



ABSTRAK

Struktur atap baja profil WF banyak digunakan pada bangunan gedung karena memiliki kekuatan yang baik serta kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi. Pemilihan dimensi profil baja yang tepat sangat penting untuk menjamin bahwa elemen struktur mampu menahan beban yang bekerja sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Kajian ini bertujuan untuk mengkaji kekuatan struktur portal atap baja WF pada bangunan gedung dengan peninjauan elemen *rafter*. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mempertimbangkan beban mati, beban hidup, beban hujan, beban angin dan beban gempa yang dianalisis menggunakan metode statik ekuivalen sesuai dengan SNI 1726:2020 dan pembebanan lainnya mengacu pada SNI 1727:2020. Evaluasi dilakukan dengan meninjau gaya dalam, rasio kapasitas elemen struktur, serta kontrol desain secara manual berdasarkan ketentuan perencanaan struktur baja. Hasil analisis menunjukkan bahwa profil kolom baja WF 200 x 200 x 10 x 16 serta profil balok dan *rafter* WF 250 x 175 x 7 x 11 mampu memenuhi persyaratan kekuatan yang ditinjau dari nilai rasio kapasitas elemen struktur yang berada di bawah batas yang diizinkan. Dengan demikian, struktur atap baja WF pada bangunan gedung tersebut dinyatakan memenuhi ketentuan perencanaan struktur baja yang berlaku, dan dinyatakan aman dan layak digunakan.

Kata kunci: Struktur atap baja, Portal baja WF, Rasio kapasitas, ETABS, SNI 1729:2020

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Baja

Baja merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan setelah beton. Logam ini dikenal luas karena berbagai keunggulannya, terutama dari segi kekuatan dan efisiensi waktu pelaksanaan, sehingga sering diprioritaskan sebagai bahan utama dalam pembangunan struktur gedung maupun jembatan (Arifi & Setyowulan, 2020).



Gambar 2. 1 Material baja
Sumber: Dokumentasi pribadi

Baja sebagai unsur struktural dapat dikelompokkan menurut komposisi kimianya, sifat kekuatan tariknya, dan cara pembuatannya, sehingga menghasilkan beberapa jenis seperti baja karbon (*carbon steel*), baja paduan rendah berkekuatan tinggi, (HSLA), baja karbon yang mengalami perlakuan panas (*heat-treated carbon steel*), dan baja paduan konstruksi yang diberi perlakuan panas (*heat-treated constructional alloy steel*). Kategori-kategori tersebut menjadi acuan yang menentukan bagaimana sifat mekanis baja terbentuk ketika digunakan sebagai material konstruksi (Arifi & Setyowulan, 2020).

2.1.1 Sifat Mekanis Baja

Kemampuan material baja untuk menerima dan menahan beban sangat dipengaruhi oleh sifat mekanisnya. Menurut (Seng dkk., t.t.), sifat mekanis dapat didefinisikan sebagai karakteristik yang menggambarkan kekakuan dan ketahanan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

suatu material terhadap berbagai jenis beban yang bekerja padanya. Berikut adalah sifat mekanis baja berdasarkan Badan Standarisasi Nasional Indonesia

Tabel 2. 1 Sifat mekanis baja berdasarkan mutu baja

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, Fu (MPa)	Tegangan leleh minimum, Fy (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2002)

Nilai tegangan leleh (Fy) dan tegangan putus (Fu) yang digunakan tidak boleh melampaui nilai yang tercantum pada Tabel 2.1, Sedangkan sifat-sifat mekanis lainnya mengacu pada ketentuan yang tertera dalam Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Sifat mekanis baja menurut

Sifat Mekanis	Simbol	Nilai	Satuan
Modulus elastisitas	E	200.000	MPa
Modulus geser	G	80.000	MPa
Nisbah poisson	μ	0,3	
Koefisien pemuaian	α	12×10^{-6}	/oC

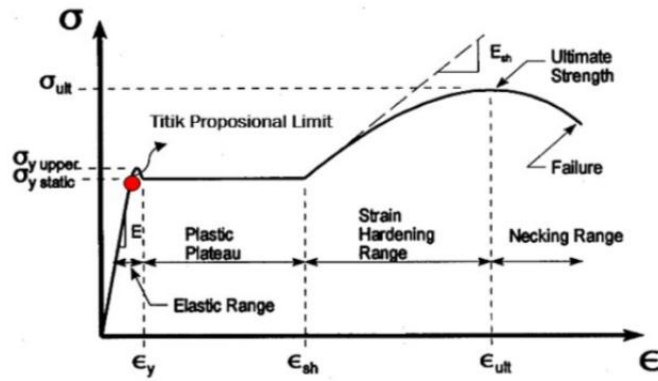
Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2002)

2.1.2 Karakteristik Tarik Baja

Baja adalah salah satu jenis material struktural yang memiliki keunggulan dari segi sifat mekaniknya, terutama dalam hal kekuatan tarik. Untuk memahami secara komprehensif perilaku mekanik baja, uji tarik diperlukan sebagai metode pengujian yang dapat menggambarkan korelasi antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) saat material secara bertahap dikenakan beban tarik hingga mencapai titik kegagalan berupa patah. Hubungan antara tegangan dan regangan pada baja yang dikenakan beban mengalami deformasi dapat digambarkan melalui kurva *stress-strain* yang ditunjukkan pada ilustrasi berikut:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 2 Kurva tegangan-regangan

Sumber: (Tri Widya Swastika & Erlina Yanuarini, 2019)

Penjelasan menurut (Tri Widya Swastika & Erlina Yanuarini, 2019) sebagai berikut:

- a. Dimana $\sigma = P/A$ dan $\epsilon = \Delta L/L$, maka Modulus Elastisitas E ditunjukkan oleh kemiringan garis yang melewati titik nol $\rightarrow E = \sigma/\epsilon$
- b. Di antara titik nol hingga titik batas proporsional $\rightarrow$ hukum Hooke berlaku
- c. *Elastic range* $\rightarrow$ regangan sebelum mencapai tegangan leleh
- d. *Plastic plateau* $\rightarrow$ regangan yang muncul setelah tercapainya tegangan leleh, tanpa disertai kenaikan tegangan (ada penambahan uluran)
- e. *Strain hardening* $\rightarrow$ daerah penguatan regangan, dimana tambahan regangan terjadi bila ada tambahan regangan
- f. *Necking range* $\rightarrow$ setelah pembebanan melampaui ultimit, berangsur-angsur terjadi pengurangan luas penampang, sehingga terjadilah *failure*
- g. Material baja dengan σ_y lebih besar, tidak ada daerah datar (*plateau*). Regangan leleh ϵ_y dan regangan putus ϵ_u lebih kecil, material kurang *ductail*.
- h. Daktilitas material baja $\rightarrow \epsilon_{sh}/\epsilon_y$

2.1.3 Desain Kekuatan Baja Berdasarkan LRFD (*Load and Resistance Factor Design*) atau DFBT (*Desain Faktor Beban dan Ketahanan*)

Menurut Badan Standarisasi Nasional Indonesia, suatu desain dapat dikatakan memenuhi ketentuan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBT) apabila kekuatan desain pada tiap komponen struktur bernilai sama dengan atau lebih besar daripada kekuatan perlu yang diperoleh dari kombinasi beban DFBT. Persyaratan tersebut dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$R_u \leq \phi R_n$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan

R_u = Kekuatan perlu berdasarkan kombinasi beban

R_n = Kekuatan nominal

ϕ = Faktor ketahanan

ϕR_n = Kekuatan desain

2.1.4 Keunggulan dan Kekurangan Baja Sebagai Material Konstruksi

2.1.4.1 Keunggulan Material Baja (Tri Widya Swastika & Erlina Yanuarini, 2019)

a. Ringan

Karena baja mempunyai berat sendiri (*self weight*) yang kecil.

b. Berkekuatan Tinggi

Baja memiliki kekuatan (*high strength*) yang besar dibandingkan dengan beratnya per satuan.

c. Elastis

Sesuai dengan hukum Hooke, modulus elastisitas pada konstruksi baja dapat dihitung secara akurat hingga tercapainya tegangan yang cukup tinggi, berbeda halnya dengan beton.

d. Liat (*Ductile*)

Material tersebut mengalami deformasi yang cukup besar sebelum akhirnya mengalami keruntuhan. Ketika menerima beban berlebih, akan terjadi pengurangan luas penampang (*necking range*) yang disertai defleksi besar sebagai tanda peringatan sebelum keruntuhan terjadi. Hal ini berbeda dengan material getas (*brittle*), yang cenderung hancur secara tiba-tiba akibat beban kejut.

e. Praktis

Kemudahan penyambungan dan cepat dalam pemasangan

2.1.4.2 Kelemahan Material Baja (Tri Widya Swastika & Erlina Yanuarini, 2019)

a. Biaya Pemeliharaan

Karat pada baja akibat penggunaan di udara terbuka, di dalam air, maupun di lingkungan yang agresif dapat diatasi melalui pengecatan berkala atau proses *galvanizing*. Selain itu, biaya pemeliharaan juga dapat ditekan dengan menggunakan *weathering steel*, yaitu jenis baja yang memiliki ketahanan

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karat lebih baik berkat kandungan *chromium* 0,3-1,25%, *mangan* 0,6-1,5%, dan *copper* 0,25-0,4%.

b. Ketahanan Kebakaran

- Baja akan mengalami penurunan kekuatan secara drastis apabila terpapar temperatur tinggi saat terjadi kebakaran → E tereduksi drastis pada suhu 540° C. Pada 723° C baja mulai menunjukkan perubahan struktur dan pada 1550° C baja melebur (suharto, 1991)
- Karena baja bersifat konduktor atau penghantar panas yang baik, konstruksi baja perlu dilengkapi sistem *fire proofing*.

c. Bahaya Tekuk (*buckling*)

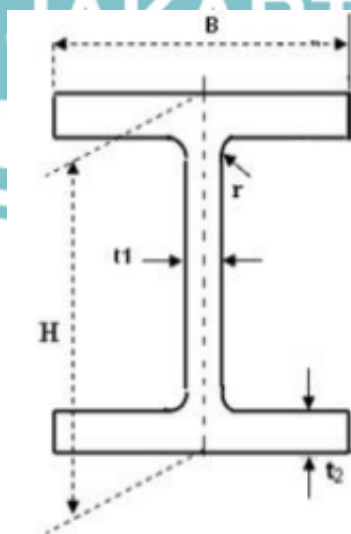
Fenomena ini terjadi pada batang yang panjang dan langsing, di mana semakin langsing suatu elemen tekan, semakin besar pula risiko terjadinya *buckling*.

d. Bahaya lelah (*fatigue*)

Elemen struktur beresiko mengalami kelelahan (*fatigue*) apabila menerima beban bolak-balik atau siklis, seperti beban gempa maupun beban bergerak dari kendaraan, yang menyebabkan penurunan kekuatan material.

2.1.5 Profil Baja WF (*Wide Flange*)

Profil *Wide Flange* merupakan profil berpenampang H atau I yang diproduksi melalui proses canai panas (*Hot rolling mill*). Profil WF-beam ini memiliki dimensi berupa tinggi badan (H), lebar sayap (B), tebal badan (t1), serta tebal sayap (t2) yang seragam mulai dari ujung hingga pangkal radius (r) (Meidiani & Marlina, 2017).



Gambar 2. 3 Baja profil WF

Sumber: (Meidiani & Marlina, 2017)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2 *Rafter*

Rafter merupakan salah satu komponen utama dalam sistem struktur bangunan yang berfungsi penting untuk menopang berbagai beban yang bekerja pada atap, seperti beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban hujan. Selain berfungsi sebagai elemen pemikul beban *rafter* juga berperan dalam menjaga kekuatan struktur secara keseluruhan. Peran ini menjadi semakin penting pada bangunan yang memiliki bentang yang panjang, karena *rafter* harus mampu menyalurkan beban secara efektif ke struktur pendukung tanpa mengalami deformasi atau kegagalan yang dapat memengaruhi kinerja bangunan (Putra Bimantara & Hardawati, 2026).



Gambar 2. 4 Rafter pada proyek

Sumber: Dokumentasi proyek

2.3 Sistem Pembebanan

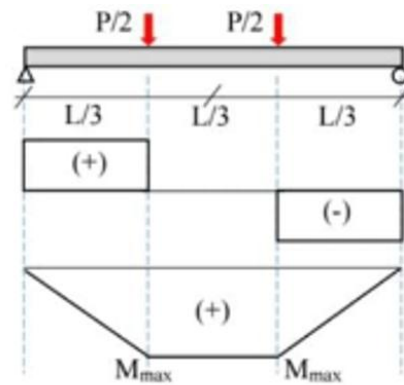
Beban-beban yang diperhitungkan dalam proses evaluasi struktur atap gedung ini mencakup beban vertikal maupun beban horizontal. Dalam analisis gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur atap, diterapkan beberapa kombinasi pembebanan yang sesuai dengan regulasi dan standar perencanaan yang berlaku (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2020).

2.3.1 *Four Point Bending Test* (Tri Widya Swastika)

Sistem pembebanan ini menerapkan empat titik, yaitu dua titik berfungsi sebagai tumpuan yang menghasilkan reaksi dan dua titik lainnya sebagai lokasi pemberian beban (aksi). Ilustrasi sederhana mengenai prosedur pembebanan tersebut dapat diamati pada gambar berikut

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2. 5 Diagram momen *four-point bending test*

Sumber: Kajian Eksperimental Tegangan Sisa *C-Section G550* dan Sambungan Sekrup pada Balok *Cold-Formed Steel Built-Up Box Section*, Tri Widya Swastika

2.3.2 Beban Vertikal

Beban vertikal adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan struktur, baik berupa gaya ke bawah akibat pengaruh gravitasi maupun gaya ke atas pada kondisi-kondisi tertentu. Beban ini meliputi beban mati dan beban hidup yang memberikan pengaruh langsung terhadap elemen struktur.

a. Beban Mati

Beban mati (*dead load*) didefinisikan sebagai berat keseluruhan material dan komponen konstruksi pembentuk struktur bangunan gedung yang telah terpasang pada posisinya. Kategori beban mati ini mencakup elemen struktural utama seperti dinding, lantai, atap, plafon, tangga serta dinding partisi permanen. Di samping itu beban mati juga meliputi komponen *finishing*, klading gedung, dan berbagai elemen arsitektural maupun struktural pendukung lainnya (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2020). Adapun jenis dan berat sendiri beban mati berdasarkan SNI 03-1727-1989:

Tabel 2. 3 Berat Sendiri Beban

Bahan bangunan	Berat	Satuan
Baja	7.850	Kg/m ³
Beton	2.200	Kg/m ³
Beton bertulang	2.400	Kg/m ³
Kayu (kelas I)	1.000	Kg/m ³

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 1989)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

b. Beban Hidup

Beban hidup (*live load*) didefinisikan sebagai beban yang timbul dari aktivitas pengguna atau penghuni bangunan gedung maupun struktur lainnya, yang sifatnya tidak tetap dan dapat berubah-ubah selama masa penggunaan bangunan. Kategori beban hidup ini mencakup seluruh beban akibat aktivitas manusia, perabotan, peralatan yang dapat dipindah-pindahkan, serta berbagai elemen non-struktural lain yang terdapat di dalam maupun di atas struktur bangunan (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2020).

c. Beban Hujan Desain

Beban hujan (*rain load*) didefinisikan sebagai beban yang timbul akibat akumulasi air hujan pada struktur atap, yang terjadi karena kegagalan atau tersumbatnya sistem drainase utama. Beban ini terdiri atas dua komponen, yaitu beban akibat genangan air hujan yang terkumpul di permukaan atap serta beban merata yang dihasilkan oleh naiknya permukaan air di atas lubang masuk sistem drainase sekunder pada kondisi aliran desain yang telah ditentukan (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2020).

2.3.3 Beban Horizontal

Beban horizontal (*lateral load*) adalah gaya yang bekerja secara horizontal pada struktur bangunan, bukan dalam arah gravitasi. Beban ini biasanya disebabkan oleh fenomena eksternal seperti angin dan gempa bumi yang menyebabkan struktur mengalami deformasi, pergeseran, atau mengalami gaya geser lateral (Ulum, 2025).

a. Beban Angin

Beban angin (*wind load*) merupakan seluruh gaya atau tekanan yang bekerja pada struktur gedung yang dihasilkan dari adanya perbedaan tekanan udara di berbagai sisi permukaan bangunan. Perbedaan tekanan udara ini terjadi akibat pergerakan massa udara yang mengalir di sekitar permukaan gedung. (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 1989).

b. Beban Gempa

Beban gempa didefinisikan sebagai keseluruhan beban statis ekuivalen yang bekerja pada struktur gedung maupun komponen-komponennya, yang merepresentasikan secara sistematis dampak dari pergerakan tanah yang ditimbulkan oleh bencana gempa bumi (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 1989). Pada



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

struktur baja, beban gempa ditahan oleh sistem penahan gaya lateral seperti rangka pemikul momen (*moment resisting frame*), pengaku diagonal (*bracing*).

