

PERENCANAAN STRUKTUR BAJA PADA BANGUNAN KANTOR SEWA TUJUH LANTAI DI PONTIANAK

Agus Suganda¹⁾, Eddy Samsurizal²⁾, Erwin Sutandar²⁾

leaver.ganblink@gmail.com

Abstract

As the provincial capital of Pontianak to become the main business events destinations and is a barometer for the development of other areas in West Kalimantan. Business development in Pontianak will have an impact on increasing office space requirements, but it raises new problems, namely the limitation of the availability of land. To overcome this problem one alternative solution is the construction of a multi-story building. With a storied building can increase the capacity of office spaces, so the need for Office space can be fulfilled. In this final Task, carried out the planning of the steel structure SPRMB (Bearers of ordinary Moment Frame System) includes the planning of primary and secondary structure of the Foundation based on SNI 1729:2015, SNI 1726:2012, SNI 2847:2013, SNI: 1727:2013 and others. The analysis is done by software ETABS 2016 version 16.2. The results of the calculation of the results obtained, namely: roof and floor plates thick 10 cm, the typical parent WF beam dimensions 450,200 column dimension, King Cross 600,300, H-beam and H-beam 400,400 300,300 in the elevator. The connection to the main structure is planned as a high-quality connections with bolts fub 625 MPa. Planning the Foundation using concrete powerboats square 20 x 20 size with a depth of 24 m.

Key words: SPRMB (Bearers of ordinary Moment Frame System), steel structures, Planning.

1. PENDAHULUAN

Pontianak sebagai ibukota provinsi menjadi kota tujuan utama kegiatan bisnis dan merupakan barometer pembangunan untuk daerah-daerah lain di Kalimantan Barat. Perkembangan bisnis di Pontianak akan berdampak pada bertambahnya kebutuhan ruang perkantoran, Namun hal ini menimbulkan permasalahan yang baru yaitu keterbatasan ketersediaan lahan. Untuk mengatasi permasalahan ini salah satu solusi alternatif adalah pembangunan gedung bertingkat. Dengan gedung bertingkat dapat meningkatkan kapasitas ruang perkantoran, sehingga kebutuhan akan ruang kantor dapat terpenuhi.

Ada berbagai jenis gedung perkantoran. Namun yang cenderung berkembang saat ini adalah perkantoran dengan sistem sewa atau kantor sewa. Pembangunan kantor sewa dengan sistem bangunan bertingkat agar lebih efisien dan efektif terhadap pemanfaatan lahan. Selain itu, manfaat lain yang dapat diperoleh dengan pembangunan gedung kantor sewa ini adalah dapat mengatur kawasan ekonomi dan menambah keindahan tata ruang wilayah perkotaan.

Karakteristik tanah di Pontianak merupakan tanah lunak dengan daya dukung tanah yang relatif kecil atau

rendah sehingga diperlukan pemilihan material struktur yang ringan, sesuai dengan kondisi tanah di Pontianak. Bangunan struktur baja memiliki berat sendiri struktur yang lebih ringan daripada struktur beton bertulang. Dengan berat sendiri struktur yang lebih ringan ini memungkinkan dimensi pondasi yang lebih kecil sehingga dapat menghemat biaya struktur.

Saat ini Pontianak telah masuk dalam peta wilayah gempa, sehingga dalam setiap perencanaan bangunan yang ada di Pontianak perlu dilakukan perhitungan beban gempa yang terjadi. Dengan adanya perhitungan beban gempa diharapkan struktur bangunan yang direncanakan dapat berespon dengan baik terhadap gempa yang mungkin dapat terjadi sewaktu-waktu di Pontianak. Sehingga dapat menjamin bangunan tersebut tidak rusak karena gempa-gempa kecil dan gempa sedang serta tidak runtuh akibat gempa yang besar.

Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perhitungan tugas akhir ini mengikuti pedoman berdasarkan Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2013) dan Tata cara Perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726:2012) yaitu :

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

2. TINJAUAN PUSTAKA

Tujuan dari perencanaan struktur menurut Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015) adalah menghasilkan suatu struktur yang stabil, kuat, mampu layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur dianggap stabil jika tidak mudah terguling, miring, atau tergeser selama umur rencana bangunan. Resiko terhadap kegagalan struktur dan hilangnya kemampulayanan selama umur rencana dapat diminimalisir dalam batas-batas yang masih dapat diterima.

