 127304.6 \times 240 \\ &= 27497793.6 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Menghitung Lateral-Torsional *Buckling* (Tekuk Global)

$$\begin{aligned}
 r_y &= (I_y/A)^{0.5} \\
 &= \left( \frac{8477237.8}{2416.6} \right)^{0.5} \\
 &= 59.22769038 \text{ mm} \\
 L_p &= 1.76 \times r_y \times (E/f_y)^{0.5} \\
 &= 1.76 \times 59.227 \left( \frac{200000}{240} \right)^{0.5} \\
 &= 3009.1708 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



Purlin dengan Panjang 10.45 m dipasang 5 *sagord* sehingga Panjang purlin yang tidak terkekang = 2.09 m

$$L_b = 2.09 \text{ m} < 3.009 \text{ m} \text{ ( Tidak Terjadi Lateral-Torsional *Buckling* )}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 M_{n2x} &= \phi \times Z_x \times f_y = 0.9 \times 173636.7 \times 240 \\
 &= 37505527.2 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{n2y} &= \phi \times Z_y \times f_y = 0.9 \times 127304.6 \times 240 \\
 &= 27497793.6 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

Ratio:

$$\frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{30851.7209}{0.5 \times 27497793.6} < 1$$

$$\frac{22097775.6}{37505527.2} + \frac{M_{uy}}{0.5 \times M_{ny}} < 1$$

$$0.59 < 1 \quad \text{(OK)}$$

Perhitungan Lendutan:

$$\begin{aligned}
 \Delta 1 &= \frac{q \times L^4}{384 \times E \times I} = \frac{\left( \frac{165.076}{100} \right) \times 10450^4}{384 \times 200000 \times 14866033.8}
 \end{aligned}$$

$$= 17.24 \text{ mm}$$

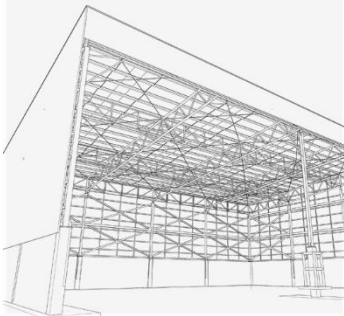
Lendutan Izin

$$\begin{aligned}
 &= \frac{L}{180} = \frac{10450}{180} \\
 &= 58.05 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Lendutan yang terjadi < lendutan izin (OK)

BAGIAN

# 6



## DESAIN STRUKTUR MENGUNAKAN ETABS



### A. KOMBINASI PEMBEBANAN YANG DIGUNAKAN

Maka kombinasi beban yang digunakan adalah sebagai berikut:

**Tabel 6. 1.**

Kombinasi Pembebanan yang Digunakan

Input	
<b>S<sub>DS</sub></b>	0.67388
<b>ρ</b>	1.3

Nomor	DL	SIDL	LL	L <sub>r</sub>	R	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>
1	1.1	1.4	1.4						
2	2.1	1.2	1.2	1.6	0.5				
	2.2	1.2	1.2	1.6		0.5			
3	3.1	1.2	1.2	1	1.6				
	3.2	1.2	1.2		1.6	0.5			
	3.3	1.2	1.2		1.6		0.5		
	3.4	1.2	1.2		1.6	0.375	0.375		
	3.5	1.2	1.2	1		1.6			
	3.6	1.2	1.2			1.6	0.5		
	3.7	1.2	1.2			1.6		0.5	

Nomor	DL	SIDL	LL	L <sub>r</sub>	R	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	E <sub>x</sub>	E <sub>y</sub>
3.8	1.2	1.2			1.6	0.375	0.375		
4	4.1	1.2	1.2	1	0.5		1		
	4.2	1.2	1.2	1	0.5		1		
	4.5	1.2	1.2	1	0.5		0.75	0.75	
	4.3	1.2	1.2	1		0.5	1		
	4.4	1.2	1.2	1		0.5		1	
	4.6	1.2	1.2	1		0.5	0.75	0.75	
5	5.1	0.9	0.9				1		
	5.2	0.9	0.9					1	
	5.3	0.9	0.9				0.75	0.75	
6	6.1	1.3348	1.3348	1				1.3	0.39
	6.2	1.3348	1.3348	1				1.3	-0.39
	6.3	1.3348	1.3348	1				-1.3	0.39
	6.4	1.3348	1.3348	1				-1.3	-0.39
	6.5	1.3348	1.3348	1				0.39	1.3
	6.6	1.3348	1.3348	1				-0.39	1.3
	6.7	1.3348	1.3348	1				0.39	-1.3
	6.8	1.3348	1.3348	1				-0.39	-1.3
7	7.1	0.7652	0.7652					1.3	0.39
	7.2	0.7652	0.7652					1.3	-0.39
	7.3	0.7652	0.7652					-1.3	0.39
	7.4	0.7652	0.7652					-1.3	-0.39
	7.5	0.7652	0.7652					0.39	1.3
	7.6	0.7652	0.7652					-0.39	1.3
	7.7	0.7652	0.7652					0.39	-1.3
	7.8	0.7652	0.7652					-0.39	-1.3

Di mana:

Keterangan:

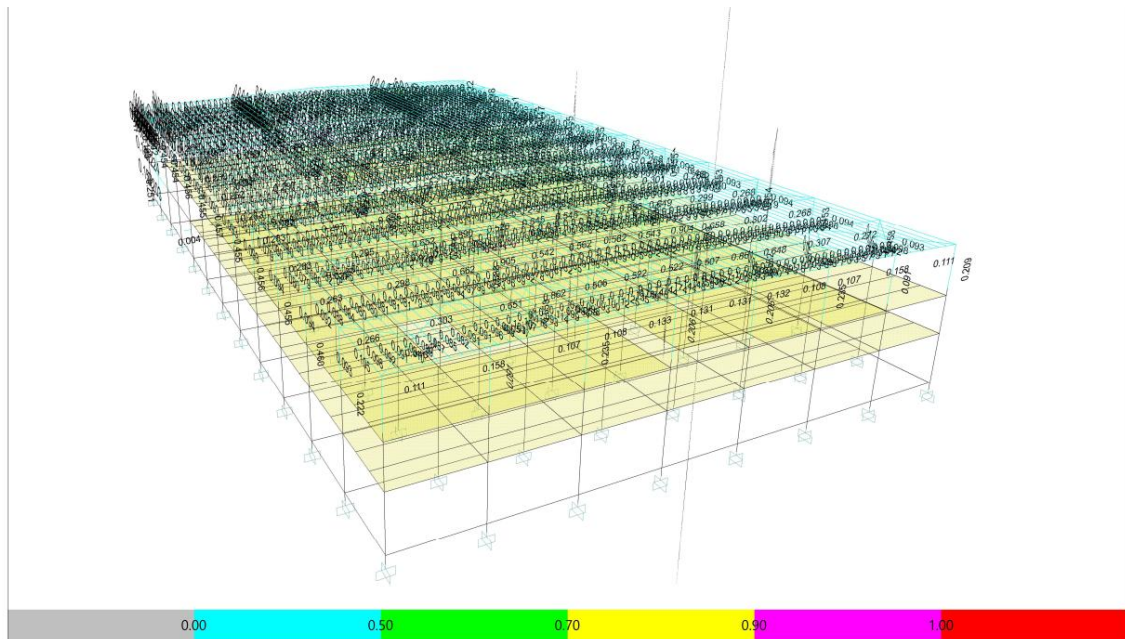
DL = Beban mati

SIDL = Beban mati tambahan

- LL = Beban hidup
- $L_r$  = Beban hidup atap
- R = Beban hujan
- $E_x$  = Beban gempa arah x
- $E_y$  = Beban gempa arah y



## B. STRESS RATIO STRUKTUR



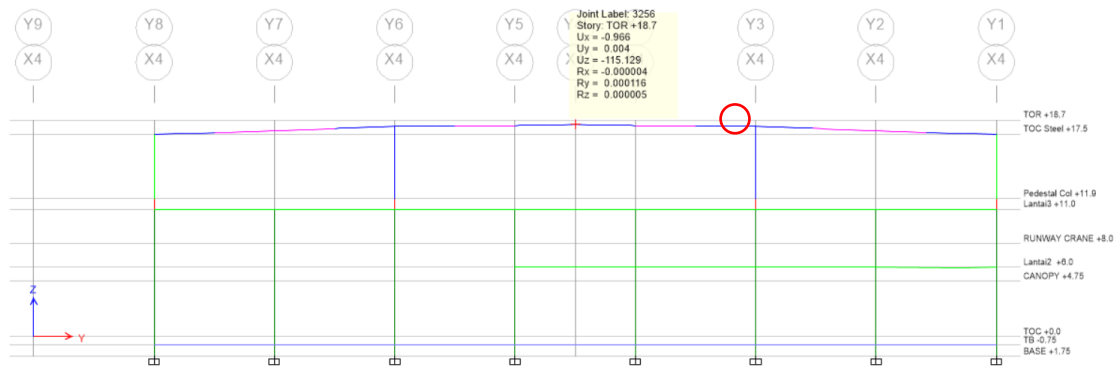
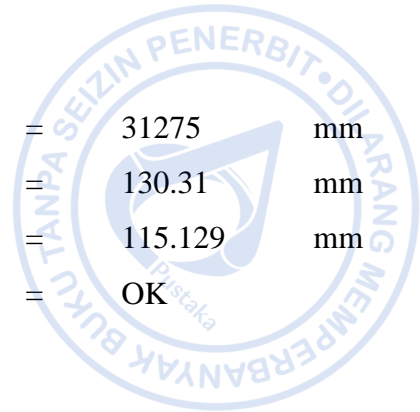
**Gambar 6.1** Stress Ratio

### Pengecekan Kemampuan Struktur

Lendutan yang terjadi pada struktur yang menopang atap harus dianalisis terhadap lendutan izin didasarkan pada Tabel 1 pada *Design Guide 3: Serviceability Design for Steel Building* yang mengadopsi IBC Tabel 1604.4. Pengecekan lendutan diperlukan untuk memastikan bahwa deformasi yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan struktural maupun non struktural. Umumnya terdapat dua kondisi lendutan yang ditinjau yaitu lendutan akibat beban tetap dan lendutan akibat beban tambahan. Pengecekan lendutan untuk struktur yang ditinjau disajikan sebagaimana berikut:

### 1. Lendutan pada Atap Akibat Beban Service (DL +LL)

Bentang yang diperhitungkan, L	=	31275	mm
L/240, $\Delta_{all}$	=	130.31	mm
Lendutan seketika maksimum, $\Delta_{max}$	=	115.129	mm
Cek, $\Delta_{max} < \Delta_{all}$	=	OK	