2.4 Struktur Atap

Menurut (Ramlan Wijaya & Chandra Yuga, 2026), Struktur kerangka pelana (*Gable Frame Structures*) merupakan salah satu bentuk rangka portal baja yang pada umumnya dirancang sebagai kaku (*Rigid frame*). Sistem ini tersusun atas kolom-kolom vertikal dan balok atap miring (*Rafters*) yang membentuk sudut tertentu pada kedua sisi atap. Penggunaan material baja pada sistem ini memberikan rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, sehingga struktur mampu menahan beban yang cukup besar pada bentang yang luas tanpa memerlukan kolom penyangga di bagian tengah. Dengan konfigurasi sebagai rangka kaku, elemen kolom dan balok *rafter* dirancang untuk menahan berbagai jenis gaya dalam, yaitu gaya aksial, gaya geser, serta momen lentur secara bersamaan. Dalam penerapannya, *rafter* umumnya menggunakan profil baja *Wide Flange* (WF) baik dalam bentuk lurus maupun melengkung, serta dapat juga menggunakan *Honeycomb Beam*.

2.5 Kajian Terdahulu

Tabel 2. 4 Kajian Terdahulu

No.	Nama Peneliti dan Judul Kajian	Tahun Kajian	Kesimpulan
1.	Lydia Darmiyanti, Ahmad Pahrul Rodji Asaddullah Mumtaz (<i>Perencanaan Struktur Atap Profil Baja WF</i>)	2020	Berdasarkan hasil analisis perencanaan struktur atap baja profil WF dengan metode LRFD menggunakan program SAP2000 V20 dan <i>Idea StatiCa</i> , dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan elemen struktural yang direncanakan memiliki kapasitas yang cukup untuk memikul beban-beban yang bekerja padanya.
2.	Gali Pribadi, Yonas Prima Arga Rumbyarso (<i>Analisis Profil Atap Baja WF dengan Metode LRFD Menggunakan SAP 2000 dan Idea StatiCa</i>)	2023	Berdasarkan analisis struktur atap baja profil WF 200 x 100 x 5,5 x 8 dengan metode LRFD menggunakan bantuan program SAP 2000 dan <i>Idea StatiCa</i> , dapat disimpulkan bahwa secara umum elemen-elemen struktur utama, meliputi kuda-kuda, balok, kolom, pelat dasar, serta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

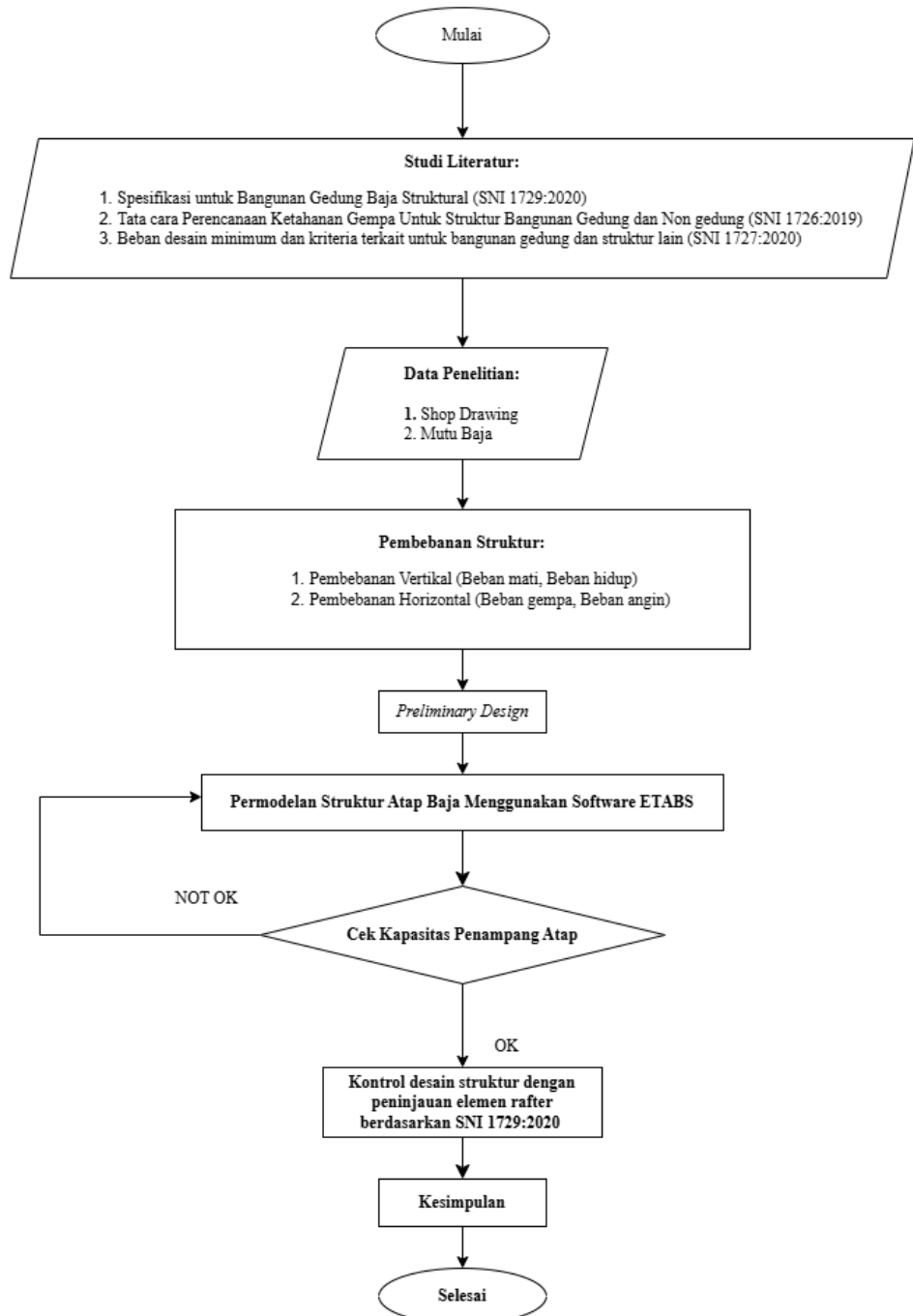
No.	Nama Peneliti dan Judul Kajian	Tahun Kajian	Kesimpulan
			sambungan baut dan las, telah memenuhi persyaratan kekuatan dan stabilitas terhadap beban mati, beban hidup, serta beban angin sesuai ketentuan perencanaan yang berlaku.
3.	Taufik Ramlan Wijaya, Kumala Chandra Yuga S (Evaluasi Numerik Kekuatan Struktur Baja Gable Frame Dengan Rafter WF Lurus Terhadap Beban Seismik)	2025	Berdasarkan hasil penelitian tersebut tentang evaluasi numerik <i>gable frame</i> baja dengan rafter WF lurus, dapat disimpulkan bahwa kinerja struktur sangat dipengaruhi oleh variasi bentang dan kondisi kelas situs tanah. Pada bentang 16 m, struktur umumnya masih mampu memenuhi persyaratan kekuatan dan batas layan <i>drift ratio</i> berkisar 0,237 -0,285% serta tegangan maksimum mendekati namun sebagian masih dalam batas leleh baja.
4.	Adi Gumilar, Yanti Defiana, Atep Maskur (Evaluasi Desain Rangka Atap Baja Ringan Menggunakan SAP 2000)	2026	Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi desain rangka atap baja ringan pada bangunan SMAN 1 Ciampea Bogor menggunakan perangkat lunak SAP 2000, dapat disimpulkan bahwa struktur rangka atap yang digunakan tidak memiliki kapasitas yang memadai untuk menahan beban yang bekerja pada sistem struktur tersebut.
5.	Misbakhul Fahri, Yudhi Arnandha, Dwi Sat Agus Yuwana, Teguh Mulya Wicaksono (Evaluasi Struktur Rangka Baja pada Gedung Parkir Universitas Tidar Berdasarkan SNI-1729-2015)	2022	Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi struktur rangka baja pada gedung parkir universitas Tidar menggunakan perangkat lunak SAP 2000 dengan mengacu pada ketentuan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2016, dapat disimpulkan bahwa sistem struktur bangunan yang direncanakan mampu memenuhi persyaratan kekuatan dan stabilitas struktur.

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE KAJIAN

3.1 Diagram Alir Kajian



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.2 Data Perencanaan

Jenis Bangunan	: Gedung
Struktur	: Kombinasi struktur beton dan baja
Struktur Atap	: Baja
Luas Bangunan	: 2.104,72 m ²
Tinggi Bangunan	: 7,75 m
Jumlah Lantai	: 2 Lantai
Struktur Pondasi	: <i>Bore Pile</i>
Mutu Baja	: BJ 41

3.3 Objek Kajian

Objek kajian dalam tugas akhir ini adalah struktur portal atap baja WF pada bangunan gedung yang dimodelkan berdasarkan studi kasus bangunan gelanggang remaja yang diperoleh dari pengalaman magang penulis.

Dalam kajian ini, model struktur yang dianalisis merupakan penyederhanaan dari kondisi aktual, dimana pemodelan hanya ditinjau sebanyak 2 lantai untuk menyesuaikan dengan ruang lingkup kajian.

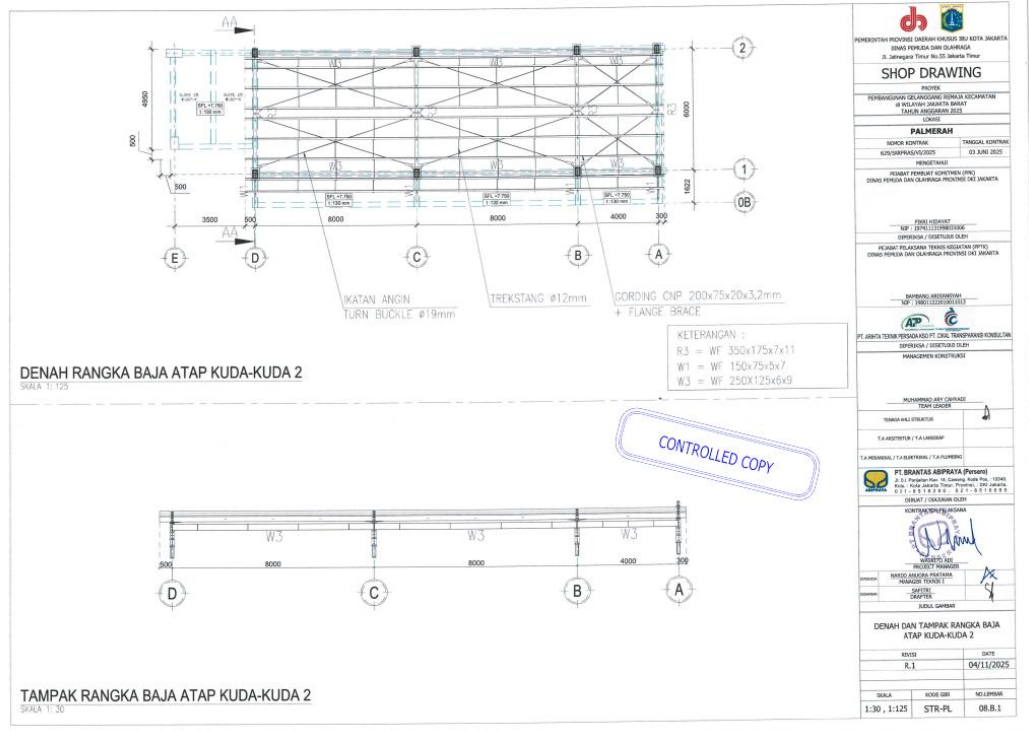
Selain itu, kajian difokuskan pada struktur portal atap baja WF tanpa mempertimbangkan keseluruhan sistem struktur bangunan secara lengkap. Oleh karena itu, hasil analisis dalam kajian ini bersifat representatif terhadap model yang digunakan dan tidak dimaksudkan sebagai evaluasi langsung terhadap bangunan eksisting:



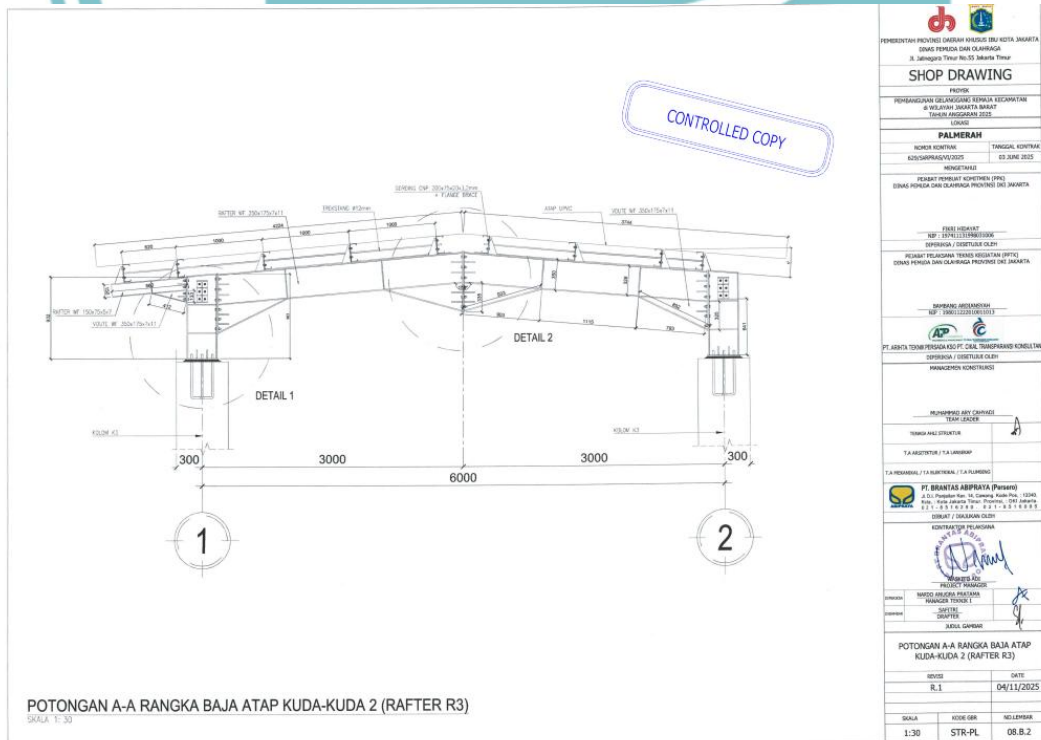
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3. 1 Denah dan tampak rangka atap
Sumber: Dokumen proyek



Gambar 3. 2 Potongan rangka atap
Sumber: Dokumen proyek

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

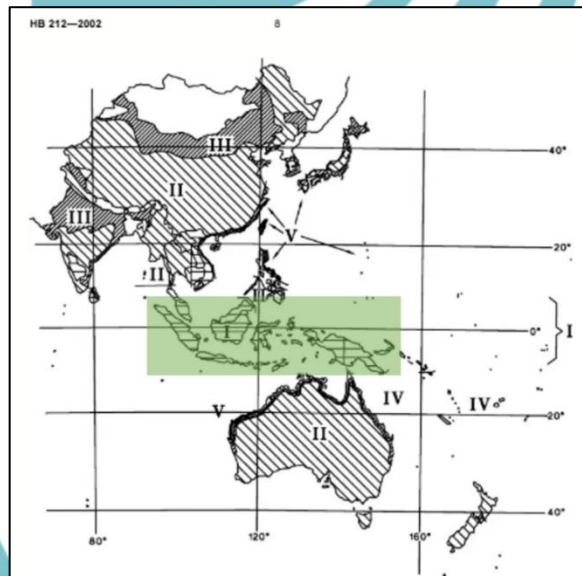
dipindahkan, beban air hujan serta berbagai elemen non-struktural lainnya yang berada di atas struktur bangunan.

c. Beban Angin

Beban angin dapat dipahami sebagai gaya atau tekanan yang bekerja pada struktur bangunan akibat adanya perbedaan tekanan udara pada berbagai sisi permukaannya. Perbedaan tekanan ini muncul karena adanya pergerakan massa udara di sekitar bangunan, yang pada akhirnya menimbulkan gaya pada elemen-elemen struktur tersebut.

