

PERENCANAAN BANGUNAN SEKOLAH KONSTRUKSI BAJA 4 LANTAI DI KOTA MANADO

Riolando Wantania

Banu Dwi Handono, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : landorio007@gmail.com

ABSTRAK

Struktur sekolah berlantai 4 akan direncanakan menggunakan struktur baja tahan gempa dan sesuai dengan peraturan SNI yang berlaku. Perencanaan ini menerapkan metode disain gaya-gaya dalam, serta kombinasi balok kolom dengan metode DAM (Direct Analysis Method), sedangkan kapasitas nominal dari penampang menggunakan metode LRFD (Load Resistance Factor Design) atau DFBK untuk SNI 1729-2015, serta sambungan yang akan digunakan mengikuti AISC-2010. Pembebanan yang ditinjau yakni beban gravitasi mengikuti SNI 1727-2013 dan beban gempa sesuai SNI 1726-2012. Konfigurasi rangka struktur baja yang terdiri dari rangka sistem penahan beban gaya lateral dan rangka sistem penahan beban gravitasi. Penggunaan profil baja yang memenuhi syarat dengan SNI 1729-2015 dan dilanjutkan dengan perhitungan elemen secara manual dengan metode LRFD. Hasil disain struktur baja ini, menggunakan profil 400x400x21x21 untuk kolom, 400x200x8x13 untuk balok, 350x175x7x11 untuk balok anak. Periode getar maksimum 0,425 detik dan simpangan maksimum pada arah x sebesar 13,328 mm dan arah y sebesar 7,491 mm Sambungan yang dipakai bervariasi sesuai dengan konfigurasi rangka yang telah ditentukan, yakni sambungan bersifat kaku dan tidak kaku untuk balok kolom pada bagian sayap dan badan, dan sambungan balok anak ke balok induk bersifat tidak kaku.

Kata kunci : Baja, DAM, LRFD, Gempa

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu dan perkembangan zaman di Indonesia mendorong pertumbuhan dan pembangunan gedung-gedung sarana dan prasarana untuk lebih ditingkatkan. Minimnya lahan yang tersedia menjadi permasalahan dalam pembangunan yang diperlukan, sehingga menjadi suatu alternatif untuk membangun gedung bertingkat dalam menjawab kebutuhan bangunan sarana dan prasarana. Akan tetapi negara kita Indonesia termasuk dalam daerah rawan gempa, karena terletak diantara dua lempeng dunia yang aktif, yaitu Eurasia dan Australia.

Perencana diuntut agar dapat membuat perencanaan struktur bangunan yang matang dan seksama agar apabila terjadi gempa, struktur bangunan dapat menahan gaya gempa yang terjadi sehingga bangunan tidak rusak dan tidak runtuh. Selain gaya gempa, bangunan harus aman terhadap beban gempa dan beban lainnya

selama penggunaan gedung tersebut. Struktur yang kuat biasanya memiliki dimensi yang besar tetapi tidak ekonomis jika diterapkan pada bangunan bertingkat tinggi. Perhitungan dimensi biasanya didasarkan pada kolom atau balok struktur yang menanggung beban paling besar. Terkait perancangan sebuah bangunan struktur, tentu sangat berpengaruh dengan pemilihan material yang akan digunakan. Menurut (Agus Setiawan, 2008) material baja sebagai bahan konstruksi memiliki beberapa keunggulan dibanding menggunakan material konstruksi lainnya yaitu baja mempunyai kekuatan yang tinggi, sehingga dapat mengurangi ukuran struktur serta mengurangi berat sendiri dari struktur itu sendiri, keawetan yang tinggi, juga dalam penyambungan antar elemen yang dapat menggunakan alat sambung las ataupun baut.

Skripsi ini merupakan studi untuk merencanakan bangunan bertingkat dengan struktur baja sebagai struktur utama. Bangunan bertingkat tersebut harus mampu bertahan terhadap beban gempa.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil dari uraian di atas adalah bagaimana dapat merencanakan bangunan bertingkat dengan menggunakan struktur baja tahan gempa untuk mendapatkan dimensi struktur yang mampu menahan beban vertikal maupun horizontal serta struktur memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan sesuai standar yang berlaku di Indonesia. Untuk itu penulis mencoba untuk mendisain bangunan sekolah dengan struktur baja yang ada di Manado. Dari rumusan masalah diatas penulis akan mengajukan penelitian dengan judul:

“Perencanaan Bangunan Sekolah
Konstruksi Baja 4 Lantai di Kota Manado”

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisi.
2. Struktur utama adalah struktur baja, plat lantai menggunakan bondeck dan wiremesh.
3. Perencanaan meliputi elemen struktur balok, kolom, pelat, pondasi serta sambungan balok-kolom.
4. Analisa perhitungan gaya gempa menggunakan metode response spektrum berdasarkan SNI 1726-2012 tentang “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung”.
5. Perencanaan elemen struktur bangunan menggunakan analisis yang mengacu pada SNI 1729-2015 tentang “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”.
6. Perletakan dianggap terjepit
7. Penelitian ini tidak meninjau metode pelaksanaan, arsitektural dan manajemen konstruksi.
8. Detail atap tidak dihitung.
9. Detail tangga tidak dihitung.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Merencanakan profil komponen gedung struktur baja yang sesuai dengan kriteria desain bangunan struktur baja serta konfigurasi rangka bangunan dengan

menggunakan kombinasi sistem penahan beban lateral dan sistem penahan beban gravitasi.