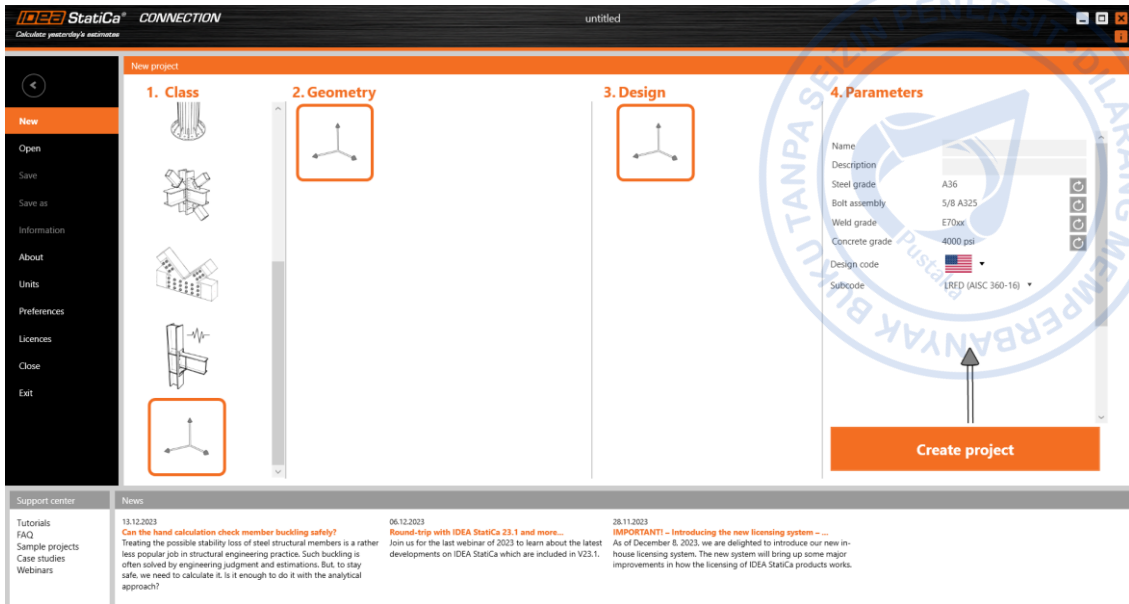


Gambar 6. 2 Lendutan Akibat Beban Service Atap

## C. DESAIN SAMBUNGAN

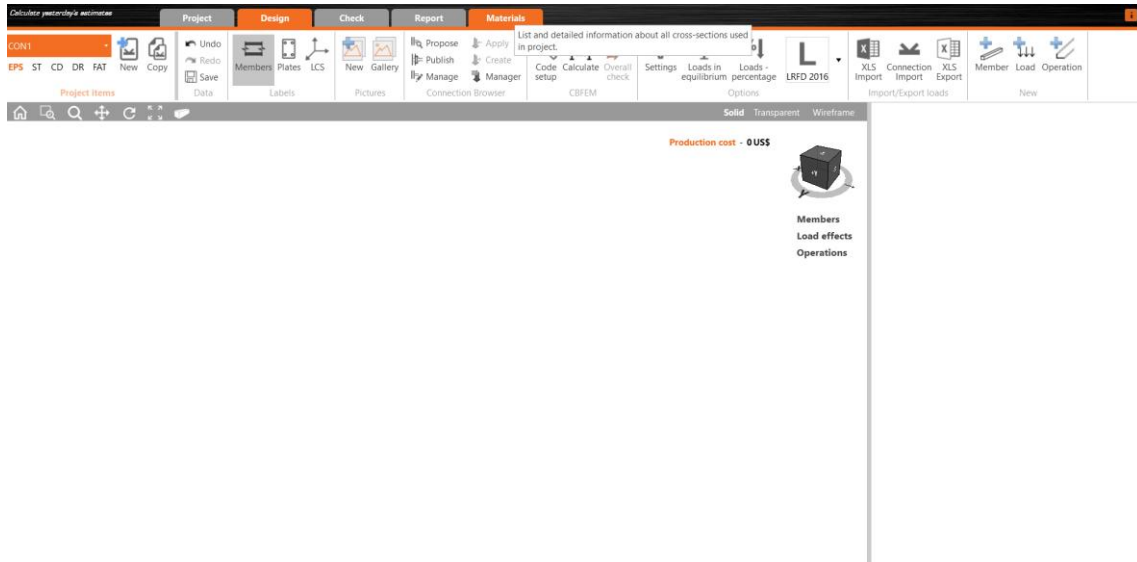
### 1. Desain Sambungan *Rafter* dengan *Rafter*

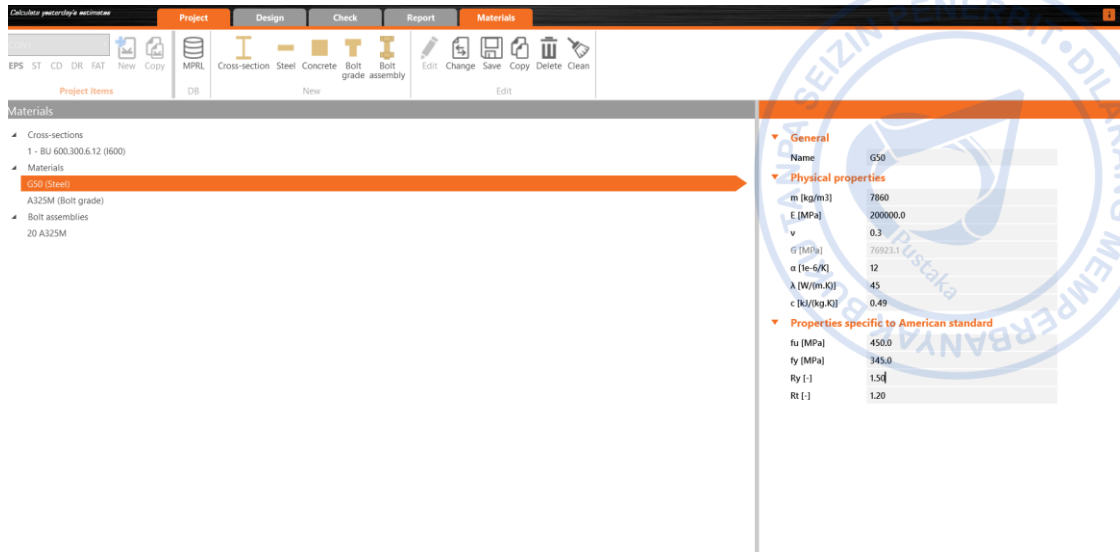
Hubungan antara *rafter* dengan *rafter* biasa disebut dengan *apex haunch*. Sambungan *apex haunch* akan didesain menggunakan *IdeaStatica*. Buat proyek sambungan baru dengan cara klik *New*→pilih *Blank*. Setelah proyek baru berhasil dibuat profil baru dengan cara klik kanan pada opsi *Members*→*New Member*. *Member* yang baru dibuat tidak memiliki profil, maka profil tersebut perlu diatur terlebih dahulu.



Gambar 6. 3 Membuat *New Property*

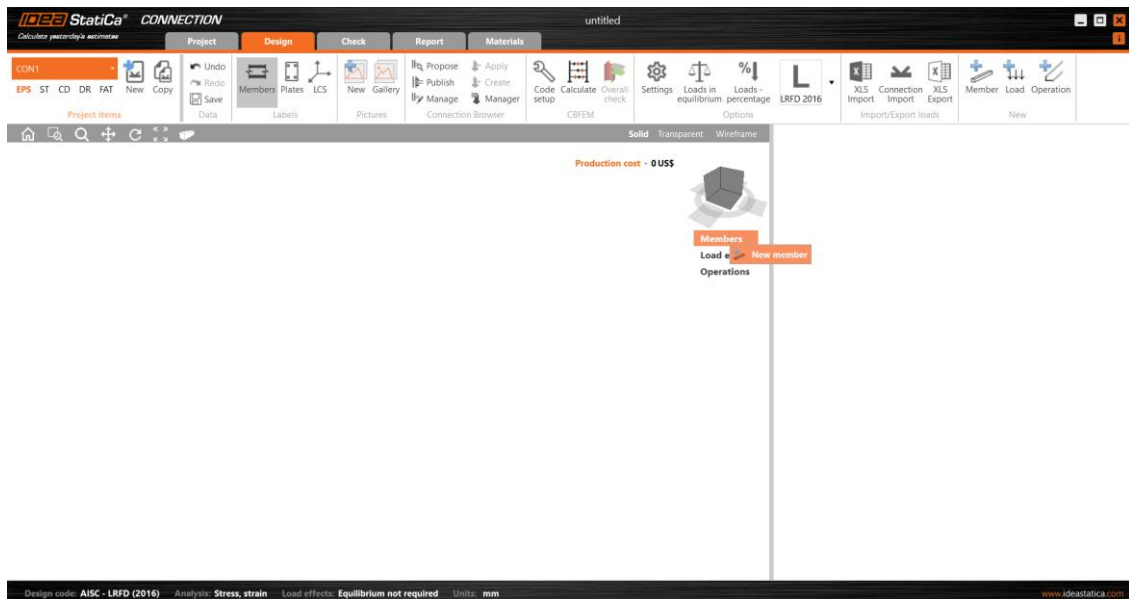
Karena profil *Buid-Up* menggunakan mutu tinggi maka material baja perlu dimodifikasi dengan cara pilih material → *material baja* → Edit → Atur  $f_y$  dan  $f_u$  pada sesuai mutu baja → Save.





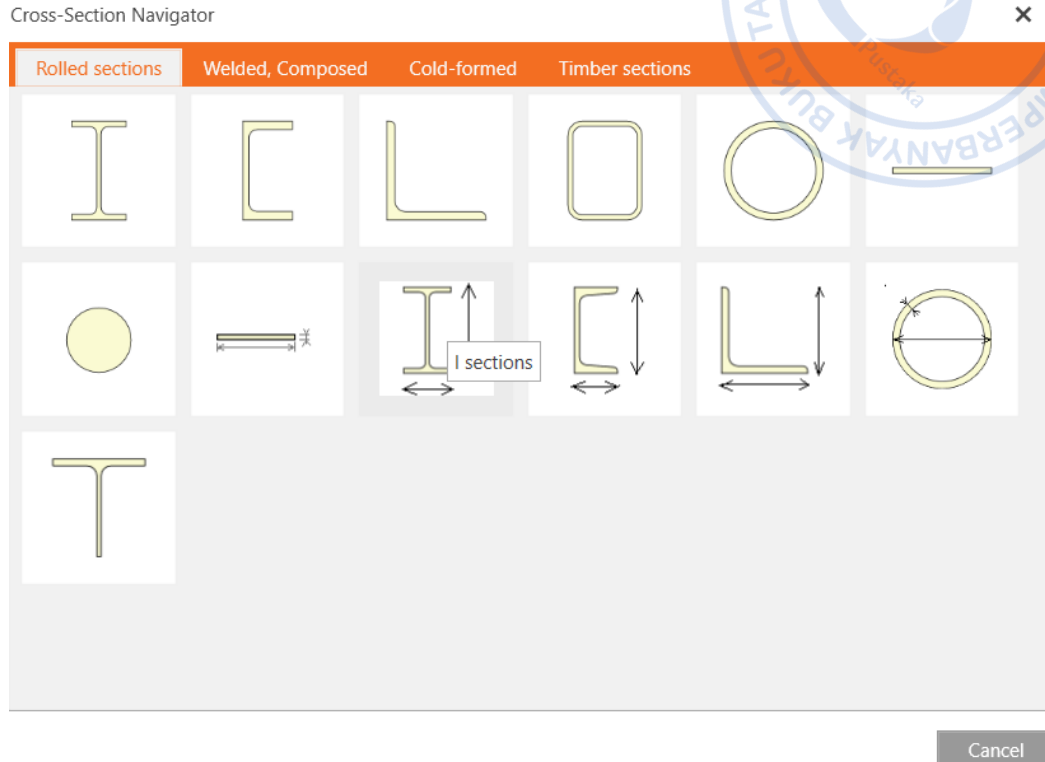
**Gambar 6. 4** Mengatur Mutu Material Baja

Kemudian, dibuat profil baru dengan cara klik kanan pada opsi *Members*→*New Member*. *Member* yang baru dibuat tidak memiliki profil, maka profil tersebut perlu diatur terlebih dahulu.