Selama periode pengenalan baja struktural sebagai bahan bangunan utama hingga tahun 1960, baja yang dipakai adalah baja karbon (*carbon steel*) dengan sebutan ASTM (*American Society For Testing and Materials*) A7, dan mempunyai tegangan leleh minimum yang ditetapkan sebesar 33 ksi. Banyak perencana hanya menyebutkan sebagai “baja” tanpa petunjuk lain, dan spesifikasi AISC hanya menentukan tegangan izin dan prosedur untuk jenis baja A7. Baja struktural yang lain, seperti baja paduan (*Alloy*) rendah khusus tahan karat (A242) dan baja yang lebih mudah dilas (A373), telah ada dipasaran tetapi masih jarang dipergunakan untuk gedung. Perencanaan jembatan kadang memakai baja tersebut.

Saat ini banyak tersedia profil baja yang memungkinkan perencana menaikkan kekuatan bahan pada daerah tegangannya, sehingga tidak perlu memperbesar ukuran dimensi batang. Perencana dapat memutuskan berdasarkan mana yang lebih disukai, kekakuan maksimum atau berat taringan. Sifat tahan karat (untuk menghindari seringnya pengecatan) juga dapat menjadi faktor penting. Beberapa baja sekarang telah dioksidasi (korosi/karat) lebih lanjut dan mempunyai tekstur yang rata dengan warna merah-coklat tua yang menarik. Karena pengecatan tidak diperlukan, baja seperti ini disebut baja lapuk atau *weathering steel* yang lebih ekonomis walaupun biaya awalnya lebih mahal daripada baja karbon biasa.

2.1. METODE LRFD (LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN)

Pendekatan keadaan batas yang umum telah mulai diterima oleh AISC (*American Institute Steel Of Contruction*) adalah pendekatan LRFD (*Load Resistance Factor Design*). LRFD adalah hasil penelitian dari Advisory Task Force yang dipimpin oleh T.V. Galambos. Makalah Punkham dan Hansell,

Galambos dan Revindra dan Wiesner menyajikan gagasan baru tersebut. Format yang diusulkan untuk keadaan batas ialah :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad i = (DL), (LL), W, S$$

Ruas kiri menyatakan kekuatan nominal yang dikalikan dengan faktor pengurangan kapasitas (*undercapacity*) yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidakpastian dari besarnya daya tahan (*resistance uncertainties*). Ruas kanan merupakan jumlah hasil kali pengaruh beban Q_i dan faktor kelebihan beban (*overload*), jumlah hasil kali ini dikalikan dengan faktor analisis struktur.

Pada metode LRFD, struktur beserta komponen harus mempunyai kemampuan yang cukup kuat, baik kekakuan maupun keketahanan sehingga pemakaian tidak melebihi batas layan. Persamaan untuk persyaratan keamanan tersebut yaitu :

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_n$$

2.2. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR BALOK

Komponen struktur balok merupakan kombinasi dari elemen tekan dan elemen tarik. Setiap komponen struktur balok yang memikul momen lentur, harus memenuhi persyaratan berikut :

$$M_u \leq \phi_b M_n$$

2.3. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR TEKAN

Suatu struktur yang mengalami gaya tekan konsentris, akibat beban terfaktor harus memenuhi persyaratan berikut :

$$P_u \leq \phi_c P_n$$

2.4. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR BALOK - KOLOM

Komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial disebut sebagai elemen balok-kolom (*beam-column*). Ditentukan memenuhi ketentuan sebagai berikut :

$$\text{Untuk, } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2$$

$$\frac{P_u}{\phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) \geq 1,0$$

$$\text{Untuk, } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2$$

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi \cdot P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b \cdot M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b \cdot M_{ny}} \right) < 1,0$$

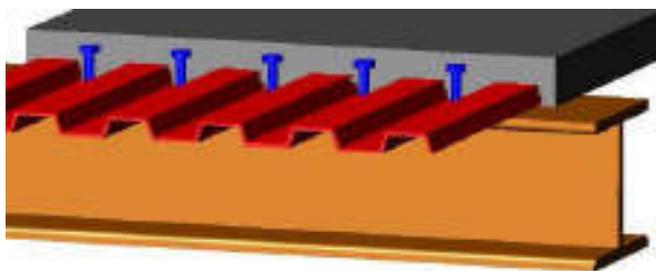
2.5. DESAIN KOMPONEN STRUKTUR BALOK KOMPOSIT