2. Dapat merencanakan model-model sambungan yang memenuhi kriteria perancangan struktur.
3. Dapat merencanakan dimensi serta tulangan dari pondasi, pile cap, dan sloof yang akan digunakan.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini yaitu :

1. Dari perencanaan ini bisa diketahui hal-hal yang harus diperhatikan pada saat perancangan sehingga kegagalan struktur bisa diminimalisi
2. Menjadi referensi dalam perencanaan konstruksi bangunan bertingkat dengan menggunakan struktur baja.
3. Menjadi referensi dalam perencanaan struktur bangunan baja tahan gempa dengan menggunakan metode perencanaan langsung dan LRFD.

LANDASAN TEORI

Metode Perencanaan Langsung

Perencanaan struktur baja yang umumnya langsung, memerlukan analisis stabilitas. Hasilnya dipengaruhi oleh adanya *imperfection* (nonlinier geometri) dan kondisi inelastis (nonlinier material). Oleh sebab non-linier, analisisnya dikerjakan secara incremental dan iterasi. Sekarang ini dengan dukungan teknologi komputer yang canggih, cara analisis yang dimaksud tidak menjadi kendala. Banyak tersedia berbagai jenis analisis berbasis komputer yang dapat dimanfaatkan, mulai dari analisis *Elastic Buckling Load*, *Second-Order Elastic Analysis*, *First-Order Plastic Mechanism Load*, *First-Order Elastic-Plastic Analysis*, dan *Second-Order Elastic-Plastic* yang disebut juga sebagai *Advance Analysis*. Umumnya jenis analisis seperti itu sudah tersedia sebagai opsi pada program analisa struktur modern. *Direct Analysis Method* (DAM), adalah cara baru perencanaan pada struktur baja yang telah memasukkan prinsip modern dalam analisis stabilitas. Diperlukan analisis struktur berbasis komputer yang di dalamnya ada *Second orde analysis*, tetapi dengan sedikit

manipulasi dan strategi perhitungan yang cocok, agar masalah stabilitas dapat diatasi

Perancangan Stabilitas

Perancangan stabilitas struktur adalah kombinasi analisis untuk menentukan kuat perlu penampang dan mendesain agar punya kekuatan dan kekakuan yang mencukupi. DAM perlu untuk mengatasi keterbatasan analisa elastis linier, yang tidak bisa mengakses stabilitas. Dengan DAM maka pengaruh geometri imperfection dan material inelastis. Cara perancangan struktur baja saat ini, *Effective Length Method* didasarkan analisa struktur yang rasio pembesaran momen akibat perpindahan titik nodal $\Delta_{2nd\ order}/\Delta_{1st\ order} \leq 1,5$. Jika melebihi batasan tersebut berarti strukturnya relatif langsing, yang mana pengaruh non-linier geometri akan menjadi signifikan. Sedangkan cara DAM tidak ada pembatasan, sehingga cocok digunakan untuk perancangan struktur baja modern, yang ada pada umumnya langsing akibat proses optimasi atau mengikuti estetika bangunan

Parameter Penentu Stabilitas Struktur Baja

Jika mempelajari parameter desain batang tekan yang telah mem-perhitungkan kuat material (F_y) dan stabilitas (*buckling*), maka dengan mudah diketahui bahwa kuat batang tekan ditentukan parameter E , F_y , KL/r dan A_g . Dua yang pertama merujuk material, sedangkan dua yang terakhir merujuk kondisi geometrinya. Ternyata setelah dipelajari lebih mendalam, parameter tersebut bukanlah faktor yang utama. Itu hanya akan cocok jika dikaitkan dengan rumus atau kurva kapasitas yang terdapat pada kode yang memakai parameter tersebut (Galambos 1998, Salmon et.al 2009).

Adanya dukungan kemajuan di bidang teknologi komputer, maka cara penyederhanaan menjadi tidak relevan lagi. Agar efektif, perlu tinjauan langsung sumber permasalahannya sehingga dapat dibuat metode baru lain yang sesuai dengan kemajuan teknologi yang ada. Menurut AISC (2005) ada tiga aspek penting mempengaruhi stabilitas elemen, yaitu [1] non-linieritas geometri; [2] sebaran plastisitas; dan [3] kondisi batas elemen.

Ketiga hal itu sangat berpengaruh pada deformasi struktur ketika dibebani. Itu tentunya akan berdampak pada gaya-gaya internal yang terjadi (Sugawa, A.A).

Non-linieritas geometri: Pada struktur yang langsing, deformasi akibat pembebanan tidak dapat diabaikan. Era modern, itu dapat diatasi dengan analisa struktur orde-2, dimana keseimbangan struktur akan memenuhi kondisi geometri setelah berdeformasi. Faktor yang dievaluasi adalah pengaruh second-order-effect, yaitu $P-\delta$ dan $P-\Delta$. Pada penyelesaian tradisional, hal itu diatasi dengan faktor pembesaran momen B_1 dan B_2 (*Chapter C - AISC 2005*). Bila pengaruh non-linier geometri signifikan, maka kondisi cacat atau ketidak-sempurnaan geometri (initial geometric imperfection), berupa ketidak-lurusan batang (member out-of-straightness), atau ketidak-tepatan rangka (frame outof-plumbness) akibat kesalahan fabrikasi / toleransi pelaksanaan, menjadi berpengaruh.

Sebaran plastisitas: Elemen struktur baja umumnya berbentuk profil yang dihasilkan dari proses hotrolled maupun pengelasan. Keduanya meninggalkan tegangan sisa pada penampang akibat proses pendinginan dan adanya restraint. Kondisi itu mengurangi kekuatan elemen akibat stabilitas.

Kondisi batas elemen: akan menentukan kekuatan batas elemen struktur, seperti terjadinya kelelahan material, tekuk lokal, tekuk global berupa tekuk lentur, tekuk torsi maupun tekuk torsi-lentur yang tergantung kondisi penampang.

