

SKRIPSI

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL GOLDEN TULIP MATARAM DENGAN FORTAL BALOK BAJA SARANG TAWON (HONEYCOMB BEAM)

**Diajukan Sebagai syarat menyelesaikan studi strata I
pada program studi Teknik sipil jenjang strata I
Fakultas Tenik
Universitas Muhammadiyah Mataram**



Disusun oleh :

**ARWIATMAN BAHAPULIH
416110069**

**PROGRAM STUDI JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN 2021**

**HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING
SKRIPSI**

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL GOLDEN TULIP
MATARAM DENGAN FORTAL BAJA BALOK SARANG TAWON
(HONEYCOMB BEAM)**

Disusun Oleh

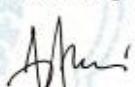
ARWIYATMAN BAHAPULIH
416110069

Mataram, 11 Agustus 2021

Pembimbing I

Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng)
NIDN.0027107301

Pembimbing II


Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
NIDN.0828087201
1/8 - 2021

Mengetahui,

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK**



Dekan,

Dr. Eng. M. Islamy Busyda, ST., MT
NIDN.0824017501

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL GOLDE TULIP
MATARAM DENGAN FORTAL BAJA BALOK SARANG TAWON
(HONEYCOMB BEAM)**

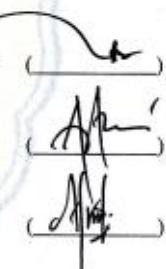
Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : ARWIATMAN BAHAPULIH
NIM : 416110069

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji
Pada hari : , Agustus 2021
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

1. Penguji I : Dr.Eng.Hariyadi,ST.,M.Sc (Eng)
2. Penguji II : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT
3. Penguji III : Agustini Ernawati, ST.,M.Tech



Mengetahui,
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM



Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT
NIDN. 0824017501

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul "*PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL GOLDEN TULIP MATARAM DENGAN FORTAL BAJA BALOK SARANG TAWON (HONEYCOMB BEAM)*" adalah benar merupakan karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmia yang berlaku pada masyarakat academic atau yang disebut plagiarism.
2. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain tela di tulis dalam sumbernya secara jelas dan disebut dalam daptar pustaka.

Atas pernyataan ini apabila dikemudian hari ternyata di temukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat sangsi yang diberikan kepada saya dan sya sanggup di tuntut sesuai hokum yang berlaku.

Mataram, 10 september 2021

Pembuatan pernyataan,



ARWIATMAN BAHAPULIH

NIM : 416110069



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat

Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906

Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt.perpusummat@gmail.com

**SURAT PERNYATAAN BEBAS
PLAGIARISME**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARWIATMAN BAHAFULIH
NIM : 41610069
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 25 JANUARI 1998
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 081889195039 / arwiatman7@gmail.com
Judul Penelitian : -

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR HOTEL GOLDEN TULIP
MATARAM DENGAN FORTAL BAJA BALOK BARANG TAWON
(HONEYCOMB BEAM)

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. ✓

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari karya ilmiah dari hasil penelitian tersebut terdapat indikasi plagiarisme, saya *bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum* sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : Jum'at 10 September 2021

Penulis



NIM. 41610069

Mengetahui,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT


Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN

Jl. K.H.A. Dahlan No. 1 Mataram Nusa Tenggara Barat
Kotak Pos 108 Telp. 0370 - 633723 Fax. 0370-641906
Website : <http://www.lib.ummat.ac.id> E-mail : upt_perpusummat@gmail.com

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARWIATMAN . BAHAPULIH
NIM : 41610069
Tempat/Tgl Lahir : MATARAM, 25 JANUARI 1998
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Fakultas : TEKNIK
No. Hp/Email : 081999195039
Jenis Penelitian : Skripsi KTI Tesis

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama *tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta atas karya ilmiah saya berjudul:*

PERENCANAAN ULANG STRUKTURE HOTEL GOLDEN TULIP
MATARAM DENGAN FORTAL BAJA BALOK SARING TANAH
(HONEYCOMB BEAM)

Segala tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Dibuat di : Mataram

Pada tanggal : Jumat, 10 - September 2021

Penulis



NIM. 41610069

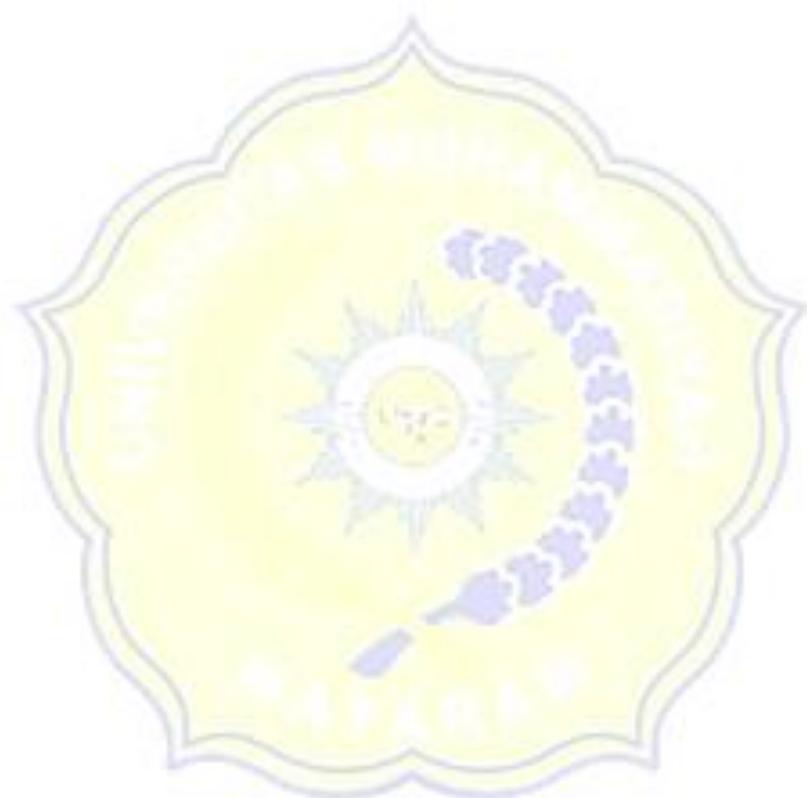
Mengelolah,
Kepala UPT Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos, M.A.
NIDN. 0802048904

MOTTO

“ Aku bukan dia begitu pula dia juga bukan aku, terasa sulit ketika aku harus melakukan sesuatu. Akan tetapi, menjadi mudah ketika aku melaukan dengan dia terkadang aku dan dia tidak sejalan tetapi selalu melangkah bersama.

“Your life”



PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir/skripsi sebagai sayarat kelulusan.

Atas izin Allah SWT saya persembahkan karya ini kepada:

1. **Ibu dan Bapak**, yang sangat saya hormati, saya cintai dan saya banggakan, terimakasih atas semua dukungan, doa dan harapan baik materi maupun rohani, saya ucapkan sekali lagi Terimakasih untuk semuanya.
2. **Keluarga besarku**, adik, paman, bibi dan semuanya yang telah memberi dukungan agar bisa menyelesaikan tugas akhir ini sehingga saya bisa mendapatkan gelar serjana.
3. **Ibu dan Bapak Dosen** yang telah membimbing dan mendidik saya dari awal perkuliahan sampai akhir perkuliahan.
4. **Kepada semua**, yang telah mendukung dan memberikan motivasi untuk menyelesaikan laporan tugas akhir/skripsi ini, terimkasih.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala Rahmat dan Karunia-Nya sehingga tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Ulang Gedung Hotel Golden Tulip Mataram dengan Struktur Portal Baja ini dapat diselesaikan sebagaimana mestinya. oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. H. Arsyad Abd Gani, M.Pd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Eng. M. Islamy Rusyda, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati,ST.,M.Tech selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Dr. Eng. Hariyadi, ST., M.Sc (Eng), selaku Dosen Pembimbing Utama.
5. Dr. Heni pujiastuti,ST.,MT selaku Dosen Pembimbing Pendamping.
6. Seluruh staf dan pegawai sekretariat Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangannya dan masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu pendapat dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat diharapkan untuk kelancaran penelitian dan penyempurnaan penulisan selanjutnya. Akhir kata semoga karya ini bisa bermanfaat bagi pembacanya.

Mataram, 2021
Penulis,

ARWIATMAN BAHA PULIH
NIM : 416110069

ABSTRAK

Pada konstruksi balok baja kebanyakan dikenal dengan struktur balok utuh dan balok berlubang (balok baja *castella*). Balok baja *castella* adalah balok yang dipakai untuk konstruksi bentang panjang (lebih dari 10 meter), yang berupa 2 profil baja yang disatukan menjadi 1 untuk mendapatkan tinggi profil yang sesuai. Balok kastela disebut juga honey comb beam, karena bentuk lubang segi enamnya yang menyerupai sarang lebah (*honey comb*). Profil tersebut dilubangi untuk memperkecil berat sendiri profil dan agar sambungan lasnya dapat lebih efektif dan efisien.

Pada gedung hotel golden tulip menggunakan desain beton bertulang yang dalam penelitian ini di redesain setiap strukturnya menggunakan balok baja Wf 600.350.12.25 mengalami perubahan dimensi setelah menjadi balok castella dg = 900 mm, d_T = 150 mm, h = 300 mm, e = 50 mm, b = 173 mm. Dimensi kolom baja Wf dengan model king cross 1000.400.16.28.Untuk dimensi pada pondasi didesain menggunakan *pile cap* berdimensi 5,5 x 5,5 x 1,1 m dengan *bore pile* berdiameter 0,5 m.

Untuk memudahkan perencanaan di gunakan *software sap2000 v.14* dalam membantu pemodelan struktur pembebanan struktur dan menganalisa gaya dalam struktur yang dijadikan data perancangan. Hasil akhir dari redesain di gambar dengan aplikasi *autocad*.

Kata kunci : Redesain struktur baja,Balok baja castella ,kolom baja kingcross, Hotel golden tulip

ABSTRACT

Whole beam structures and hollow beams are two terms used to describe how steel beams are built (castella steel beams). Castella steel beams are two steel profiles connected to reach the proper profile height, are used for long-span construction (greater than 10 meters). Because of the hexagonal hole shape that resembles a honeycomb, Castella beams are also known as honeycomb beams. The profile is perforated to reduce the profile's self-weight and increase the effectiveness and efficiency of the weld joint. The Golden Tulip hotel is constructed of reinforced concrete. Each structure was redesigned using a steel beam Wf 600.350.12.25 experienced a change in dimensions after becoming a castella beam $d_g = 900$ mm, $d_T = 150$ mm, $h = 300$ mm, $e = 50$ mm, $b = 173$ mm. The dimensions of the Wf steel column with the king cross model are 1000.400.16.28. The foundation's dimensions are designed using a pile cap with dimensions of $5.5 \times 5.5 \times 1.1$ m with a pile of 0.5 m in diameter. The SAP2000 v.14 program is used to aid in the planning and modeling of the structure's loading structure and the analysis of the forces in the form utilized as design data. The Autocad application is used to draw the ultimate product of the redesign.