Dalam ketentuan perencanaan struktur bangunan di Indonesia, analisis beban angin didasarkan pada SNI 1727:2020 khususnya pasal 26.1.2.1 yang mengatur tentang SPGAU (Sistem Penahan Gaya Angin Utama). Pada perhitungan tersebut, nilai kecepatan angin dasar ditentukan berdasarkan peta kecepatan angin yang telah ditetapkan untuk masing-masing wilayah di Indonesia.

1. Penentuan kategori risiko pada bangunan gedung maupun struktur lainnya



Gambar 3. 4 Nilai kecepatan angin pada area pasifik

Sumber: (Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region, 2002)

2. Kecepatan angin dasar, V (m/s), ditentukan berdasarkan dengan ketentuan yang diatur dalam pasal 26.5.1 dengan mengacu pada peta kecepatan angin Indonesia yang disesuaikan dengan kategori risiko bangunan gedung, yaitu mulai dari kategori risiko I hingga kategori risiko V. Dalam proses penetapannya, digunakan acuan *Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region*, yaitu standar yang diterbitkan oleh *Australian Standard* sebagai dasar

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penentuan nilai kecepatan angin di wilayah Asia Pasifik. Berdasarkan ketentuan HB 212-2002, wilayah Indonesia yang terletak di sekitar garis ekuator dikategorikan ke dalam level I, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4

Tabel 3. 1 Nilai Kecepatan Angin pada Area Pasifik

Level	Deskripsi	Persamaan untuk VR	V60 (m/s)	V500 (m/s)
I	Strong thunderstorms and monsoon winds	$70 - 56R^{-0.1}$	32	40
II	Moderately severe thunderstorms and extra-tropical gales	$67 - 41R^{-0.1}$	39	45
III	Severe thunderstorms and moderate or weakening typhoons/tropical cyclones	$106 - 92R^{-0.1}$	44	57
IV	Strong typhoons/tropical cyclones	$122 - 104R^{-0.1}$	52	66
V	Very strong typhoons/tropical cyclones	$156 - 142R^{-0.1}$	60	80

Sumber : Design Wind Speeds for the Asia-Pacific Region, 2002

3. Penentuan parameter faktor angin
 - a) K_d = Faktor arah angin, yaitu penyesuaian yang dilakukan berdasarkan geometri bangunan sebagaimana diatur dalam pasal 26.6.1

Tabel 3. 2 Faktor Arah Angin

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d
Bangunan Gedung • Sistem Penahan Gaya Angin Utama (SPGAU) • Komponen dan Klading (K&K)	0,85
Atap Lengkung	0,85

Sumber : SNI 1727-2020 Pasal 26.6.1

- b) Kategori eksposur, digunakan untuk menilai kondisi kekasaran permukaan tanah di sekitar lokasi bangunan, sebagaimana diatur dalam pasal 26.7.3
- c) Eksposur B = mencakup daerah perkotaan dan pinggiran kota, daerah berhutan, atau area lain dengan penghalang berjarak dekat yang berukuran setara rumah tinggal keluarga tunggal atau lebih besar dalam jumlah yang banyak. Kategori eksposur B ini berlaku pada arah melawan angin untuk

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

jarak lebih dari 1.500 ft (457m). Khusus untuk bangunan gedung atau struktur lain dengan tinggi atap rata-rata melebihi 30 ft (9,1m), eksposur B berlaku apabila kekasaran permukaan B berada pada arah melawan angin sejauh lebih dari 2.600 ft (792m) atau 20 kali tinggi bangunan/struktur, diambil nilai yang lebih besar di antara keduanya.

- d) K_{zt} = Faktor topografi, sebagaimana diatur dalam pasal 26.8.2 (tidak diperhitungkan karena lokasi bangunan tidak berada di atas bukit, tebing, atau punggung bukit)
- e) K_e = Faktor elevasi, yaitu penyesuaian terhadap kerapatan udara pada ketinggian tertentu di atas permukaan laut. Berdasarkan pasal 26.9, untuk semua elevasi nilai K_e boleh diambil sebesar 1,00
- f) K_z = Koefisien eksposur tekanan kecepatan, sebagaimana diatur dalam pasal 26.10.1 menentukan nilai koefisien berdasarkan ketinggian bangunan di atas permukaan tanah dan kategori eksposur yang telah dipilih sebelumnya.

Tabel 3. 3 Koefisien Eksposur Tekanan Kecepatan, K_h dan K_z

Ketinggian di atas permukaan tanah		Eksposur
ft	m	B
0 – 15	0 – 4,6	0,57 (0,70) ^a
20	6,1	0,62 (0,70) ^a
25	7,6	0,66 (0,70) ^a
30	9,1	0,70
40	12,2	0,76
50	15,2	0,81
60	18,0	0,85
70	21,3	0,89
80	24,4	0,93
90	27,4	0,96
100	30,5	0,99

Sumber : SNI 1727-2020 pasal 26.10.1

Interpolasi linier diperkenankan untuk menentukan nilai tengah dari tinggi z.

- g) Q_z = Tekanan kecepatan, yang sesuai pasal 26.10.2 dihitung menggunakan rumus:

$$Q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{zt} \cdot K_d \cdot K_e \cdot V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

d. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa dalam kajian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis statik ekuivalen yang mengacu pada ketentuan dalam SNI 1726:2019. Berdasarkan standar perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung tersebut, besarnya gaya geser dasar nominal horizontal akibat gempa dinyatakan melalui persamaan sesuai ketentuan yang berlaku dalam peraturan tersebut.

1. Gempa Rencana

Ketentuan ini mengatur mengenai pengaruh gempa rencana yang wajib diperhitungkan dalam perencanaan maupun evaluasi struktur bangunan gedung dan non-gedung, termasuk komponen struktur serta peralatan yang terkait pada umumnya. Gempa rencana yang dimaksud didefinisikan sebagai kejadian gempa dengan probabilitas terlampaui sebesar 2% dalam kurun waktu 50 tahun umur rencana struktur.

2. Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Untuk setiap kategori risiko struktur bangunan gedung maupun non-gedung sebagaimana tercantum pada tabel 3.4, pengaruh gempa rencana yang bekerja pada struktur harus dikalikan dengan faktor keutamaan gempa I_e yang nilainya ditentukan berdasarkan tabel 3.5

Tabel 3. 4 Kategori risiko bangunan gedung dan non-gedung untuk beban gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non-gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur	II

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
- Pabrik	
Gedung dan non-gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo	III
Gedung dan non-gedung, tidak termasuk ke dalam 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: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi	
Gedung dan non-gedung 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.	
Gedung dan non-gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya	IV

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
- Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran, atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	

Gedung dan non-gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

Tabel 3. 5 Faktor keutamaan gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1.0
III	1,25
IV	1,50

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

3. Klasifikasi Situs

Berdasarkan ketentuan pasal 5.3 dalam SNI 1726:2019, penentuan kelas situs didasarkan pada karakteristik atau jenis tanah yang terdapat di lokasi pembangunan. Pengelompokan atau klasifikasi situs tersebut disajikan secara rinci pada tabel 3.6

Tabel 3. 6 Klasifikasi situs

Kelas situs	Vs (m/detik)	N atau N _{ch}	Su (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	≥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,

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Kadar air, $w \geq 40\%$
3. Kuat geser niralir $S_u < 25 \text{ kPa}$

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs 0)

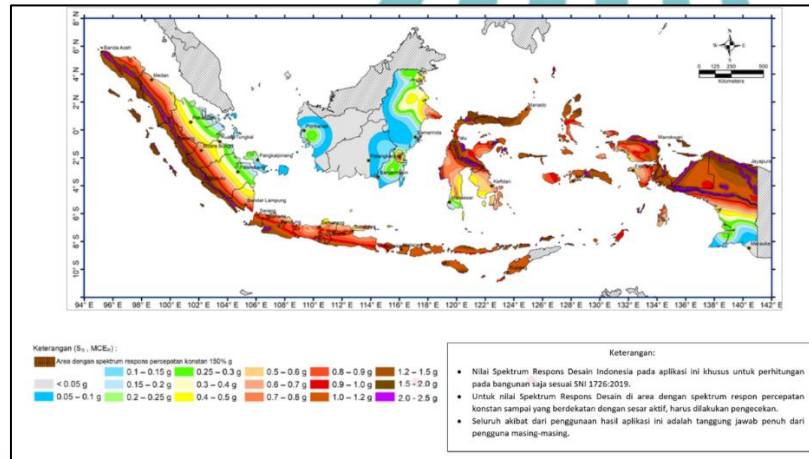
Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut:

- 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 $H > 3 \text{ m}$)
- Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5 \text{ m}$ dengan indeks plastisitas $PI > 75$)

Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35 \text{ m}$ dengan $S_u < 50 \text{ kPa}$

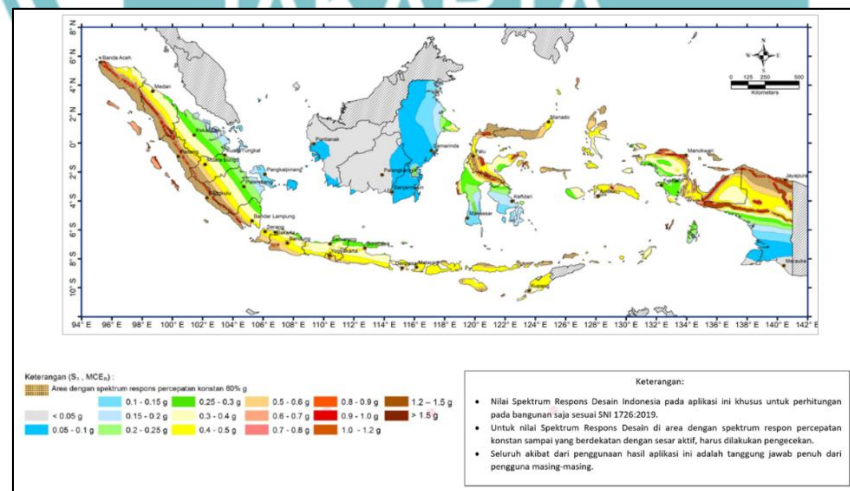
Sumber: (Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2019)

4. Respons Spektral Percepatan Gempa (S_s , S_1)



Gambar 3. 5 Peta parameter percepatan tanah (S_s)

Sumber: Ditjem Cipta Karya, Desain Spektra Indonesia



Gambar 3. 6 Peta parameter percepatan tanah (S_1)

Sumber: Ditjem Cipta Karya, Desain Spektra Indonesia

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5. Faktor Koefisien Situs (F_a , F_v)

Dalam SNI 1726:2019, proses penyusunan respons spektral dilakukan melalui beberapa tahapan dengan menghitung persamaan yang berkaitan dengan nilai periode struktur. Berdasarkan parameter S_s yang merepresentasikan percepatan batuan dasar pada periode pendek, serta parameter S_1 yang merepresentasikan percepatan batuan dasar pada periode 1 detik, parameter respons spektral selanjutnya dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \quad (3.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 \quad (3.2)$$

Keterangan:

S_{MS} = Parameter respons spektral untuk periode pendek

S_{M1} = Parameter respons spektral untuk periode 1 detik

F_a = Koefisien situs periode pendek, sebagaimana tercantum pada tabel 3.7

F_v = Koefisien situs periode panjang (periode 1 detik), sebagaimana tercantum pada tabel 3.8

Tabel 3. 7 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) 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	1,2	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 3. 8 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE _R) terpetakan pada periode 1 detik S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
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	4,20	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

6. Parameter Percepatan Spektral Desain

Setelah parameter respons spektral diperoleh, langkah selanjutnya adalah menentukan parameter percepatan spektral desain pada periode pendek (S_{DS}) dan pada periode 1 detik (S_{D1}). Nilai kedua parameter tersebut dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.3)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.4)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral periode pendek

S_{D1} = Parameter percepatan respons spektral periode 1 detik

7. Spektrum respons desain

Setelah parameter percepatan spektral desain diperoleh, kurva respons spektrum kemudian dapat disusun berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

Untuk $T < T_0$:

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.5)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Untuk $T_0 < T < T_S$:

$$S_a = S_{DS} \quad (3.6)$$

Untuk $T > T_S$:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.7)$$

Keterangan:

T = Periode getar fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

8. Kategori Desain Seismik, KDS

- a) Struktur dengan kategori risiko I, II, III yang terletak pada wilayah dengan nilai percepatan respons spektral terpetakan pada periode 1 detik, $S_1 \geq 0,75$ harus diklasifikasikan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E
- b) Struktur yang termasuk kategori risiko IV dan berada pada wilayah dengan nilai parameter percepatan respons spektral terpetakan pada periode 1 detik, $S_1 \geq 0,75$ harus diklasifikasikan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F
- c) Struktur selain yang disebutkan pada kedua ketentuan di atas harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risiko serta nilai parameter percepatan respons spektral desain, yaitu S_{DS} dan S_{D1} , sesuai dengan ketentuan pada tabel 3.9 Dan tabel 3.10
- d) Apabila $S_1 < 0,75$, kategori desain seismik diperbolehkan ditentukan hanya berdasarkan tabel 3.9, dengan syarat ketentuan berikut terpenuhi:
 - a. Pada kedua arah ortogonal, perkiraan periode fundamental struktur, $T_a < 0,8T_S$
 - b. Pada masing-masing arah ortogonal, periode fundamental struktur yang digunakan dalam perhitungan simpangan lebih kecil dari T_S
 - c. Koefisien respons seismik (C_S), ditentukan dengan menggunakan persamaan yang tercantum pada persamaan 3.9

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- d. Diafragma struktural harus bersifat kaku. Apabila digunakan diafragma fleksibel, jarak antar elemen vertikal yang berfungsi sebagai pemikul gaya seismik tidak boleh melebihi 12 meter
- e. Apabila diterapkan prosedur alternatif dalam penyederhanaan desain, kategori desain seismik dapat ditentukan dengan mengacu pada tabel 3.9

Tabel 3. 9 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada 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

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

Tabel 3. 10 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada 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

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

9. Faktor Koefisien Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2%	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1%	2%	1%	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canal dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2%	4%	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2%	2%	2%	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5%	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4%	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^g	TI ^g
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3%	3	3	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^h	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5%	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4%	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5%	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2%	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁱ	3%	3 ^g	3%	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{a,h}	7	2%	5%	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2%	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2%	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7%	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2%	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2%	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5%	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3%	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2%	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2%	6%	TB	TB	TB	TB	TB

Gambar 3. 7 Faktor R , C_D , Ω_0 , untuk sistem pemikul gaya seismik

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Geser Dasar Seismik

$$V = C_S W \quad (3.8)$$

Keterangan:

V = Gaya geser dasar seismik

C_S = Koefisien respons seismik

W = Berat total bangunan

11. Koefisien Respons Seismik

$$C_S = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.9)$$

Untuk $T \leq T_L$:

$$C_S = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.10)$$

Untuk $T > T_L$:

$$C_S = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.11)$$

Nilai C_S minimum, atau Nilai C_S tidak boleh kurang dari:

$$C_S = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01 \quad (3.12)$$

C_S minimum tambahan, untuk $S_1 \geq 0,6g$:

$$C_S = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.13)$$

Keterangan:

S_{DS} = Parameter percepatan respons spektral pada periode pendek

R = Koefisien modifikasi respons dalam pada gambar 3.7

I_e = Faktor keutamaan gempa pada tabel 3.5

12. Penentuan Periode (T)

Perkiraan periode fundamental struktur (T_a)

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.14)$$

Keterangan:

h_n = Ketinggian struktur (m)

Koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan tabel 3.11

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 3. 11 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

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

13. Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Besarnya gaya seismik lateral F_x (kN) yang bekerja harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$F_x = C_{vx}V \quad (3.15)$$

Dan

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^n}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad (3.16)$$

Keterangan:

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

V = Gaya lateral

w_i dan w_x = Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat i atau x (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur dengan nilai sebagai berikut:

Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$

Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$

Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

14. Distribusi Horizontal Gaya Seismik (V_x)

$$V_x = \sum_{i=x}^n F_i \quad (3.17)$$

15. Simpangan Antar Lantai

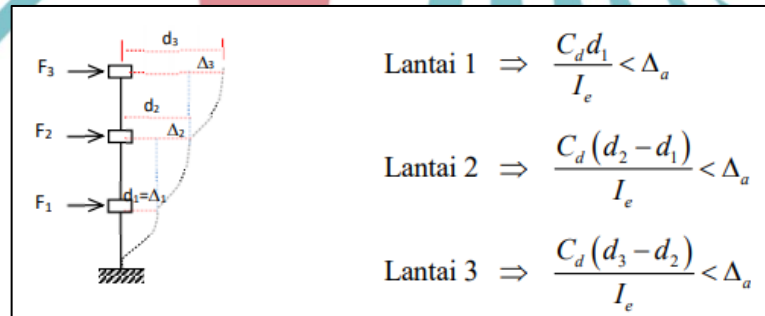
$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.18)$$