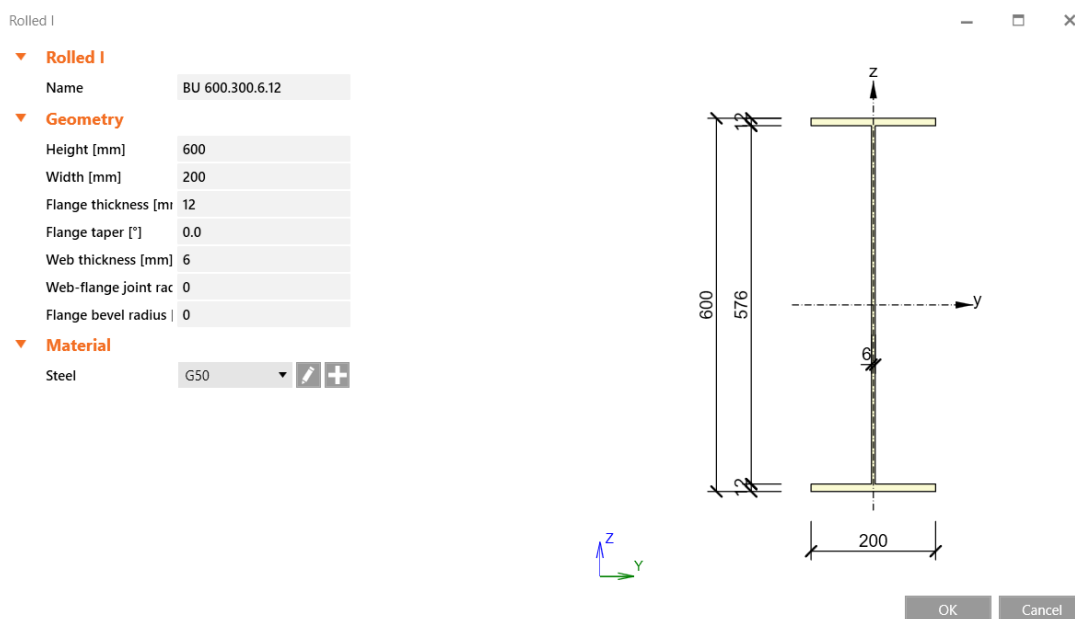


**Gambar 6.5.** Pembuatan Member Baru

Klik menu *Materials* pada *ribbon* bagian atas → klik *Cross Section* untuk membuat penampang baru → pilih *I Sections* sebagaimana pada gambar di bawah → atur properti BU.600X300X6X12 sebagaimana gambar di bawah.

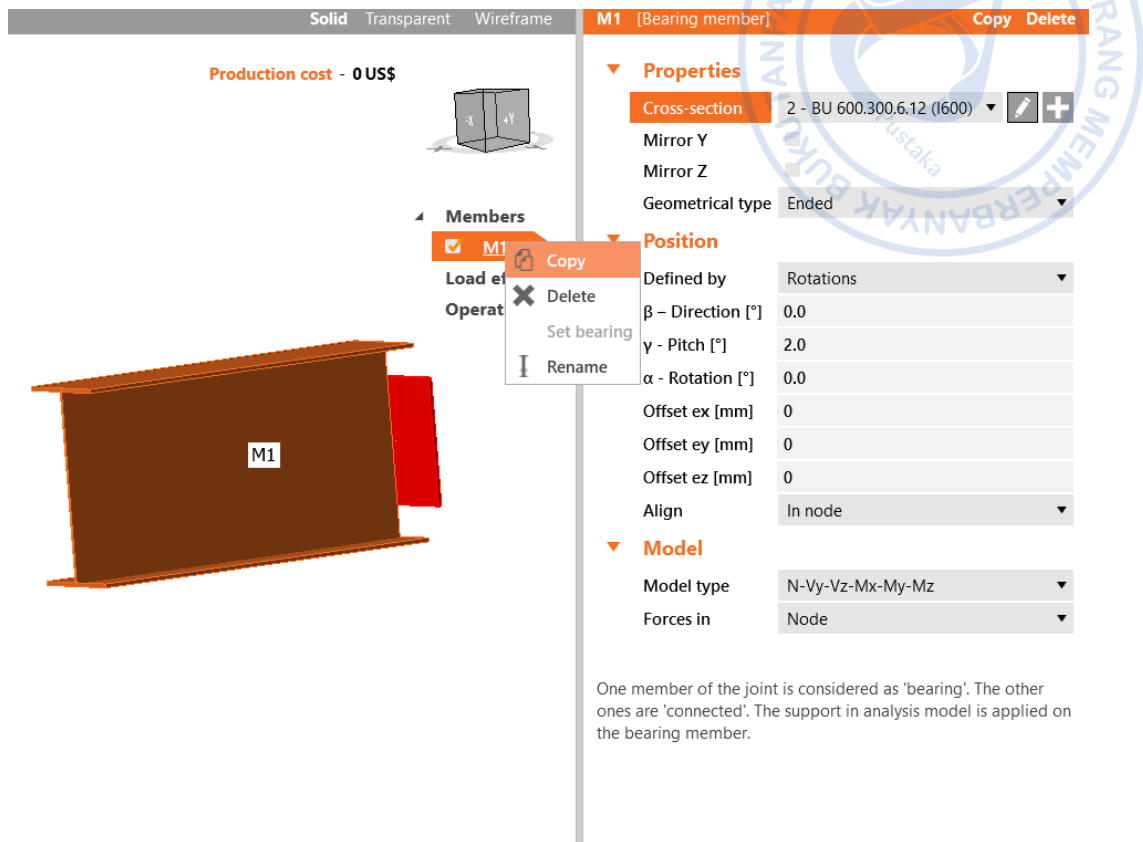


**Gambar 6. 6** Tambahkan Profil Baru



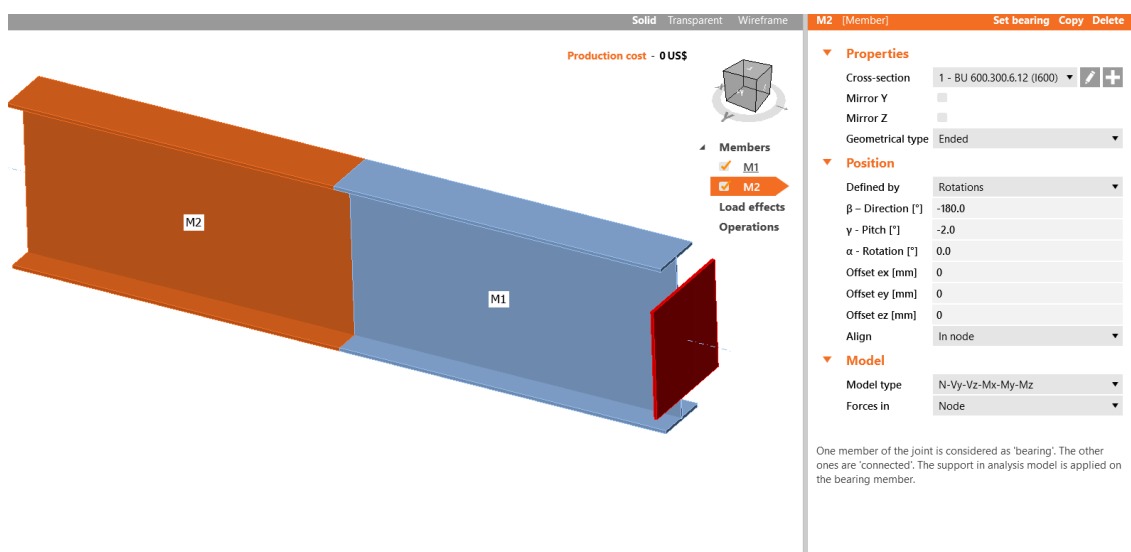
**Gambar 6. 7** Properti Penampang BU.600X300X6.12

Gandakan *rafter* yang telah dimodelkan dengan cara klik kanan pada M1 di bawah menu *Members*→*Copy*→atur properti *rafter* kedua.



Gambar 6.8 Gandakan *Rafter* Pertama

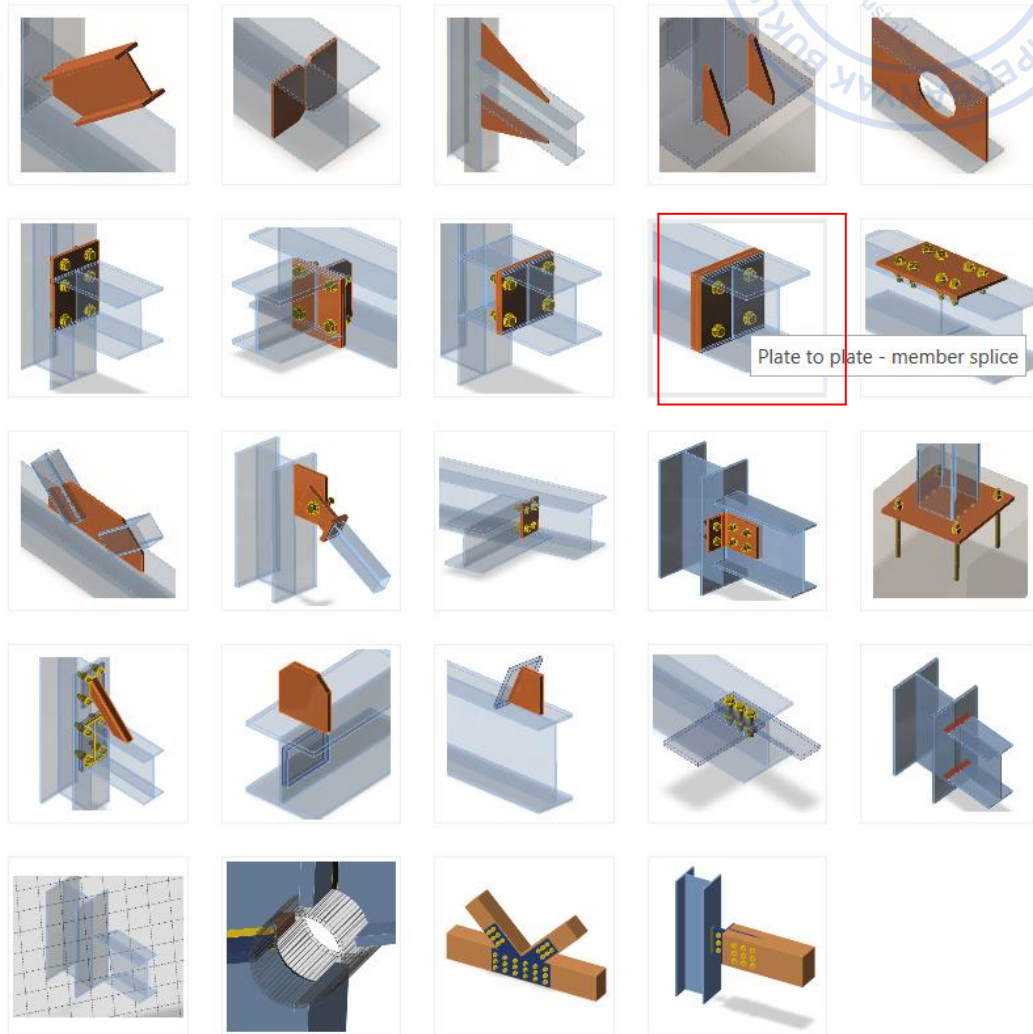
Atur properti *rafter* kedua sebagaimana gambar di bawah.