Keywords: Steel structure redesign, Castella steel beams, Kingcross steel column, Golden Tulip Hotel



DAFTAR ISI

	Hal
HALAMAN JUDUL.....	I
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	II
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	III
LEMBAR PERNYATAAN.....	IV
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	V
SURAT PERNYATAAN PUBLIKASI.....	VI
MOTTO	VII
LEMBAR PERSEMPAHAN	VIII
KATA PENGANTAR	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR GAMBAR	XVII
DAFTAR TABEL.....	XIX
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	XXI
ABSTRAK.....	XXVI
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan pustaka	4
2.2 Landasan teori	7
2.2.1 Peraturan Perencanaan	7
2.3 Kombinasi Beban Terfaktor.....	8
2.4 Analisis Beban Dinamik Respon Spectrum.....	9

2.5	Analisa Beban Gempa Statik Ekivalen	10
2.5.1	Kelas lokasi tanah.....	10
2.5.2	Koefisien amplifikasi getaran.....	10
2.5.3	Parameter percepatan respon spektra.	11
2.5.4	Parameter percepatan respon desain	12
2.5.5	Periode fundamental.....	12
2.5.6	Paktor keutamaan	12
2.5.7	Katagori desain seismic.....	13
2.5.8	Sistem penahan gaya seismic	14
2.5.9	Periode fundamental pendekatan	16
2.5.10	Koefisien respon seismic.....	16
2.5.11	Gaya geser dasar (V)	17
2.5.12	Batas simpangan.....	17
2.5.13	Skala gaya	18
2.5.14	Distribusi gaya gempa.....	19
2.6	Analisa Beban Angin	20
2.7	Persyaratan Analisis Struktur.....	25
2.8	Perencanaan struktur komposit pelat lantai	27
2.8.1	Sifat – sifat mekanis beton bertulang	27
2.8.2	Batas desain plat satu arah	27
2.9	Perencanaan balok Castella Beam (Metode LRFD)	36
2.10	Struktur Balok Sarang Tawon.....	37
2.10.1	Struktur Balok Sarang Tawon.....	38
2.10.2	Cara penumpukan / Penyambungan kembali.....	39
2.10.3	Kekuatan balok sarang tawon	39
2.11	Berat sendiri bangunan dan komponen gedung	47
2.11.1	Beban mati.....	47
2.11.2	Beban Hidup.....	47

2.12	Batasan momen	47
2.13	Batas-batas lendutan	48
2.13.1	Penampang kompak	51
2.13.2	Penampang tak-kompak	51
2.13.3	Analisis plastisi	51
2.13.4	Kuat lentur nominal penampang pengaruh tekuk lateral	52
2.13.5	Kuat geser.....	53
2.13.6	Kuat geser nominal.....	53
2.13.7	Kuat geser.....	54
2.13.8	Metode interaksi geser dan lentur	55
2.14	Komponen Struktur Tekan.....	55
2.14.1	Perencanaan akibat gaya tekan	55
2.14.2	Perbandingan kelangsungan	55
2.14.3	Gaya tekuk elastic.....	56
2.14.4	Daya dukung nominal komponen struktur tekan.....	56
2.14.5	Momen untuk komponen struktur bergoyang	57
2.14.6	Persamaan interaksi aksial-momen	58
BAB III METODE PERENCANAAN		
3.1	Deskripsi Struktur	60
3.2	Peta lokasi	62
3.3	Pengumpulan data.....	63
3.3.1	Data umum bangunan.....	63
3.3.2	Data tanah	63
3.4	Preliminary Desain dan Pembebanan	63
3.4.1	Preliminary desain	63
3.4.2	Pembebanan.....	64
3.5	Analisa Struktur dengan SAP2000 V.14	66
3.6	Tahapan Perencanaan Struktur	66

3.6.1 Perencanaan Plat Lantai.....	66
3.6.2 Perencanaan Kolom	66
3.6.3 Perencanaan Balok	66
3.7 Bagan Alir	67

BAB IV HASIL ANALISIS DAN PERENCANAAN

4.1 Umum	68
4.2 Data perencanaan	68
4.2.1 Material struktur	68
4.2.2 Dimensi komponen struktur	69
4.2.3 Pembebanan struktur	71
4.2.4 Perhitungan beban mati	71
4.2.5 Beban gempa	73
4.3 Koefisien Respon Dinamik	74
4.4 Menghitung Gaya Geser Dasar	75
4.5 Pengecekan Berdasarkan Analisa Ragam Respon Spectrum.....	76
4.6 Partisipasi Massa.....	77
4.7 Distribusi Gaya Gempa.....	78
4.8 Beban Angin	80
4.8.1 Manual analisis beban angin.....	80
4.9 Parameter Metode Analisa Langsung “Load Resistance and Factor Design” SAP200 V.14.....	82
4.9.1 Referensi desain SAP200 V.14	82
4.10 Perhitungan Pelat " D "	83
4.10.1 Data – data perhitungan	83
4.10.2 Diameter tulangan pelat lantai	84
4.10.3 Menghitung nilai momen.....	84
4.10.4 Cek kuat geser beton.....	84
4.10.5 Menentukan Tinggi Efektif (d).....	85

4.10.6 Nilai koefisien resistance (Rn) dan nilai m, ϕ Lentur = 0.9	85
4.10.7 Menghitung Rasio tulangan (ρ)	85
4.10.8 Menghitung Tinggi Beton Kekang (a).....	86
4.10.9 Menghitung Tinggi Garis Netral (x).....	87
4.10.10 Kontrol regang leleh baja (ε_s)	87
4.10.11 Menghitung Luas tulangn pokok	88
4.10.12 Jarak Tulangn pokok	88
4.10.13 Kontrol jarak tulangan pokok.....	88
4.10.14 Luas tulangan susut (As susut)	88
4.10.15 Jarak tulangn (S susut).....	89
4.10.16 Kontrol jarak tulangn susut.....	89
4.10.17 Perhitungan pelat lantai bondek	89
4.10.18 Menghitung Flexural Strength.....	90
4.11 Perhitungan Momen Portal Frame	91
4.12 Perhitungan Kolom	92
4.12.1 Data perencanaan.....	92
4.12.2 Cek kelangsingan penampang kolom	93
4.12.3 Menentukan factor K.....	94
4.12.4 Cek tegangan kritis tekuk punter	95
4.12.5 Cek kuat tekan nominal kolom.....	95
4.12.6 Cek kekompakan penampang.....	96
4.12.7 Kuat lentur penampang pada kondisi (masimum)	96
4.12.8 Pengaruh tekuk torsional	97
4.12.9 Kuat geser nominal	99
4.12.10 Kapasitas aksi lentur	99
4.13 Perhitungan Balok.....	100
4.13.1 Balok memanjang	100
4.14 Sambungan Balok Pada Flans Kolom.....	105

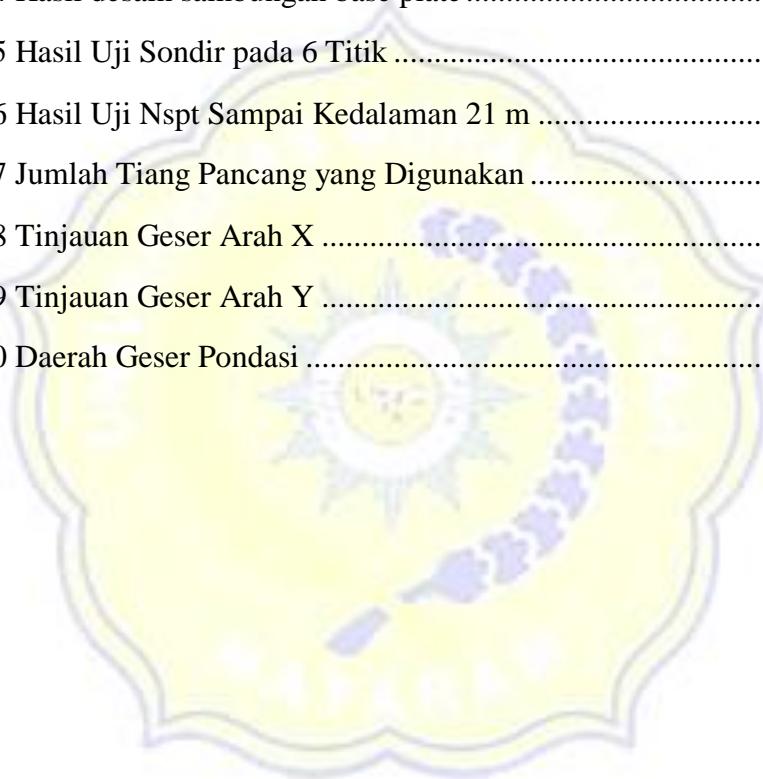
4.14.1	Data perencanaan:.....	105
4.14.2	Menghitung tahanan nominal baut	106
4.14.3	Perhitungan siku penyambung atas dan bawah	107
4.14.4	Perhitungan sambungan pada flens balok	108
4.14.5	Perhitungan sambungan web kolom dengan siku 200.200.25.....	109
4.14.6	Sambungan web balok dengan web kolom	109
4.15	Sambungan Kolom – Kolom	111
4.15.1	Data –data perencanaan.....	111
4.15.2	Menghitung tahanan slip baut.....	112
4.15.3	Menghitung tahanan geser baut.....	112
4.15.4	Perhitungan sambungan pada flens kolom atas Digunakan 2 pelat pengisi dengan 3 bidang kontak, berdasarkan tahanan slip, perhitungan jumlah baut pada flens kolom atas	112
4.15.5	Perhitungan sambungan pada flens kolom bawah.....	113
4.15.6	Perhitungan sambungan pada web kolom Tanpa pelat pengisi 2 bidang kontak, berdasarkan tahanan slip, perhitungan jumlah baut pd web kolom.....	113
4.16	Sambungan Pelat dasar “ <i>Base Plate</i> ”	114
4.16.1	Data-data perencanaan.....	114
4.16.2	Menghitung eksentrisitas.....	115
4.16.3	Menghitung kuat tumpu beton.....	115
4.16.4	Menghitung m dan n (kantilever ujung Pelat)	116
4.16.5	Panjang kantilever ditentukan nilai paling maks antara 175	117
4.16.6	Panjang baut angkur,	117
4.16.7	Sambungan antar kolom WF dan Pelat Dasar.....	118
4.17	Pondasi	119
4.18	Data tanah	119
4.18.1	Daya dukung pondasi tiang bor	120
4.18.2	Kapasitas dukung ujung bawah tiang(Q_b)	121

4.18.3 Tahanan gesek tiang (Q_s)	121
4.18.4 Berat tiang (W).....	123
4.18.5 Jumlah Tiang yang Dibutuhkan.....	123
4.18.6 Efisiensi Kelompok Tiang	124
4.18.7 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang pada Tanah Pasir	124
4.18.8 Gaya Aksial pada Tiang Pancang	126
4.18.9 Tinjauan Geser Arah X	127
4.18.10 Tinjauan Geser Arah Y	129
4.18.11 Cek Geser Pons Dua Arah	130
4.18.12 Tulangan <i>Pile Cap</i>	131
4.18.13 Penulangan <i>Bore Pile</i>	132
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	135
5.2 Saran	136
DAPTAR PUSTAKA	137
LAMPIRAN	138

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Spektrum respon desain	9
Gambar 2.2 Tekanan yang secara bersamaan pada dinding angin datang dan di sisi angin pergi.....	24
Gambar 2.3 Momen yang dipengaruhi efek P-delta	26
Gambar 2.4 Pendekatan momen	31
Gambar 2.5 Penampang Komposit Pelat Lantai Bondek.....	35
Gambar 2.6 Pola pemotongan profil balok I dibelah sepanjang badannya.....	38
Gambar 2.7 Setelah pemotongan profil balok wf	38
Gambar 2.8 Pola penyusunan balok Castella segi enam.....	38
Gambar 2.9 Balok castella yang mengalami buckling pada daerah tumpuan	40
Gambar 2. 10 Tegangan yang bekerja pada balok castella	41
Gambar 2.11. Tinggi penampang T yang diperlukan	42
Gambar 2.12. Penampang pada balok castella	44
Gambar 2.13 Nilai kc untuk kolom dengan ujung-ujung yang ideal.....	59
Gambar 2.14 Nilai kc untuk kolom.....	59
Gambar 3.1 3D Hotel Golden Tulip Mataram	60
Gambar 3.2 Denah lantai lima (Sumber: Instansi terkait)	61
Gambar 3.3 Potongan memanjang (Sumber: Instansi terkait)	61
Gambar 3.4 Potongan melintang portal struktur (Sumber: Instansi terkait)	62
Gambar 3.5 Lokasi Hotel Golden Tulip Mataram	62
Gambar 4.1 Preliminary ukuran balok baja profil	69
Gambar 4.2 Grafik Respon Spektrum Tanah Sedang Lokasi Gedung Hotel.....	73
Gambar 4.3 referensi desain AISC-LRFD93 untuk struktur baja.....	82
Gambar 4.4 Penampang komposit pelat lantai bondek.....	90
Gambar 4.5 Geometri asil potongan	100
Gambar 4.6 pola penyusunan balok castella	100