Keterangan:

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral dalam tabel

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan

I_e = faktor keutamaan gempa



Gambar 3. 8 Simpangan antar tingkat dan deformasi

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)

Tabel 3. 12 Simpangan antar tingkat izin

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	0,02h	0,015h
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0,010h	0,010h	0,010h
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007h	0,007h	0,007h
Semua struktur lainnya	0,020h	0,015h	0,010h

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional Indonesia, 2019)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

e. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan ketentuan dalam SNI 1729:2019, kombinasi pembebanan dapat diuraikan sebagai berikut:

- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$
- $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $1,2 D + 1,0 E + L$
- $0,9 D + 1,0 W$
- $0,9 D + 1,0 E$

Keterangan:

- D = Beban mati
 L = Beban hidup
 E = Beban gempa
 L_r = Beban atap
 R = Beban hujan
 W = Beban angin

3.5 Euler Bernoulli Beam Theory

Teori balok *Euler-Bernoulli* merupakan salah satu konsep paling mendasar dalam mekanika struktur dan sering disebut sebagai teori balok klasik. Teori ini menyatakan bahwa penampang melintang balok akan tetap berada tegak lurus terhadap sumbu netral meskipun balok mengalami deformasi. Dengan asumsi tersebut, pengaruh deformasi geser tidak diperhitungkan dalam analisis. Karena efek deformasi geser diabaikan, penggunaan teori *Euler-Bernoulli* hanya dianggap valid pada balok yang memiliki rasio panjang terhadap tinggi (L/h) yang cukup besar. Berbagai referensi teknis menyebutkan bahwa teori ini umumnya diterapkan dengan baik apabila nilai rasio tersebut berada pada kisaran

$$L/h \geq 10 - 15$$

Apabila rasio panjang terhadap tinggi lebih kecil dari batas tersebut, yang berarti balok tergolong pendek atau tebal, maka pengaruh deformasi geser menjadi cukup signifikan sehingga teori ini tidak lagi mampu memberikan hasil analisis yang akurat.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6 Analisa Struktur

3.6.1 Kontrol Dimensi Struktur Rafter/Balok IWF

1. Kontrol penampang

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} \quad (\text{Untuk sayap}) \quad (3.19)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \quad (\text{Untuk badan}) \quad (3.20)$$

Berdasarkan SNI 1729:2020 tabel B4.1b, suatu penampang dapat digolongkan sebagai penampang kompak apabila rasio dimensi elemen penyusunnya tidak melebihi batas yang di per-syaratkan:

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk sayap}) \quad (3.21)$$

$$\lambda_{rf} = 1,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk sayap}) \quad (3.22)$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk badan}) \quad (3.23)$$

$$\lambda_{rw} = 5,70 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk badan}) \quad (3.24)$$

Cek persyaratan:

$$\lambda_f \leq \lambda_p \quad \text{maka penampang kompak} \quad (3.25)$$

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r \quad \text{maka penampang tidak kompak} \quad (3.26)$$

$$\lambda > \lambda_r \quad \text{maka penampang langsing} \quad (3.27)$$

2. Cek kuat lentur nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x \quad (3.28)$$

$$\phi M_n > M_n$$

3. Cek kuat lentur nominal akibat tekuk torsi lateral

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.29)$$

$$h_o = d - 2 \left(\frac{1}{2} t_f \right) \quad (3.30)$$

$$C_w = \frac{I_y h_o^2}{4} \quad (3.31)$$

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_y h_o}{S_x}} \quad (3.32)$$

$$J = \frac{2}{3} b_f t_f^3 + \frac{1}{2} (d - 2t_f) t_w^3 \quad (3.33)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}} \quad (3.34)$$

Keterangan:

- L_p = Panjang batas plastis
 r_y = Radius girasi terhadap sumbu y (mm)
 E = Modulus elastisitas baja = 29.000 ksi (200.000 MPa)
 F_y = Tegangan leleh baja
 h_o = Jarak antara titik berat sayap
 d = Tinggi total penampang (mm)
 t_f = Tebal sayap (mm)
 C_w = Momen inersia karena *warping*
 I_y = Jarak antara titik pusat *flange* atas dan bawah
 r_{ts} = Radius girasi efektif untuk tekuk torsi lateral
 S_x = Modulus penampang elastis terhadap sumbu x
 J = Konstanta torsi
 b_f = Lebar *flange* (mm)
 t_w = Tebal *web* (mm)
 L_r = Panjang batas elastis, berlaku tekuk lentur lateral elastis
 Z_x = Modulus penampang plastis terhadap sumbu x

4. Cek lendutan

Dengan menggunakan beban sebenarnya q untuk balok di atas dua tumpuan

$$\delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_x} \quad (3.35)$$

$$\delta < \delta \text{ ijin}$$

Dengan menggunakan beban terpusat

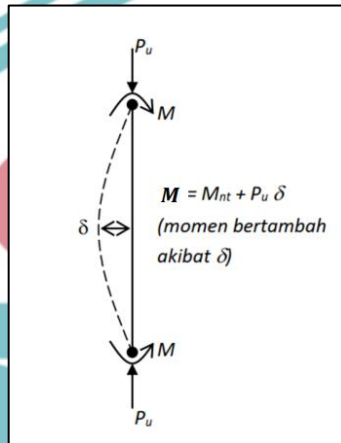
$$\delta = \frac{P \times L^3}{48 \times E \times I} \quad (3.36)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.6.3 Kontrol Batang Aksial-Lentur

Apabila balok kolom memikul momen lentur di sepanjang bagian yang tidak memiliki pengekang lateral, elemen tersebut akan melendut pada bidang momen lenturnya sehingga timbul momen sekunder yang memperbesar momen total, sebesar hasil kali gaya tekan dengan lendutan (eksentrisitas) yang terjadi (lihat gambar 3.9). Tambahan momen ($P_u \delta$) ini kemudian memperbesar lendutan, yang selanjutnya kembali memperbesar momen, hingga akhirnya tercapai kondisi keseimbangan.



Gambar 3. 9 Kolom tak bergoyang

Sumber: Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD, Agus Setiawan

3.6.4 Menghitung kuat perlu P_r dan M_r dengan efek $P-\delta$

1. Menghitung beban ultimate rencana

$$P_u = 1,2 \times P_D + 1,6 \times P_L + 1,0 \times P_E + 1,0 \times P_W \quad (3.37)$$

$$M_{u1x} = 1,2 \times M_{D1} + 1,6 \times M_{L1} + 1,0 \times M_{E1} + 1,0 \times M_{W1} \quad (3.38)$$

$$M_{u2x} = 1,2 \times M_{D2} + 1,6 \times M_{L2} + 1,0 \times M_{E2} + 1,0 \times M_{W2} \quad (3.39)$$

2. Menghitung faktor pembesaran momen

$$P_r = P_u \quad (3.40)$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times E \times I_x}{L^2} \quad (3.41)$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(-\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (3.42)$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{a \times P_r}{P_{e1}}} \geq 1 \quad (3.43)$$

$$M_{rx} = B_1 \times M_{u2x} \quad (3.44)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Menghitung kuat tekan rencana

$$h_o = d - t_f \quad (3.45)$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times t_f^2 \times b + t_w^3 \times h_o) \quad (3.46)$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} \quad (3.47)$$

$$I_x + I_y \quad (3.48)$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (3.49)$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (3.50)$$

$$r_{min} = r_y \quad (3.51)$$

Keterangan:

h_o = Tinggi efektif badan profil

J = Konstanta torsi

C_w = Momen inersia karena *warping*

I_x = Momen inersia yang terdapat pada sumbu x

I_y = Momen inersia yang terdapat pada sumbu y

A = Luas penampang

4. Menentukan klasifikasi penampang berdasarkan SNI 1729:2020

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} \quad (\text{Untuk sayap}) \quad (3.52)$$

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} \quad (\text{Untuk badan}) \quad (3.53)$$

Berdasarkan SNI 1729:2020, syarat penampang tidak langsing tidak boleh melebihi:

$$\lambda_{rf} = 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk sayap}) \quad (3.54)$$

$$\lambda_{rw} = 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad (\text{Untuk badan}) \quad (3.55)$$

5. Tegangan kritis tekuk lentur

$$\frac{K \times L}{r_{min}} < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad (3.56)$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}}\right)^2} \quad (3.57)$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y \quad (3.58)$$

$$\frac{F_{cr}}{F_y} \quad (3.59)$$

6. Tegangan kritis tekuk puntir

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 \times E \times C_w}{(K \times L)^2} + G \times J\right) \times \left(\frac{1}{I_x \times I_y}\right) \quad (3.60)$$

$$\frac{F_y}{F_e} \quad (3.61)$$

7. Kuat tekan nominal kolom pada profil

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}}\right)^2} \quad (3.62)$$

$$F_{cr} = \left(0,658 \frac{F_y}{F_e}\right) \times F_y \quad (3.63)$$

$$P_n = F_{cr} \times A \quad (3.64)$$

$$\phi = 0,9 \quad (3.65)$$

$$P_c = \phi \times P_n \quad (3.66)$$

8. Kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)

Terhadap sumbu kuat

$$Z_x = b \times t_f \times (d - t_f) + 0,25 \times t_w \times (h^2) \quad (3.67)$$

$$M_{px} = Z_x \times F_y \quad (3.68)$$

Terhadap sumbu lemah

$$M_{py} = Z_y \times F_y \leq 1,6 \times S_y \times F_y \quad (3.69)$$

$$M_{ny} = M_{py} \quad (3.70)$$

9. Parameter LTB berdasarkan ketentuan SNI 1729:2020

$$r_{ts} = \left(\frac{I_y \times h_o}{2 S_x}\right) \quad (3.71)$$

$$L_r = \left(1,95 \cdot r_{ts} \cdot \frac{E}{0,7 \cdot F_y}\right) \left(\sqrt{\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o} + \sqrt{\left(\frac{J \cdot c}{S_x \cdot h_o}\right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 F_y}{E}\right)^2}}\right) \quad (3.72)$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Hitung faktor C_b

$$M_A = M \frac{1}{4} \times L_b \quad (3.73)$$

$$M_B = M \frac{2}{4} \times L_b \quad (3.74)$$

$$M_C = M \frac{3}{4} \times L_b \quad (3.75)$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{max}}{2,5 \times M_{max} + 3 \times M_A + 4 \times M_B + 3 \times M_C} \quad (3.76)$$

11. Momen nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral

$$M_{nx} = C_b \times (M_{px} - 0,7 \times F_y \times S_x) \times \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \quad (3.77)$$

Keterangan:

M_{nx} = Momen nominal akibat tekuk lateral torsi (yang akan dibandingkan dengan ΦM_{nx} dalam LRFD)

C_b = Faktor modifikasi momen

M_{px} = Momen plastis penuh F_y . Z_x kapasitas lentur maksimum sebelum terjadi tekuk lateral torsi

F_y = Tegangan leleh baja, Mpa

S_x = Modulus penampang elastis terhadap sumbu kuat

L_b = Panjang bentang bebas lateral

L_p = Panjang batas bawah, panjang di mana penampang masih mampu mencapai momen plastis penuh

L_r = Panjang batas atas, panjang di mana tekuk lateral torsi terjadi sepenuhnya, dan kapasitas menjadi elastis

12. Menghitung interaksi gaya aksial dan momen lentur

Apabila

$$\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2 \quad (3.78)$$

Maka

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \text{ OK!!!} \quad (3.79)$$

Apabila

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,2 \quad (3.80)$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Maka

$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 \text{ OK!!!} \quad (3.81)$$

Keterangan:

- P_r = Kekuatan aksial perlu
 P_c = Kekuatan aksial tersedia
 M_r = Kekuatan lentur perlu
 M_c = Kekuatan lentur tersedia
 x = indeks sehubungan dengan lentur sumbu major
 y = indeks sehubungan dengan lentur sumbu minor





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum

Pada bab ini disajikan hasil analisis struktur portal atap baja WF berdasarkan pemodelan menggunakan ETABS. Pembahasan difokuskan pada gaya dalam dan deformasi struktur secara global, serta evaluasi kekuatan elemen rafter melalui kontrol desain berdasarkan SNI 1729:2020.

4.2 Data Perencanaan

4.2.1 Data Ketinggian Antar Lantai

Tabel 4. 1 Data ketinggian antar lantai

Lantai	Ketinggian (m)
Lantai 1	4,55
Lantai 2	3,2
Atap	1,73

4.2.2 Data Material

Tabel 4. 2 Data material

Mutu profil baja	: BJ41
Fy	: 250 MPa
Fu	: 410 MPa
Diameter <i>wind brace</i>	: 19 mm

4.3 Pembebanan Struktur

4.3.1 Beban Mati

Beban mati merupakan beban tetap yang berasal dari berat sendiri seluruh komponen struktur dan non-struktur, yang nilainya tidak berubah selama umur bangunan. Pada struktur atap, beban mati meliputi berat penutup atap beserta rangka (*rafter*), dan gording. Dalam kajian ini, besarnya tiap komponen mengacu pada data proyek bangunan gedung.

Berat sendiri profil baja pada perencanaan struktur utama diperhitungkan secara otomatis menggunakan program analisis ETABS.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2 Beban Hidup

Beban hidup atap merupakan beban sementara yang bekerja pada struktur atap akibat aktivitas perawatan, pekerja, maupun penggunaan peralatan pemeliharaan. Berdasarkan SNI 1727-2020, besarnya beban hidup atap minimum untuk area yang tidak dihuni adalah sebesar 20 psf (0,96 kN/m²)

4.3.3 Beban Angin

Perhitungan beban angin mencakup gaya yang timbul akibat tekanan maupun hisapan angin yang bekerja pada permukaan bangunan. Dalam perencanaannya, pembebebanan angin harus mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam SNI 1727-2020. Adapun parameter yang digunakan dalam perhitungan beban angin meliputi:

q_z = Tekanan kecepatan angin pada elevasi z (kN/m²)

K_z = Koefisien eksposur atau profil kecepatan angin pada ketinggian z

K_{st} = Faktor pengaruh topografi

K_d = Faktor arah angin

V^2 = Kuadrat kecepatan dasar angin (m/s)

I = Faktor keutamaan bangunan

$$Q_z = 0,613 \cdot K_z \cdot K_{st} \cdot K_d \cdot K_e \cdot V^2 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$Q_z = 0,613 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 32^2 = 0,23 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_z = 23,45 \text{ kg/m}^2$$

4.3.4 Beban Hujan

Perhitungan beban hujan pada struktur atap mengacu pada ketentuan dalam SNI 1727-2020 mengenai beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya. Beban hujan diperhitungkan berdasarkan kemungkinan terjadinya genangan air pada atap akibat sistem drainase yang tidak bekerja secara optimal. Tebal genangan di asumsikan 20 mm.

Besarnya beban hujan rencana ditentukan menggunakan persamaan:

$$R = 0,0098 (20) = 0,196 \text{ kN/m}^2$$

4.3.5 Beban Gempa Statik

Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau berdasarkan pengaruh gempa statik ekuivalen sesuai ketentuan dalam SNI 1726-2019. Analisis dilakukan menggunakan metode statik ekuivalen dengan memperhatikan parameter-parameter perencanaan gempa yang telah ditetapkan.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.5.1 Penentuan Kategori Risiko Bangunan

Penentuan kategori risiko bangunan dilakukan berdasarkan fungsi bangunan sesuai ketentuan dalam SNI 1726-2019. Berdasarkan fungsi bangunan sebagai stadion, struktur ini termasuk dalam kategori risiko II dengan faktor keutamaan gempa (I_e) sebesar 1.