Metode analisis langsung, yang terdiri dari perhitungan kekuatan perlu menurut pasal C2-SNI 2015 dan perhitungan kekuatan tersedia menurut pasal C3-SNI 2015, boleh dilakukan untuk semua struktur

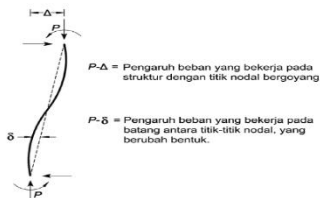
Perhitungan Kekuatan Perlu

Analisis perhitungan harus sesuai SNI 1729:2015 dengan persyaratan sebagai berikut:

1. Analisis harus memperhitungkan deformasi lentur, geser dan aksial dari komponen struktur, dan deformasi dari semua komponen lainnya serta

deformasi sambungan yang memberi kontribusi perpindahan pada struktur. Analisis harus memperhitungkan reduksi semua kekakuan yang berkontribusi pada stabilitas struktur. Seperti yang diisyaratkan pada pasal C2.3.SNI 2015.

2. Harus menggunakan analisis orde-kedua yang memperhitungkan efek P- Δ dan P- δ , kecuali boleh mengabaikan efek P-δ pada respons struktur bila



Gambar 1 Pengaruh orde ke-2

kondisi berikut terpenuhi: (a) Struktur menahan beban gravitasi melalui kolom, dinding atau portal vertikal secara nominal; (b) rasio dari simpangan orde-kedua maksimum terhadap simpangan orde-pertama maksimum (ditentukan untuk kombinasi beban DFBK atau 1,6 kali kombinasi beban DKI, dengan kekakuan yang disetujui seperti pada Pasal C2.3) dalam semua tingkat sama dengan atau kurang dari 1,7; dan (c) tidak lebih dari sepertiga beban gravitasi total pada struktur yang diterima oleh kolom yang merupakan bagian dari portal penahan momen dalam arah translasi yang ditinjau. Untuk semua kasus efek P-δ perlu dipertimbangkan dalam evaluasi masing-masing komponen struktur yang menahan tekan dan lentur.

Pengaruh cacat bawaan (initial imperfection)

Perhitungan stabilitas struktur modern didasarkan anggapan bahwa perhitungan gaya-gaya batang diperoleh dari analisa struktur elastik orde-2, yang memenuhi kondisi keseimbangan setelah pembebanan, yaitu setelah deformasi. Ketidak-sempurnaan atau cacat dari elemen struktur, seperti ketidak-lurusan batang akibat proses fabrikasi atau konsekuensi adanya toleransi pelaksanaan lapangan, akan menghasilkan apa yang disebut efek destabilizing.

Adanya cacat bawaan (initial imperfection) mengakibatkan efek destabilizing. Direct Analysis Method

(AISC) atau Metode Perencanaan Lansung (SNI) dapat diselesaikan dengan dua cara, yaitu; [1] cara pemodelan langsung cacat pada geometri model yang dianalisis, atau [2] memberikan beban notional (beban lateral ekuivalen) dari sebagian prosentasi beban gravitasi (vertikal) yang bekerja.

Cara pemodelan langsung dapat diberikan pada titik nodal batang yang digeser untuk sejumlah tertentu perpindahan, yang besarnya diambil dari toleransi maksimum yang diperbolehkan dalam perencanaan maupun pelaksanaan. Pola penggeseran titik nodal pada pemodelan langsung harus dibuat sedemikian rupa sehingga memberikan efek destabilizing terbesar. Pola yang dipilih dapat mengikuti pola lendutan hasil pembebanan atau pola tekuk yang mungkin terjadi.

Beban notional merupakan beban lateral yang diberikan pada titik nodal di semua level, berdasarkan prosentasi beban vertikal yang bekerja di level tersebut, dan diberikan pada sistem struktur penahan beban gravitasi melalui rangka atau kolom vertikal, atau dinding, sebagai simulasi pengaruh adanya cacat bawaan (initial imperfection).

Beban notional harus digunakan sebagai beban lateral pada semua level. Beban notional harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban. Beban notional diatur pada peraturan SNI 2015 pasal C2-1.

$$N_i = 0.002 \alpha Y_i$$

Keterangan

α = 1.0 (DFBK); α = 1.6 (DKI)

N_i = beban notional yang digunakan pada level I, Kips (N)

Y_i = beban gravitasi yang digunakan pada level i dari kombinasi beban DFBK atau kombinasi beban DKI, yang sesuai, kips (N). Koefisien beban notional sebesar 0,002 pada Persamaan C2-1 diperoleh berdasarkan suatu rasio kemiringan tingkat sebesar 1/500; nilai maksimum yang berbeda boleh digunakan untuk menaksir koefisien beban notional secara proporsional

Penyesuaian Kekakuan

Adanya leleh setempat (partial yielding) akibat tegangan sisa pada profil

baja (hot rolled atau welded) akan menyebabkan pelemahan kekuatan saat mendekati kondisi batasnya. Kondisi tersebut pada akhirnya menghasilkan efek destabilizing seperti yang terjadi akibat adanya geometry imperfection. Kondisi tersebut pada Metode perencanaan langsung akan diatasi dengan penyesuaian kekakuan struktur, yaitu memberikan faktor reduksi kekakuan. Nilainya diperoleh dengan cara kalibrasi dengan membandingkannya dengan analisa distribusi plastisitas maupun hasil uji test empiris (Galambos1998). Faktor reduksi kekakuan, $EI^*=0.8\tau bEI$ dan $EA^*=0.8\tau bEA$.