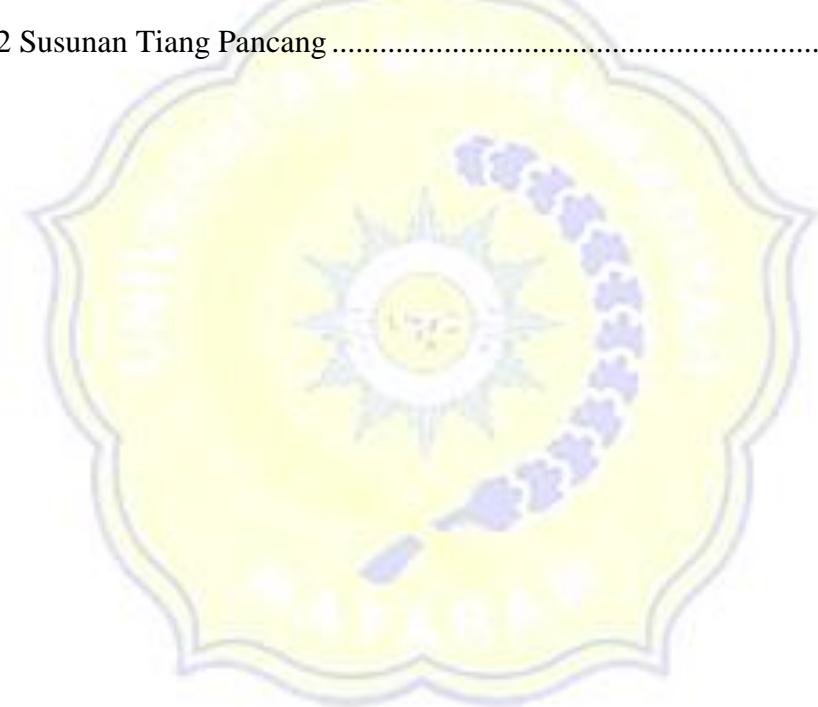
Gambar 4.7 pola penyusunan balok castella	104
Gambar.4.8 Jarak a dan jarak baut terhadap flens atas balok	107
Gambar 4.9 Tampak Atas	110
Gambar 4.10 Tampak Samping	110
Gambar 4.11 Potongan Tampak Samping	110
Gambar 4.12 Parameter desain base plate	116
Gambar 4.13 Distribusi Tegangan di bawah pelat landasan	116
Gambar 4.14 Hasil desain sambungan base plate	118
Gambar 4.15 Hasil Uji Sondir pada 6 Titik	119
Gambar 4.16 Hasil Uji Nspt Sampai Kedalaman 21 m	120
Gambar 4.17 Jumlah Tiang Pancang yang Digunakan	125
Gambar 4.18 Tinjauan Geser Arah X	127
Gambar 4.19 Tinjauan Geser Arah Y	129
Gambar 4.20 Daerah Geser Pondasi	130



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Koefisien situs, Fa	10
Tabel 2.2 Koefisien situs, Fv	11
Tabel 2.3 Kategori resiko II bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	13
Tabel 2.4 Faktor Keutamaan gedung	13
Tabel 2.5 Kategori Desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode pendek	13
Tabel 2.6 Sistem penahan gaya seismik pada sistem rangka baja pemikul momen.....	14
Tabel 2.7 Nilai parameter periode pendekatan Ct dan x	16
Tabel 2.8 Simpangan antar lantai ijin Δa	18
Tabel 2.9 Faktor arah angin, Kd	21
Tabel 2.10 Konstanta eksposur daratan	22
Tabel 2.11 Koefisien Tekanan Internal Gcpi	23
Tabel 2.12 Koefisien tekanan angin eksternal, Cp.....	24
Tabel 2.13 Tebal Minimum Pelat	28
Tabel 2.14 Batasan Lendutan Pelat.....	28
Tabel 2.15 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat.....	29
Tabel 2.16 Sifat mekanis baja structural	48
Tabel 2.17 Batas lendutan maksimum1	48
Tabel 2.18 Faktor reduksi (ϕ) untuk keadaan kekuatan batas.....	49
Tabel 2.19 Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan (f_y dinyatakan dalam MPa).....	50
Tabel 2.20 Momen kritis untuk tekuk lateral	52
Tabel 4.1 Desain profil balok baja	69
Tabel 4.2 Preliminary profil baja berdasarkan luas lantai maksimum.....	70

Tabel 4.3 Desain profil kolom baja.....	70
Tabel 4.4 Tipe pelat lantai.....	70
Tabel 4.5 Berat Struktur tiap lantai	75
Tabel 4.6 Perhitungan Selisih periode (ΔT) setiap periode	76
Tabel 4.7 Jumlah Partisipasi Massa	77
Tabel 4.8 Distribusi gaya gempa tiap lantai arah x dan y	79
Tabel 4.9 Perhitungan ϕ'	122
Tabel 4.10 Perhitungan Kd . Tg δ tiap Lapisan	122
Tabel 4.11 Perhitungan Tahanan Geseck Tiang Qs.....	123
Tabel 4.12 Susunan Tiang Pancang	126



DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

- a = Tinggi beton kekang
- A = Luas kelompok *bore pile*, $b \times y$.
- A₁* = Luas beton yang dibebani gaya tekan konsentris, mm²
- A₂* = Luas permukaan beton landasan mm²
- b = Lebar komponen (mm)
- b* = Lebar kelompok *bore pile*.
- C = Kekuatan geser tanah.
- C_b* = Kohesi tanah di sekitar ujung tiang, kg/cm².
- C_p* = Koefisien tekanan eksternal
- d = Jarak yang diukur dari serat terluar hingga titik berat tulangan tarik
- ds* = Jarak dari serat tarik terluar kepusat tulangan tarik
- D = Beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen
- E = Beban gempa
- F_y* = Kuat leleh baja yang di syaratkan, Mpa
- F_c* = Kuat tekan beton yang di syaratkan, Mpa
- G = Faktor efek tiup angin
- GCpi* = Koefisien tekanan internal
- H_n* = Ketinggian struktur (m) diatas dasar sampai akhir tingkat tertinggi
- I = Panjang tiang yang berada dalam tanah, cm.
- L = Beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung
- ln* = Panjang bentang bersih dalam arah momen yang ditinjau, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)
- L_r* = Beban hidup yang diakibatkan oleh pembebahan atap
- M = Momen (tumpuan atau lapangan), KNm
- N_c* = factor daya dukung yang didapat dari grafik *Skempton*.
- M_n* = Kuat lentur nominal balok

M_{nx}, M_{ny} = Momen lentur nominal penampang komponen struktur masing-masing terhadap sumbu-x dan -y

M_{ux}, M_{uy} = Momen lentur terfaktor masing-masing terhadap sumbu-x dan -y, sudah termasuk pengaruh orde kedua, N-mm

m = arak tepi kolom memanjang ketepi *base plate*

n = Jarak tepi kolom melintang ketepi *base plate*

n = Jumlah bore pile

N_{crs} = Komponen struktur bergoyang, N

N_i = Beban notional yang digunakan pada level i dari kombinasi beban DFBK dengan satuan *Newton*

P = Nilai konus dari hasil sondir, kg/cm².

P_b = Tebal selimut beton

Q = q_z dan q_h adalah q untuk ketinggian z dan h dari atas permukaan tanah.

Q_i = q_h untuk dinding datang, dinding samping, dinding sisi angin pergi dan atap.

q_u = Beban terbagi rata yang berkerja pada pelat

Q_b = Tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = Tahanan ujung gesek (kN)

Q_u = Daya dukung ultimit (kN)

Q_{pg} = Daya dukung yang diijinkan pada kelompok bore pile.

Q_t = Daya dukung keseimbangan pada kelompok tiang.

Q_{tiang} = Daya dukung kesetimbangan tiang, kg.

Q_{pg} = Daya dukung kelompok tiang

R = Faktor modifikasi *response*

R_n = Kekuatan nominal

R_u = Kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

S = Beban salju

SD_s = Parameter percepatan respon spektral pada periode pendek, redaman 5%

- SD_1 = Parameter percepatan respon spektral pada periode 1 detik, redaman 5%
 SF = Safety Factor (2,5-3,0)
 SM_s = Parameter spektrum respon percepatan pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs
 SM_1 = Parameter sepktrum respon percepatan pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan dengan kelas situs
 V = Geser dasar prosedur gaya lateral ekivalen
 V_n = Kuat geser nominal pelat badan berdasarkan
 V_t = Geser dasar dari kombinasi ragam yang disyaratkan
 V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang yang di tinjau
 W = Beban angina
 W = Berat *bore pile* (kN)
 x = Tinggi garis netral
 y = Panjang kelompok *bore pile*.
 z = Tinggi gedung di atas elevasi tanah (m)
 z_g = Tinggi nominal lapisan batas atmosfir
 α = Eksponen pangkat kecepatan tiupan angin
 α_m = Rasio kekuatan balok terhadap pelat
 β = Rasio panjang terhadap lebar pelat
 ϵ_c = Tegangan beton
 ϵ_{cu} = Regangan beton
 ρ = Rasio penulangan
 \emptyset = Faktor reduksi = 0,9
 Θ = Keliling *bore pile*, cm.
 Φ = Faktor ketahanan
 ϕR_n = Kekuatan desain
 ΘV_n = Kuat geser nominal
 $\sqrt{f_c} =$ Nilai akar dari kuat tekan beton yang di syaratkan,Mpa

ΣN_u = Jumlah gaya aksial tekan terfaktor akibat beban gravitasi untuk seluruh kolom pada satu tingkat yang ditinjau, N

Δo_h = Simpangan antar lantai pada tingkat yang sedang ditinjau, mm

ΣH = Jumlah gaya horizontal yang menghasilkan Δo_h pada tingkat yang ditinjau, N

ϕ = Faktor reduksi kekuatan

ϕ_c = ϕ_c adalah untuk komponen struktur tekan = 0,85

ϕ_t = ϕ_t adalah untuk komponen struktur tarik=0,9

ϕ_b = adalah faktor reduksi kekuatan untuk komponen struktur lentur = 0,90

h = tinggi potongan zig-zag

ϕ = sudut dalam potongan castella

θ = sudut luar potongan castella

A_f = luas pelat sayap penampang T, mm

A_s = luas pelat badan penampang T, mm

A_T = Luas penampang pada profil T

d = Jarak antara garis berat penampang T atas dan bawah

d_b = Tinggi balok asli

d_g = Tinggi balok setelah dipertinggi

d_T = Tinggi penampang T castella

d_s = Tinggi web penampang T castella

e = Panjang bagian lubang castella

f_y = tegangan leleh (kg/cm^2)

h = Tinggi potongan zig-zag terhadap sumbu netral

I_g = Momen inersia balok castella

I_T = Modulus tahanan tangkai penampang T

I_t = Momen Inersia tangkai penampang T castella

K_1 = merupakan perbandingan tinggi balok castella dengan balok aslinya

S_f = Section modulus pada bagian plat sayap

S_s = Section modulus pada bagian plat badan

S_x = modulus penampang (cm^3)

- M_n = momen nominal (kgm)
 M_T = momen lentur akibat gaya lintang pada penampang T (kgm)
 M_u = momen lentur/beban layanan terfaktor (kgm)
 t_f = tebal pelat sayap profil, mm
 t_w = tebal pelat badan (web), mm
 V_T = gaya lintang pada penampang T (kg)
 V_u = geser beban layanan terfaktor (kg)
 V_n = kekuatan nominal dalam geser (kg); ($0,6 \cdot F_y w \cdot A_w$)
 W_T = Modulus Kelembaman penampang castella



ABSTRAK

Pada konstruksi balok baja kebanyakan dikenal dengan struktur balok utuh dan balok berlubang (balok baja *castella*). Balok baja *castella* adalah balok yang dipakai untuk konstruksi bentang panjang (lebih dari 10 meter), yang berupa 2 profil baja yang disatukan menjadi 1 untuk mendapatkan tinggi profil yang sesuai. Balok kastela disebut juga honey comb beam, karena bentuk lubang segi enamnya yang menyerupai sarang lebah (*honey comb*). Profil tersebut dilubangi untuk memperkecil berat sendiri profil dan agar sambungan lasnya dapat lebih efektif dan efisien.

Pada gedung hotel golden tulip menggunakan desain beton bertulang yang dalam penelitian ini di redesain setiap strukturnya menggunakan balok baja Wf 600.350.12.25 mengalami perubahan dimensi setelah menjadi balok castella dg = 900 mm, $d_T = 150$ mm, h = 300 mm, e = 50 mm, b = 173 mm. Dimensi kolom baja Wf dengan model king cross 1000.400.16.28.Untuk dimensi pada pondasi didesain menggunakan *pile cap* berdimensi 5,5 x 5,5 x 1,1 m dengan *bore pile* berdiameter 0,5 m.