Tabel 4. 3 Penentuan fungsi, kategori risiko, dan faktor keutamaan gempa pada bangunan

Fungsi bangunan	: Tempat pertemuan
Kategori risiko	: II
Faktor keutamaan gempa (I_e)	: 1,0

4.3.5.2 Penentuan Parameter Percepatan Gempa

1. Menentukan klasifikasi situs

Klasifikasi situs ditentukan berdasarkan kondisi tanah pada lokasi perencanaan sesuai ketentuan SNI 1726-2019. Pada proyek ini klasifikasi situs tanahnya adalah SE (tanah lunak)

2. Menentukan parameter percepatan spektral

Nilai percepatan spektral ditentukan berdasarkan peta gempa SNI 1726-2019, yang meliputi percepatan spektral periode pendek (S_s) dan percepatan spektral periode 1 detik (S_1)

Tabel 4. 4 Parameter percepatan gempa pada periode pendek (S_s) dan periode 1 detik (S_1)

Parameter	Nilai
S_s	0,7995
S_1	0,3907

3. Menentukan koefisien situs

Koefisien situs berupa F_a dan F_v ditentukan berdasarkan nilai S_s , S_1 , dan klasifikasi situs

Tabel 4. 5 Koefisien situs

Parameter	Nilai
F_a	1,26
F_v	2,43

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Menghitung parameter percepatan

Nilai parameter percepatan respons spektral dihitung berdasarkan koefisien situs dan parameter percepatan spektral wilayah gempa

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,26 \times 0,7995 = 1,008$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,43 \times 0,3907 = 0,952$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1,008 = 0,67$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,952 = 0,63$$

4.3.5.3 Penentuan Kategori Desain Seismik

Berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019, dengan mengacu pada kategori risiko bangunan yang telah ditentukan sebelumnya, diperoleh bahwa bangunan termasuk dalam kategori desain seismik D untuk parameter SDS dan SD1. Oleh karena itu, bangunan memiliki tingkat risiko kegempaan tinggi sehingga sistem struktur yang digunakan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

4.3.5.4 Penentuan Sistem Struktur dan Faktor Gempa

Parameter faktor gempa yang digunakan dalam analisis meliputi faktor reduksi gempa (R), faktor pembesaran defleksi (Cd), dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) sesuai sistem struktur yang digunakan.

Tabel 4. 6 Sistem struktur dan faktor gempa

Parameter	Nilai
Faktor reduksi gempa (R)	8
Faktor pembesaran defleksi (Cd c)	5,5
Faktor kuat lebih sistem (Ω_0)	3

4.3.5.5 Nilai Periode Fundamental Struktur

Analisis model respons spektrum dilakukan untuk memperoleh grafik respons spektrum rencana sesuai ketentuan SNI 1726-2019. Penentuan grafik respons spektrum diawali dengan menghitung batasan periode, yaitu periode pendek (T0) dan periode panjang (Ts).

Perhitungan batasan periode diperoleh sebagai berikut:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \times \frac{0,63}{0,67} = 0,1889$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,63}{0,67} = 0,944$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Respons spektrum untuk kondisi $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Jika $T=0$, maka

$$S_a = 0,67 \left(0,4 + 0,6 \left(\frac{0}{0,1889} \right) \right) = 0,268 \text{ g}$$

Respons spektrum untuk kondisi $T_0 < T < T_s$

$$S_a = S_{DS} = 0,67$$

Nilai periode fundamental struktur (T) dan percepatan respons spektrum desain (SE) ditentukan sesuai ketentuan SNI 1726-2019 pasal 6.4

Tabel 4. 7 Nilai periode fundamental struktur (T) dan percepatan respons spektra berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019 yang dihitung dengan ETABS

T	S _D
0	0,2432
0,2088	0,6079
1,0442	0,6079
1,2	0,529
1,4	0,4534
1,6	0,3968
1,8	0,3527
2	0,3174
2,5	0,2539
3	0,2116
3,5	0,1814
4	0,1587
4,5	0,1411
5	0,127
5,5	0,1154
6	0,1058
6,5	0,0977
7	0,0907
7,5	0,0846
8	0,0794
8,5	0,0747
9	0,0705
9,5	0,0688
10	0,0635

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4 Analisa dan Permodelan Struktur

4.4.1 Permodelan 3D pada ETABS

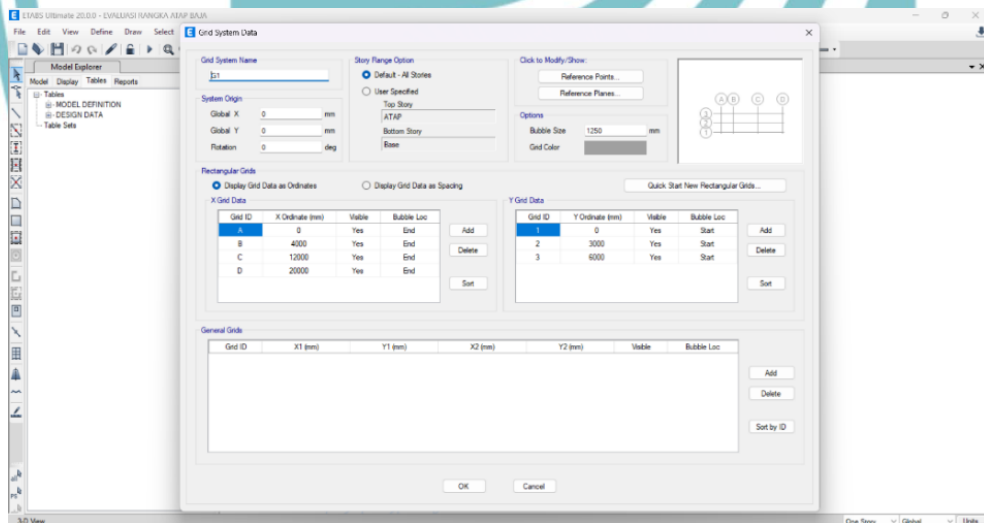
Proses permodelan struktur bangunan Gelanggang Remaja Kecamatan dilakukan menggunakan bantuan program ETABS. Permodelan struktur tiga dimensi (3D) ini bertujuan untuk menganalisis respons dan perilaku struktur terhadap berbagai kombinasi pembebanan yang bekerja pada bangunan.

Adapun tujuan dari permodelan struktur tersebut meliputi:

- a. Menganalisis perilaku struktur secara keseluruhan akibat pengaruh beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa
- b. Mengetahui interaksi antar elemen struktur baja pada sistem struktur bangunan
- c. Menghasilkan perencanaan struktur yang efisien serta memenuhi ketentuan standar SNI yang digunakan

Berikut merupakan tahapan permodelan struktur menggunakan program ETABS:

1. Model Geometri



Gambar 4. 1 Input grid system data

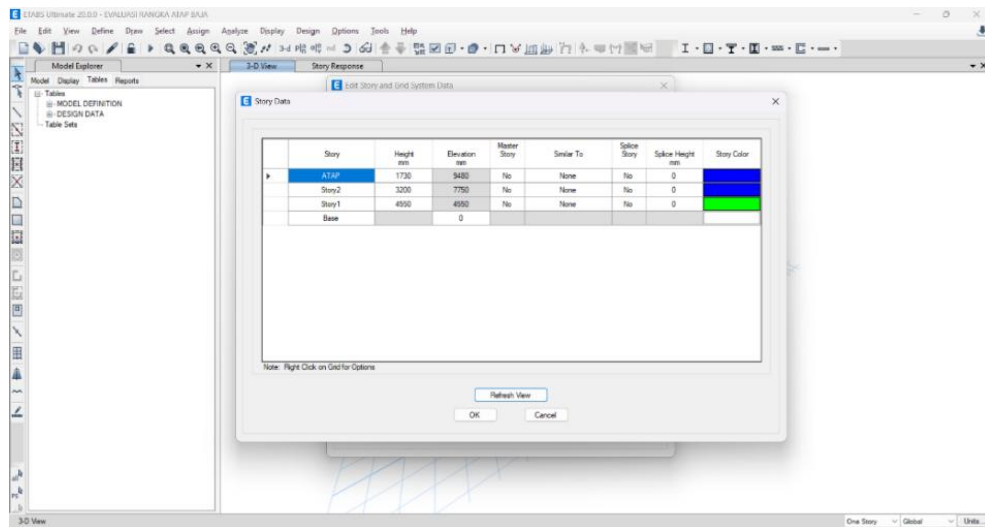
Sumber: Olahan pribadi

Tahap awal permodelan dilakukan dengan membuat model struktur tiga dimensi (3D Frame) pada program ETABS. Model ini digunakan untuk merepresentasikan bentuk dan sistem struktur bangunan dalam koordinat X, Y, dan Z sesuai dengan kondisi sebenarnya. Untuk memulai permodelan baru pada program ETABS, pilih menu *File > New Model*. Selanjutnya pilih opsi *Use-Built-In Settings* dan tekan OK. Setelah itu, lakukan pengaturan model melalui *New Model Quick Templates* dengan menentukan dimensi grid, jumlah garis dan jarak antar grid pada

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

arah sumbu X dan Y, serta jumlah dan tinggi setiap lantai sesuai data perencanaan bangunan.

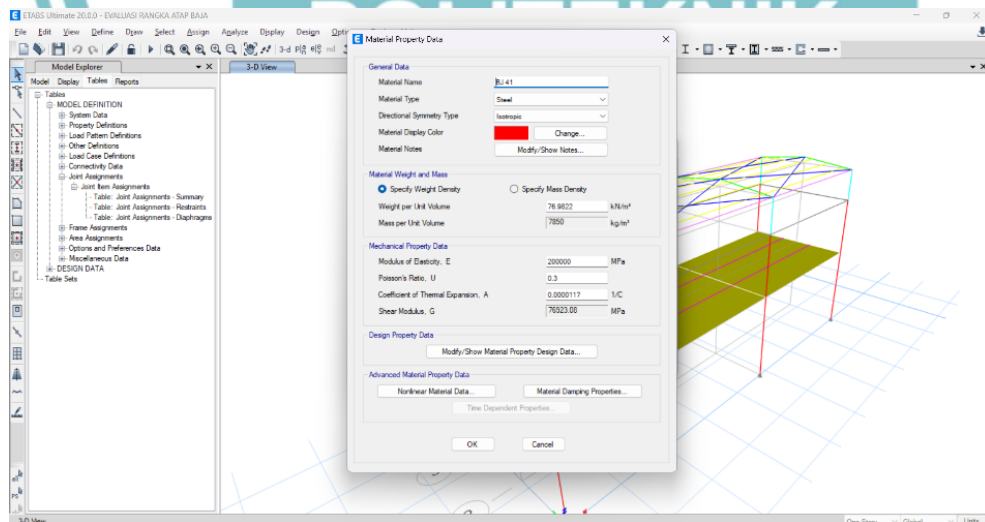


Gambar 4. 2 Input story data

Sumber: Olahan pribadi

2. Menentukan Jenis Material

Penentuan jenis material pada struktur dapat dilakukan melalui menu *Define > Material Properties* pada program ETABS. Pada tahap ini, material yang digunakan dalam perencanaan ditambahkan sesuai kebutuhan struktur, seperti material baja BJ 41 yang digunakan pada elemen struktur baja bangunan.



Gambar 4. 3 Input material property data

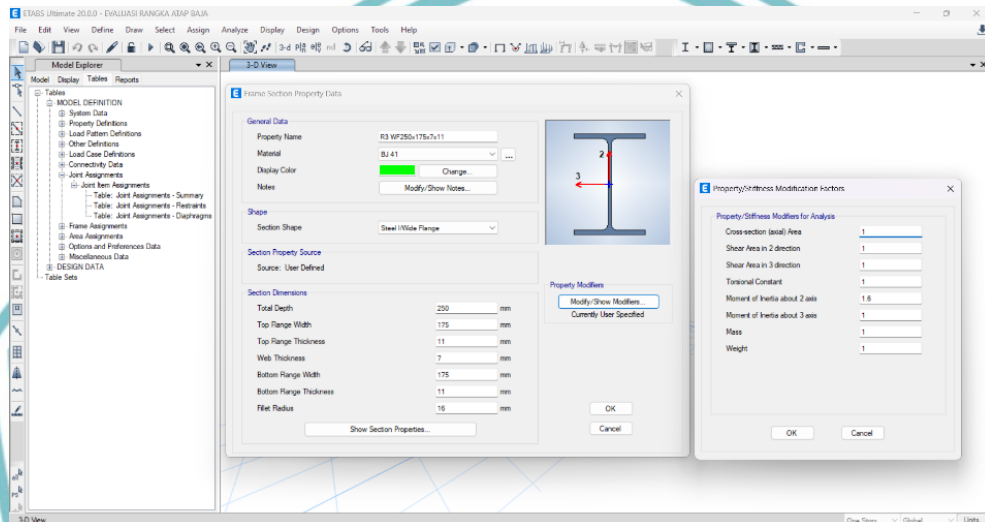
Sumber: Olahan pribadi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Menentukan Ukuran Elemen Rangka

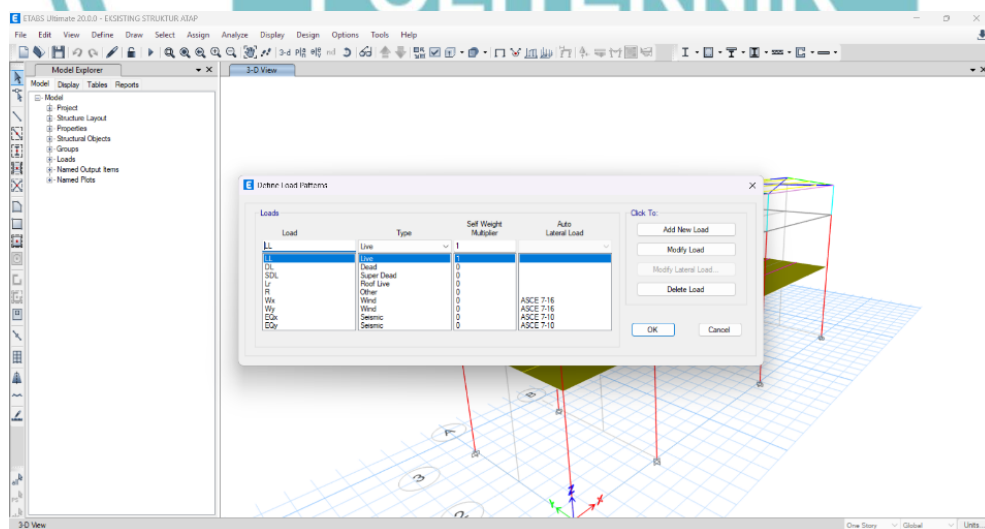
Untuk permodelan profil kolom H, dapat digunakan fitur *frame section property* guna menggambar serta memodifikasi bentuk penampang khusus, seperti profil H. Dalam perencanaan balok, rasio panjang terhadap tinggi penampang $L/h > 10-15$, menyesuaikan kondisi desain. Selain itu, berdasarkan geometri dan konfigurasi bukaan yang diterapkan, nilai inersia sumbu kuat (I_x) dapat mengalami peningkatan hingga sekitar 1,6 kali dibandingkan profil awal.



Gambar 4. 4 Penentuan dimensi elemen rangka

Sumber: Olahan pribadi

4. Menentukan Load Patterns



Gambar 4. 5 Input load pattern

Sumber: Olahan pribadi

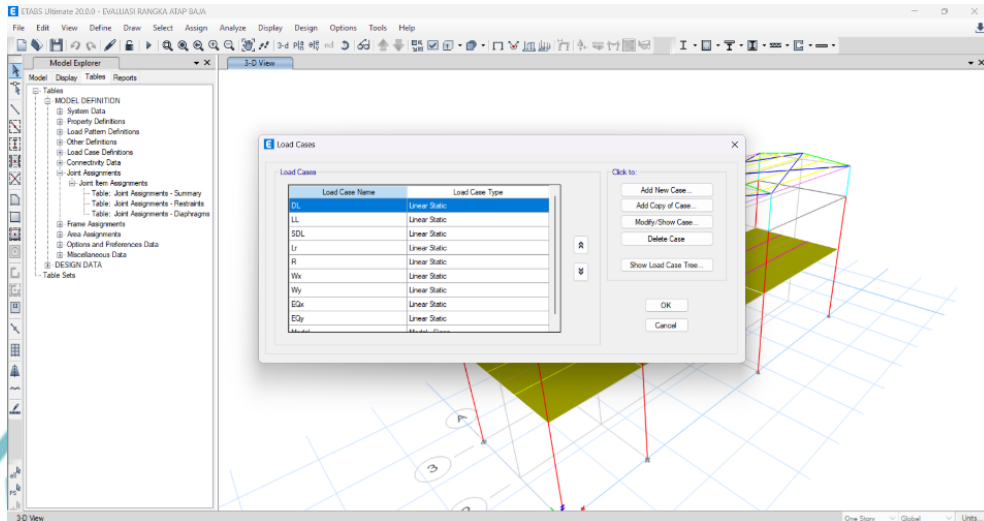
Tentukan jenis pembebanan yang diterapkan pada struktur, seperti beban mati (DL), beban hidup (LL), beban angin (W), beban hujan (R), serta beban gempa (EQ).

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dalam proses analisis, ETABS secara otomatis menghitung berat sendiri setiap elemen struktur berdasarkan dimensi penampang dan karakteristik material yang digunakan pada model.