Desain komposit adalah suatu struktur yang terdiri dari dua macam bahan yang dibuat bekerja sama menjadi satu kesatuan. Untuk struktur komposit

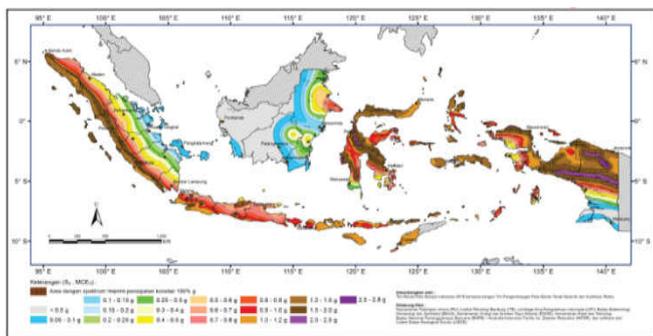
antara baja dengan beton disatukan dengan penghubung geser (*shear connector*). Kerja atau interaksi antara elemen baja dan beton terjadi melalui mekanisme geser. Bila gaya geser tidak disalurkan diantara keduanya, maka akan terjadi slip pada permukaan kontak beton-baja, sehingga struktur tersebut komposit parsial.

2.6. DEK BAJA BERLEKUK (*FLOORDEEK*)

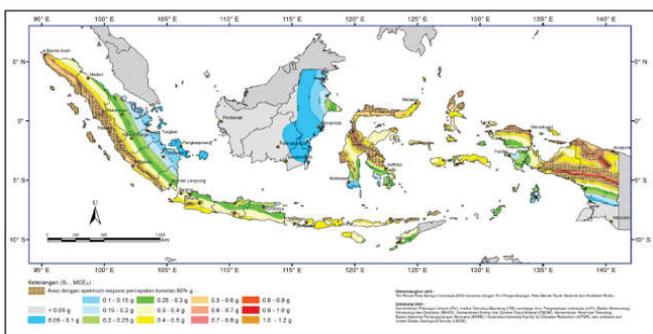
Perkembangan struktur komposit dimulai dengan digunakannya dek baja berlekuk atau lebih dikenal dengan istilah bondek. Selain berfungsi sebagai bekisting saat pelat beton belum mengeras, juga berfungsi sebagai tulangan positif bagi pelat beton. Penggunaan dek baja juga dapat dipertimbangkan sebagai dukungan dalam arah lateral dari balok sebelum beton mulai mengeras. Arah dari lekuk dek baja biasanya diletakkan tegak lurus balok penopangnya.



Gambar 1. Pemasangan dek baja berlekuk pada Balok



Gambar 2. Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tersesuaikan S_5



Gambar 3. Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tersesuaikan S_1

Persyaratan dek baja berlekuk dan penghubung geser untuk digunakan dalam komponen struktur komposit diatur dalam SNI 1729:2015 pasal I3.2c dalam pasal ini disyaratkan :

1. Tinggi rusuk nominal tidak lebih besar dari $h_r \leq 75$ mm.
2. Lebar rata-rata minimum dari gelombang dek, $W_r > 50$ mm, lebar ini tidak boleh lebih besar dari lebar dari lebar bersih minimum pada tepi atas dek baja = 50 mm.
3. Tebal pelat di atas dek baja tidak boleh kurang dari 50 mm.
4. Diameter maksimum studs yang dipakai = 20 mm, dan dilas langsung pada flens balok baja.
5. Tinggi minimum stud diukur dari sisi dek baja paling atas = 40 mm

Jika gelombang pada dek baja dipasang tegak lurus terhadap balok penopangnya, maka kuat nominal penghubung geser jenis paku harus direduksi dengan suatu faktor r_s yang besarnya ditetapkan sebagai berikut

$$r_s = \frac{0,85}{\sqrt{N_r}} \left(\frac{W_r}{h_r} \right) \left[\left(\frac{H_s}{h_r} \right) - 1 \right] \leq 1,0$$

2.7. PENGAKU STABILITAS

Kolom dengan ujung dan titik-titik pengaku menengah didesain memenuhi persyaratan panjang sesuai SNI 1729:2015, antara titik-titik pengaku dengan faktor panjang efektif, $K = 1,0$.