Untuk memudahkan perencanaan di gunakan *software sap2000 v.14* dalam membantu pemodelan struktur pembebanan struktur dan menganalisa gaya dalam struktur yang di jadikan data perancangan. Hasil akhir dari redesain di gambar dengan aplikasi *autocad*.

Kata kunci : Redesain struktur baja,Balok baja castella ,kolom baja kingcross,
Hotel golden tulip

ABSTRACT

Whole beam structures and hollow beams are two terms used to describe how steel beams are built (castella steel beams). Castella steel beams are two steel profiles connected to reach the proper profile height, are used for long-span construction (greater than 10 meters). Because of the hexagonal hole shape that resembles a honeycomb, Castella beams are also known as honeycomb beams. The profile is perforated to reduce the profile's self-weight and increase the effectiveness and efficiency of the weld joint. The Golden Tulip hotel is constructed of reinforced concrete. Each structure was redesigned using a steel beam Wf 600.350, I2.25 experienced a change in dimensions after becoming a castella beam $d_g = 900$ mm, $d_T = 150$ mm, $h = 300$ mm, $e = 50$ mm, $b = 173$ mm. The dimensions of the Wf steel column with the king cross model are 1000.400, I6.28. The foundation's dimensions are designed using a pile cap with dimensions of $5.5 \times 5.5 \times 1.1$ m with a pile of 0.5 m in diameter. The SAP2000 v.14 program is used to aid in the planning and modeling of the structure's loading structure and the analysis of the forces in the form utilized as design data. The Autocad application is used to draw the ultimate product of the redesign.

Keywords: Steel structure redesign, Castella steel beams, Kingcross steel column, Golden Tulip hotel



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perencanaan struktur Pada masa yang maju ini berkembang pesat, penataan pembangunan gedung terjaga dan praktis. Suatu pengembangan struktur dapat mentolerir pengencangan dan kekokohan karena ditopang oleh struktur.struktur bangunan tersebut merupakan suatu sistem yang dirancang untuk menerima gaya luar dan gaya dalam yang bekerja pada struktur tersebut. Selain itu dalam merancang sebuah bangunan struktur, kita membutuhkan beberapa material yang dapat digunakan sebagai bahan pelaksanaanya. Material struktural yang dapat digunakan diantaranya kayu, bambu, beton bertulang, baja, atau pun material pendukung lainnya.

Material baja unggul di bidang yang lain, hanya saja harganya relatif mahal. Dalam pemakaiannya kadang ada yang tidak bisa di berdayakan penuh, ada bagian yang kurang berfungsi. Sebab itu ada beberapa strategi optimis. Tiap strategi ada resiko atau konsekuensinya. Untuk itu perlu diketahui beberapa strategi optimis yang telah berhasil diaplikasikan. (Dewobroto.2016)

Salah satu strategi optimis adalah balok kastella (*castellated beam*) dimana optimasi ini modifikasi ukuran profil menjadi lebih tinggi sehingga momen inersia menjadi lebih besar hal ini akan meningkatkan tegangan lenturnya karena jarak dari garis netral ke bagian luar profil bertambah tanpa menambah berat sendiri profil tersebut. Modifikasi ini bisa menghemat penggunaan profil baja tersebut. Disamping kelebihan dari segi kekuatanya, bukaan seperti lubang pada bagian web balok kastella (*castellated beam*) dapat di manfaatkan sebagai pemasangan mechanical electrical.

Balok sarang tawon (*castellated beam*) adalah balok yang terbentuk dengan cara pemotongan balok wf (*wide flange*) secara berliku-liku dengan membentuk sudut tertentu. Tujuan dari balok sarang tawon adalah untuk mengurangi berat dan mempertinggi propil pada prinsipnya adalah memperbesar modulus penampang (s) dan momen inersia (I) suatu propil sehingga akhirnya akan

menghasilkan kekuatan dan kekakuan yang lebih besar dari propil aslinya. Balok ini dihasilkan dari suatu pemotongan propil wf (*I*) yang berpola berliku – liku sepanjang garis netral dengan menggunakan las sepanjang balok setengah bagian dari potongan tersebut di putar sampai ujung setengah bagian yang lain dan kemudian di atukan dengan las.

Gedung Hotel Golden Tulip mataram terdiri dari 11 lantai dengan struktur bawah (*lower structure*) menggunakan pondasi bore pile dan struktur atas (*upper structure*) menggunakan konstruksi beton bertulang. Dalam penelitian ini, penulis akan mendesain ulang struktur atas Gedung Hotel Golden Tulip Mataram dengan menggunakan struktur baja, dikarnakan material baja memiliki mutu yang tinggi di bandingkan dengan material konstruksi lainnya. Oleh dasar itulah penulis meredisain struktur atas Gedung Hotel Golden Tulip dengan struktur baja, untuk dapat mengurangi ukuran penampang-penampang struktur. Dalam perhitungan struktur penulis menggunakan Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 1729 : 2002), dan untuk kelengkapan syarat-syarat dan rumus, penulis juga menggunakan, Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015)

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan adalah :

1. Berapa besar dimensi profil baja yang akan digunakan ?
2. Berapa baut yang dibutuhkan pada sambungan kolom baja WF dan balok baja Castella (*Honey Comb Beam*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penulisan dari studi alternatif perencanaan struktur dengan menggunakan balok Castella (*Honey Comb Beam*) ini adalah :

1. Mengetahui berapa besar dimensi profil baja yang akan digunakan.
2. Mengetahui jumlah baut yang dibutuhkan pada sabungan kolom baja wf dan balok baja castella (*castellated beam*)

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

Digunakan sebagai perbandingan untuk perencanaan struktur dalam suatu bangunan

Sebagai acuan atau refensi pustaka untuk melakukan penelitian yang lebih lanjut

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka diperlukan batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penulisan sebagai berikut.

1. Bangunan yang akan diredesain yaitu struktur atas (*upper structure*) Gedung Hotel Golden Tulip Mataram
2. Struktur atas yang diredesain hanya bagian kolom, balok dan Plat lantai
3. Perhitungan analisa struktur dan pembebanan menggunakan aplikasi *SAP2000 V.14*
4. Metode pembebanan menggunakan “*Load Resistance and Factor Design*”(*LRFD*)
5. Penggambaran komponen struktur menggunakan aplikasi Autocad 2007
6. Analisis perhitungan berdasarkan Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung (SNI 1729 : 2002), dan untuk pendukung kelengkapan syarat-syarat dan rumus penulis menggunakan, Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729:2015),

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANADASAN TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

Perancangan pada struktur merupakan cara untuk mengirimkan timbunan yang dimanfaatkan serta keberadaan suatu struktur di atas tanah dan alasan utama pembangunan tersebut adalah untuk memberikan solidaritas pada suatu struktur. Struktur dipengaruhi oleh beban mati sebagai beratnya sendiri, beban hidup karena pemanfaatan ruang dan beban unik seperti penurunan bangunan, tegangan tanah atau gas, pengaruh suhu dan beban getaran.

Menurut Spesifikasi terkait Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 03-1729-2015), Motivasi di balik model yang mendasarinya adalah untuk menciptakan konstruksi yang stabil, memadai, dan memenuhi berbagai tujuan seperti ekonomi dan kesederhanaan pelaksanaan. Sebuah konstruksi seharusnya stabil jika tidak mudah roboh, bergeser, atau copot selama rencana struktur. bahaya kekecewaan utama dan penilaian kelayakan selama masa pakai yang ditentukan juga harus dibatasi di dalam titik batas yang memuaskan. Konstruksi yang kuat seharusnya tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang berlebihan selama masa layanan.

Menurut Setiawan. (2008) perencanaan adalah siklus untuk mendapatkan hasil yang ideal. Sebuah desain dikatakan ideal jika memenuhi standar sebagai berikut :

1. Biaya minimumm
2. Berat minimumm
3. Waktu konstruksi minimumm
4. Tenaga kerja minimumm
5. Biaya manufaktur minimum, dan,
6. Maksimum pada saat masa layan.

Penelitian tentang evaluasi peningkatan kapasitas tekuk kolom baja profil kastella dengan variasi tinggi bukaan, telah dilakukan oleh Murdianto dan Windah (2019) hasil penelitian menyatakan : profil kastella dengan tinggi bukaan 160mm dan sudut bukaan 39° dengan lubang genap menjadi ukuran yang paling optimum sehingga dapat meningkatkan kuat tekan nominal pada profil sebesar 12,7% dibandingkan dengan profil utuh dengan rasio perbandingan 1,27 untuk luas penampang profil kastella (A_c) Sudut bukaan 39° merupakan sudut bukaan yang paling optimum dikarenakan sudut tersebut dapat menghasilkan kuat tekan nominal terbesar serta kemiringan yang dihasilkan berdasarkan sudut tersebut dapat memperkecil distribusi tegangan yang terjadi pada bagian Tee profil kastela. Profil kastela lubang ganjil memiliki kuat tekan nominal yang lebih rendah dibandingkan dengan profil utuh, dikarenakan terdapatnya lubang di bagian tengah bentang yang mengalami deformasi cukup besar, sehingga saat profil dibebani dapat menurunkan nilai kuat tekan pada profil. Pada titik regangan 0.2% untuk profil utuh dan kastela lubang genap memiliki selisih nilai P_n sebesar 35.54%, sedangkan untuk profil utuh dan kastela lubang ganjil memiliki selisih nilai P_n sebesar 67.04% yang menunjukkan semakin besar selisih tegangan leleh pada profil kastela maka semakin lemah profil tersebut dibandingkan dengan profil utuh.

Studi Numerik Perilaku Balok Kastela Terhadap Variasi Posisi Lubang Dari Tumpuan, hasil penelitian yang dilakukan oleh Ente dan Pangouw (2017) Jarak lubang dari tumpuan mempengaruhi kapasitas balok kastela dimana jarak lubang dari rasio 0.55 menjadi 1.15 meningkatkan kapasitas *ultimate* balok kastela pada profil 300x100, 150x125 dan 450x150 masing masing 3.415%, 10.583% dan 17.609%. Pada balok yang dibebani beban terbagi merata kegagalan dominan yang terjadi adalah *flexural mechanism*. Pada profil 300x100 kegagalan yang terjadi akibat lentur (*flexural mechanism*) tidak terjadi dari rasio 0.85 dan kegagalan yang terjadi pada badan akibat geser (*web post buckling due to shear*) terjadi pada rasio 0.55 sampai 1.15. Pada profil 375x125 kegagalan yang terjadi akibat lentur (*flexural mechanism*) dan kegagalan yang terjadi pada badan akibat geser (*web post buckling due to shear*) tidak terjadi pada rasio 1.15. 5. Pada profil

450x150 kegagalan yang terjadi akibat lentur (*flexural mechanism*) tidak terjadi dari rasio 1.15 dan kegagalan yang terjadi pada badan akibat geser (*web post buckling due to shear*) tidak terjadi dari rasio 1.00. Dalam hal perilaku perbandingan posisi lubang didapatkan bahwa semakin jauh posisi lubang menurunkan besarnya lendutan dan tegangan *Von miseses*.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Partono dkk (20180), Optimasi Distribusi Lubang Pada Balok Baja Kastela. Dimana untuk menentukan jarak lubang optimum pada profil balok baja kastela menunjukkan bahwa untuk model balok kastela dengan sudut bukaan antara 45° sampai 70° maka jarak lubang optimum adalah antara 0.1 sampai 0.4 dari tinggi profil asli atau antara 0.1 sampai 0.25 dari tinggi profil balok kastela, profil dengan sudut bukaan makin kecil menghasilkan kemampuan menahan beban lebih besar, dan pola distribusi lubang terbaik adalah antara 5 sampai 7 lubang setiap meter.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pratama dan Suprapto (22017) akibat Lebar Pemotongan Profil (E) Terhadap Kekuatan Lentur Balok Castellated Pada Bukaan Melingkar untuk balok Lebar pemotongan profil (e) yang optimal $e=50$ mm. Momen inersia pada benda uji 4 ($e=50$ mm) sebesar $16.326.646,14$ mm⁴ untuk bagian tidak berlubang dan $13.051.520,98$ mm⁴ untuk bagian berlubang. Benda uji 4 ($e=50$ mm) memiliki nilai momen eksperimen terbesar yaitu momen leleh sebesar 554,40 kNm pada bagian tidak berlubang dan 475,20 kNm pada bagian berlubang dan momen runtuh sebesar 738,05 kNm dan 632,61 kNm pada bagian berlubang. Benda uji 4 ($e=50$ mm) memiliki nilai tegangan tertinggi sebesar 365,04 pada bagian tidak berlubang dan 391,40 pada bagian berlubang untuk tegangan leleh dan sebessar 485,95 pada bagian tidak berlubang dan 521,05 pada bagian berlubang untuk tegangan runtuh. Berdasarkan analisis kontrol kuat geser yang dapat diambil benda uji optimal dengan mempertimbangkan selisih antara V_u dan V_n pada bagian tidak berlubang yaitu pada benda uji 4 ($e=50$ mm) dengan nilai selisih sebesar 33,96 kN. Berdasarkan hasil penelitian pola runtuh dapat diambil optimal yaitu minimal lebar pemotongan profil $e=50$ mm.