Gambar 6.9 Properti *Rafter* Kedua

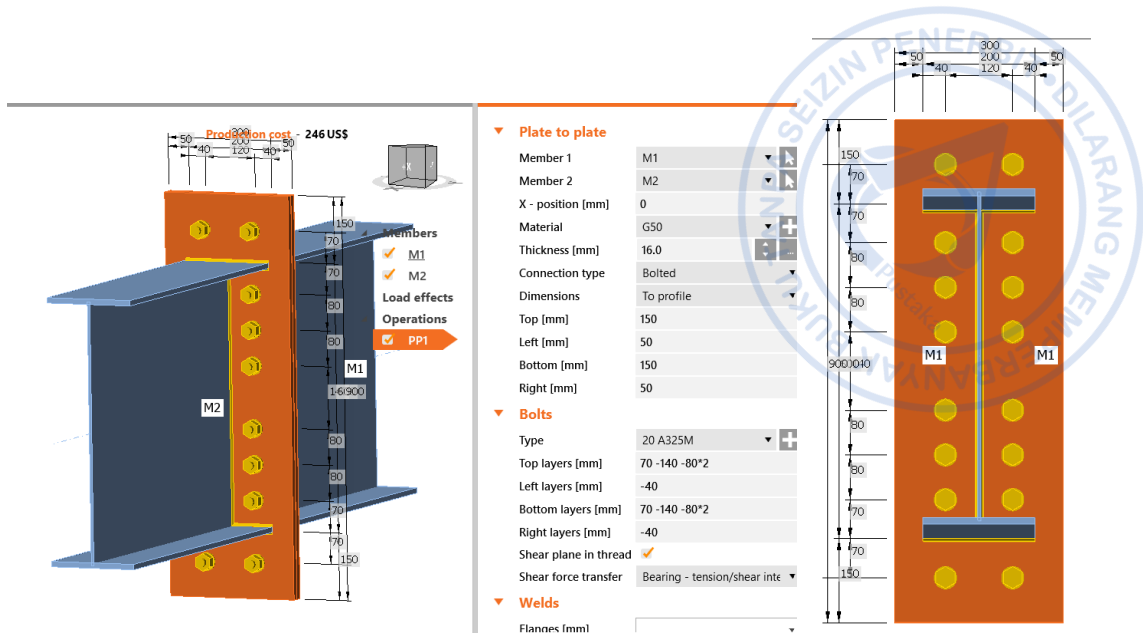
Kedua *rafter* yang bertemu perlu dihubungkan dengan *double end plate*. Untuk menyambungkan antara kedua *rafter* tersebut, klik kanan pada *Operations* → pilih *Plate to Plate*.

Select operation



**Gambar 6. 10** *Plate to Plate* untuk Menghubungkan Kedua *Rafter*

Properti *double end plate* perlu diatur baik dari ketebalan pelat, jumlah baut serta dimensi pelat. Klik PP1→atur properti *Plate to Plate* sebagaimana gambar di bawah.



**Gambar 6. 11** Properti *Plate to Plate*

Tambahkan *haunch* di bagian bawah *rafter* dengan operasi *Widener*. Properti *haunch*: panjang *haunch*, kedalaman *haunch*, dan jumlah baut perlu diatur sebagaimana gambar di bawah.

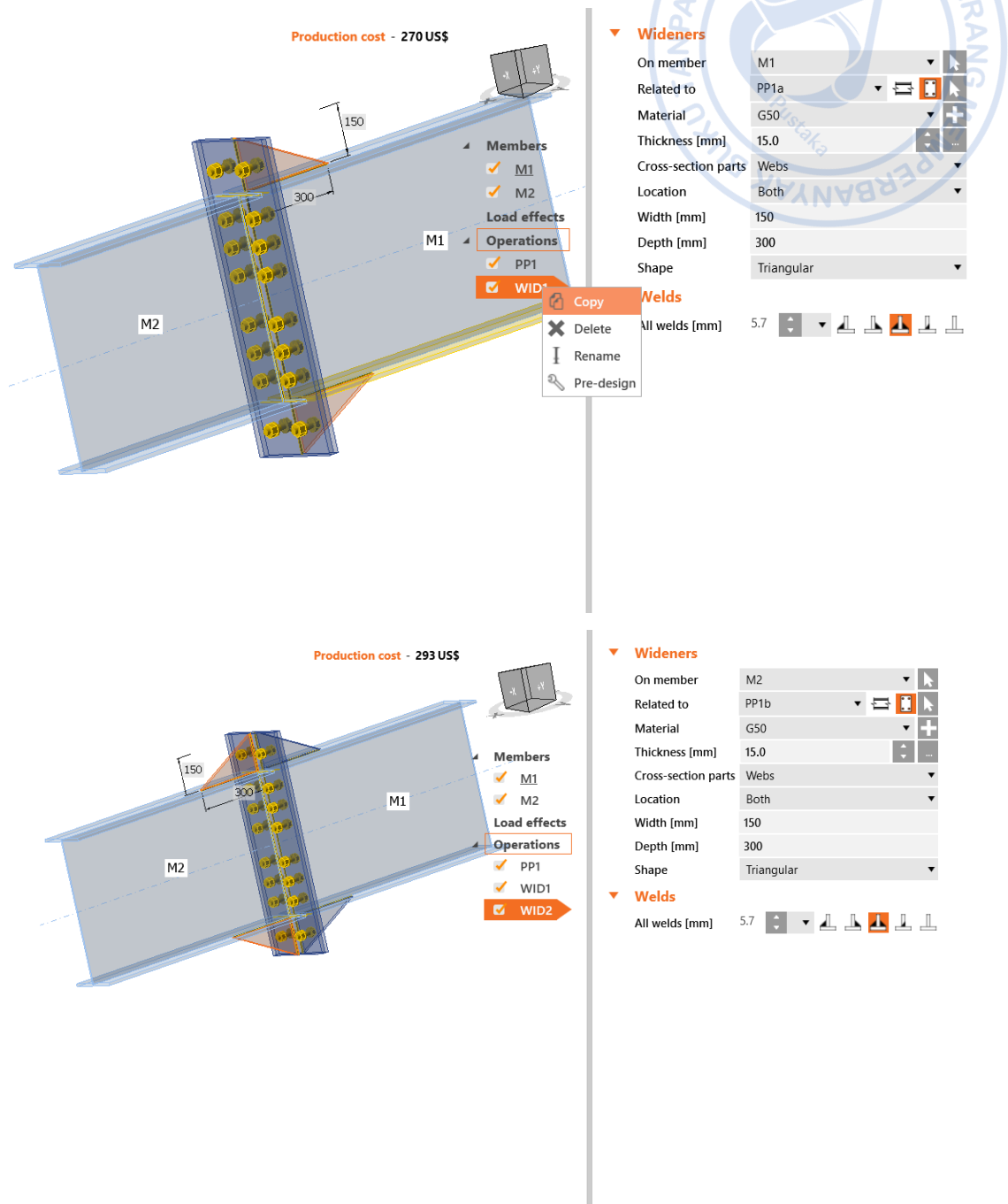


Gambar 6. 12 Widener untuk membentuk *Haunch* pada pertemuan *Rafter*



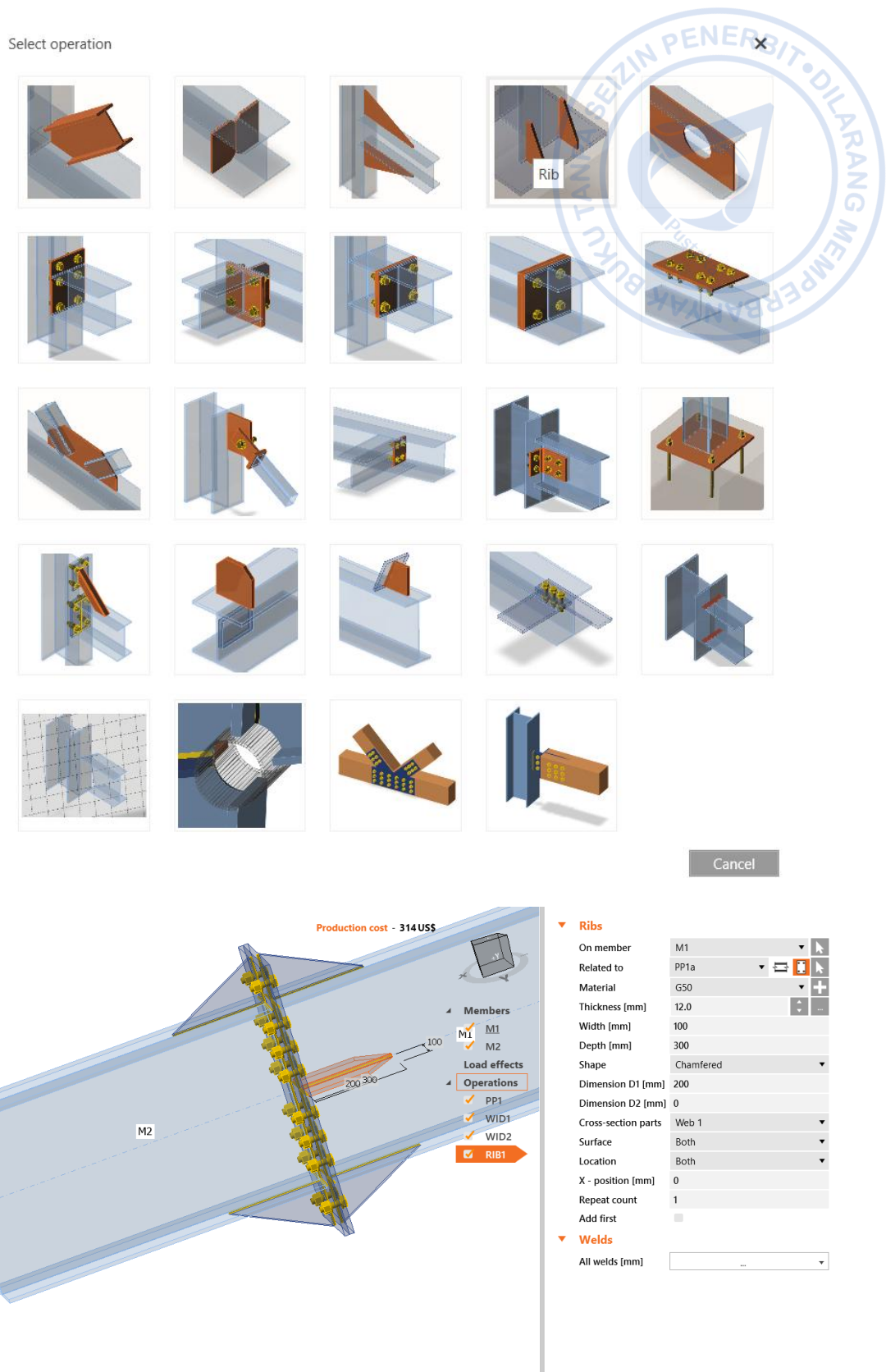
Gambar 6. 13 Properti *Haunch* bagian kanan

*Copy Widener* tersebut untuk memodelkan *widener* sebelah kiri kemudian atur *widener* kiri sesuai konfigurasi di bawah ini.

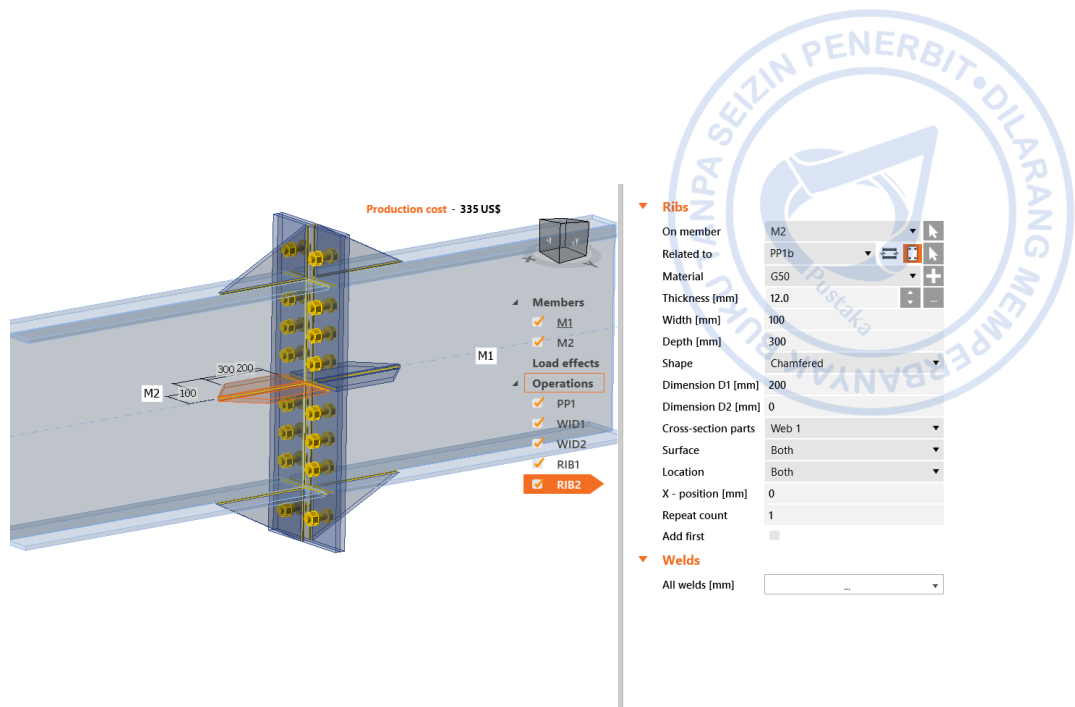


**Gambar 6. 14** Properti Haunch Bagian Kiri

Lanjutkan dengan modeling *Apex haunch* pada badan profil dengan cara tambah *Operation*→*Pilih Rib*→Atur posisi, ketebalan *Apex haunch*.