Suatu faktor penambah τb harus digunakan pada kekakuan lentur dari semua komponen struktur dimana kekakuan lenturnya berkontribusi terhadap stabilitas struktur.

$$\begin{aligned} &\text{Bila } \alpha Pr/Py \leq 0,5 \\ \tau b &= 1.0 \dots\dots\dots (2) \\ &\text{Bila } \alpha Pr/Py > 0,5 \\ \tau b &= 4(\alpha Pr/Py)[(1-\alpha Pr/Py)] \dots\dots (3) \end{aligned}$$

dimana
 $Py = F_y \cdot A_g \dots\dots\dots (7)$

- Keterangan
- $\alpha = 1,0$ (DFBK)
 - Pr = kekuatan tekan aksial-perlu menggunakan kombinasi beban DFBK, (N)
 - Py = kekuatan leleh aksial (N)

Sambungan

Las adalah proses penyambungan logam (bisa juga non-logam) dengan membuat bagian yang disambung melebur (coalescence) menjadi satu kesatuan, dengan cara :

1. Memanasinya sampai temperature tertentu dengan atau tanpa tekanan.
2. Pemberian tekanan saja (tanpa pemanasan) dengan atau tanpa bahan pengisi (bahan penyambung).

Baut, sistem dengan baut dipilih karena relatif mudah dari sisi pengawasannya, sehingga hasilnya lebih dapat dijamin. Jika dari segi kekuatan atau faktor ekonomis, maka alat sambungan baut masih kalah dibandingkan las. Tetapi las hanya disarankan untuk pekerjaan di bengkel pabrikasi yang fasilitasnya mendukung dan

mudah dilakukan pengawasan pada prosedur kerjanya. Ada dua jenis baut di pasaran, baut biasa (ASTM A307) dan baut mutu tinggi (ASTM A325 dan A490).

Pelat lantai yang dihubungkan dengan balok baja menggunakan penghubung geser (shear connector) menghasilkan struktur komposit. Pada struktur komposit terdapat gayageser horisontal yang timbul selamapembebanan. Gaya geser yang terjadi antara pelat beton dan balok baja akan dipikul oleh sejumlah penghubung geser (shear connector), sehingga tidak terjadi slip pada saat masa layan (Tumimomor, M. E).

Kontrol dan Analisis

Setelah pemodelan dan analisis struktur selesai dilakukan, maka struktur perlu dicek terhadap standar dan persyaratan yang berlaku sebagai berikut.

Perioda Fundamental Struktur, T

Perioda fundamental struktur, T, tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a) yang ditentukan dari persamaan (2.6). Sebagai alternatif pada pelaksanaan analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T, diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang ditentukan dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T_a &= C_t h_n^x \\ T_{max} &= C_u T_a \end{aligned}$$

Partisipasi Massa

Pada SNI gempa 03-1726-2012 Pasal 7.9.1 disebutkan bahwa analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Gaya Geser Dasar Nominal (Base Shear)

Pada SNI gempa 03-1726-2012 Pasal 7.9.4 disebutkan bahwa Nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila

respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan berikut :

$$V_{\text{dinamis}} > 0,85 V_{\text{statis}}$$

Jika kombinasi respons untuk geser dasar ragam (V_i) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen, maka gaya harus dikalikan dengan $0,85V/V_i$.

Simpangan Antar Lantai Tingkat

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah

Dalam SNI 03-1726-2012 Pasal 7.12.1, disebutkan bahwa dalam segala hal simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua tingkat.

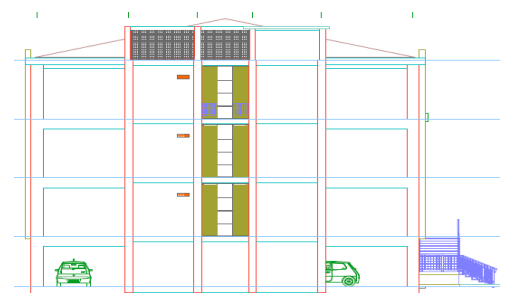
METODOLOGI PENELITIAN

Data Bangunan :

- Fungsi bangunan : Sekolah
- Tinggi bangunan : 13.5 m
- Struktur bangunan : Struktur Baja



Gambar 1. Tampak Depan Struktur



Gambar 2. Tampak Samping Struktur

Data Material

- Profil Baja mutu BJ37
 - Fy = 240 MPa
 - Fu = 370 MPa
- Beton
 - Fc' = 25 MPa
- Tulangan Baja
 - Tulangan utama mutu BJTS 40
 - Fy = 400 MPa
 - Tulangan geser mutu BJTS 28
 - Fy = 280 MPa
- Baut mutu A325 menurut ASTM
 - Fub = 845 MPa

Data Tanah

Berdasarkan pengujian dengan uji sondir yang dilakukan pada 3 titik, didapatkan hasil sebagai berikut