2.8. GEMPA

Dalam melakukan perhitungan gempa pertama yang harus dilakukan adalah menentukan percepatan spektrum dimana percepatan spektrum ditentukan berdasarkan Gambar 2.5. dan Gambar 2.6. yakni peta zonasi gempa yang ada di SNI 1726:2012

2.9. ANGIN

Sebuah bangunan yang desain beban angin ditentukan sesuai dengan SNI pembebanan (1727:2013) harus memenuhi dengan semua kondisi

2.10. DESAIN PONDASI

Pondasi adalah bagian bawah struktur bangunan yang berfungsi menyalurkan beban di atasnya ke lapisan tanah. Karakteristik tanah di Pontianak merupakan tanah dengan daya dukung yang relatif kecil atau rendah sehingga dibutuhkan perencanaan pondasi secara bijak. Salah satu jenis pondasi yang sering digunakan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah adalah pondasi tiang pancang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN PERENCANAAN PENDAHULUAN

Perencanaan pendahuluan (*preliminary design*) adalah suatu perhitungan pendahuluan untuk memperkirakan dimensi awal elemen-elemen struktur suatu konstruksi bangunan seperti tebal pelat, dimensi balok, dimensi kolom.

Perkiraan dimensi ini berdasarkan dengan peraturan-peraturan perencanaan yang berlaku di Indonesia, yaitu :

- Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)
- Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung (SNI:1727:2013)

3.1. PERENCANAAN STRUKTUR PENUNJANG GEDUNG

Pada bangunan gedung kantor bertingkat 7 ini disediakan sarana pelayanan dan struktur penunjang gedung agar pemakai gedung merasa nyaman yang terdiri dari tangga darurat, ruang *shaft plumbing*, ruang *AHU*, ruang *ME*, *WC* dan sarana transportasi vertikal seperti tangga dan lift.

3.2. PEMODELAN STRUKTUR

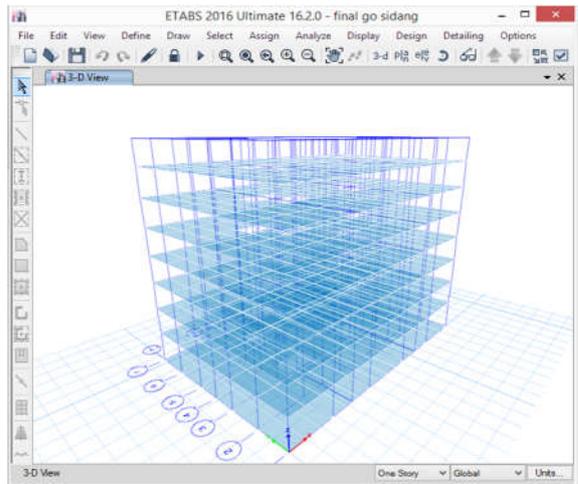
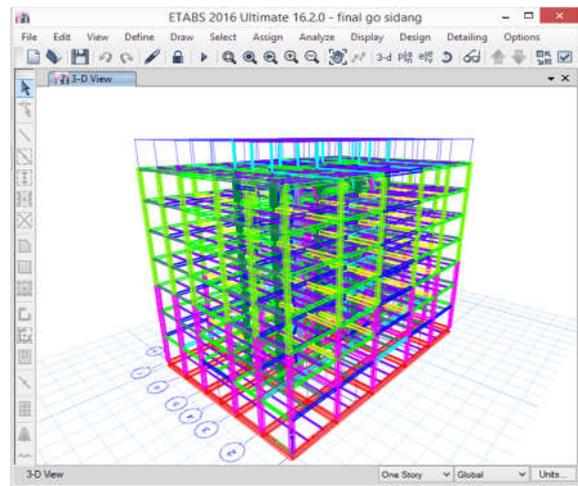
Pemodelan struktur gedung dilakukan secara tiga dimensi (3D) dengan bantuan program *ETABS* versi 16.2. Langkah-langkah pemodelan struktur dengan *ETABS* versi 16.2

3.3. ANALISIS PEMBEBANAN

Dalam analisis pembebanan, dilakukan peninjauan beban-beban yang bekerja pada struktur secara keseluruhan dan didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada elemen-elemen struktur tersebut.