5. Membuat *Load Case*

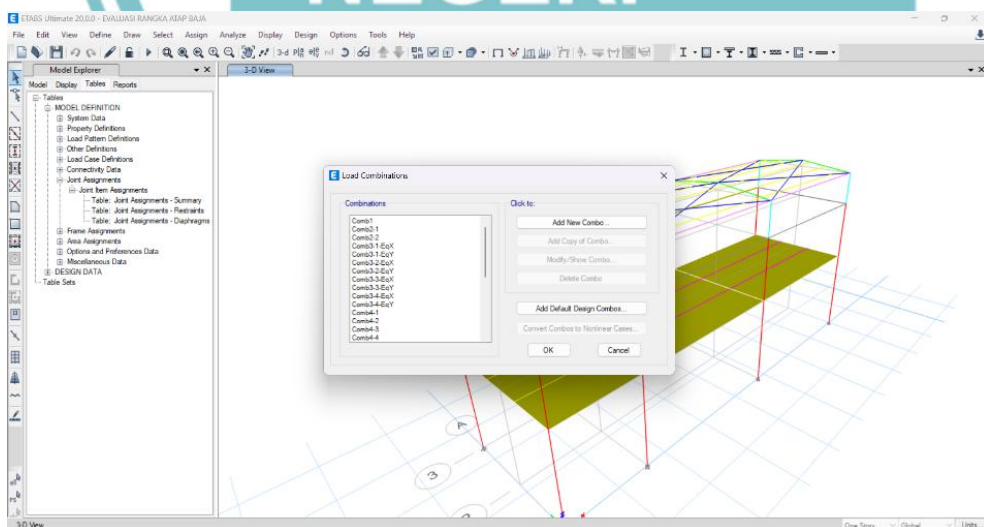


Gambar 4. 6 *Input load case*

Sumber: Olahan pribadi

Melalui menu *Define > Load Case*, tambahkan kasus pembebanan sesuai dengan jenis beban yang telah ditetapkan sebelumnya. Setiap *load case* perlu diatur dengan penyesuaian faktor skala yang tepat agar sesuai dengan ketentuan dan standar perencanaan struktur yang digunakan.

6. Membuat Kombinasi Pembebanan (*Load Combination*)



Gambar 4. 7 *Input load combinations*

Sumber: Olahan pribadi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Menentukan Massa untuk Analisa Gempa

8. Menggambar Elemen Struktur

The screenshot shows the ETABS software interface. The 'Beam Information' dialog box is open, displaying the following information:

- Object ID:**

Story	Label	Unique Name
ATAP	BB	112
- Object Data:**
 - Geometry: Assignments, Loads, Design
 - Assignments:
 - Section Property: R3 WF250x175x11
 - Moment Frame Beam Type: Standard Moment Connection
 - Property Modifiers: None
 - End Releases: None
 - Slab Line Releases: None
 - End Length Offsets: Auto
 - Insertion Point: CP w/ B - Top Corner
 - Output Stations: Min Number of Stations
 - Local Axis 2 Angle (deg): Default
 - Spring: None
 - Line Mass (kg/m): 0
 - TC Limits: None
 - Spanned: None
 - Material Orientation: None
 - Auto Mesh: Yes, 3, 1st
 - Include in Analysis Mesh: Program Determined
 - Consider for Force Capping: No
 - Groups: 1 Group
- Section Property:**

Section property assigned to the frame object.

The background shows a 3D model of a building frame with a green beam highlighted.

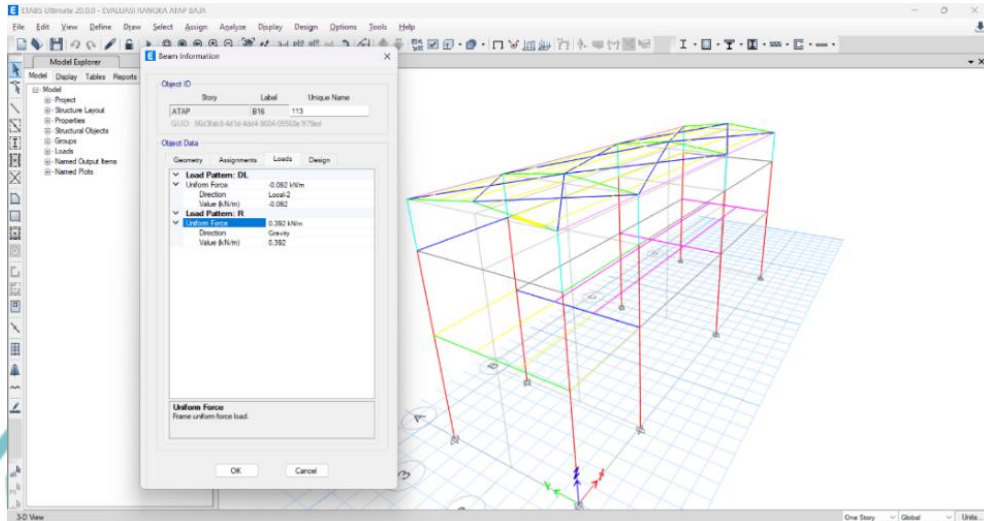
Sumber: Olahan pribadi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Menambahkan Nilai Beban ke Elemen

Beban-beban yang telah dihitung, baik beban statis maupun beban lateral, termasuk beban terpusat, kemudian diaplikasikan secara langsung pada elemen-elemen struktur sesuai dengan kondisi dan lokasi pembebanannya.

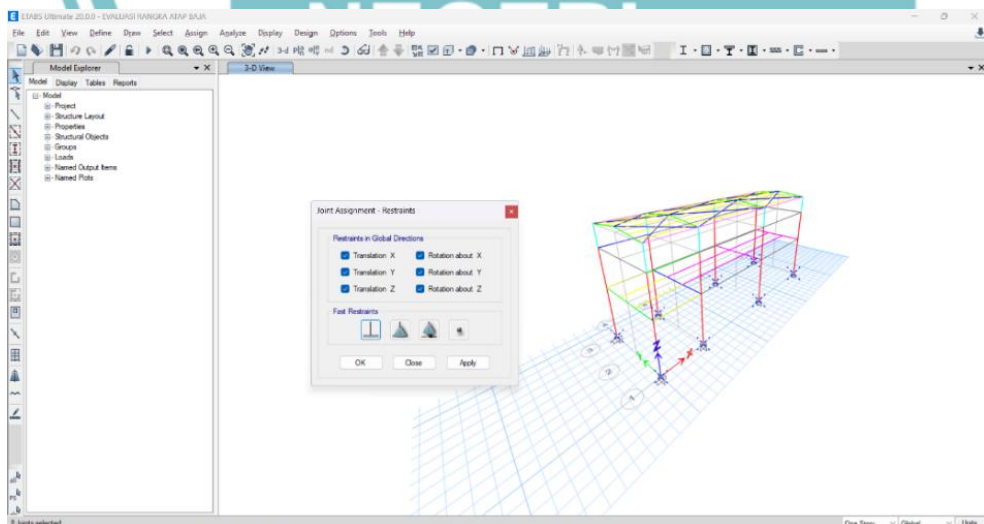


Gambar 4. 9 Input beban ke tiap elemen

Sumber: Olahan pribadi

11. Menentukan Tipe Perletakan

Atur *boundary condition* atau sistem perletakan struktur. Pada permodelan ini, pondasi diasumsikan bersifat kaku sehingga digunakan perletakan jepit penuh (*fixed support*) untuk merepresentasikan kondisi tersebut.



Gambar 4. 10 Penentuan tipe perletakan

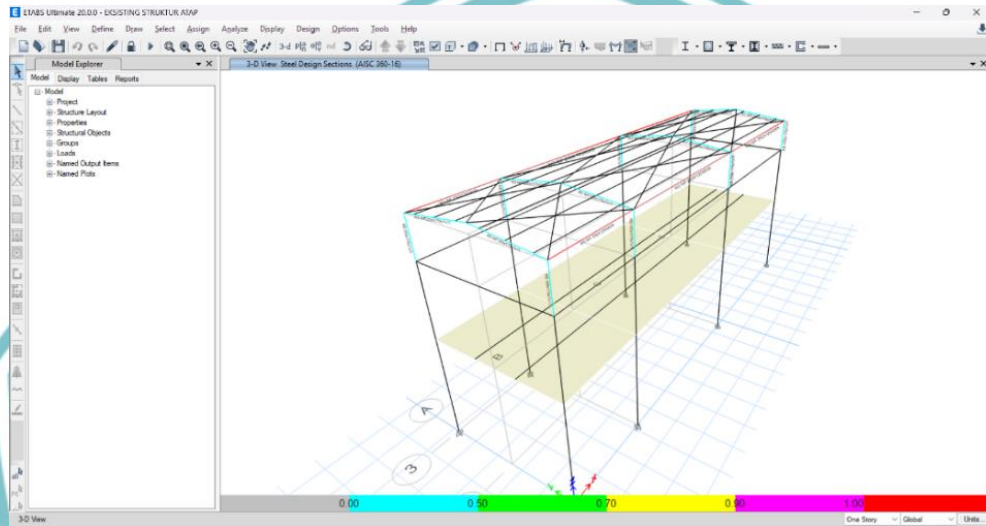
Sumber: Olahan pribadi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

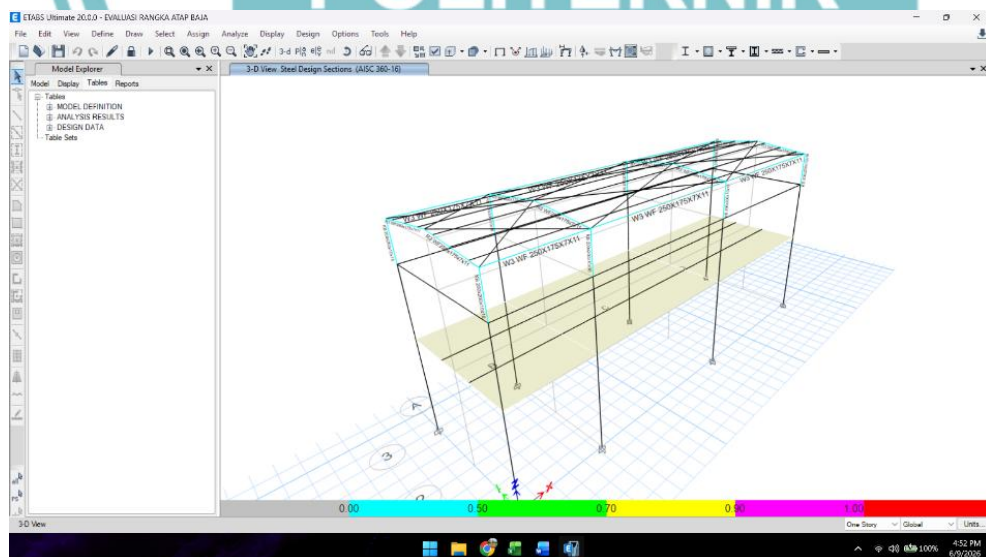
12. *Run analysis*

Setelah seluruh elemen struktur dan beban dimodelkan secara lengkap, dilakukan analisis terhadap seluruh kombinasi pembebanan yang meliputi beban mati (DL), beban hidup (LL), beban angin (W), beban hujan (R), dan beban gempa (EQ). Selain itu, dilakukan pula analisis modal (*modal analysis*) untuk memperoleh perilaku getar struktur.



Gambar 4. 11 Hasil analisa struktur eksisting

Sumber: Olahan pribadi



Gambar 4. 12 Hasil analisa evaluasi struktur

Sumber: Olahan pribadi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

13. Menampilkan Hasil Analisis Gaya Dalam dan Deformasi

Untuk memeriksa hasil gaya dalam pada struktur, pilih terlebih dahulu elemen yang akan ditinjau, kemudian buka menu *Display > Show Table* untuk menampilkan data hasil analisis. Melalui tabel tersebut dapat diketahui besarnya gaya aksial, gaya geser, momen lentur, serta deformasi yang terjadi pada setiap elemen secara detail.

4.4.2 Menentukan Periode Getar Alami Fundamental

Dalam perencanaan struktur tahan gempa, periode getar alami fundamental harus memenuhi batasan yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019. Pembatasan ini dimaksudkan untuk mencegah diperolehnya gaya gempa desain yang terlalu kecil, sehingga kapasitas struktur dalam menahan beban gempa tetap terjamin. Periode getar merupakan salah satu parameter penting yang memengaruhi besarnya respons gempa pada struktur, karena nilainya berhubungan langsung dengan respons spektrum gempa yang digunakan dalam analisis

Periode fundamental pendekatan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x$$

Nilai T dari persamaan tersebut digunakan sebagai batas bawah periode getar struktur. Adapun batas atas periode dihitung dengan mengalikan nilai periode tersebut dengan koefisien batas atas yang besarnya ditentukan berdasarkan parameter S_{D1} .

Struktur atap yang dianalisis memiliki tinggi sebesar 7,75m dan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) yang direncanakan untuk menahan 100% gaya gempa.

Tabel 4. 8 Nilai sistem rangka SRPMK

Parameter	Nilai
C_t	0,0724
x	0,8
h	7,75 m
C_u	1,4

$$T_{min} = C_t \times h_n^x = 0,0724 \times 7,75^{0,8} = 0,373 \text{ detik}$$

Nilai C_u didapat dari tabel SNI 1726-2019

Maka,

$$T_{max} = C_u \times T = 1,4 \times 0,373 = 0,522$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.4 Distribusi Vertikal Gaya Gempa

1. Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s)

Koefisien respons seismik (C_s) merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan besarnya gaya geser dasar seismik yang harus ditahan oleh struktur. Berdasarkan SNI 1726-2019, nilai koefisien respons seismik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,67}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,0839$$

Untuk C_s Max:

$$C_{smax} = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,63}{0,522 \left(\frac{8}{1}\right)} = 0,152$$

Untuk C_s Min:

$$C_{smin} = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,044 \times 0,67 \times 1 \geq 0,01$$

$$C_{smin} = 0,029 \geq 0,01 \text{ OK!}$$

Maka, digunakan C_s (max) = 0,152

2. Menentukan Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar merupakan total gaya gempa lateral yang diasumsikan bekerja pada struktur akibat pengaruh gempa rencana. Besarnya gaya geser dasar dihitung dengan mengalikan koefisien respons seismik terhadap berat struktur.

$$V = C_s W$$

Berat struktur mencakup seluruh beban mati yang bekerja secara permanen yang diperhitungkan sebagai massa gempa sesuai ketentuan SNI 1726-2019. Pada kajian ini digunakan program ETABS untuk menghitung berat struktur per lantai, dengan ke menu *Display > Tables > Other Definitions > Mass Data > Mass Summary by Story*, kemudian diperoleh berat struktur sebagai berikut:

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 9 Berat bangunan per lantai

TABLE: Mass Summary by Story

Story	UX	UY
	kg	Kg
ATAP	4704,01	4704,01
LANTAI 2	27000,02	27000,02
LANTAI 1	114498	114498
W Total	141498,59 kg	

Maka,

$$V = C_s W = 0,152 \times 141498,59 = 21527,69 \text{ kg}$$

3. Menentukan nilai k

Nilai eksponen k digunakan untuk mendistribusikan gaya gempa lateral ke setiap tingkat bangunan berdasarkan tinggi dan massa bangunan pada masing-masing lantai. Untuk struktur dengan $T \leq 0,5$ detik, $k=1$. Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$. Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Karena nilai T pada kajian ini adalah 0,522, maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai k.

$$k = 1 + \frac{0,522 - 0,5}{2} = 1,011$$

4. Menentukan Gaya Lateral per Lantai

Penentuan gaya lateral per lantai diperoleh melalui rumus:

$$F_x = C_{vx} V \text{ dan } C_{vx} = \frac{w_x h_x^n}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