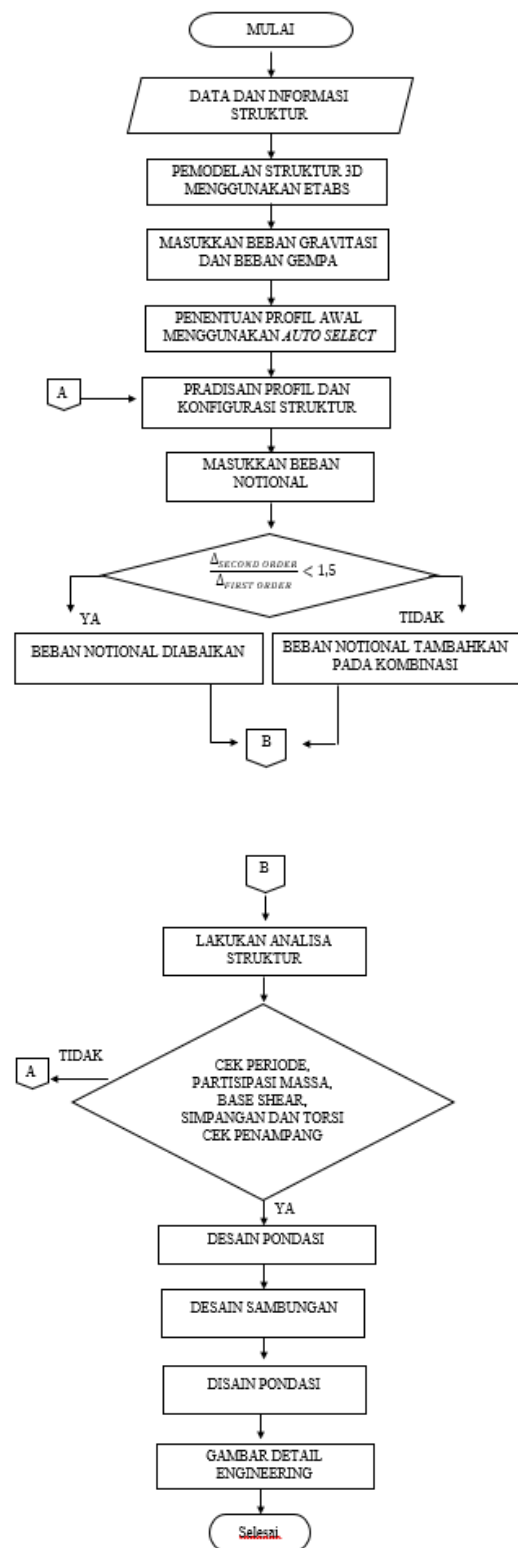
- Pada titik 1, lapisan tanah keras berada pada kedalaman 5.2 m dengan muka air tanah pada kedalaman 3.5 m.
- Pada titik 2, lapisan tanah keras berada pada kedalaman 6.0 m dengan muka air tanah pada kedalaman 3.5 m.
- Pada titik 3, lapisan tanah keras berada pada kedalaman 4.2 m dengan muka air tanah pada kedalaman 3.0 m.

Data Pembebanan

Dalam perencanaan ini digunakan beban sebagai berikut:

- Beban Mati
 - Bj. Baja = 7850 kg/m³
 - Bj. Beton = 2400 kg/m³
 - Beban Mati Tambahan = 125 kg/m²
- Beban Hidup
 - Ruang Kelas = 1.92 kN/m²
 - Ruang Konseling = 1.92 kN/m²
 - Ruang UKS = 1.92 kN/m²
 - Ruang Perpustakaan = 5 kN/m²
 - Ruang Guru = 2.4 kN/m²
 - Ruang Tata Usaha = 2.4 kN/m²
 - Ruang Pimpinan = 2.4 kN/m²
 - Aula = 4.79 kN/m²
 - Koridor = 4.79 kN/m²
 - Lobi = 4.79 kN/m²
 - Toilet = 1.92 kN/m²
 - Atap = 0.96 kN/m²

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respons Spektra Desain

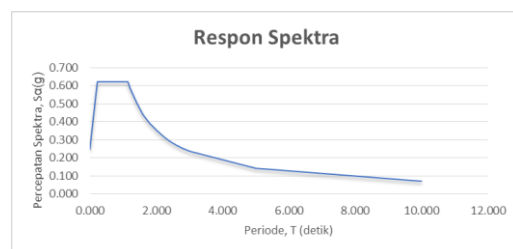
Dari hasil tes N-SPT didapatkan nilai N rata-rata 3.71. Berdasarkan SNI 1726-2012, untuk Nilai N rata-rata yang dibawah 15, tanah tersebut tergolong tanah lunak dengan koefisien seismik E.

Tabel 1. Data respons spektrum

Fungsi Bangunan	Bangunan Sekolah
Kategori Resiko Bangunan	IV
Faktor Keutamaan Gempa	1.5
S _s	1.036
S ₁	0.442
Kelas Situs	SE
F _a	0,9
F _v	2,4
S _{MS}	0,9324
S _{M1}	1,0608
S _{DS}	0,6216
S _{D1}	0,7072
T ₀	0,227
T _s	1,137
KDS	D

Tabel 2. Data respons spektrum untuk tanah lunak

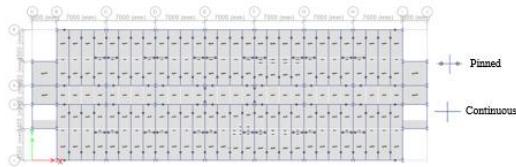
T (Detik)	S _a (g)	T (Detik)	S _a (g)
0	0,249	T _S +2,2	0,321
T ₀	0,622	T _S +2,4	0,295
T _S	0,622	T _S +2,6	0,272
T _S +1,2	0,589	T _S +2,8	0,253
T _S +1,4	0,505	T _S +3,0	0,236
T _S +1,6	0,442	T _S +5,0	0,141
T _S +1,8	0,393	T _S +10,0	0,071
T _S +2,0	0,354		



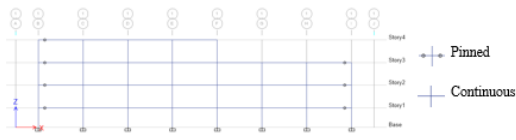
Gambar 4 Respons Spektrum

Konfigurasi Rangka Bangunan

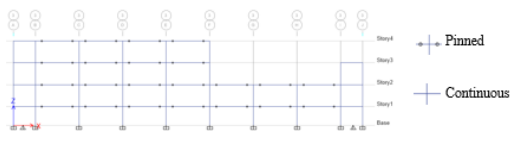
Konfigurasi rangka bangunan terdiri dari sistem penahan beban lateral dan dan sistem penahan beban gravitasi. Konfigurasi rangka penahan beban lateral ditunjukkan pada gambar-gambar di bawah ini. Dimana rangka penahan beban lateral diposisikan pada bagian-bagian tertentu di struktur bangunan. Konfigurasi rangka bangunan pada arah X dan Y adalah sebagai berikut.