2.2 Landasan teori

2.2.1 Peraturan Perencanaan

Peraturan yang pakai dalam mendesain struktur atas Gedung Hotel Golden Tulip digunakan konstruksi baja yaitu sebagai berikut.

1. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983.0
2. Beban minimumuntuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727:2012.
3. Perencanaan struktur baja berdasarkan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 11729:2015)
4. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 11726:2012.
5. Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1726 : 2013.

komponen struktur dan sambungan harus konsisten dengan prilaku dimaksud dari sistem portal dan asumsi yang di buat dalam analisis struktur, kecuali di batasi oleh peraturan bangunan gedung yang berlaku, ketahanan terhadap beban lateral dan stabilitas bias menggunakan setiap kombinasi komponen struktur dan sambungan (Sumber : SNI 1726-2015 Pasal BI)

Desain Faktor Beban dan Daya Tahan dengan pengaruh desain yang diizinkan. penataannya tergantung pada penataan DFBK, Persyaratan spesifikasi setiap bagian pembangunan mendekati atau melampaui yang tidak terlalu ditentukan tergantung pada beban DFBK yang terkonsolidasi. Konfigurasi harus dilakukan dengan tepat dengan persamaan 2-1. (Sumber : SNI 1729 - 2015 Pasal B3.3)

$$R_u \leq \phi R_{nn} \quad (2-1)$$

dengan ,

R_u = kuat perluu menggunakan kombinasi DFBK

R_n = kuat nominal

ϕ = faktorr tahan

ϕR_n = kuat desain

2.3 Kombinasi Beban Terfaktori

Kombinasi beban nominal yang dipakai dalam metode dasain kekuatan (DFBK) sesuai dengan kombinasi-kombinasi pada persamaan 2-2 dan 2-8. (SNI 1727 - 2013 pasal 2.3.2)

$$1,4 D \quad (2-2)$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } Rs) \quad (2-3)$$

$$1,2 D + 1,6 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 Wi) \quad (2-4)$$

$$1,2 D \pm 1,0 W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } S \text{ atau } R) \quad (2-5)$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + L + 0,2 S \quad (2-6)$$

$$0,9 D \pm 1,0 W \quad (2-7)$$

$$0,9 D \pm 1,0 E \quad (2-8)$$

dengan ,

D = beban matii yang dihasilkan oleh berat konstruksi permanen

L = beban hidup yang dihasilkan oleh penggunaan gedung

Lr = beban hidup yang dihasilkan oleh pembebanan atap

R = beban hujani

W = beban angina

E = beban gempaa

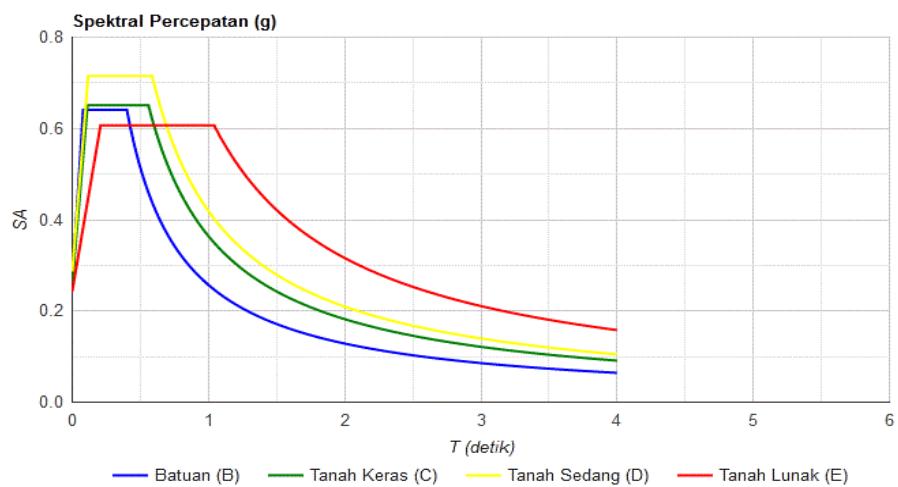
S = beban saljui

2.4 Analisis Beban Dinamik Respon Spectrum

Spektrum Reaksi adalah rentang yang diperkenalkan sebagai grafik antara waktu getaran desain dengan reaksi terbesar tergantung pada proporsi melemahnya dan getaran tertentu. Reaksi yang paling ekstrim dapat berupa pencabutan terbesar (Spectral removal, SD), kecepatan terbesar (Spectral Velocity, SV) atau peningkatan kecepatan paling ekstrim (Spectral speed meningkat, SA) dari massa konstruksi. (SNI 1726-2012. Pasal 6.1)

Penyelidikan harus diselesaikan untuk menentukan variasi getaran normal untuk desain. Investigasi harus memasukkan ukuran perbedaan yang memadai untuk memperoleh kerjasama massa fluktuasi terkonsolidasi dari sesuatu seperti 90% dari massa nyata menuju setiap jalur. (SNI 1726:2012. Pasal 7.9.1,)

Sementara batas reaksi berubah, insentif untuk setiap batas rencana diidentifikasi dengan gaya yang diaudit, termasuk penyimpangan antara lantai, daya dukung, dan gaya komponen utama individu untuk setiap variasi reaksi. (SNI 1726:2012. Pasal 6.1).



Gambar 2.1 Spektrum respon desain

2.5 Analisa Beban Gempa Statis Sebanding

Pemeriksaan statis pada tingkat dasar adalah untuk menggantikan beban tremor dengan kekuatan statis identik yang berarti mengatur ulang dan bekerja dengan perkiraan. Teknik ini juga disebut Metode Gaya Lateral Ekuivalen, yang menerima ukuran kekuatan getaran yang bergantung pada hasil kemantapan/massa komponen.

Untuk memperoleh daya geser yang dihasilkan oleh beban tremor, didapatkan berbagai batasan yang dapat ditentukan secara numerik. Batas-batas yang digunakan dalam mengatur susunan gempa pada struktur bangunan.

2.5.1 Kelas lokasi tanah

Dalam menentukan aturan rencana seismik dari suatu struktur di permukaan tanah atau memutuskan peningkatan kebesaran peningkatan kecepatan puncak gempa dari dasar ke permukaan tanah,

2.5.2 Koefisien amplifikasi getaran

Faktor intensifikasi getaran menggabungkan periode getaran singkat (F_a) dan peningkatan kecepatan rentang waktu 1 detik (F_v). tabel 2.1 dan tabel 2.2. (SNI 1726 - 2012. Pasal 6.2)

Tabel 2.1 Koefisien situs, F_a

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel4)

Tabel 2.2 Koefisien situs, F_v

Kelas situs	Parameter respon spektral percepatan gempa (MCE _R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,1$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS^b				

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel 5)

Catatan :

Untuk nilai - nilai antara S_s dan S_1 dapat dilakukan dengan cara interpolasi
 S_s = situs yang memerlukan inverstigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs spesifik. (SNI 1726 - 2012 pasal 6.10.1)

2.5.3 Parameter percepatan respon spektra

Nilai parameter percepatan reaksi spektra dapat ditentukan dengan didasarkan pada persamaan 2-9 dan 2-10. (SNI 1726 - 2012 Pasal 6.2)

$$SM_S = Fa \cdot S_s \quad (2-9)$$

$$SM_I = F_v \cdot S_1 \quad (2-10)$$

dengan,

SM_S = parameter reaksi spektrum percepatan pada periode pendek yang sudah disesuaikan terhadap pengaruh kelas situs.

SM_I = parameter spektrum respon percepatan pada periode 1 detik yang sudah disesuaikan dengan kelas situs.

2.5.4 Parameter percepatan respon desain

Nilai desain percepatan respon dapat dihitung dengan didasarkan pada persamaan 2-11, 2-12. (SNI 1726 - 2012 Pasal 6.3)

$$SD_1 = \frac{2}{3} SD_s \quad (2-11)$$

$$SD_1 = \frac{2}{3} SM_1 \quad (2-12)$$

dengann,

SD_s = parameter respon spektral pada periode pendek, redaman 5%

SD_1 = parameter respon spektral pada periode 1 detik, redaman 5%

2.5.5 Periode fundamental

Nilai waktu getaran kunci dari struktur yang direncanakan didasarkan pada persamaan 2-13 dan 2-14. (SNI 1726 - 2012 Pasal 6.4)

$$T_o = 0.2 \frac{SD_1}{SD_s} \quad (2-13)$$

$$T_s = \frac{SD_1}{SD_s} \quad (2-14)$$

dengan, periode lebih besar dari atau sama dengan T_o dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respon percepatan desain, S_a sama dengan SD_s

2.5.6 Paktor keutamaan

Faktor keamanan bergantung pada kelas bahaya struktur, lengkap dalam tabel 2.3, dan tabel 2.4. (SNI 1726 - 2012 Pasal 7.2.2)

Kategori resiko II bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: Perumahan Rumah toko dan rumah kantor Pasar Gedung perkantoran Gedung apartemen/ rumah susun Pusat perbelanjaan/ mall Bangunan industri Fasilitas manufaktur Pabrik	II

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel 1)

Tabel 2.4 Faktor Keutamaan gedung

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, <i>I</i>
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel 2)

2.5.7 Katagori desain seismic

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang ditentukan dalam tabel 2.5, dan tabel 2.6. (Sumber : SNI 1726 - 2012 pasal 6.5)

Tabel 2.5 Kategori Desain seismik berdasarkan parameter respon 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
$0,50 < S_{DS}$	D	D

(Sumber: SNI 1726 – 2012 tabel.6)

2.5.8 Sistem penahan gaya seismic

Jenis kekuatan seismic yang berlawanan di tentukan oleh jenis material dan kelas bahannya. Jenis penahan gaya memiliki faktor dan faktor turunan tremor seismik defleksi yang berbeda, tercakup dalam tabel 2.70 (SNI11726 - 2012 Pasal 7.2.2)

Tabel 2.6 SSistem tahan gaya seismik sistem rangka baja pemikul momen

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0	Faktor pembesar defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batas tinggi struktur (m) ^c				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka batang pemikul momen khusus	7	3	5 ^{1/2}	TB	TB	48	30	TI
Rangka batang pemikul momen menengah	4 ^{1/2}	3	4	TB	TB	10 ^{h,i}	TI ^h	TI ^h
Rangka batang pemikul momen biasa	3 ^{1/2}	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5 ^{1/2}	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4 ^{1/2}	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5 ^{1/2}	48	48	30	TI	TI
Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2 ^{1/2}	TB	TI	TI	TI	TI
Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan	3 ^{1/2}	30	3 ^{1/2}	10	10	10	10	10

(Sumber: SNI 1726 – 2012 tabel.6)

CATATAN:

^Rmereduksi gaya sampai tingkat kekuatan, bukan tingkat tegangan ijin. ^a

^a Faktor modifikasi respons, R , untuk penggunaan pada keseluruhan tata cara.

^b Faktor pembesaran defleksi, C_d , untuk penggunaan dalam 7.8.6, 7.8.7 dan 7.9.2.

^c TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan.

^d Lihat 7.2.5.4 untuk penjelasan sistem penahan gaya gempa yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.

^e Lihat 7.2.5.4 untuk sistem penahan gaya gempa yang dibatas sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

^f Rangka pemikul momen biasa diijinkan untuk digunakan sebagai pengganti rangka pemikul momen menengah untuk kategori desain seismik B atau C.