Gambar 6. 1 Properti *Haunch* badan bagian kanan



**Gambar 6. 2** Properti *Stiffener* Bagian Kiri

Terakhir, beban perlu ditambahkan untuk menganalisis kekuatan dari sambungan *aped haunch* yang telah didesain. Klik kanan pada *Load Effects* → *New Load* → Klik LE1 di bawah menu *Load Effects* → Atur beban sebagaimana gambar di bawah. Masukkan beban sesuai hasil analisis dari ETABS.

Element Forces - Beams

File Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Hidden Columns: No Sort: None

Filter: None

	Story	Beam	Unique Name	Output Case	Case Type	Station m	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN-m
▶	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	0	-56.8944	-32.5986	0.2405	-0.0043
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	0.0375	-56.8867	-32.3656	0.2405	-0.0043
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	0.0375	-56.8693	-29.3158	0.0213	-0.005
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	1.2382	-56.6241	-21.8616	0.0213	-0.005
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	1.2382	-56.5597	-18.85	0.0755	-0.0041
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	2.4388	-56.3146	-11.3958	0.0755	-0.0041
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	2.4388	-56.2768	-8.4078	0.1372	-0.0034
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	3.6395	-56.0316	-0.9536	0.1372	-0.0034
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	3.6395	-56.0464	2.0173	0.2299	-0.0018
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	4.8401	-55.8012	9.4714	0.2299	-0.0018
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	4.8401	-56.0382	12.4491	0.255	-0.0001
	TOR +18.7	B695	1780	LRFD 1-1	Combination	5.2153	-55.9616	14.7785	0.255	-0.0001

Record: << < 1 > >> of 756

Add Tables... Done

**Gambar 6.17** Hasil Gaya Dalam Profil BU.600X300X6.12 Dari Etabs

Kemudian filter stasion sesuai titik yang akan kita modelkan sambungan

	Member	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
>	M2 / End	-92.6	0.0	-15.2	0.0	-219.2	0.0

**Gambar 6. 18** Beban untuk Desain *Sambungan* Profil

Analisis dan desain *apex haunch* dapat dilakukan dengan cara klik *Calculate*

# REFERENSI

ACI Committee 318. 2014. *Building Code Requirements for Structural Concrete* (ACI 318-14). Michigan: American Concrete Institute.

*American Society of Civil Engineers*. 2000. FEMA 356: Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings. Washington D.C.: ASCE.

*American Society of Civil Engineers*. 2016. *ASCE 7-16: Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. United States of America: ASCE.

*American Institute of Steel Construction*. 2016. *AISC 2016: Specification for Structural Steel Buildings*. United States of America: AISC.

Badan Standarisasi Nasional. 2017. *SNI 2052-2017: Baja Tulangan Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2019. *SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 1729-2020: Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Badan Standarisasi Nasional. 2020. *SNI 7860-2020: Ketentuan Seismik Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

Demag Crane & Components. *Demag EKKE Standard Single-Girder Overhead Travelling Crane*.

Demag Crane & Components. *Demag Standard Cranes*.

- Departemen Pekerjaan Umum. 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung*. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit PU.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2021. *Aplikasi Spektrum Respons Desain Indonesia 2021*. Diakses pada 25 November 2023
- Fisher, James. M. 2019. *Design Guide 7: Industrial Building Design*. Chicago: American Institute of Steel Construction (AISC).
- Fisher, J.M. & Van de Pas, J.P. 2002. *New Fatigue Provisions for the Design of Crane Runway Girders*. Engineering Journal, AISC, Vol. 29, No. 2, pp. 65–73.
- Fisher, J.M. and Kloiber, L.A. 2006. *Design Guide 1: Base Plate and Anchor Rod Design*. Chicago: American Institute of Steel Construction (AISC).
- Irsyam, Masyhur. 2017. *Pemutakhiran Sumber dan Peta Gempa Indonesia 2017*. Prosiding dari Seminar Sehari Kebencanaan HUT RI Ke-72.
- MacCrimmon, M.A. 2005. *Guide for The Design of Crane-Cupporting Steel Structures*. Ontario: Canadian Institue of Steel Construction.
- MBMA. 2018. *Metal Building Systems Manual*. Ohio: Metal Building Manufacturers Association.
- Metal Building Manufacturers Association*. 2008. *Seismic Design Guide for Metall Building Systems*. United States of America: MBMA.
- Newman, Alexander. 2004. *Metal Building Systems, Design and Specifications*. United States of America: McGraw Hill.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*. Jakarta: Pusat Litbang Perumahan dan Permukiman.
- West, M.A., Fisher, J.M., and Griffis, L.G. 2003. *Design Guide 3: Serviceability Design Considerations for Steel Buildings*. Chicago: American Institute of Steel Construction (AISC).
- Wiryanto. 2016. *Stuktur Baja – Perilaku, Analisis & Desain – AISC 2010*. Tangerang: Lumina Press.

# LATAR BELAKANG PENULIS



**Ir. Totok Andi Prasetyo, M.T.** - (Ahli Teknik Bangunan Gedung Jenjang 9 , Ahli Geoteknik Jenjang 9 dan Ahli Jembatan Jenjang 9)

Penulis merupakan dosen di Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) di Jakarta, mengajar Mata Kuliah Struktur Baja, Struktur Beton dan Pondasi. Penulis juga praktisi profesional Direktur Teknik PT. TAP Rekayasa Struktur di Bekasi. Penulis menempuh pendidikan S1 di Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta lulus Tahun 2001 , lalu mengambil Magister Teknik (MT) di kampus ISTN dari tahun 2018 lulus 2020. Penulis memiliki pengalaman 24 tahun sebagai praktisi dalam bidang struktur dan geoteknik. Penulis sedang meneruskan program Doktorat di Unissula tahun 2023 sampai sekarang Berbagai macam bangunan yang penulis tangani mulai dari struktur baja yang sederhana sampai yang *complicated industrial building*. Selain struktur baja juga beliau menangani struktur beton dari *low-rise* sampai *high-rise building*. Buku ini disusun berdasarkan SNI yang terbaru.



**Utomo Saputro, S.T.**

Utomo Saputro merupakan alumni Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta (2019-2024). Selama masa kuliah penulis aktif dalam kegiatan akademik sebagai asisten dosen Perencanaan Baja dan Mengikuti program DIKTI Studi Independent Kampus Merdeka (MSIB). Sekarang penulis aktif bekerja sebagai *Junior Engineer* di PT. TAP Rekayasa Struktur.



# **PT. CITRA CONTRACTOR HASAJA**



**QUALITY, SAFETY & SPEEDY  
TO MEET THE SATISFACTION OF OUR COSTUMERS**

Your reliable partner for the successful construction and installation of the Civil , Mechanical, Electrical , for your project :

**Site and Infrastructures Development  
Building Construction :**  
Office,  
Hotel,  
Shopping Centre/Mall,  
Outdoor Sports and Recreation Centre,  
Swimming Pool and Waterparks,  
Warehouse,  
Factory and Steel Structures

**CONTACT**

Jl. Teuku Umar, Kompleks Pontianak mall Blok A 27-28  
Pontianak, 78117 Indonesia.  
Phone : (62-561) 747 658 ; 747 668  
Fax : (62-561) 765 802  
Website : [www.ptcch.id](http://www.ptcch.id)  
E-mail: [pt.citra\\_contractor\\_hasaja@yahoo.com](mailto:pt.citra_contractor_hasaja@yahoo.com)



Your reliable partner for the successful construction and installation of the Civil , Mechanical, Electrical , for your project :



**OUR PROJECTS**



# COMPANY PROFILE



**CITRA  
CONTRACTOR  
HASAJA  
PT.**

GENERAL CONTRACTOR  
JL. Teuku Umar Blok A No. 27 – 28  
Komplek Pontianak Mall  
(0561) 747658 – 747668 Fax : (0561) 765802  
EMAIL : pt. citra\_contractor\_hasaja@yahoo.com  
PONTIANAK 78117  
KALIMANTAN BARAT – INDONESIA

OUR VISION  
OUR VISION



**CITRA**

“We See PT. CITRA CONTRACTOR HASAJA  
As The Preferred Construction Contractor  
In The Region”

ENGINEERING & CONSTRUCTION COMPANY

OUR MISSION  
OUR MISSION



- To Meet Customers Expectation And Satisfaction
- To Commit Continuous Quality Improvement
- To Maintain The Optimum And Consistent Performance Of The Process
- To Promote Professional Development For Employees's Competent



## DATA PERUSAHAAN



### 1. Akte Perusahaan

- Akte Pendirian
- Notaris : Ny. Sri Rohani Wahjudi, S.H
- No / Tgl : 25 / 07 Maret 1990
  
- Akte Perubahan
- Notaris : Elisabeth Veronika Ely, SH,MH,MSi
- No / Tgl : 03/ 18 Juni 2019
  
- Notaris : Elisabeth Veronika Ely, SH,MH,MSi
- No / Tgl : 06/ 18 Juni 2022

### 2. Sertifikat Badan Usaha Jasa Konstruksi

- Bidang	:	BANGUNAN GEDUNG
- Sub Bidang	:	1. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Hunian Tunggal dan Koppel- M1
		2. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Multi atau Banyak Hunian-M1
		3. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Gudang dan Industri-M1
		4. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Komersial-B1
		5. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Hotel,Restoran,dan Bangunan Serupa Lainnya-M2
		6. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Pendidikan-M2
		7. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Kesehatan-B1
		8. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Bangunan Gedung Lainnya-M2
- Nomor	:	0 – 6171 – 06 – 002 – 1 – 14 – 000982
- Berlaku s.d.	:	03 Desember 2023
- Bidang	:	BANGUNAN SIPIL
- Sub Bidang	:	1. Jasa Pelaksana Konstruksi Instalasi Pengolahan Air Minum dan Air Limbah Serta Bangunan Pengolahan Sampah-M1
		2. Jasa Pelaksana Untuk Konstruksi Jalan Raya (Kaculai Jalan Layang), Jaln, Rel Kereta Api, dan Landas Pacu Bandara-M1
		3. Jasa Pelaksana Konstruksi Pekerjaan jembatan , Jalan Layang , terowongan dan Subways-M1
		4. Jasa Pelaksana Konstruksi Bangunan Stadion untuk Olahraga Outdoor M2
- Nomor	:	0 – 6171 – 07 – 002 – 1 – 14 – 000982
- Berlaku s.d.	:	03 Desember 2023