Gambar 5 Denah Konfigurasi



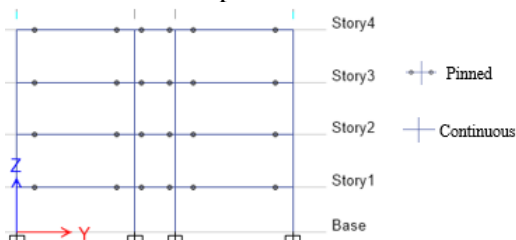
Gambar 6 Denah Konfigurasi Portal 1 dan portal 6



Gambar 7 Denah Konfigurasi Portal 3 dan portal 4



Gambar 8 Denah Konfigurasi Portal A dan portal J



Gambar 9 Denah Konfigurasi Portal E dan portal F

Kontrol Periode Struktur

Periode Fundamental Struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk

batasan atas pada perioda yang dihitung (Cu) dari tabel 14 SNI 1726-2012, dan perioda fundamental pendekatan (Ta) yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.8.2.1.

Batas bawah :

$$Ta \text{ (min)} = 0,0724 \times (\text{Tinggi Gedung})^{0.8}$$

$$= 0,0724 \times (13.5)^{0.8}$$

$$= 0,5807 \text{ detik}$$

Batas Atas :

$$Ta \text{ (max)} = Cu \times Ta \text{ (min)}$$

$$= 1.4 \times 0,5807$$

$$= 0,813 \text{ detik}$$

T berdasarkan analisis struktur,

$$Tc = 0,425 \text{ detik}$$

Karena T lebih kecil dari Ta struktur masih dalam keadaan aman untuk kontrol periode, dan digunakan Tc = 0,5807 detik

Kontrol Partisipasi massa

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1, perhitungan respon dinamis struktur harus menghasilkan partisipasi massa lebih besar dari 90% total massa struktur. Hasil partisipasi massa dari analisis Etabs adalah sebagai berikut

Tabel 3. Partisipasi Massa

Case	Mode	Period	Sum UX	Sum UY
		sec		
Modal	1	0.41	1.05%	54.60%
Modal	2	0.382	69.34%	56.29%
Modal	3	0.258	72.05%	62.87%
Modal	4	0.21	72.05%	81.78%
Modal	5	0.166	83.83%	81.83%
Modal	6	0.161	84.61%	81.86%
Modal	7	0.146	84.61%	81.87%
Modal	8	0.143	84.61%	84.21%
Modal	9	0.138	84.61%	84.22%
Modal	10	0.137	84.61%	84.24%
Modal	11	0.126	86.78%	84.25%
Modal	12	0.124	86.82%	86.25%
Modal	13	0.117	86.91%	87.49%
Modal	14	0.112	87.12%	87.51%
Modal	15	0.108	87.86%	87.68%
Modal	16	0.103	88.44%	89.42%
Modal	17	0.102	88.76%	89.76%
Modal	18	0.099	92.82%	89.99%
Modal	19	0.097	92.84%	90.03%
Modal	20	0.082	92.84%	90.03%

Dari hasil di pada tabel 4. di atas, nilai partisipasi massa memenuhi ketentuan pada Mode 19 untuk arah X dan Y.

Kontrol Nilai Base Shear

Kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85 persen dari geser yang dihitung (V) menggunakan prosedur gaya lateral ekuivalen maka gaya harus dikalikan dengan 0.85V/Vt.

Tabel 4. Nilai Base shear

Arah	Base Shear			
	Statik	Dinamis	85%V	Vt>85%V
	V	Vt		
X	74326.5	63177.54	63177.53	OK
Y	71353.44	60651.11	60650.42	OK

Pada tabel kontrol base shear yang baru, telah memenuhi 85%V untuk kedua arah x dan y

Kontrol Simpangan

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.9.3, simpangan yang terjadi harus lebih kecil dari simpangan yang diijinkan. Dari analisis program ETABS, hasil simpangan antar tingkat adalah sebagai berikut

Tabel 5. Simpangan antar tingkat Arah X

Tingkat	Hn (mm)	Cd	le	δen	Δ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
4	3500	5.5	1.5	4.62	1.54	52.5	OK
3	3500	5.5	1.5	4.20	6.13	52.5	OK
2	3500	5.5	1.5	2.53	4.63	52.5	OK
1	3000	5.5	1.5	1.26	4.631	45	OK

Tabel 6. Simpangan antar tingkat Arah Y

Tingkat	Hn (mm)	Cd	le	δen	Δ (mm)	Δa (mm)	Kontrol
4	3500	5.5	1.5	12.16	44.59	52.5	OK
3	3500	5.5	1.5	8.87	32.52	52.5	OK
2	3500	5.5	1.5	3.23	11.83	52.5	OK
1	3000	5.5	1.5	1.44	5.27	45	OK

Jadi untuk simpangan arah X dan Y memenuhi kontrol yang ada.

Tabel 7. Simpangan maksimum

Arah	Elevasi Struktur maksimum (mm)	Displacement δ max (mm)	Syarat Displacement L/240 (mm)	Ket.
Y	13500	13.328	56.25	OK
Arah	Elevasi Struktur maksimum (mm)	Displacement δ max (mm)	Syarat Displacement L/240 (mm)	Ket.
X	13500	7.491	56.25	OK

Kontrol Torsi

Berdasarkan SNI 1726-2012 pasal 7.8.4, torsi yang terjadi harus lebih kecil dari

torsi yang diijinkan. Hasil torsi antar tingkat berdasarkan analisis program ETABS adalah sebagai berikut

Tabel 7. Torsi arah X

Arah X				
Lokasi	Max (mm)	Min (mm)	Avg (mm)	Ax
Story 4	4.617	3.2	3.9085	0.96903
Story 3	4.197	3.7	3.9485	0.784605
Story 2	2.526	2.3	2.413	0.761009
Story 1	1.263	1.1	1.1815	0.793554

Tabel 8. Torsi arah Y

Arah Y				
Lokasi	Max (mm)	Min (mm)	Avg (mm)	Ax
Story 4	12.16	5.9	9.03	1.2593
Story 3	8.869	6	7.4345	0.988287
Story 2	3.227	2.7	2.9635	0.823428
Story 1	1.436	0.8	1.118	1.145679

Faktor pembesaran torsi (Ax) sesuai dengan yang disyaratkan yaitu tidak melebihi 3,0. Torsi pada arah x dan arah y memenuhi ketentuan Ax yang ada.