^g Harga tabelfaktor kuat-lebih, : Ω_0 , diijinkan untuk direduksi dengan mengurangi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel, tetapi tidak boleh diambil kurang dari 2,0 untuk segala struktur, kecuali untuk sistim kolom kantilever.

^h Lihat 7.2.5.6 dan 7.2.5.7 untuk struktur yang dikenai kategori desain seismik D atau E.

ⁱ Lihat 7.2.5.6 dan 7.2.5.7 untuk struktur yang dikenai kategori desain seismik F.

^j Rangka baja dengan bresing konsentris biasa baja diijinkan pada bangunan satu tingkat sampai ketinggian 18 m di mana beban mati atap tidak melebihi 0,96 kN/m² dan pada struktur griya tawang.

^k Perluasan tingkat hingga 13,7 m diperbolehkan kantor ruang penyimpanan satu lantai.

^l Dinding geser dicirikan sebagai pembagi yang mendasarinya.

^mDefinisi "Tembok Struktur Luar Biasa", mengingat pembangunan pracetak dan cor.

^o Berturut turut dampa beban gempa seismic dengan lebih besar dari E_{mh} , diijinkan berdasarkan perkiraan kekuatan yang ditentukan sesuai dengan tata cara yang di sayrakan.

2.5.9 Pendeatan periode utama

Pendeatan periode utama (T_a), harus dihitung dengan didasarkan pada persamaan 2-15. (SNI11726:2012 Pasal 7.8.2.1)

$$T_a = C_t \cdot h_n^x \quad (2-15)$$

dengan,

h_n = Tinggi struktur (m) diatas dasar sampai puncak tertinggi Struktur

$C_t \cdot x$ = ditentukan dari tabel 2.8 berikut:

Tabel 2.7 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

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

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel.15)

2.5.9 Koefisien respon seismic

Koefisien respon seismik “CS” pada persamaan 2-16 dan 2-18. (SNI 1726 - 2012 Pasal 7.8.1.1)

$$C_s = \frac{SDs}{\frac{R}{Ie}} \quad (2-16)$$

Nilai CS yang dihitung sesuai dengan persamaan (2-17) tidak perlu melebihi pada butir (2-18).

$$Cs = \frac{SD_1}{\frac{R}{T(Ie)}} \quad (2-17)$$

Cs harus tidak kurang dari

$$Cs = 0.044 \cdot SD_s \cdot Ie > 0.01 \quad (2-18)$$

dengan,

SD_s = Parameter percepatan respon spektrum desain pendek

SD_s = Parameter percepatan respon spektrum periode 1 detik

Ie = Faktor keutamaan gempa

R = Parameter percepatan respon spektrum periode 1 detik

Cs = Faktor keutamaan gempa

2.5.11 Momen geser dasar (V_o)

Momen geser dasar seismik V_i pos yang di tentukan harus dihitung sesuai dengan persamaan 2-19 sampai dengan persamaan 2-20. (SNI 1726 - 2012 pasal 7.8.1)

$$V = Cs \cdot W \quad (2-19)$$

dengan,

V = Gaya geser dasar

W = Berat lantai

Cs = Koefisien *response seismic*

2.5.12 Batas Deviasi

Deviasi antara lantai tingkat rencana (Δ) tidak boleh melewati deviasi antara lantai tingkat ijin (Δ_a) seperti di dapatkan dari tabel 2.90 untuk semua tingkat (SNI 1726 - 2012 Pasal 7.12.1)

Tabel 2.8 Deviasi antar lantai ijin Δa

Struktur	Kategori risiko ^a		
	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 di desain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0.025h _{sx} ^c	0.020h _{sx}	0.015h _{sx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata	0.010h _{sx}	0.010h _{sx}	0.010h _{sx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0.007h _{sx}	0.007h _{sx}	0.007h _{sx}
Semua struktur lainnya	0.007h _{sx}	0.015h _{sx}	0.010h _{sx}

(Sumber: SNI 1726 - 2012 tabel.16)

Keterangan :

^ahsx adalah tinggi tingat di bawah tingkat x

^cTidak boleh ada batasan simpangan antara lantai untuk struktur satu tingkat dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan kerangka pembagi luar yang dimasudkan untuk mewajibkan penyimpangan antara tingkat lantai. Kontruksi dimana rangka dasar yang mendasari terdiri dari pembagi geser balok yang direncanakan sebagai komponen ke atas yang di kantilever dari dasar atau penyangga bangunan.

2.5.13 Skala gaya

Ketika kerangka waktu dasar yang ditentukan melampaui Cui . Taa, kemudian, pada saat itu Cu. Ta seharusnya dimanfaatkan daripada Ti menuju jalan itu. Reaksi gabungan untuk gaya geser dasar (Vt) adalah 85% bukan gaya geser dasar yang ditentukan (V) dengan menggunakan sistem tenaga sidelong yang sama, kemudian digandakan sebesar 0.85 V/VT (Sumber: SNI 1726 - 2012 Pasal 7.9.4.1)

dengani,

V = prosedur gaya lateral geser dasar ekivalen

Vti = kombinasi ragami geser dasar dari yang disyaratkan

2.5.14 Distribusi gaya gempa

Dengan standar gempa Indonesia yang baru, lebih spesipinya bersiap –siap mengadapi guncangan gempa untuk bangunan dan struktur rumah. Dispsri daya seismic dan rencana untuk estimasi bebab gempa pada struktur bangunan memiliki waktu ulang 500 tahun meskipun ada pedoman baru untuk berbagai jenis tanah. perhitungan distribusi gaya gempa tiap tingkat berdasaran pada persamaan 2-21 dan 2-22 (SNI 1726-2012 pasal 7.8.3)

Gaya gempa lateral (F_x)

$$F_x = C_{vx} \cdot V \quad (2-21)$$

dan

$$C_{vx} = \frac{Wx \cdot hx^k}{\sum_{i=1}^n Wi \cdot hi^k} \quad (2-22)$$

dengann,

C_{vx} = Faktor distribusii vertical

V = Gaya geser di dasar struktur

Wx dan Wi = Bagian berat seismik efektif total struktur

hx dan hi = Dari permukaan sampai tingkat struktur

Nilai K = Untuk struktur yang memiliki perioda sebesar 0,50 detik atau kurang, $K = 1$

Untuk struktur yang mencapai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $K = 2$

Untuk struktur yang memiliki perioda antara 0,5r dan 2,5. K harus sebesar 2 atau harus di interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.6 Analisa beban angin

Struktur gedung dan bangunan lain sudah ada dalam Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU), harus didesain mampu menahan beban angin, untuk itu diperlukan juga analisa maupun

Batas -batas untuk penentuan beban angin SPBAU dan bangunan terbuka dari semua tingkat sehingga bangunan itu benar- benar terlindung karna angin juga dapat merusak bagian- bagian bangunan (Sumber : SNI 1727 - 2013 Pasal 26.2.1)

- Kekuatan angin awal, Vi
- Faktor arah angin, Kd
- Klasifikasi keterbukaan
- Faktor topografi, Kzt
- Faktor efek- tiupan angin
- Klasifikasi tertutup
- Koefisienn kuat internal, $GCpi$

Langkah-langkah dimana dalam perencanaan pembangunan gedung pengaruh angin juga harus di perhatikan dalam analisa beban angin SPBAU untuk bangunan meliputi:

- a) Mendesain kategori resiko struktur lain atau gedung,
- b) Mendesain kecepatan angin dasar, V dengan kategori resiko yang sesuai
- c) Mendesain parameter beban angin:
 - Faktor tujuan angin, Kd dapat dilihat pada tabel 2.10 berikut:

Tabel 2.9 Faktor arah angin, K_d

model strukturi	Faktor Arah angin K_d^*
Bangunan gedungi	
Sistem penahan beban angin utama	0,85
Komponen dan klading bangunan gedung	0,85
Atap lengkung	0,85
Cerobong asap,tangki,dan struktur yang sama	
Segi empatt	0,90
Segi 6	0,95
lingkaran	0,95
Dinding pejal berdiri bebas	0,85
Papan reklame pejal berdiri bebas	0,85
Papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainya	0,95

(Sumber: SNI 1727 - 2013 Pasal 26.6)

- Berdasarkan SNI 1727 - 2013 pasal 26.7. Penentuan kategori eksposur ada 3 kategori sebagai berikut :
 - 1) Keterbukaan B adalah untuk struktur dengan tinggi atap normal yang tidak persis atau setara dengan 30ft (9.1m, seperti yang dikendalikan Kekasarannya dasar B(Perkotaan dan pedesaan, atau wilayah yang berbeda dengan hambatan yang terbagi tegas dari berbagai ukuran dari rumah atau lebih penting), tikungan untuk jarak yang lebih menonjol dari 1.500 kaki (457 m). Untuk bangunan dengan ketinggian atap normal yang lebih tinggi dari 30 kaki (9.1 m), Eksposur B berada di bawah arah angin dari 2.600 kaki (792 m pada tabel 2.11.

- 2) Eksposur C dipakai untuk semua kasus di mana Eksposur B atau D tidak berlaku, dapat dilihat pada tabel 2.11
- 3) Keterbukaan D ketika ketidaknyamanan tanah, yang dicirikan oleh Kekasaran Dasar D (Daerah datar, daerah tidak terhalang dan permukaan air. Klasifikasi ini mengandung sedimen halus, ladang garam, dan es padat), berlaku melawan arah angin untuk jarak yang lebih menonjol dari 5.000 kaki (1.524 m).) atau beberapa kali tinggi struktur pilih yang terbesar, dapat dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.10 Konstanta eksposur daratann

Exposure	α	Z_g (ft)	\wedge_α	\wedge_b	$-\alpha$	$-b$	c	Υ (m)	$-\varepsilon$	Z_{\min} (m)
B	7.0	365.76	1/7	0.84	1/4.0	0.45	0.30	97.54	1/3.0	9.14
C	9.5	274.32	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152.4	1/5.0	4.57
D	11.5	21.36	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198.12	1/8.0	2.13

(Sumber: SNI 1727 - 2013 pasal 26.9.41)

- Faktor geologi Kzt diperlukan sebesar 1,0 jika kondisi situs dan luas struktur dan struktur struktur lainnya tidak memenuhi semua persyaratan yang diperlukan pada pasal 26.8.1.
- Faktor dampak semburan angin G yang diperlukan dalam pasal 26.9.1 untuk struktur dan konstruksi tidak fleksibel lainnya dapat diambil sebagai 0.85.
- Urutan kesimpulan dipartisi menjadi tiga kelas tergantung pada kondisi gedung:
 - 1) Gedung terbuka
 - 2) Gedung tertutup sebagian
 - 3) Gedung tertutup
- Koefisien faktor penekan dalam GCpi tergantung pada pasal 26.11, mengingat susunan kesimpulan, koefisien faktor penekan dalam diperlukan pada tabel 2.12. (sumber: SNI 1727 – 2013 pasal 26.10)

Tabel 2.11 Koefisien Tekanan Internal GCpi

Kalisifikasi Ketertutupan	GC _{pi}
Bangunan gedung terbuka	0
Bangunan gedung tertutup sebagian	00,55 -00,55
Bangunan gedung tertutup	0,18 -0,18

(Sumber: SNI 11727 - 2013 Pasal 26.11)

- d) Menentukan koefisien eksposur tekanan velositas, K_z atau K_h Untuk menentukan koefisien eksposur tekanan velositas K_z dapat dihitung dari persamaan 2-23. (Sumber: SNI 1727 - 2013 Pasal 27.3.1)

$$\text{Untuk } 15 \text{ } ft \leq Z \leq Z_g \quad (2-23)$$

denganya

Z = Tinggi bangunan di elevasi atas tanah (m)

Z_g = didefinisikan ulang ketinggian lapisan batas barometrik yang nyata pada tabel 2.13

ft = eksponen pangkat kecepatan tiupan angin dapat dilihat pada tabel 2.12

- e) Menentukan tekanan velositas q atau qh

Tekanan qz atau qh untuk atap datar, qz dievaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan persamaan 2-124.

$$qz = 0.613 K_z \cdot K_d \cdot V^2 \text{ dengan } V \text{ dalam } m/s \quad (2-24)$$

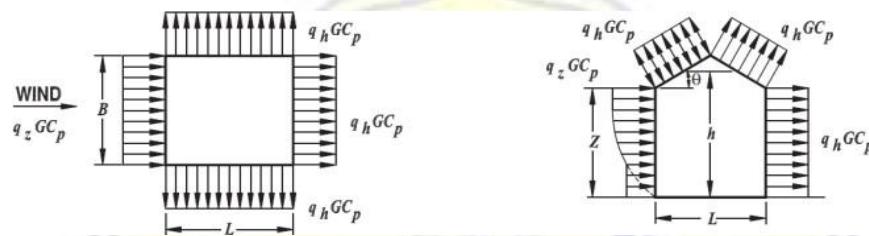
- f) koefisien tekanan eksternal C_p atau C_N

Ketentuan C_p seperti pada tabel 2.13, dan pada gambar 2.2. (sSumber: SNI 1727 - 2013 pasal 27.4.1)

Tabel 2.12 Koefisien tekanan angin eksternal, C_p

Koefisien tekanan dinding, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan dengan
Dinding di sisi angina datang	Seluruh nilai	0.8	q_z
Dinding di sisi angina pergi	0 - 1	-0.5	q_h
	2	-0.3	
	≥ 4	-0.2	
Dinding tepi	Seluruh nilai	-0.7	q_h

(Sumber: SNI 1727 - 2013 pasal 27.4.1)



Gambar Denah

Gambar Potongan

Gambar 2.2 Faktor penekan selalu ada di pembagi arah angin dan sisi arah angin (Sumber: SNI- 1727:2013 pasal 27.4.11)

g) Perhitungan tiupan angin P pada tiap permukaan bangunan gedung

Untuk bangunan kaku disyaratkan tekanan angin P persamaan 2-25.