### 3. Nomor Induk Berusaha (IB)

- Nomor - Tgl : 0220305380595 – 09 Maret 2020

4. Nomor Pokok Wajib Pajak : 01.519.689.2-701.000
5. Pengukuhan Pengusaha Kena Pajak
  - Nomor : PEM-1461/WPJ.10/KP.0103/2002
  - Tanggal : 01 Februari 2002
6. Sertifikat Quality Management System
  - Nomor / Tgl : ISO 9001:2015 / 21 Maret 2023
  - No. Certificate : INT.2303PI/4239
  - Berlaku s.d. : 20 Maret 2024
7. Sertifikat Environmental Management System
  - Nomor / Tgl : ISO 14001:2015 / 21 Maret 2023
  - No. Certificate : INT/2303PI/4240
  - Berlaku s.d. : 20 Maret 2024
8. Sertifikat Occupational Health & Safety Management System
  - Nomor / Tgl : ISO 45001:2018 / 04 January 2023
  - No. Certificate : INT/2303PI/4241
  - Berlaku s.d. : 03 January 2023
9. Sertifikat kepesertaan BPJS Ketenagakerjaan
  - Nomor : 1300000032740
  - Nomor : 1300000032772
10. Kepesertaan BPJS Ketenagakerjaan
  - Nomor Entitas : 02650910

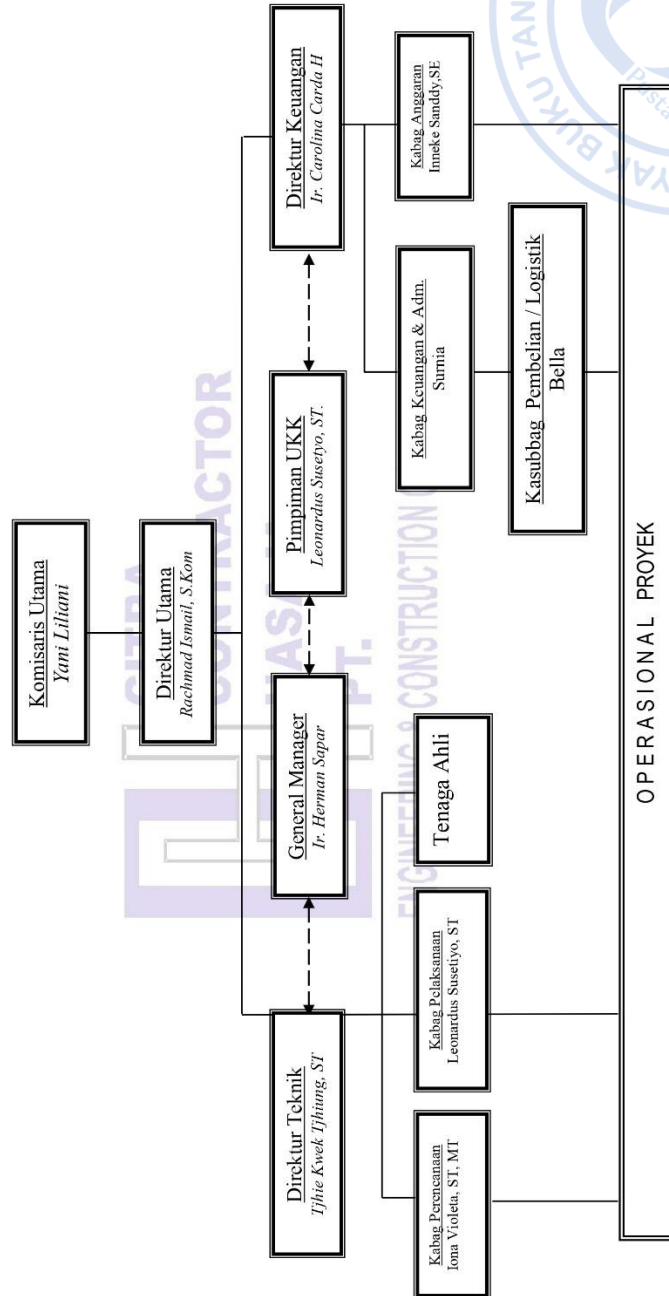


**CITRA  
CONTRACTOR  
HASAJA  
PT.  
ENGINEERING & CONSTRUCTION COMPANY**

## DAFTAR TENAGA AHLI

- ❖ Tenaga Ahli
  - Civil Engineer : - Ir. Herman Sapar  
- Ir. Carolina Carda Hendriek,CSE.  
- Ir. Ferly H. Kalalo,CSE.  
- Tjhie Kwek Tjhiung, S.T.  
- Iona Violeta, S.T., M.T.  
- Leonardus Susetiyo, S.T.,CSE.  
- Cendra Walihin, S.T  
- Hadi Sunaryanto,S.T.  
- Herawati, S.T.  
- Agustina, S.T.  
- Agung Tanjung, S.T.  
- Yunus Aditya, S.T.  
- Willis Thedra, S.T  
- Estu Ema Apriliana, S.T  
- Andri, A.Md.
  - Architect : - Deny Supranajaya, A.md.
  - Geotect : - Vivi Bachtiar, S.T., M.T.
  - Electrical & Mechanical : - Supratman,S.T.  
- Agus Rahmad S.T  
- Andi Andrayani, A.Md.
- ❖ Tenaga Penunjang
  - Teknis - Suyono
  - Mekanik - Fany Lesmana Putra  
- Fernando Gultom  
- Yohanes Giran Girianto
  - Operator Tower Crane - Arif Bella Ramadhan
  - Supir - Agus Suprpto  
- Ahmad Budi Firdaus  
- Andi Burhanudin
  - Administrasi Lapangan - Nizomi, S. Hut  
- John Laro Gultom  
- Liu Kek Sun  
- Alif Syahyaya  
- Musappa
  - Keuangan dan Administrasi - Rachmad Ismail, S.Kom  
- Inneke Sanddy, SE  
- Irwan Juniansyah  
- Bella  
- Sofianti  
- Desy Radiana  
- Surnia

## STRUKTUR ORGANISASI PERUSAHAAN





# FOTO PROYEK CCH



Pembangunan Pasar Raya Sintang Tahap II TA 2015



Pembangunan Gedung SMP Negeri 13 Pontianak



Pembangunan Showroom dan Bengkel Anzon Auto Plaza Sintang



Pembangunan Gedung Rumah Sakit Sultan Syarif Mohamad Alkadrie



Pembangunan Hotel Ibis Pontianak



Renovasi Dan Pembangunan Gedung Sekolah SD Kristen Immanuel



Renovasi Dan Pembangunan Gedung Sekolah SD Kristen Immanuel



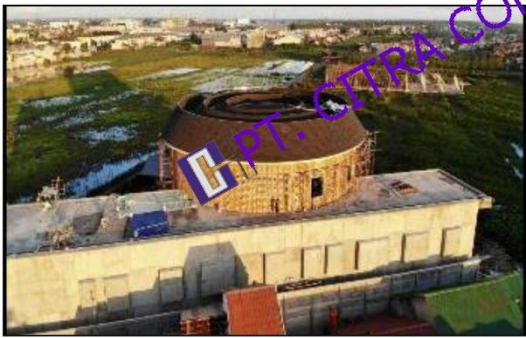
Renovasi Dan Pembangunan Gedung Sekolah SD Kristen Immanuel



Pembangunan Gedung SD-SMP Kristen Immanuel  
Jl Adi Sucipto, Kubu Raya



Pembangunan Gedung SD-SMP Kristen Immanuel  
Jl Adi Sucipto, Kubu Raya



Pembangunan Gedung Tulou Hakka Culture Centre



Pembangunan Gedung Sekolah Asoka Singkawang



Pembangunan Gedung RS Soedarso Tahap I



Pembangunan Gedung RS Sordarso Tahap II



Pembangunan Gedung RS Sordarso Tahap II



Pembangunan Gudang Anzon Di Jalan Trans Kalimantan Kubu Raya



Pekerjaan Perluasan Lantai I Hotel Golden Tulip Pontianak



Pekerjaan Pembangunan 3 Unit Rumah (D-03, D-21 dan B-08) Proyek Green Synthesis Pontianak



Pekerjaan Pembangunan Club House (Take Over) Proyek Green Synthesis Pontianak



Pembangunan Gerbang Sisi Selatan Singkawang



Pembangunan Gerbang Sisi Timur Singkawang



Pembangunan Gerbang Sisi Utara Singkawang



Pembangunan GOR Terpadu Provinsi Kalimantan Barat



# **CV. ASMARA BERSAUDARA**

# CV ASMARA BERSAUDARA PT. AB KARYA PERSADA

## DESIGN & BUILD

CIVIL & STRUCTURE  
INFRASTRUCTURE  
INDUSTRIAL BUILDING  
COMMERCIAL BUILDING  
PORT & JETTY

## COMPANY PORTFOLIO

### We Grow Your Business to Next Level

Address: Ruko Rexvin Village Blok. TH 1 No. 8 Batam Center,  
Kepulauan Riau – Indonesia, 29465  
Phone : +62 778 4165173  
E-Mail: cv.asmarabersaudara@gmail.com  
Website: <https://cvab-kp.com>

#### Contact Details

**Harivantoni** - Director  
Phone: +62 812 6891 0470, +62 853 6425 1112  
Email: [aryvantony@gmail.com](mailto:aryvantony@gmail.com)

**Jurie Sulistio Kumara** – Technical Director  
Phone: +62 878 2673 7793  
Email: [Jurie\\_sk@yahoo.co.uk](mailto:Jurie_sk@yahoo.co.uk)



## PREFACE

**CV Asmara Bersaudara (known AB)** is a family established business founded in 2014 by the present Managing Director Mr. Harivantoni.

**AB** exist as an answer to world business opportunities that are currently opening up and developing significantly, especially in the industrial, commercial, and trade construction sectors.

## PRODUCT & SERVICES

### Scope of Service

- Engineering
- Construction
- Design & Build
- Mapping & Surveying
- Feasibility Study
- Forensic Engineering

### Structural Works

- Workshop & Warehouses
- Modular Structure (Pre-Engineering Building)
- Steel Erection Work

### Civil Works

- Building Foundation & Earth Retaining Structure
- Concrete Flooring & Pavement
- Yard & Estate Drainage
- Elevated & Underground Storage Tank
- Fresh Water & Fire Waterline including Sewage line

### Buildings

- Landed House
- Modular Office Building
- Commercial Building
- Shop House
- Building Renovation & Refurbishment



## ENGINEER AFFILIATION & PROJECT HANDLED

**Engr. Jurie Sulistio Kumara**, is a graduate with Bachelor of Science in Civil Engineering from Indonesia Islamic University of Yogyakarta.

He specializes in civil - Structural design and project management through more than 20 years of professional experience in multidiscipline engineering and construction.