Hasil Analisa dan Perhitungan Profil

Setelah melakukan tahapan analisis/perhitungan struktur baja dengan memperhitungkan beban gempa sebagai beban lateral (gempa) dan beban gravitasi yang sesuai dengan syarat-syarat SNI 1726-2012 dan SNI 1729-2015, serta menganalisa gaya dalam dengan menggunakan metode DAM (Direct Analysis Method) dan perhitungan kapasitas penampang dengan metode LRFD / DFBK, maka hasil profil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel-tabel dibawah ini

Profil balok dan kolom, profil yang akan digunakan untuk kolom, balok induk dan balok anak berturut-turut adalah H400x400x21x21, H400x200x8x13, dan HN350x175x7x11. Perhitungan kapasitas kolom ditinjau pada setiap lantai yang memiliki berat berbeda-beda dan untuk perhitungan kapasitas balok induk dan balok anak ditinjau pada balok yang dianggap menerima beban terbesar. Perhitungan kapasitas untuk ketiga profil tersebut terdapat pada tabel-tabel dibawah ini

Tabel 9. Hasil perhitungan kolom

H 400 x 400 x 21 x 21	Pu	φ	Pn	Kontrol		Ket.
	(Kg)		(Kg)			
Kolom Lt.1	112235.9	0.9	572088.18	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.217985	OK
Kolom Lt.2	73244.89	0.9	572088.18	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.142256	OK
Kolom Lt.3	37599.1	0.9	572088.18	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.073025	OK
Kolom Lt.4	2271.1	0.9	572088.18	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.004411	OK

Untuk tabel kontrol kolom dari lantai 1-6 memenuhi kontrol yang ada.

Tabel 10. Hasil perhitungan balok induk

Balok Induk	Mu	φ	Mn	Kontrol Lentur		Ket.
	(Kg)		(Kg)			
H 400 x 200 x 8 x 13	17792.508	0.9	28200	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.701044	OK
	Vu	φ	Vn	Kontrol Geser		Ket.
	(Kg)		(Kg)			
10069.187	0.9	46080	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.242795	OK	

Tabel 11. Hasil perhitungan balok anak

Balok Lateral	Mu	φ	Mn	Kontrol Lentur		Ket.
	(Kg)		(Kg)			
H 350 x 175 x 7 x 11	16494.158	0.9	20184	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.907989	OK
	Vu	φ	Vn	Kontrol Geser		Ket.
	(Kg)		(Kg)			
8351.4724	0.9	35280	$Pu/\Phi Pn < 1$	0.263022	OK	

Untuk kontrol balok induk dan balok anak, memenuhi kontrol yang ada.

Sambungan

Sambungan yang akan digunakan berdasarkan profil-profil kolom, balok dan balok lateral diatas adalah sebagai berikut

Tabel 12. Hasil perhitungan sambungan balok-kolom (kaku)

Jenis Sambungan Kolom-Balok	Kontrol Baut		Kontrol sambungan kaku		Baut	
	Tumpu	Geser	Geser panel	Tension	Jumlah	Diameter
	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{V_{wp.Ed}}{\Phi R_{wp.tot}}$	$\frac{F_{tu}}{\Phi Rn} < 1$		
Flange (kaku)	0.25	0.06927	0.096536	0.030680	8	20

Tabel 13. Hasil perhitungan sambungan balok anak – balok induk

Jenis Sambungan	Kontrol			Baut	
	Tumpu	Geser	Geser Blok	Jumlah	Diameter
Balok Induk- Balok anak	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	3	16
	0.312<1	0.635<1	0.427<1		

Tabel 14. Hasil perhitungan sambungan balok-kolom (geser) pada flange dan web

Jenis Sambungan	Kontrol			Baut	
	Tumpu	Geser	Geser Blok	Jumlah	Diameter
	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$	$\frac{Ru}{\Phi Rn} < 1$		
Web	0.254<1	0.506<1	0.174<1	3	18
Flange	0.936<1	0.788<1	0.085<1	4	18

Tabel 15. Hasil sambungan perhitungan base plate ke kolom pedestal

Jenis Sambungan	Kontrol		Angkur
	Tumpu	Geser	
	$\frac{Pu}{\Phi Pp} < 1$	$\frac{Vu}{\Phi Vp} < 1$	
Base Plate	0.198<1	0.036<1	Diameter (mm) 19

Floordeck, wiremesh dan shear connector

Dalam perencanaan ini digunakan profil floordeck dengan merek ALSUN floordeck, untuk perhitungan pemakaian floordeck dan wiremesh serta tebal pelat beton mengikuti spesifikasi yang dikeluarkan oleh pabrik floordeck dalam bentuk brosur (tabel). Perhitungan floordeck, wiremesh dan shear connector dapat dilihat pada lampiran. Profil floodeck, wiremesh dan shear connector yang digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 16. Profil floordeck, wiremesh dan shear connector

Floordeck ALSUN	Wiremesh		Shear connector	
	deck baja	tc	Diameter	Jumlah
0.75 mm	37 mm	(mm)	Diameter	Jumlah
53 mm	53 mm	7.5	6	(mm) (buah)
168 mm	168 mm	Jarak tulangan / 1m ²		Jarak
188 mm	188 mm	(mm)	(mm)	(mm)
200 mm	200 mm	150	350	

Pondasi, Pile cap dan Sloof

Pada perencanaan ini pondasi yang digunakan adalah pondasi sumuran dengan tiga jenis pondasi, yaitu pondasi tipe 1 yang terletak di tengah, pondasi tipe 2 yang terletak di tepi dan pondasi tipe 3 yang terletak di sudut. Pile cap yang digunakan mempunyai 3 tipe mengikuti 3 tipe yang sama dengan pondasi. Untuk sloof terdiri dari 2 tipe yaitu tipe 1 untuk jarak antar kolom arah X (L=7,0m) dan tipe 2 untuk jarak antar kolom arah Y (L=7,9m).