Beban – beban yang diperhitungkan :

- Beban vertikal, yaitu beban mati (*DL*), beban hidup (*LL*) dan beban genangan air hujan (*Lr*)
- Beban horizontal, yaitu beban gempa (*E*) dan beban angin (*W*)



Gambar 4. Pemodelan Struktur Utama Dengan Program Komputer

3.4. ANALISIS PELAT LANTAI

Pelat beton bertulang akan dianalisis dengan menggunakan data pembebanan yang diperoleh dari analisis pembebanan yang sudah dibahas pada bab sebelumnya. Analisis yang digunakan adalah analisis 2 dimensi dengan bantuan program komputer. Struktur pelat didesain hanya menerima gaya vertikal akibat beban mati dan beban hidup. Pelat dimodelkan sebagai diafragma kaku dimana perbandingan sisi terpanjang pelat dan tidak memiliki ke tidak beraturan horizontal.

3.5. ANALISIS DIMENSI BALOK

Balok berfungsi untuk menyangga lantai atau elemen bangunan lain yang terletak di atasnya. Selain itu, balok juga dapat berperan sebagai penyalur momen menuju ke bagian kolom bangunan. Balok mempunyai karakteristik utama yaitu lentur. Dengan sifat tersebut, balok merupakan elemen bangunan yang dapat diandalkan untuk menangani gaya geser, torsi dan momen lentur.

Dalam tugas akhir ini balok baja akan dianalisis dengan menggunakan data pembebanan yang diperoleh dari analisis pembebanan yang sudah dibahas pada bab sebelumnya. Analisis yang

digunakan adalah analisis 3 dimensi dengan bantuan program komputer.

3.6. ANALISIS DIMENSI KOLOM

Kolom merupakan bagian dari struktur bangunan yang berfungsi untuk menerima beban konstruksi dari balok dan meneruskan ke pondasi, penguat dinding, dan penahan beban-beban horizontal misalnya beban angin dan beban gempa. Kolom memegang peranan penting dalam suatu bangunan sehingga pelaksanaannya harus diperhatikan, agar kolom tersebut benar-benar berdiri tegak, tidak cacat, dan kokoh. Kolom yang direncanakan adalah kolom baja WF dan King Cross yang didesain sesuai dengan peraturan SNI:1729.

3.7. ANALISIS STRUKTUR PENUNJANG GEDUNG

Pada bab ini akan membahas tentang penulangan struktur penunjang gedung khususnya sarana transportasi vertikal seperti tangga dan lift yang ada pada bangunan gedung kantor tujuh lantai ini yang berfungsi sebagai sarana pelayanan agar pemakai gedung merasa nyaman.

3.8. PERENCANAAN PONDASI

Pondasi adalah suatu konstruksi bawah bangunan (*lower structure*) yang berfungsi untuk menempatkan bangunan dan menyalurkan atau mentransfer beban-beban konstruksi di atasnya (*upper structure*) ke lapisan tanah dasar pondasi yang didesain sedemikian rupa agar mampu menahan beban struktur tanpa mengalami *differential settlement* yang berlebihan dan tidak merata pada sistem strukturnya.

Karakteristik tanah di Pontianak merupakan tanah dengan daya dukung yang relatif kecil atau rendah sehingga penulis merencanakan pondasi pada gedung kantor tujuh lantai ini menggunakan pondasi tiang pancang karena sangat cocok digunakan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisis perhitungan yang telah dikerjakan sebelumnya, maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

4.1. Struktur Utama Gedung

Pada struktur utama gedung kantor sewa ini terdiri dari pelat, balok, kolom, sloof dan pondasi. Berikut ini adalah hasil dari analisis perhitungan yang berupa dimensi dan penulangannya.

a. Pelat

Tabel 1. Dimensi dan Penulangan Pelat

Tipe Pelat	Tebal (mm)	Tulangan Lapangan	Tulangan Tumpuan
Tipe 1	100	Bondek 0,75	M5 – 100
Tipe 2	100	Bondek 0,75	M7 – 125
Tipe 3	100	Bondek 0,75	M6 – 125
Tipe 4	100	Bondek 0,75	M5 – 100

b. Balok

Tabel 2. Profil dimensi balok induk

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
B1	Wide Flange	700	300
B2	Wide Flange	500	200
B3	Wide Flange	450	200
B4	Wide Flange	400	200
B5	Wide Flange	350	175
B6	Wide Flange	300	150