He also board of management of CV Asmara Bersaudara

### WORKING HISTORY

- **CV. Asmara Bersaudara** – Project Manager (2019 – Present)
- **PT. Asmara Bersaudara Karya Persada** – Project Manager (2022 – Present)
- **PT. Asmara Graha Residence** – Project Manager (2023 – Present)
- **PT. Alexindo Bangun Perkasa** – Civil & Structural Engineer (2011 – 2019)
- **PT. SAIPEM Indonesia** – Civil Project Engineer (2008 – 2011)
- **PT. SMOE Indonesia** – Civil Engineer (2006 – 2008)
- **PT. Haskon Citra Perdana** – Civil Site Engineer (2005 – 2006)
- **PT. Pan-United Shipyard Indonesia** – Structure Design Engineer (2001 – 2005)
- **PT. Hainal Konyi** – Civil Draughtsman (2000 – 2001)

### PROJECT HANDLED

Year	Project	Client/Employer	Fabricator	Scope of Work
2025	MRO Hangar F	Batam Aero Technic/ AB	REIDsteel, UK	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2024	MRO Hangar H	Batam Aero Technic/ AB	REIDsteel, UK	PEB Foundation <b>Design &amp; Construction</b>
2023	MRO Hangar G	Batam Aero Technic/ AB	REIDsteel, UK	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2021	MRO Hangar E	Batam Aero Technic/ AB	REIDsteel, UK	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2019	Spool Base	BOMC, Bintan	Nova Building, VN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2019	Milking Factory	Ultra Jaya/ JMN, Brastagi	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2021	Milking Factory	Ultra Jaya/ JMN, Cibitung	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2021	Boiler Shed	Juno/ JMN, Cikampek	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2022/23	Workshop 5, 6, 7 & 8	IMECO/ JMN, Batam	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2021~24	Fabrication Workshop	WASCO/ JMN, Batam	ATAD, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
	E/I Workshop	WASCO/ JMN, Batam	ATAD, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
	Warehouse 1 & 2	WASCO/ JMN, Batam	ATAD, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
	Blasting Painting Shop	WASCO/ JMN, Batam	ATAD, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
	Parking Lot	WASCO/ JMN, Batam	ATAD, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
	Cable Drum Shelter	WASCO/ JMN, Batam	Shanghai Synn, CN	PEB Foundation <b>Design</b>
2017	Warehouse & Office	Pranamas/ JMN, Jakarta	Bluescope, IDN	PEB Foundation <b>Design</b>
2015	Roof & Sheet Factory	AKAS/ PEB Steel, Banten	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2013	Workshop 3 & 4	IMECO/ JMN, Batam	PEB Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2012	Workshop 4 & 5	SMOE/ ABP, Batam	Layang Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2008~11	Piping & Fab Shop	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Assembly Hall	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Blasting & Paint Shop	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Power Station	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	General Store	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Painting Tunnel	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Toko Steel, CN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Maintenance Shop	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Bluescope, IDN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
	Maintenance Shelter	SAIPEM, Tj. Balai Karimun	Bluescope, IDN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>
2012	Climatology W/house	McDermott/ JMN, Batam	Zamil Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2009	Craft Training Building	McDermott/ JMN, Batam	Zamil Steel, VN	PEB Foundation <b>Design</b>
2008	Workshop 1, 2 & 3	SMOE, Batam	Zamil Steel, VN	PEB Steel Erection & Foundation <b>D &amp; C</b>

# STRUCTURAL STEEL WORK



# STRUCTURAL STEEL WORK





# **YK CONSTRUCTION**

# Company Profile

## YK Construction



Jl. Dr Cipto No. 108 Semarang



cvykconstruction108@gmail.com



024 - 3564723



08112891921

CV. YK Construction, berdiri sebagai sebuah perusahaan yang berfokus di bidang konstruksi. Berawal dari bengkel spesialis pengerjaan teralis pagar pintu dan kanopi, seiring berjalannya waktu serta kebutuhan akan aplikasi struktur baja dan bangunan CV. YK Construction berkembang menjadi bengkel yang mengerjakan baja struktur atap dan gedung-gedung.

CV. YK Construction menawarkan kerja sama dengan berbagai perusahaan nasional maupun instansi pemerintah dalam berbagai bentuk pekerjaan sesuai bidang keahlian perusahaan kami. Perusahaan kami selalu memprioritaskan kualitas dan kuantitas, serta dengan dibekali pengalaman dari proyek-proyek yang telah kami kerjakan, kami menawarkan pelayanan terbaik kepada klien kami.

## Visi

**CV. YK Construction menjadi perusahaan yang berkembang dan bermanfaat untuk memenuhi kebutuhan kepada para pelanggan.**

## Misi

- 01** Memberikan kepuasan kepada para pemakai jasa kami
- 02** Meningkatkan mutu layanan kami kearah yang lebih baik, rapi, cepat serta kuat.
- 03** Menjadi perusahaan yang dapat di percaya dan bertanggung jawabkan



## Bidang Layanan

- 01 Struktur Baja
- 02 Kuda-Kuda Rangka Atap
- 03 Kanopi
- 04 Facade
- 05 Pintu Pengaman dan Teralis
- 06 Rolling Door
- 07 Pintu Sliding dan Tikung Garasi
- 08 Pintu Gerbang Sliding dan Swing
- 09 Pintu Gerbang Teleskopik
- 10 Folding Gate
- 11 Railing dan Balkon
- 12 Tangga besi dan Tangga Putar



# LEGALITAS PERUSAHAAN



## CV. YK CONSTRUCTION

-  Nomor Induk Berusaha CV. YK Construction  
NIB : 8120113201624
-  Akta Pendirian CV. YK Construction  
No. 34 Tanggal 30 Oktober 2012
-  Akta Perubahan CV. YK Construction  
No. 8 Tanggal 16 Juli 2021
-  Keputusan Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia  
Republik Indonesia No AHU-0024180.AH.01.16.TAHUN 2021
-  NPWP: 31.626.050.4-517.000
-  SBU KONSTRUKSI BG 001 - Konstruksi Gedung Hunian  
SBU KONSTRUKSI BG 002 - Konstruksi Gedung Perkantoran  
SBU KONSTRUKSI BG 003 - Konstruksi Gedung Industri  
SBU KONSTRUKSI BG 005 - Konstruksi Gedung Kesehatan  
SBU KONSTRUKSI BG 006 - Konstruksi Gedung Pendidikan

# PROYEK KAMI

## BANGUNAN UMUM

### PABRIK & PERKANTORAN

- 01** Direksi Keet, Jakarta
  - Pekerjaan struktur baja dan atap
- 02** Gudang, Gunung Pati, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 03** Bangunan kantin & gudang PT. Kingda Marine Technical, Kawasan Industri Wijaya Kusuma, Semarang
  - Pekerjaan jasa fabrikasi dan ereksen
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 04** Bangunan gudang pakan ternak & kantor, Weleri
  - Pekerjaan konstruksi struktur baja utama
  - Pekerjaan lantai mezzanine
  - Pekerjaan rangka atap
  - Pekerjaan tangga
- 05** Bangunan pabrik & kantor Loka Boga, Kawasan Industri Wijaya Kusuma, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi struktur baja
  - Jasa fabrikasi dan ereksen
- 06** Bangunan gudang mainan Rajawali Kawasan Industri Gatot Subroto blok X, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 07** Bangunan gudang dan kantor PT. Central Prima, Kawasan Industri Gatot Subroto blok C-6, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja
  - Pekerjaan lantai tingkat / mezzanine
- 08** Bangunan gedung batu bara PT Dua Kelinci, Pati
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 09** Bangunan gedung OSE, PT Dua Kelinci, Pati
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 10** Bangunan gudang permen, Kawasan Industri Kaligawe Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja rehab
- 11** Gedung di Kawasan Industri Kaligawe, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 12** Kantor dan Workshop PT. Alam Daya Sakti, Kawasan Industri Gatot Subroto Tahap V, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 13** Gedung kantor OJK, Yogyakarta
  - Pekerjaan konstruksi baja

- 14** Gedung kantor OJK, Solo
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 15** Gedung Sekretariat Daerah, Banten
  - Pekerjaan konstruksi baja
- 16** Gudang ban Rawa Belong, Jakarta
  - Pekerjaan pembangunan ulang konstruksi baja gudang
- 17** Gudang dan kantor KIW Gatot Subroto, Semarang
  - Pekerjaan konstruksi gudang dan kantor

### RUMAH SAKIT

- 18** Rumah Sakit Akademik UGM, Jombor
    - Pekerjaan perkuatan lantai
  - 19** RSUD Tidar, Magelang
    - Pekerjaan kanopi main entrance gedung rawat inap kelas III
  - 20** Gedung Hemodialisa & Kemuning RSUD Grobogan, Grobogan
    - Pekerjaan konstruksi baja
  - 21** Gedung Rumah Sakit Wirosari, Grobogan
    - Pekerjaan ACP
    - Pekerjaan sunscreen
    - Pekerjaan kisi-kisi ACP
    - Pekerjaan konstruksi baja
  - 22** Gedung parkir IRJA RSUD Kariyadi, Semarang
    - Pekerjaan atap ram
  - 23** RSUD Kariyadi, Semarang
    - Pekerjaan railing tangga
    - Pekerjaan hand railing
    - Pekerjaan separator lift (beam)
  - 24** RSUD Kudus, Kudus
    - Pekerjaan Facade ACP
  - 25** RSUD Tugurejo, Mangkang, Semarang
    - Pekerjaan konstruksi rangka atap gedung parkir 6 lantai
    - Pekerjaan konstruksi baja gedung rawat inap kelas III 5 lantai
- ### CAFE & RESTORAN
- 26** 5TH Avenue, Jl. Gajahmada No. 99 E Semarang
    - Pekerjaan konstruksi rangka baja atap
    - Pekerjaan balkon lantai rooftop
  - 27** Resto & Cafe, Jl. S.Parman, Semarang
    - Pekerjaan konstruksi baja
    - Pekerjaan konstruksi rangka tower
    - Pekerjaan kanopi kaca
    - Pekerjaan tangga bangunan

## GALERI PROYEK



Konstruksi baja atap kantor Otoritas Jasa Keuangan (OJK) - YOGYAKARTA



Konstruksi baja atap kantor Otoritas Jasa Keuangan (OJK) - SOLO



**BMB**

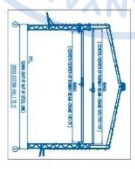
## INTRODUCTION

BMB Steel is known for the quality of its products and services and for its attention to safety, and we are determined to maintain our high standards through continuous improvement of processes and procedures. Our organization and all the plants are ISO 9001: certified. BMB Steels is structured into two main divisions as following

- (1) Pre Engineered Steel Building
  - (2) Structural Steel
- BMB Steel has done over two thousand buildings and all kind steel structure projects such as warehouse, factory, showroom, steel mill, fertilized factory, shiyard shop, hydro power plant, bridge, communication tower, kingpost of high-rised building, ... etc just for ten years since 2004.
- BMB Steel's commitment is high quality, timely delivery with our customers. We always have relationship with our customers. BMB Steel, we would be delighted to hear from you and look forward to serving you.



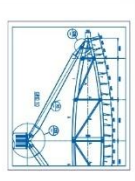
# Offering full package of Design / Fabrication/ Erection