Tabel 4. 10 Nilai gaya lateral per lantai untuk setiap portal

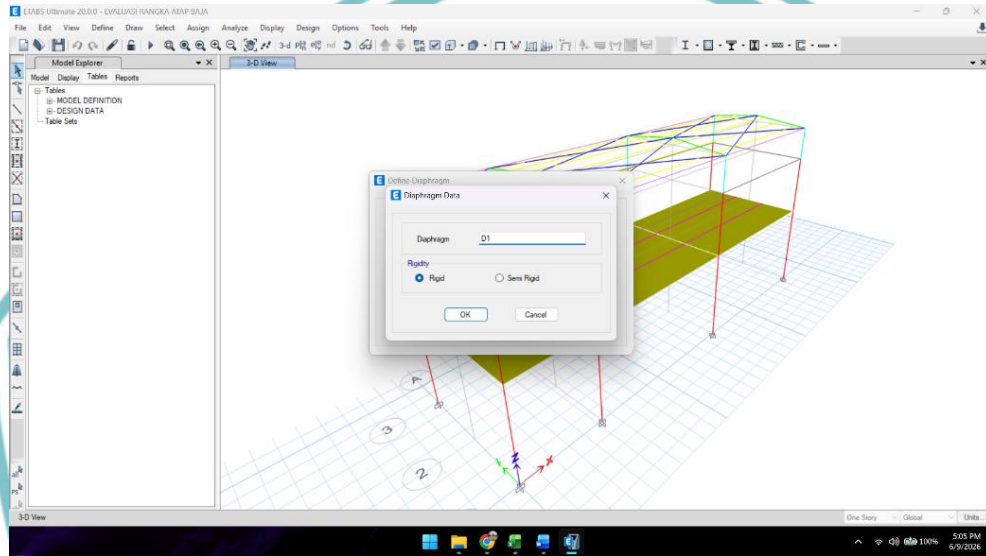
Lantai	Hx (m)	Hx ^k	Wx (kg)	Wx.Hx ^k	Cvx	Fx (kg)	Fx (kN)
Atap	9,48	9,713	4704,01	51292,11	0,060019	1292,067	12,675
2	7,75	7,923	27000,02	244193,6	0,28574	6151,328	60,344
1	4,55	4,625	114498	610406,4	0,71426	15376,36	150,842
Total			141498,59	854600,1	1	21527,69	211,186

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

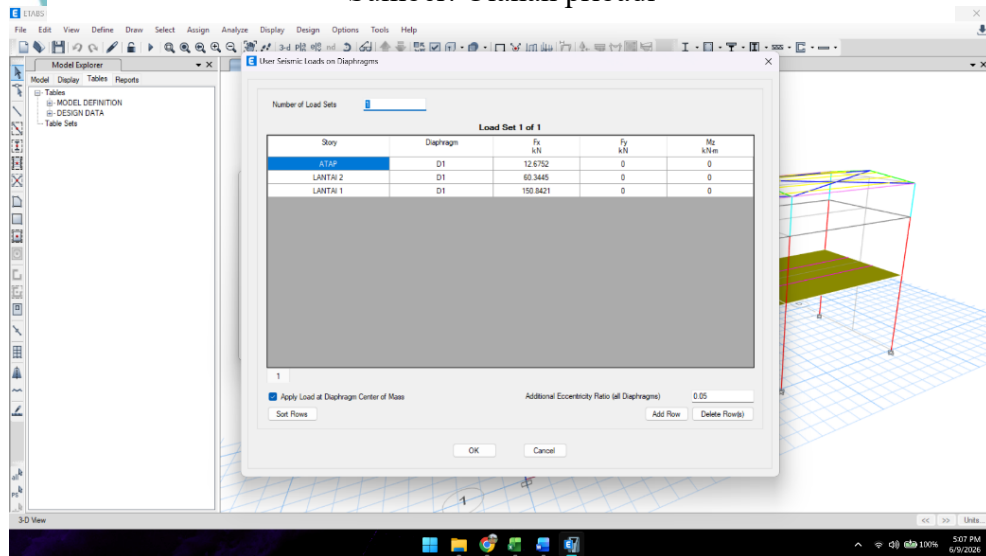
5. Memasukan Gaya Lateral kedalam ETABS

Setelah besarnya gaya lateral per lantai diperoleh, gaya tersebut kemudian dimasukkan ke dalam model struktur di ETABS melalui sistem diafragma lantai. Pemberian beban dilakukan dengan mengasumsikan bahwa lantai berperilaku sebagai diafragma kaku (*rigid diaphragm*), sehingga gaya gempa pada setiap tingkat diaplikasikan sebagai beban lateral pada pusat masa lantai. Selanjutnya ETABS secara otomatis mendistribusikan gaya tersebut.



Gambar 4. 14 Input diafragma ke pelat lantai

Sumber: Olahan pribadi



Gambar 4. 13 Input gaya lateral per lantai

Sumber: Olahan pribadi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.5 Kontrol Desain

4.5.1 Kontrol Simpangan Antar Lantai

Pengendalian simpangan antar lantai pada struktur ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa perpindahan lateral akibat pembebanan gempa tidak melebihi batas yang diizinkan, sehingga kekuatan struktur dapat terjaga sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku.

$$\Delta_a = 0,02h$$

$$\rho = 1,3$$

$$\begin{aligned}\Delta_{max} &= \Delta_a \times \rho \\ &= 0,02h \times 1,3 \\ &= 0,0154h\end{aligned}$$

$$C_d = 5,5$$

$$I_e = 1$$

$$\Delta = \delta \times C_d / I_e$$

Keterangan:

Δ_a = Simpangan antar tingkat yang diizinkan

ρ = Faktor redundansi

Δ_{max} = Perpindahan maksimum di tingkat x (mm)

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I_e = Faktor keutamaan gempa

Δ = Simpangan antar tingkat desain

Arah X

Tabel 4. 11 Kontrol simpangan antar lantai arah sumbu X

Lantai	h (mm)	δx (mm)	δ_{ex} (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Keterangan
Atap	1730	7,769	0,565	3,1075	26,6153	OKE
2	3200	7,204	1,891	10,4005	49,2307	OKE
1	4550	5,313	5,313	29,2215	70	OKE

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Arah Y

Tabel 4. 12 Kontrol simpangan antar lantai arah sumbu Y

Lantai	h (mm)	δy (mm)	δey (mm)	Δ (mm)	$\Delta a/p$ (mm)	Keterangan
Atap	1730	7,987	1,084	5,962	26,6153	OKE
2	3200	6,903	2,757	15,1635	49,2307	OKE
1	4550	4,146	4,146	22,803	70	OKE

4.5.2 Kontrol Dimensi Struktur *rafter* Profil IWF

Pada desain awal, *rafter* menggunakan profil baja 350x175x7x11, dalam proses redesain, elemen tersebut di perkecil dimensinya menggunakan profil baja 250x175x7x11 menggunakan mutu baja BJ41 yang memiliki tegangan leleh (F_y) sebesar 250 MPa dan tegangan tarik *ultimate* (F_u) sebesar 410 MPa. *Rafter* dengan bentang terpanjang memiliki panjang 3,0201 meter dan selanjutnya dianalisis untuk mengevaluasi kemampuan profil baja yang digunakan.

1. Data profil

- w = 44,1 kg/m
- d = 244 mm
- bf = 175 mm
- tw = 7 mm
- tf = 11 mm
- b = 175 mm
- h = 250 mm
- A = 56,24 cm²
- r = 16 mm
- I_x = 6120 cm⁴
- I_y = 984 cm⁴
- i_x = 10,4 cm
- i_y = 4,18 cm
- S_x = 502 cm³
- S_y = 113 cm³
- Z_x = 535 cm³
- Z_y = 171 cm³

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\begin{aligned} F_y &= 250 \text{ MPa} \\ E &= 200.000 \text{ MPa} \\ G &= 80.000 \text{ MPa} \\ L &= 3,0201 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Menghitung momen nominal yang dibutuhkan

$$q_u = 22,4872 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 25,64 \text{ kNm}$$

$$\phi = 0,9$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{25,64}{0,9} = 28,48 \text{ kNm}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{6120}{56,24}} = 10,43 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{984}{56,24}} = 4,182 \text{ cm}$$

3. Cek kekompakan elemen penampang

Untuk sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95$$

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_{rf} = 1 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 1 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 28,28$$

$$\lambda_f \leq \lambda_{pf} \leq \lambda_{rf} = 7,95 \leq 10,75 \leq 28,28 \text{ OK!}, \text{ maka sayap kompak}$$

Untuk badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{250}{7} = 35,714$$

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,348$$

$$\lambda_{rw} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

$$\lambda_w \leq \lambda_{pw} \leq \lambda_{rw} = 35,714 \leq 106,348 \leq 161,22 \text{ OK!}, \text{ maka badan kompak}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Cek kuat lentur nominal akibat pelelehan

$$M_n = M_p = F_y Z_x = 250 \times 535 = 133 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 133 = 119,7 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n > M_u = 119,7 \text{ kNm} > 25,64 \text{ kNm}$$

5. Cek kuat lentur akibat tekuk torsi lateral

$$L_p = 1,76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1,76 \times 4,182 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 208,181 \text{ cm}$$

$$C = 1$$

$$h_o = d - 2 \times \frac{1}{2} t_f = 244 - 2 \times \frac{1}{2} \times 11 = 233 \text{ mm} = 23,3 \text{ cm}$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{984 \times 23,3^2}{4} = 133550,94 \text{ cm}^6$$

$$R_{ts} = \frac{\sqrt{I_y C_w}}{S_x} = \frac{\sqrt{984 \times 133550,94}}{502} = 4,78 \text{ cm}$$

$$J = \frac{2}{3} b_f t_f^3 + \frac{1}{2} (d - 2t_f) t_w^3$$

$$J = \frac{2}{3} \times 175 \times 11^3 + \frac{1}{2} (244 - 2(11)) 7^3 = 19,335 \text{ cm}^4$$

$$L_r = 1,95 r_{ts} \frac{E}{0,7 f_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_o} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h_o}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 f_y}{E}\right)^2}}$$

$$L_r = 1,95 \times 4,78 \times \frac{200000}{0,7 \times 250} \sqrt{\frac{19,335 \times 1}{502 \times 23,3} + \sqrt{\left(\frac{19,335 \times 1}{502 \times 23,3}\right)^2 + 6,76 \left(\frac{0,7 \times 250}{200000}\right)^2}}$$

$$= 712,043 \text{ cm}$$

$$L_p < L_r = 208,181 \text{ cm} < 712,043 \text{ cm OK!}$$

6. Menghitung lendutan perlu untuk batas lendutan

$$\delta \text{ ijin} = \frac{L}{300} = \frac{3020}{300} = 10,06 \text{ mm}$$

$$\delta = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I_x} = 7,2 < \delta \text{ ijin} = 10,06 \text{ OK!}$$

7. Cek kuat geser nominal

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{250}{7} = 35,714 < 2,24 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 63,3 \text{ OK!}$$

$$A_w = 244 \times 7 = 17,08 \text{ cm}^2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$C_v = 1$$

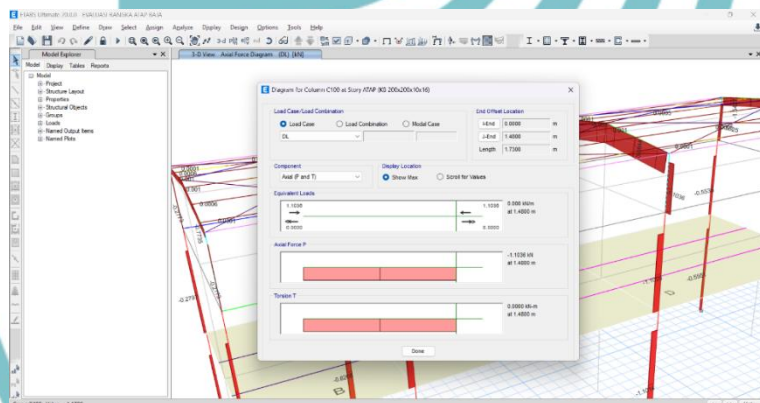
$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \times C_v = 256 \text{ kN}$$

$$V_u = 33,96 \text{ kN}$$

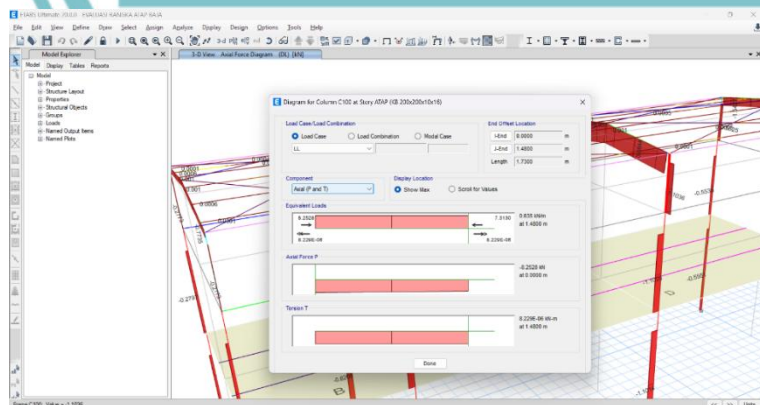
$$\phi \times V_n = 0,9 \times 256 = 230,4 \text{ kN} \geq V_u = 33,96 \text{ kN OK!}$$

4.5.3 Kontrol Batang Aksial – Lentur Portal tak Bergoyang

Pemeriksaan kekuatan dilakukan untuk memastikan bahwa elemen kolom mampu menahan kombinasi gaya aksial (baik tekan maupun tarik yang bekerja searah sumbu elemen) dan momen lentur yang timbul akibat beban lateral. Evaluasi ini juga memperhitungkan pengaruh efek sekunder P- δ , yaitu tambahan momen yang terjadi akibat perpindahan lateral kolom saat menerima beban tekan. Pada evaluasi ini, kolom menggunakan profil baja 200x200x10x16 dengan tinggi maksimum 1,73 m. Sementara itu, balok menggunakan profil 250x175x7x11 dengan bentang terpanjang 8 m. Material yang digunakan adalah baja mutu BJ41 dengan nilai kuat leleh (F_y) sebesar 250 MPa dan kuat tarik ultimate (F_u) sebesar 410 MPa.



Gambar 4. 16 Axial force pada kolom *frame* C100 dengan beban mati
Sumber: Olahan pribadi



Gambar 4. 15 Axial force pada kolom *frame* C100 dengan beban hidup
Sumber: Olahan pribadi



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Data profil

$$\begin{aligned}
 w &= 44,1 \text{ kg/m} \\
 d &= 244 \text{ mm} \\
 bf &= 175 \text{ mm} \\
 tw &= 7 \text{ mm} \\
 tf &= 11 \text{ mm} \\
 b &= 175 \text{ mm} \\
 h &= 250 \text{ mm} \\
 A &= 56,24 \text{ cm}^2 \\
 r &= 16 \text{ mm} \\
 I_x &= 6120 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 984 \text{ cm}^4 \\
 i_x &= 10,4 \text{ cm} \\
 i_y &= 4,18 \text{ cm} \\
 S_x &= 502 \text{ cm}^3 \\
 S_y &= 113 \text{ cm}^3 \\
 Z_x &= 535 \text{ cm}^3 \\
 Z_y &= 171 \text{ cm}^3 \\
 F_y &= 250 \text{ MPa} \\
 E &= 200.000 \text{ MPa} \\
 G &= 80.000 \text{ MPa} \\
 M_{u1x} &= 9,72 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung faktor pembesaran momen untuk efek P-δ

$$P_u = 21,3736 \text{ kN}$$

$$P_{e1} = \frac{\pi^2 \times E \times I_x}{L^2} = \frac{\pi^2 \times 200000 \times 6120}{1730^2} = 4,036 \times 10^4 \text{ kN}$$

$$C_m = 0,6 - 0,4 \left(-\frac{M_1}{M_2} \right) = 0,6 - 0,4 \left(-\frac{0,32}{9,72} \right) = 0,646$$

$$B_1 = \frac{C_m}{1 - \frac{a \times P_r}{P_{e1}}} \geq 1 = \frac{0,646}{1 - \frac{1 \times 21,3736}{4,036 \times 10^4}} = 0,646 \geq 1$$

$$M_{rx} = B_1 \times M_{u2x} = 0,646 \times 9,72 = 6,28 \text{ kNm}$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Menghitung kuat tekan rencana

$$h_o = d - t_f = 244 - 11 = 233 \text{ mm}$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times t_f^2 \times b + t_w^3 \times h_o)$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \times 11^2 \times 175 + 7^3 \times 233) = 4,0756 \times 10^4 \text{ mm}^4$$

$$C_w = \frac{I_y \times h_o^2}{4} = \frac{984 \times 233^2}{4} = 1,3355094 \times 10^7 \text{ mm}^6$$

$$I_x + I_y = 6120 + 984 = 7104$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{6120}{56,24}} = 10,432 \text{ cm} = 104,32 \text{ mm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{984}{56,24}} = 4,182 \text{ cm} = 41,82 \text{ mm}$$

$$r_{min} = r_y = 41,82 \text{ mm}$$

4. Menentukan klasifikasi penampang

Untuk sayap

$$\lambda_f = \frac{b}{2t_f} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,954 \leq 0,56 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \sqrt{\frac{200000}{250}} = 15,839 \text{ OK!}$$

Untuk badan

$$\lambda_w = \frac{h}{t_w} = \frac{250}{7} = 35,714 \leq 1,49 \sqrt{\frac{E}{f_y}} \sqrt{\frac{200000}{250}} = 42,143 \text{ OK!}$$

5. Tegangan kritis tekuk – lentur

$$\frac{K_y \times L}{r_{min}} = \frac{0,65 \times 173}{4,182} = 26,89 < 4,71 \times \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4,71 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 133,219 \text{ OK!}$$