(Sumber:SNI-1727 – 2013)

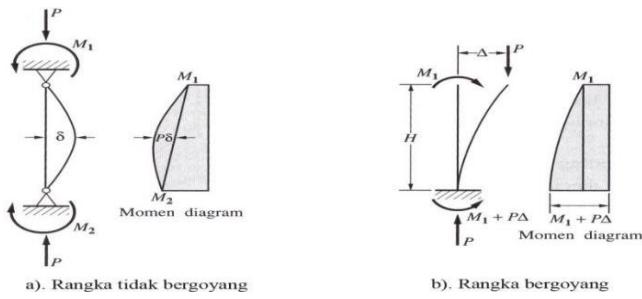
$$p = q \cdot G \cdot C_p - q_i \cdot (GCpi) \quad (2-25)$$

2.7 Syarat Analisis Struktur

Dalam ketergantungan rencana harus diakomodasi desain secara keseluruhan dan bagian tiap komponennya. Rencana yang pakai dalam pengaturan adalah campuran penyelidikan untuk menentukan kekuatan vital dan luas bagian sehingga kekuatannya memadai, yang mengharuskan ketergantungan merupakan masalah penting dalam rencana strukturi baja, dan harus dipertimbangkan secara umum, sebagai komponen. - komponen penyusunnya (di dekatnya). Dalam keamanan penting juga untuk memasukan variable yang mempengaruhi untuk lebih spesifiknya :

- Deformasi komponen karena menit puntir, kekuatan hub atau kekuatan geser, seperti berbagai jenis distorsi yang dapat mempengaruhi pelaksanaan konstruksi
- Ketidakseimbangan geometrii
- Reduksi kekakuan akibat intentisitas
- Kekuatan beban relatif banyak harus ditentukan pada tingkat penumpukan seperti yang ditunjukkan oleh campuran.

Investigasi yang mendasari menggunakan teknik jaringan ketegasan dijelaskan bahwa pelaksanaan strukturi yang dinilai terbatas pada kondisi fleksibel langsung. salah satu prasyarat yang harus ikuti adalah deformitas desain agak sedikit, sehingga perhitungan sebelum dan sesudahnya tetap. Itulah satu syaratnya adalah penilaian terhadap cacat paling ekstrim yang terjadi. Dengan asumsi distorsinya cukup besar dengan tujuan akhir susunan matematis, maka hasil pemeriksaan tersebut tidak valid. Kasusnya menjadi matematis non-lurus,



Gambar 2.3 Momen yang dipengaruhi efek Pi-delta

SNI 11729 2015 Segmen C2 yang seharusnya menggunakan pemeriksaan orde kedua telah mempertimbangkan dampak $P-\Delta$ dan $P-\delta$, dengan pengecualian adanya $P-\delta$ pada reaksi yang mendasari jika kondisi dalam Pasal C2.1.22 terpenuhi. Selanjutnya, pemeriksaan harus mempertimbangkan beban gravitasi dan beban yang berbeda yang dapat mempengaruhi desain, mengingat beban untuk bagian dan komponen yang berbeda yang bukan merupakan bagian dari kerangka lawan daya horozontal.

Ketidak sempurnaan geometrii disebutkan dalam SNI 1729 2015 pasal C2.22 bahwa noda pada daerah titik-titik konvergensi bagian-bagian di bawahnya atau dampak deformitas intrinsik. Dalam struktur umum, kelemahan semacam ini adalah kemiringan segmen dan demonstrasi langsung. Cacat matematis ditunjukkan oleh pemanfaatan beban publik. Beban publik akan dimanfaatkan sebagai beban paralel di semua tingkatan. Beban national harus ditambahkan ke beban lateral lainnya dan harus digunakan pada semua kombinasi beban. Besar beban national tersebut dihitung dengan persamaan 2-26 sebagai berikut:

$$Ni = 0.002 \cdot a \cdot Yi$$

dengan,

$$a = 1.0 \text{ (DFBK)}$$

Ni = beban national dipakai pada level I dari kombinasi beban DFBK dengan satuan N

2.8 Perencanaan struktur komposit pelat lantai

2.8.1 Sifat – sifat beton bertulang

Nilai modulus elastisitas beton,baja penopang dan tidak terlalu keras seperti berikut (SNI 2847-2002.)

- 1) Nilai W_c di kisaran $1500 \text{ Kg/m}^3 - 2500 \text{ Kg/m}^3$, nilai modulus elastisitas beton E_c , pada persamaan 2-27..

$$(W_c)^{1.5} 0.043 \sqrt{f'c} \text{ dalam Mpa} \quad (2-27)$$

Untuk beton normal E_c dapat diambil sebesar, pada persamaan 2-28.

$$(4700) \sqrt{f'c} \quad (2-28)$$

- 2) Modulus elastisitas untuk tulangan tidak prategang $E_s = 200000 \text{ Mpa}$
- 3) Modulus pada tendon prategang E_s , ditentukan dengan pengujian atau dari data pabrik.

2.8.2 Batas mendesain plat satu arah

- 1) Desain dapat diasumsi dengan lebar 1 meter.
- 2) Minimum Tebal pelat satu arah dimana $f_y = 400^2 \text{ MPa}$, dan untuk ketebalan minimum pelat yang disyaratkan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.13 Tebal Minimum Pelat

Komponen struktur	Tebal minimum,h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar				
Pelat massif satu arah	L/20	L/24	L28	L/10
Balok atau pelat rusuk satu arah	L/16	L/18,5	L/21	L/8
Catatan :				
Panjang bentang dalam mm				
Nilai yang di berikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan mutu 420 Mpa. Untuk kondisi lain ,nilai di atas harus di modifikasi sebagai berikut:				
Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density) ,Wc diantara 1440 sampai 18kg/m ³ ,nilai tadi harus dikalikan dengan (1,65 – 0,0003wc) tetapi tidak kurang dari 1,09				
Untuk fy selain 420 Mpa nilainya harus dikalikan dengan (0,4+fy/700)				

(Sumber: SNI 2847 - 2013 tabel 9.5(a))

Tabel 2.14 Batasan Lendutan Pelat

Jenis komponenstruktur	Lendutan yang di perhitungkan	Batasan lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen non strukturyang mungkin akan rusak olehlendutan yang besar	Lendutan sketika akibat beban hidup L	L/180
Lantai yang tidak menumpu atau tidak di satukan dengan komponen non structural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan sketika akibat beban hidup L	L/360
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau di satukan	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan	L/480

dengan komponen non struktur yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	komponen nonstructural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja , danlendutan seketika, akibat penambahan beban hidup	
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau di satukan dengan komponen non structural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar		L/280

(Sumber: SNI 2847:2013 tabel 9.5(b))

- 3) Penutup besar untuk desain potongan tidak boleh di bawah 20 mm, untuk bagian yang tidak bersentuhan langsung dengan iklim dan tanah
- 4) Untuk desain potongan arah tunggal, dukungan susut dan suhu akan diberikan yang berlawanan dengan dukungan lentur. Prasyarat ini diatur dalam SNI 2847:2013 pasal 7.12. Pada dasarnya harus memiliki proporsi wilayah pendukung ke wilayah penampang substansial seperti yang ditampilkan di tabel 2.16.

Tabel 2.15 Persyaratan Tulangan Susut dan Suhu untuk Pelat

Pelat yang menggunakan tulangan ulir dengan mutu $f_y = 280$ atau 350 MPa	0.002
pelat yang menggunakan tulangan ulir atau jaring kawat las dengan mutu $f_y = 420$ MPa	0.0018
pelat yang menggunakan tulangan dengan tegangan luluh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35%	0.0018 (420/ f_y)

(Sumber: SNI 2847 - 2013 pasal 7.12)

- 5) TV untuk pelat rusuk, jarak antara pelat pendukung utama tidak boleh beberapa kali ketebalan pelat atau tidak lebih dari 450 mm (Sumber: SNI 2847 - 2013, pasal 7.6.5)
- 6) Tinggi pelat lantai, di hitung dengan persamaan 2-29, dan persamaan 2-30. (Sumber: SNI 2847 - 2013pasal 9.5.3.3)

$$h = \frac{Ln \left(0.8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0.2)} \quad (2-29)$$

$$h = \frac{Ln \left(0.8 + \frac{fy}{1500} \right)}{36 + 9\beta} \quad (2-30)$$

Ketentuan sebagai berikut :

Untuk $\alpha m < 2,0$ digunakan nilai h minimal 120 mm (Pelat dua arah)

Untuk $\alpha m \geq 2,0$ digunakan nilai h minimal 90 mm (Pelat satu arah)

dengan,

Ln = Panjang bentang bersih dalam arah momen yang ditinjau, diukur dari muka ke muka tumpuan (mm)

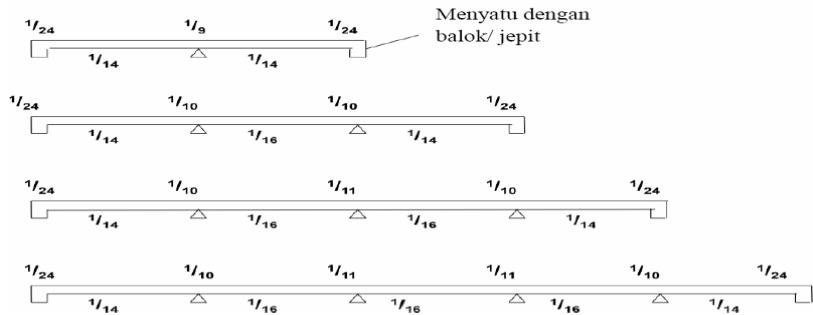
αm = Rasio kekuatan balok terhadap pelat

β = Rasio panjang terhadap lebar pelat

7) Menghitung momen rencana (M_u)

Sebagai pilihan untuk pemeriksaan braket, menit dan geser metodologi yang menyertainya diperbolehkan untuk merencanakan poros dan potongan satu arah yang konstan gambar 2.4, dan (penulangan slap untuk menahan tegangan lentur hanya dalam satu arah), asalkan (a) sampai dengan (e) dipenuhi:

- a) Terdapat 2 bentang atau lebih
- b) Setiap bentang mendekati sama, dengan bentang yang lebih besar dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih besar dari yang bentang lebih pendek dengan lebih dari 20 %
- c) Beban secara merata
- d) Beban hidup terfaktor, L, tidak melewati tiga kali beban mati tak terfaktor, D.