Concept Design



Proposal Drawing



Approval & Shop Drawing Design



Raw Material Test



Making Straight



Manual Welding



Automatic Welding



Hydraulic Cutting Machine



CNC & Hydraulic Cutting



Tensile Test



Grinding



ND Testing



Surface Preparation



Painting



Testing



Packing



Completion



Installation of Panel & Accessories



Frame Erection



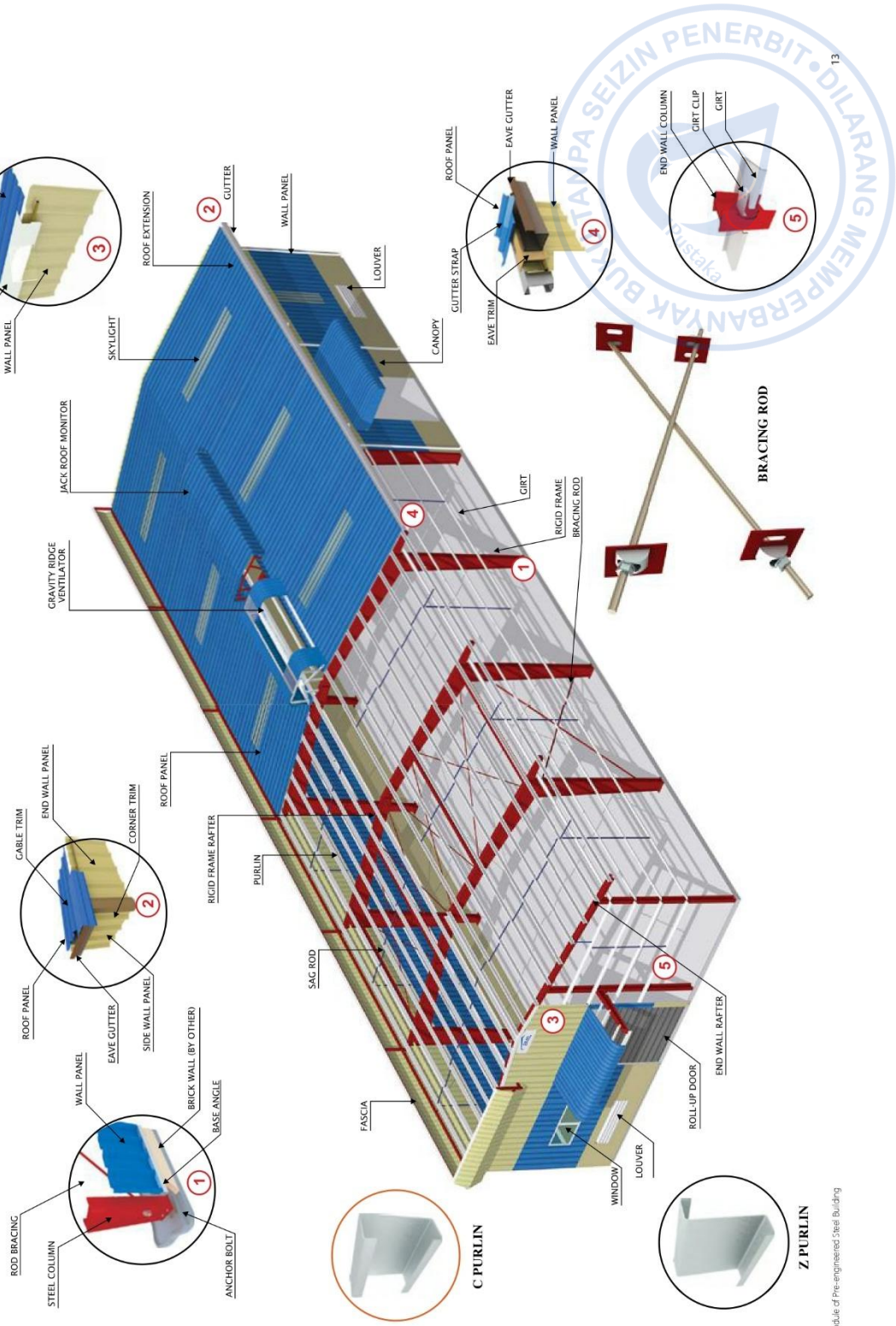
Setting up Anchor Bolt



Delivery



# Module of Pre-engineered Steel Building



12. Module of Pre-engineered Steel Building



# Projects in Singapore, Australia & Indonesia



**SIKA**  
Steel tonnage: 300 tons of steel  
Location: Australia



**SAMSUNG**  
Project type: The extension  
Steel tonnage: 350 tons of steel  
Location: Australia



**UTRACO**

Project type: Shipyard  
Steel tonnage: 1,000 tons of steel  
Location: Batam - Indonesia



**PUNGGOL DEPOT**

Project type: Warehouse  
Area: 5,000 sq meters  
Location: Singapore



92. Projects in Singapore, Australia & Indonesia





# **PT. PREFAB BAJATAMA INTERNATIONAL**



# PT.PREFAB BAJATAMA INTERNATIONAL

RELIABLE STEEL SOLUTION

## OUR SERVICES



ENGINEERING



FABRICATION



ERECTION



PROJECT  
MANAGEMENT



LOGISTIC

A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)

We provide various solution for various industries, factory, commercial and infrastructure projects. Started as a steel structure fabricator and erector, we have since grown our operation to several subsidiaries and affiliated companies strongly focused on serving our clients to its outmost satisfaction.



### MANUFACTURING FACILITY

We have 3 (three) manufacturing facilities in Cikarang Bekasi.

We own three fabrication shop with total area **35.000 m2** and able to fabricate **1.000 Mt/month for Steel Structure and 400 MT/month for Cold Form Purlin**

We are ISO Certified having modern production equipment line and always pay attention to continues improvement to ensure quality with earliest schedule

All the fabrication process from Cutting, Fitting, Welding, Straightening and Finishing are strictly controlled by in house QC regardless of client requirement



Our engineered building solutions is the core of our specialty; ranging from design, civil works, structural works, architectural, M&E, plant equipment installation & comisioning up to operational support can be applied for various purposes in a wide range of building structures such as factory, refinery, warehouse, workshop, powerplant, hangar, stadiums, steel bridge, modular building and other multi-purpose buildings

Subsidiary of **Kharisma Guna Makmur Group**, providing **complete solution including design, engineering, fabrication and erection** of Pre-Engineered Building Pre and Prefab Lite Steel Structure. Founded in 2010, PT Prefab Bajatama Internasional started as steel fabricators. Our core business steel fabrication, construction and industrial supply chain.



#### Our production facilities are :

Overhead and Gantry Crane, Welding Machines, CNC Cutting Machine, Beam Straightening Machine, Automatic Beam Welding and Assembly Machine, Sandblasting, Purlin, Roll Forming, EDP

We also able to accept special requirement project such as high rise building, bridge, pipe rack and modular fabrication

### WHAT MAKES BAJATAMA INTERNATIONAL DIFFERENT ?

- Offers a total building solution including :
- Providing of Steel Building Material and Steel Solution
  - In House Manufacturing
  - Local Support Engineering & Project Service Team
  - Customized Building Solution
  - Value Engineered Solution
  - Safety & Quality Assurance

This eliminates the need to deal with multiple suppliers and service providers. Customers can be assured they are getting consistenly high quality from PREFAB BAJATAMA INTERNASIONAL



A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)

## OUR MACHINERY



**WELDED BEAM**



**PURLIN**

Profile C/Z 80mm - 300mm  
Thick 1.00 mm - 3.00 mm



**ROLL FORMING**

Cut to Length  
Thick 0.25 - 1 BMT

## OUR SERVICES



## OUR PRODUCT

**1** Prefab Pre Engineered Building



**2** Prefab Lite & Modular



**3** Purlin Galvanized HI-Ten



**4** Prefab Watertank



**5** Metal Roof & Wall Solutions



**6** Bridge Girder



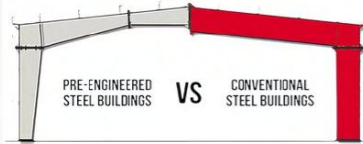
A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)

# 1 PREFAB Pre - Engineered Building

Pre - Engineered Buildings (PEBs) are advanced construction systems primarily made from steel, designed for efficiency, speed, and cost-effectiveness. These buildings are fully engineered at a factory, where components are precisely manufactured and then transported to the construction site for quick assembly.

Overall, pre-engineered buildings represent a modern solutions to traditional construction challenges, offering speed, flexibility, and cost savings without compromising quality.



### Key characteristic of PEBs Include

- Design Efficiency
- Cost-Effectiveness
- Durability and Quality
- Flexibility and Versatility



### Applications

Pre-Engineered Building have become more popular in the construction industry thanks to its advantages over conventional building such as high durability, high speed construction and cost effectiveness.

Industrial	Heavy Industry	Institutional	Recreational
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Factories</li> <li>• Workshops</li> <li>• Warehouses</li> <li>• Bulk Products Storage</li> <li>• Cold Stores</li> <li>• Car Parking Sheds</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cement Plants</li> <li>• Steel Mills</li> <li>• Paper Mill Factories</li> <li>• Tire Factories</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schools</li> <li>• Exhibition Halls</li> <li>• Hospitals</li> <li>• Theaters</li> <li>• Bookshelves</li> <li>• Sport Halls</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indoor Tennis Court</li> <li>• Swimming pool</li> <li>• Gymnasiums</li> </ul>
Commercial	Aviation & Military	Agricultural	And Many More...
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Showrooms</li> <li>• Distribution Centres</li> <li>• Supermarkets</li> <li>• Restaurants</li> <li>• Offices</li> <li>• Shopping Centers</li> <li>• Service Stations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aircraft Hangars</li> <li>• Administration Buildings</li> <li>• Residential Barracks</li> <li>• Support Facilities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poultry-Glary Farms</li> <li>• Greenhouses</li> <li>• Grain Storage</li> <li>• Animal Confinement</li> </ul>	

### Why use PREFAB Pre Engineered Building ?

3 main reasons behind the decision to use PEB system in a project.



# 2 PREFAB Prefab and Modular Building Advantage

As a one stop solution material, Prefab Lite can make construction work more efficient in terms of time and design. The product's quality is made of galvanized coating, ensures that buildings stand firmly and in accordance with the desired design.



* PREFAB LITE	* QUALITY	* COST EFFICIENT
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Building Design</li> <li>• Design Calculation</li> <li>• Proposal Drawing</li> <li>• Inhouse Manufacturing</li> <li>• Supply Component</li> <li>• Project Service</li> <li>• Single Supplier</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Appearance</li> <li>• Durability</li> <li>• Performance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cheaper Transport Cost</li> <li>• Labour Efficient</li> <li>• Quick Supply</li> <li>• Easy to Install</li> <li>• Zero Waste</li> </ul>

# 3 INDOPURLIN Galvanized Hi - TEN Advantage

Indopurlin is the best multi-purpose construction material for your building system. Indopurlin can be used flexibly for building components or as an integrated structural system.



### Advantage

Indopurlin can be used as building component such as purlin, girt, fascia, or as a building, systems for warehouse, factory, carport, mezzanine, shelter, canopy, extension building and many others. Indopurlin has many advantages: FAST Production, LIGHT weight, High STRONG, and SAVE overall costs.

Indopurlin is a New Age Building Solution, Unbeatable solution for seamless aesthetics and functionality, accelerate construction & save cost. Indopurlin is the best breakthrough in building materials technology

# 4 TIGER WATER SOLUTION Pre Fabricated Steel Water Tank Advantage

Tiger Water Solutions manufactures high-quality water storage tanks for many customers in Australia and Southeast Asia. With over 20 years of experience in the water industry, you can be assured that TWS tanks are designed for harsh environmental conditions and will provide trouble-free service for years to come.

The modular tank design has been developed and successfully used in Australia and other countries. You will find many advantages compared to traditional tank constructions:

- Value for Money
- Versatility
- Ease of Transportation
- Ease of Construction
- High Quality



A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)

## PROJECT REFERENCE

### Heavy Industrial Project

**PROJECT** - Multistory -  
Refinery - Selago Makmur  
Plantation  
**LOCATION**  
Cilegon - Banten



**PROJECT** - Biodiesel -  
Johnlin Group

**LOCATION**  
Batulicin - Kalimantan



### Industrial Project

**PROJECT** - Building  
Reinforcement - Kimberly  
Clark - Softex

**LOCATION**  
Karawang - West Java



**PROJECT** - Factory -  
Bluescope Indonesia

**LOCATION**  
Cilegon Banten



### Prefab Lite - Modular Building

**PROJECT** - Site Office -  
Patimban Port

**LOCATION**  
Subang - West Java



**PROJECT** - Warehouse &  
Workshop - Patimban Port

**LOCATION**  
Subang - West Java



A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)



## Our Project



## Contact Us

- ✉ salesadmin@building.co.id
- 📞 **Phone** (021) 8914 3695
- 📞 **Alexander F** (+62) 818 0612 6363
- 📞 **Fahri M** (+62) 812 103 4458

**Sales Office**  
Alamanda Tower 23rd floor  
Jl TB Simatupang Kav 23-24 Jakarta Selatan

**Workshop 1**  
Jl. Raya Tanjung Pura - Kedung Gede, RT001/RW001, Kedungwaringin, Kec. Kedungwaringin, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17540

**Workshop 2**  
Jl. Raya Bekasi KM.28 Kp. Cibuntu, RT.001/RW.001, Waringinjaya, Kec. Kedungwaringin, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17540

**Workshop 3**  
Jl. Raya Rengas Bandung No.82, Tanjungbaru, Kec. Cikarang Tim., Kabupaten Bekasi, Jawa Barat 17530

A general contractor experienced in handling various steel structure projects and steel material fabrication using high-precision machinery

[www.building.co.id](http://www.building.co.id)