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{(26,89)^2} = 2729,9 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}}\right) \times F_y = \left(0,658^{\frac{250}{2729,9}}\right) \times 250 = 240,59 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_{cr}}{F_y} = \frac{240,59}{250} = 0,962$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

6. Tegangan kritis tekuk – puntir

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 \times E \times C_w}{(K \times L)^2} + G \times J \right) \times \left(\frac{1}{I_x \times I_y} \right)$$

$$F_e = \left(\frac{\pi^2 \times 200000 \times 1,3355094 \times 10^7}{(0,65 \times 173)^2} + 80000 \times 4,0756 \times 10^4 \right) \times \left(\frac{1}{6120 \times 984} \right) = 346,187$$

$$\frac{F_y}{F_e} = \frac{250}{346,187} = 0,722$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y = (0,658^{0,722}) \times 250 = 184,79 \text{ MPa}$$

$$\frac{F_{cr}}{F_y} = \frac{184,79}{250} = 0,74$$

7. Kuat tekan nominal kolom

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r_{min}} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200000}{\left(\frac{0,65 \times 173}{4,182} \right)^2} = 2730,1 \text{ MPa}$$

$$F_{cr} = \left(0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right) \times F_y = \left(0,658^{\frac{250}{2730,1}} \right) \times 250 = 240,599 \text{ MPa}$$

$$P_n = F_{cr} \times A = 240,599 \times 56,24 = 13531,29 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,9$$

$$P_c = \phi \times P_n = 0,9 \times 13531,29 = 12178,161 \text{ kN} = 12,178 \times 10^3 \text{ kN}$$

8. Kuat lentur penampang pada kondisi plastis (maksimum)

Terhadap sumbu kuat

$$Z_x = b \times t_f \times (d - t_f) + 0,25 \times t_w \times (h^2)$$

$$Z_x = 175 \times 11 \times (244 - 11) + 0,25 \times 7 \times (250^2) = 5,579 \times 10^5 \text{ mm}^3$$

$$M_{px} = Z_x \times F_y = 5,579 \times 10^5 \times 250 = 1394,75 \text{ kNm}$$

Terhadap sumbu lemah

$$M_{py} = Z_y \times F_y \leq 1,6 \times S_y \times F_y = 42,75 \text{ kNm} \leq 45,2 \text{ kNm}$$

$$M_{ny} = M_{py} = 42,75 \text{ kNm}$$

9. Cek klasifikasi penampang

Sayap

$$\lambda_{pf} = 0,38 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 0,38 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10,75$$

$$\lambda_{rf} = 1,00 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = \sqrt{\frac{200000}{250}} = 28,28$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\lambda_f = \frac{b}{2tf} = \frac{175}{2 \times 11} = 7,95 < \lambda_{pf}, \text{ maka sayap kompak}$$

Badan

$$\lambda_{pw} = 3,76 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 3,76 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106,34$$

$$\lambda_{rw} = 5,7 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 5,7 \sqrt{\frac{200000}{250}} = 161,22$$

$$\lambda_w = \frac{h}{tw} = \frac{250}{7} = 35,71 < \lambda_{pw}, \text{ maka badan kompak}$$

10. Parameter LTB berdasarkan ketentuan (SNI 1729-2020, Bab F2)

$$r_{ts} = \left(\frac{I_y \times h_o}{2 S_x} \right) = 52,147 \text{ mm}$$

$$J = 4,0756 \times 10^4$$

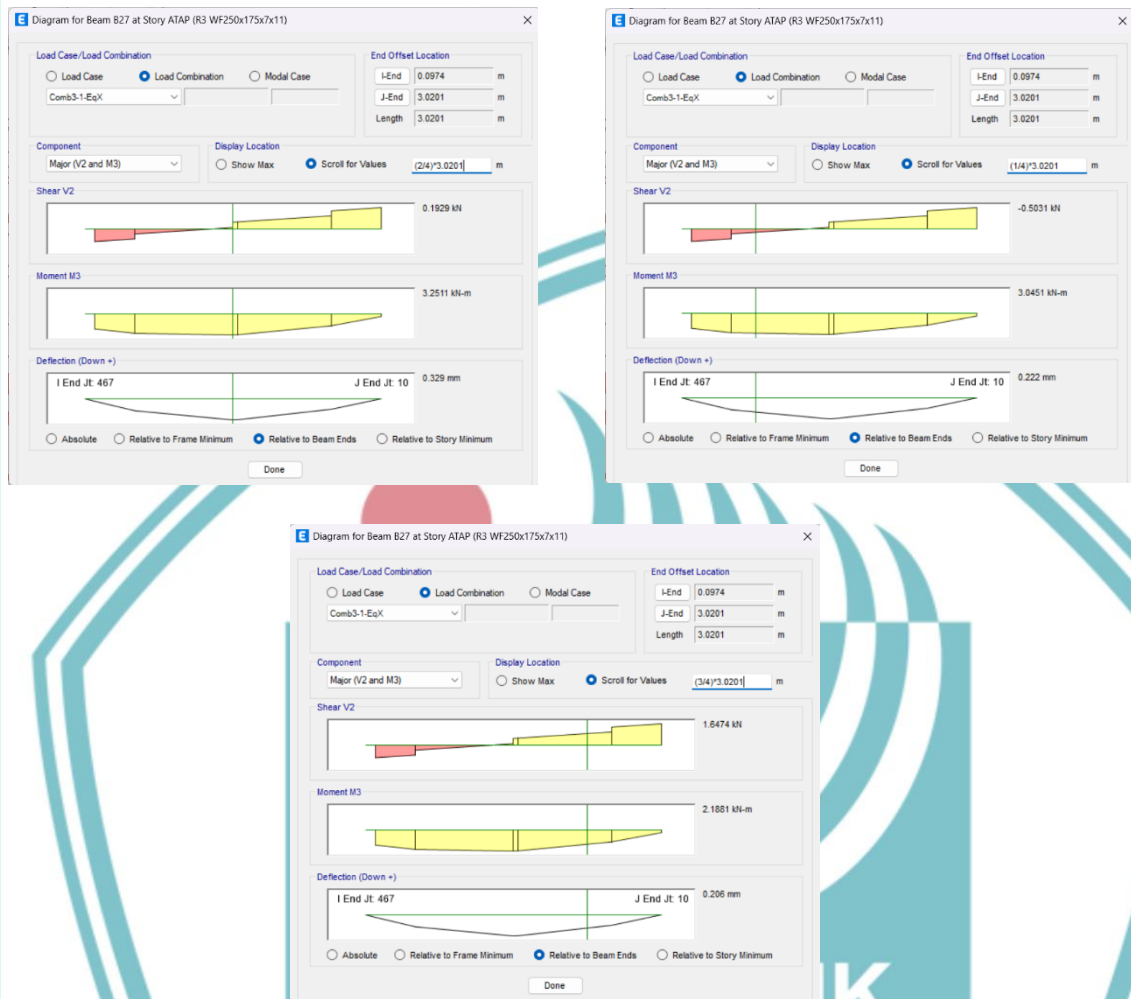
$$L_p = 1,76 \times r_y \times \sqrt{\frac{E}{fy}} = 1,76 \times 41,82 \times \sqrt{\frac{200000}{250}} = 2,081 \times 10^3$$

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

$$L_r = \left(1,95 \cdot 52,147 \cdot \frac{200000}{0,7 \cdot 250} \right) \left(\sqrt{\frac{4,0756 \times 10^4 \cdot 1}{502 \cdot 233}} + \sqrt{\left(\frac{4,0756 \times 10^4 \cdot 1}{502 \cdot 233} \right)^2 + 6,76 \cdot \left(\frac{0,7 \cdot 250}{200000} \right)^2} \right)$$

$$L_r = 9,7 \times 10^4$$

11. Menghitung faktor C_b untuk memasukkan pengaruh bentuk



Gambar 4. 17 M_A , M_B , M_C

Sumber: Olahan pribadi

$$M_A = M \frac{1}{4} \times L_b = 3,0451 \text{ kNm}$$

$$M_B = M \frac{2}{4} \times L_b = 3,2511 \text{ kNm}$$

$$M_C = M \frac{3}{4} \times L_b = 2,1881 \text{ kNm}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times M_{max}}{2,5 \times M_{max} + 3 \times M_A + 4 \times M_B + 3 \times M_C}$$

$$C_b = \frac{12,5 \times 9,72}{2,5 \times 9,72 + 3 \times 3,0451 + 4 \times 3,2511 + 3 \times 2,1881} = 2,29$$

12. Momen nominal terhadap kondisi batas tekuk torsi lateral

$$M_{nx} = C_b \times (M_{px} - 0,7 \times F_y \times S_x) \times \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right)$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$M_{nx} = 2,29 \times (1394,75 - 0,7 \times 250 \times 5,02 \times 10^5) \times \left(\frac{1,73 \times 10^3 - 2,081 \times 10^3}{9,7 \times 10^4 - 2,081 \times 10^3} \right)$$

$$M_{nx} = 728,113 \text{ kNm}$$

13. Kuat lentur balok ditentukan oleh kondisi leleh

$$\phi = 0,9$$

$$M_{cx} = \phi \times M_{nx} = 0,9 \times 728,113 = 655,3017 \text{ kNm}$$

$$M_{cy} = \phi \times M_{ny} = 0,9 \times 42,75 = 38,475 \text{ kNm}$$

14. Menghitung interaksi gaya aksial dan momen lentur

Apabila

$$\frac{P_r}{P_c} < 0,2 = \frac{21,3736}{12178} = 0,00175 < 0,2$$

Maka

$$\frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0 = 0,00175 + \frac{8}{9} \left(\frac{9,72}{655,3017} + \frac{0}{0} \right) = 0,0149 \leq 1,0 \text{ OK!!!}$$

4.5.4 Hasil Kontrol Desain

Berdasarkan hasil permodelan dan analisis struktur yang dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS, dapat disimpulkan bahwa struktur mampu menahan kombinasi beban yang bekerja sesuai ketentuan SNI 1729:2020. Analisis ini mempertimbangkan beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa yang bekerja pada *rafter*, Serta menghasilkan nilai rasio kapasitas pada elemen struktur yang ditinjau. Nilai tersebut menggambarkan perbandingan antara kapasitas elemen struktur dengan gaya dalam yang bekerja, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kondisi dan kinerja struktur dalam menahan beban rencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya dalam dan deformasi yang terjadi pada elemen-elemen masih berada dalam batas yang diizinkan, sehingga kinerja struktur secara keseluruhan dapat dinyatakan aman dan stabil. Selain diperoleh dari hasil analisis perangkat lunak ETABS, nilai rasio kapasitas tersebut juga dihitung secara manual berdasarkan ketentuan perencanaan yang berlaku. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 13 Hasil kontrol desain

Struktur	Kapasitas Rasio	Kontrol Desain
Kolom beton	0,924	-
Rafter IWF 250x175x7x11	0,044	Cek kuat lentur nominal $119,7 \text{ kNm} > 25,64 \text{ kNm}$ $\phi M_n > M_u$
		Cek lendutan ijin $\delta = 7,2 < \delta \text{ ijin} = 10,06 \text{ mm}$
		Cek kuat geser nominal $\phi \times V_n = 230,4 \text{ kN}$



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

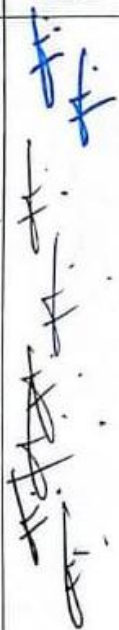
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
---	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Silah Dewangga NIM : 2301311029
Program Studi : D3 Konstruksi Gedung
KBK : Struktur & Material
Judul Tugas Akhir : Evaluasi Kekuatan Atap Baja WF Terhadap Bentang
Bangunan Gelanggang Remaja Jakarta Barat
Pembimbing : Dr. Tri Widya Swastika, A.Md, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	17/02/2026	Proses pembuatan Judul & Bab I	
2.	24/02/2026	BAB I OK, proses pembuatan BAB II	
3.	27/02/2026	BAB II OK, Pembuatan BAB III & Flow chart	
4.	28/02/2026	BAB III OK, dapat dikompilkan Proposal	
5.	01/04/2026	Crosscheck Bab III Prosedur penelitian	
6.	03/04/2026	Asistensi metode Statik ekuivalen	
7.	23/04/2026	Asistensi Analisa penampang	
8.	29/04/2026	Asistensi rumus aksial lentur	
9.	06/05/2026	Asistensi Permodelan Struktur	

Lampiran 1 Lembar Asistensi Dosen Pembimbing



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
---	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Silah Dewangga NIM : 2301311029
Program Studi : D3 Konstruksi Gedung
KBK : Struktur & Material
Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020
Evaluator 1 : Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	13-7-2026	Revisi Perhitungan / kontrol manual	
2.	16-7-2026	Acc !	

Lampiran 2 Lembar Asistensi Dosen Penguji 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
---	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Silah Dewangga NIM : 2301311029
Program Studi : D3 Konstruksi Gedung
KBK : Struktur & Material
Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020
Evaluator 2 : Andi Indianto, Drs., S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	13-07-2026	Asistensi Pergantian Judul	
2.	14-07-2026	Asistensi Bab 5	
3.	14-07-2026	Acc Revisi	

Lampiran 3 Lembar Asistensi Dosen Penguji 2



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-4
--	---	--------------------------

LEMBAR ASISTENSI

Nama : Silah Dewangga NIM : 2301311029
Program Studi : D3 Konstruksi Gedung
KBK : Struktur & Material
Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020
Evaluator 3 : Rinawati, S.T., M.T.

No.	Tanggal	Uraian	Paraf
1.	15-07-2026	- Flowchart bentuk proses - Hasil capacity ratio kolom dalam tabel - Tambahkan sumber gambar jika olahan pribadi - ACC REVISI	

Lampiran 4 Lembar Asistensi Dosen Penguji 3



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	<i>Formulir TA-5</i>
--	---	--------------------------

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Dr. Tri Widya Swastika, A.Md.T., S.T., M.T.

NIP : 198604292014042001

Jabatan : Pembimbing Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Silah Dewangga NIM : 2301311029

Program Studi : Konstruksi Gedung

KBK : Struktur & Material

Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020

☐

Sudah dapat mengikuti Ujian Sidang Tugas Akhir

☒

Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Keterangan:

☐

Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

Depok, 13 Juli2026
Yang menyatakan,

(Dr. Tri Widya Swastika, A.Md.T., S.T., M.T.)
NIP. 198604292014042001

Lampiran 5 Lembar Persetujuan Dosen Pembimbing



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
--	---	--------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T.

NIP : 199510112024062001

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Silah Dewangga NIM : 2301311029

Program Studi : Konstruksi Gedung

KBK : Struktur & Material.

Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada
Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter*
Berdasarkan SNI 1729:2020



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Depok, 16 Juli 2026

Yang menyatakan,

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk
pilihan yang dimaksud

(Rafie Itharani Ulkhaq, S.T., M.T.)
NIP. 199510112024062001

Lampiran 6 Lembar Persetujuan Dosen Penguji 1



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
PERSETUJUAN PENGUJI		

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andi Indianto, Drs., S.T., M.T.

NIP : 196109281987031002

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. **Silah Dewangga** NIM : 2301311029

Program Studi : Konstruksi Gedung

KBK : Struktur & Material.

Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

Depok, 13 Juli 2026
Yang menyatakan,

(Andi Indianto, Drs., S.T., M.T.)
NIP. 196109281987031002

Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

Lampiran 7 Lembar Persetujuan Dosen Penguji 2



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI JAKARTA JURUSAN TEKNIK SIPIL	Formulir TA-6
---	---	--------------------------

PERSETUJUAN PENGUJI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rinawati, S.T., M.T.

NIP : 197005102005012001

Jabatan : Penguji Sidang Tugas Akhir

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa di bawah ini:

1. Silah Dewangga NIM : 2301311029

Program Studi : Konstruksi Gedung

KBK : Struktur & Material.

Judul Tugas Akhir : Kajian Kekuatan Struktur Portal Atap Baja WF Pada Bangunan Gedung Dengan Peninjauan Elemen *Rafter* Berdasarkan SNI 1729:2020



Sudah dapat menyerahkan Revisi Naskah Tugas Akhir

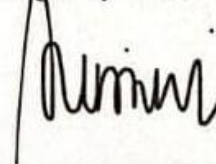
Keterangan:



Beri tanda cek (✓) untuk pilihan yang dimaksud

Depok, 16 Juli 2026

Yang menyatakan,



(Rinawati, S.T., M.T.)
NIP. 197005102005012001

Lampiran 8 Lembar Persetujuan Dosen Penguji 3