Tabel 3. Dimensi balok induk anak

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
Ba7	Wide Flange	200	150
Ba8	Wide Flange	150	100
Ba9	Wide Flange	150	75

c. Kolom

Tabel 4. Dimensi kolom

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
KC	King Cross	600	300
K 1	H - Beam	400	400
K 2	H - Beam	350	350
K 3	H - Beam	300	300
Kp	H - Beam	200	200

d. Pondasi

Tabel 5. Dimensi dan Penulangan Pondasi (Poer)

Tipe	Tulangan		Tulangan Badan
	Arah X	Arah Y	
P 1	D25-100	D25-100	12D16
P 2	D22-100	D22-100	10D16
P 3	D22-100	D22-100	10D16
P 4	D22-100	D22-100	10D16
P 5	D22-150	D22-150	4D16

4.2. Struktur Penunjang Gedung

Pada struktur penunjang gedung kantor sewa ini terdiri dari tangga dan lift, Berikut ini adalah hasil dari analisis perhitungan yang berupa dimensi dan penulangannya.

a. Tangga tipe 1

Tabel 6. Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Tipe Pelat	Tebal (mm)	Tulangan	
		Utama	Pembagi
Tangga	200	D13-200	D8-125
Bordes	200	D13-200	D8-125

Tabel 7. Dimensi balok bordes

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
Ba6	Wide Flange	300	150

b. Tangga tipe 2

Untuk tangga ini juga terbagi lagi menjadi beberapa elemen struktur seperti pelat, balok dan kolom

Tabel 8. Dimensi dan Penulangan Pelat Tangga dan Bordes

Tipe Pelat	Tebal (mm)	Tulangan	
		Utama	Pembagi
Tangga	190	D13-200	D8-125
Bordes	190	D13-200	D8-125

Tabel 9. Dimensi dan Penulangan Balok Bordes

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
Ba6	Wide Flange	300	150

c. Lift

Untuk lift ini juga terbagi lagi menjadi beberapa elemen struktur seperti pelat dan kolom

Tabel 10. Dimensi dan Penulangan Pelat Lift

Tipe Pelat	Tebal (mm)	Tulangan	
		Lapangan	Tumpuan
Lift	110	M7-150	M7-150

Tabel 11. Dimensi dan Penulangan Kolom Lift

Tipe Balok	Jenis Profil	H (mm)	B (mm)
K 3	H - Beam	300	300

4.2. SARAN

Adapun saran-saran yang dapat diberikan sehubungan dengan perhitungan struktur dalam tugas akhir ini :

- Sebaiknya dilakukan estimasi awal pada dimensi elemen struktur, sehingga tidak terjadi penentuan elemen struktur berulang-ulang.
- Dalam perancangan elemen-elemen struktur seperti penentuan tulangan pelat, balok serta kolom sebaiknya digunakan ukuran yang hampir seragam untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- , 2015. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja SNI 1729:2015*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847:2013*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung SNI 1727:2013*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 1726:2012*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- , 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI – 1.3.53.1987* Bandung: Departemen Pekerjaan Umum, Yayasan Badan Penerbit PU.
- AISC, 2005. *Specification for Structural Steel Building*, Chicago, American Institute of Steel Construction.
- Budiono B; Yurisman; Nidiasari. 2011. *Perilaku Link Panjang Dengan Pengaku Diagonal Badan Pada Sistem Struktur Rangka Baja Tahan Gempa*.
- Charles G. Salmon, John E. Johnson. 1992. *Struktur Baja : Desain dan perilaku 1, Edisi ketiga*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta
- Honggo, Eko. 2015. *Perhitungan Struktur Hotel 11 Lantai Jalan Teuku Umar Pontianak*. Program Sarjana. Universitas Tanjungpura.

- Jefry. 2014. *Perhitungan Struktur Hotel Royal Tapaz Pontianak (Struktur Beton Bertulang 12 Lantai) Terhadap Gempa*. Program Sarjana. Universitas Tanjungpura.
- Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. 2016. *Laporan Analisis Pondasi Tiang Pancang Proyek Pembangunan Gedung SD Kristen Immanuel Pontianak*. Pontianak: Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Poerbo, Hartono. 1992. *Utilitas Bangunan*. Jakarta: Djambatan.
- Riza, Miftakhur. 2010. *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS Seri 1*. Jakarta: ARSGroup.
- Riza, Miftakhur. 2015. *Aplikasi Perencanaan Struktur Gedung dengan ETABS Seri 2*. Jakarta: ARSGroup.
- Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD*, Erlangga. Jakarta