Tabel 17. Hasil perhitungan pondasi

Pondasi	Dimensi pondasi (cm)	Tulangan (mm)		Persentasi Tulangan %	Kontrol		
		Tekan	Geser		P (kg)	Qall (kg)	P/Qall < 1
P1	D50 x 520	10 D16	φ10 -150	1.024	69714	163558	Memenuhi
P2	D45 x 520	8 D16	φ10 -150	1.011	62360	132483	Memenuhi
P3	D40 x 520	7 D16	φ10 -150	1.120	19120	104680	Memenuhi

Tabel 18. Hasil perhitungan pile cap

Pile Cap	Ukuran (cm)	Tulangan (mm)		Kontrol Geser $\frac{Vu}{\phi V_c} \leq 1$	Keterangan
		Tekan	Tarik		
Tipe 1	130 x 130 x 55	5 D13	9 D16	0.391	Memenuhi
Tipe 2	125 x 125 x 50	5 D13	7 D16	0.529	Memenuhi
Tipe 3	120 x 120 x 45	4 D13	6 D16	0.258	Memenuhi

Tabel 19. Hasil perhitungan sloof

Tipe Sloof	Ukuran Sloof (mm)	Tulangan		Geser	Kontrol $\frac{\Delta M}{\phi Mn} < 1$	Ket.
		Lentur				
		Atas	Bawah			
S1	300x500	6 φ 22	6 φ 22	φ10-100	0.8714731	OK
S2	300x500	6 φ 19	6 φ 19	φ10-100	0.872461	OK

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis pada perencanaan struktur baja Perencanaan Bangunan Sekolah Konstruksi Baja 4 Lantai di Kota Manado, dapat disimpulkan bahwa :

1. Konfigurasi Rangka bangunan dengan menggunakan kombinasi sistem penahan beban lateral dan sistem penahan beban gravitasi sangat membantu dalam mendesain bangunan struktur baja.
2. Profil baja yang digunakan pada balok induk 400x200x8x13 dan profil baja yang digunakan untuk balok pengaku lateral (balok anak) adalah profil baja 350x175x7x11. Untuk profil baja pada kolom dari lantai 1 sampai dengan lantai 4, menggunakan profil 400x400x21x21.

3. Sambungan baja yang digunakan pada struktur ini terdiri dari, sambungan balok ke sayap kolom bersifat kaku, sambungan balok ke badan kolom bersifat geser, sambungan balok ke sayap kolom bersifat geser, dan sambungan balok induk ke balok anak bersifat geser
4. Sambungan pada tumpuan kolom (base plate) menggunakan kolom pedestal sebesar 70x70 cm, plat tumpu 530x530x16 mm dan diameter angkur 19 mm dengan kedalaman angkur 500 mm
5. Pondasi yang di gunakan adalah pondasi sumuran yang mempunyai 3 tipe dengan diameter 50 cm, 45cm, dan 40 cm dengan kedalaman 5.2m. Pile cap yang dipakai terdiri dari 3 tipe mengikuti pondasi dengan ukuran (130x130x55) cm, (125x125x50) cm, (120x120x45) cm dan untuk sloof mempunyai dimensi 50x30 cm

Saran

Berdasarkan hasil penelitian tugas akhir ini, adapun saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Dalam merencanakan suatu bangunan struktur tahan gempa haruslah dilakukan pengecekan terhadap syarat-syarat yang ada agar dapat menghindari keruntuhan ataupun kecelakaan fatal
2. Dapat dilakukan perencanaan ulang dan dihitung perbandingan biaya dengan struktur yang telah penulis rencanakan.
3. Dapat dilakukan perencanaan atau penelitian lainnya terkait jenis/model sambungan baja (balok-kolom) serta konfigurasi pemilihan sambungan.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction, 2010, ASCE/SEI 7-10 : ANSI/AISC 360- 10, 2010, *Specification for Structural Steel Buildings*, Chicago
- American Institute of Steel Construction, 2017, *Design Examples Companion to the AISC Steel Construction Manual Version 15.0* , United States of America
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)*. Bandung : BSN

- Badan Standardisasi Nasional. (2015). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2015)*. Bandung : BSN
- Badan Standardisasi Nasional. (2013) *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2013)*. Bandung : BSN
- Dewobroto, W., 2016. STRUKTUR BAJA Perilaku, Analisis & Desain-AISC 2010 Edisi ke-2.
- Salmon, C.G. and Johnson, J.E., 1996. *Steel structures: design and behavior: emphasizing load and resistance factor design*. Prentice hall.
- Setiawan, A., 2008. Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sugawa, A.A., Pandaleke, R.E. and Handono, B.D., 2017. Evaluasi Stress Ratio Dengan Metode Panjang Efektif dan Metode Perencanaan Langsung Pada Portal Gable. *Jurnal Sipil Statik*, 5(8).
- Tumimomor, M.E., Dapas, S.O. and Mondoringin, M.R., 2016. Analisis Penghubung Geser (Shear Connector) Pada Balok Baja dan Pelat Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 4(8).