Gambar 2.4 Pendekatan momen (Vis. 1993 dan Gedeon Kusuma. 1975)

$$M = x \ qu \ lx^2 x$$

dengan,

M = momen (tumpuan atau lapangan), kNm

qu = beban terbagi rata yang berkerja pada pelat, kN/m^2 lx bentang arah x (bentang sisi pelat yang pendek), m x

- 8) Perencanaan tegangan geser geser pada persamaan 2-32 sampai dengan persamaan 2-34.

$$\theta Vn \geq Vu \quad (2-32)$$

$$Vu = 0.5 \times Qu \times Ln \quad (2-33)$$

$$\theta Vn = 0.17 \times \sqrt{f'c} \times 1000 \times \phi \text{ geser} \quad (2-34)$$

Vu = gaya geser terfaktor pada penampang yang di tinjau

θVn = Kuat geser nominal (SNI 2842 - 2002, pasal 11.4.6)

- 9) Menentukan tinggi efektif (d), dihitung dengan persamaan 2-35,dan persamaan 2- 36.

$$ds = pb + 1/2 D \quad (2-35)$$

$$d = h - ds \quad (2-36)$$

dengan,

ds = Jarak dari sisi terluar kepusat tulang Tarik

d = Jarak dari sisi luar ke titik berat tulangan Tarik

pb = Tebal selimut beton (SNI 2842 - 2002, pasal 3.48)

- 10) Menghitung rasio tulangan (ρ), dihitung dengan didasarkan pada persamaan 2-37 sampai dengan persamaan 2-42.

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} \quad (2-37)$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y} \quad (2-38)$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{\sqrt{f'c}}{4 \times f_y} \quad (2-39)$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad (2-40)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\varepsilon_{cu} \times \varepsilon_y}{\varepsilon_y \times \varepsilon_t} \times \rho_{\text{balance}} \quad (2-41)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \quad (2-42)$$

dengan,

f_y = Tegangan leleh

$\sqrt{f'c}$ = Kuat tekan beton, Mpa

β = 0,85 untuk $f'c \leq 30$ Mpa

ε_{cu} = Regangan beton

- 11) Menghitung tinggi beton bekang (a), ditentukan pada persamaan 2-43, dan 2-45.

$$M_n = (0.85 \times f'c \times a \times b) \times (d - a/2) \quad (2-43)$$

Untuk mendapat nilai a :

$$a_1 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a_1 > H_{\text{pelat}}$$

12) Tinggi garis netral (x), didasarkan pada persamaan 2-46.

$$X = \frac{a}{\beta} \quad (2-46)$$

dengan,

a = Tinggi beton kekang

a = 0.85 untuk $f'c \leq 30$ Mpa

13) Leleh baja (ε_s), dihitung dengan persamaan 2-47

$$\varepsilon_s = \frac{[\varepsilon_c x(d - x)]}{\beta} \quad (2-47)$$

d = Jarak yang diukur dari serat terluar ke titik berat tulangan tarik

ε_s = tegangan beton

x = tinggi garis netral

β = 0,85 untuk $f'c \leq 30$ Mpa

14) Luas tulangan pokok, didasarkan pada persamaan 2-48.

$$As \text{ perlu} = p \times b \times d \quad (2-48)$$

dengan ,

b = Lebar komponen (mm)

p = Tulangan rasio

d = tinggi efektif pelat (mm)

15) Jarak tulangan, dihitung dengan persamaan 2-49, persamaan 2-50.

$$Ad = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2-49)$$

$$s = \frac{Ad \times 1000}{As} \quad (2-50)$$

- 16) Kontrol jarak tulangan, dihitung pada persamaan 2-51,dan 2-52.

$$As \text{ pakai} = \frac{Ad \times 1000}{s} \quad (2-51)$$

$$s < 3h$$

- 17) Luas tulangan susut (As susut), pada persamaan 2-53 dan 2-55

Tulangan bagi / tulangan susut

$$f_y \leq 300 \text{ MPa}, \text{ maka } As_{st} \geq 0,0020.b.h \quad (2-53)$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}, \text{ maka } As_{st} \geq 0,0018.b.h \quad (2-54)$$

$$f_y \geq 400 \text{ MPa}, \text{ maka } As_{st} \geq 0,0018.b.h . (400/f_y) \quad (2-55)$$

- 18) Jarak Tulangn pokok, dihitung dengan persamaan 2-56 dan 2-59.

$$Ad = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (2-56)$$

$$s = \frac{Ad \times 1000}{As} \quad (2-57)$$

$$As_{pakai} = \frac{Ad \times 1000}{s} \quad (2-58)$$

$$As_{susut} = 0.002 \times b \times h \quad (2-59)$$

- 19) Perhitungan pelat lantai bondek

Bondek tulangan satu arah seperti pada brosur Union Floor Deck W-1000. Untuk analisa perhitungan pelat lantai bondek, dengan menggunakan rumus dari steel Deck Institute 2011, dapat dilihat pada persamaan 2-60 sampai dengan persamaan 2-68. Dan pada gambar 2.5

$$d = h - \frac{1}{2} \times \text{tinggi gelombang} \quad (2-60)$$

$$hc = h - \text{tinggi gelombang} \quad (2-61)$$

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{Es}{0.043 \times Wc^{1.5} \times \sqrt{fc}} \quad (2-62)$$

$$\rho = \frac{As}{b \times d} \quad (2-63)$$

Maka didapat :

$$\begin{aligned} Ycc &= d \sqrt{(2pn + (pn)2 - pn)} \\ &= Ycc < hc \end{aligned} \quad (2-64)$$

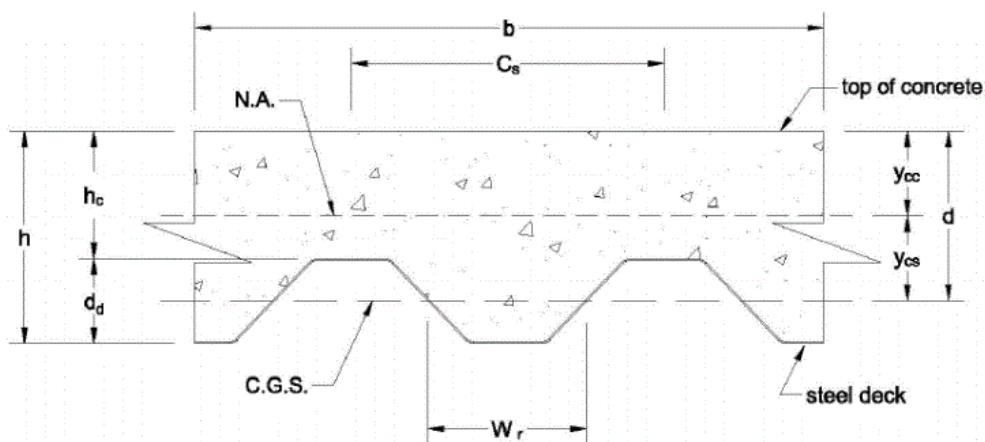
$$Ycs = d - Ycc \quad (2-65)$$

$$\begin{aligned} Ic &= \frac{b}{3 \times h} \times Ycc^3 + As \times Ycs^2 + Isf \\ & \quad 66) \end{aligned} \quad (2-$$

20) Menghitung Flexural Strength

$$My = \frac{fy \times Ic}{h - Ycc} \quad (2-67)$$

$$Mru = \phi - My \quad (2-68)$$



Gambar 2.5 Penampang Komposit Pelat Lantai Bondek

2.9 Perencanaan balok *Castella Beam* (Metode LRFD)

2.9.1 Sifat mekanis baja

Sifat mekanis baja untuk perencanaan sebagai berikut:

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah poisson : $\mu = 0,3$

Koefisien pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} /^\circ\text{C}$

(Sumber: SNI 1729-2002, pasal 5.1.3)

Tabel 1 : Dimensi penampang standar baja las H dan berat unit area penampang serta karakteristik padat dipilih pada gambar 2.6

Sectional Dimension				Sectional Properties										Note :						
d mm	x mm	bf mm	tw mm	tf mm	LL mm	Sec.of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Modulus of Section (cm ³)		Compact Section Criteria		rT (cm)	d/Af 1/cm	Lc (cm)	*) Lu (cm)	*)
								I _x	I _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y	b/tw	t/tw					
H 600 x 300	14.0	23.0	8.4	222.40	175.00	137000.0	10600	24.90	6.90	4620.0	701.0	6.52	42.85	8.09	0.80	390.3	732.5			
	350	12.0	25.0	8.4	242.41	190.29	162422.7	17814	25.88	8.59	5414.1	1021.3	7.00	50.00	9.52	0.69	455.3	854.6		
H 650 x 350	12.0	22.0	8.4	228.13	179.08	175426.2	15731	27.73	8.30	5397.7	898.9	7.95	54.17	9.39	0.84	455.3	694.2			
	350	12.0	25.0	8.4	248.41	195.00	193836.1	17874	27.93	8.48	5964.2	1021.4	7.00	54.17	9.48	0.74	455.3	788.9		
	350	12.0	32.0	8.4	295.73	232.15	235380.0	22876	28.21	8.80	7242.5	1307.2	5.47	54.17	9.61	0.58	455.3	1009.8		
H 700 x 300	15.0	28.0	8.4	273.60	215.00	237000.0	12900	29.40	6.86	6700.0	853.0	5.35	46.60	7.91	1.06	390.3	552.5			
	350	12.0	25.0	8.4	254.41	199.71	228354.6	17875	29.96	8.38	6524.4	1021.4	7.00	58.33	9.43	0.80	455.3	732.5		
	350	12.0	32.0	8.4	301.73	236.86	277204.6	22877	30.31	8.71	7920.1	1307.3	5.47	58.33	9.58	0.63	455.3	937.6		
H 800 x 300	16.0	30.0	8.4	307.60	241.00	339000.0	13800	33.20	6.70	8400.0	915.0	5.00	50.00	7.81	1.21	390.3	483.5			
	350	16.0	28.0	11.2	317.55	249.28	350473.4	20037	33.22	7.94	8761.8	1145.0	6.25	50.00	9.22	0.82	455.3	717.9		
	350	16.0	38.0	11.2	384.35	301.71	440269.0	27182	33.85	8.41	11006.7	1553.3	4.61	50.00	9.44	0.60	455.3	974.3		
H 900 x 300	18.0	34.0	11.2	364.00	286.00	498000.0	15700	37.00	6.56	10900.0	1040.0	4.41	50.00	7.59	1.20	390.3	488.4			
	350	16.0	28.0	11.2	333.55	261.84	457266.8	20041	37.03	7.75	10161.5	1145.2	6.25	56.25	9.11	0.92	455.3	638.1		
	350	16.0	32.0	11.2	360.27	282.81	504317.7	22899	37.41	7.97	11207.1	1308.5	5.47	56.25	9.23	0.80	455.3	729.3		
H 1000 x 350	16.0	25.0	11.2	329.51	258.66	535878.1	17900	40.33	7.37	10717.6	1022.9	7.00	62.50	8.90	1.14	455.3	512.8			
	400	16.0	28.0	11.2	377.55	296.38	646890.8	29902	41.39	8.90	12937.8	1495.1	7.14	62.50	10.44	0.89	520.4	656.4		
	450	16.0	32.0	11.2	440.27	345.61	789647.4	48635	42.35	10.51	15792.9	2161.6	7.03	62.50	11.99	0.69	585.4	843.9		
	450	16.0	38.0	11.2	492.35	386.49	902120.1	57747	42.81	10.83	18042.4	2566.6	5.92	62.50	12.15	0.58	585.4	1002.1		
H 1100 x 350	16.0	25.0	11.2	345.51	271.22	666844.0	17904	43.93	7.20	12124.4	1023.1	7.00	68.75	8.80	1.26	455.3	480.9			
	400	16.0	32.0	11.2	424.27	333.05	885110.8	34172	45.67	8.97	16092.9	1708.6	6.25	68.75	10.47	0.86	520.4	681.9		
	450	16.0	38.0	11.2	508.35	399.05	1114365	57751	46.82	10.66	20261.2	2566.7	5.92	68.75	12.06	0.64	585.4	911.0		
H 1200 x 300	12.0	25.0	8.4	289.41	227.19	674520.4	11268	48.28	6.24	11242.0	751.20	6.00	100.0	7.58	1.60	390.3	414.3			
	350	16.0	25.0	11.2	361.51	283.78	815085.3	17907	47.48	7.04	13584.8	1023.3	7.00	75.00	8.70	1.37	455.3	475.5		
	400	16.0	32.0	11.2	440.27	345.61	1076777	34176	49.45	8.81	17946.3	1708.8	6.25	75.00	10.39	0.94	520.4	625.1		
	450	16.0	38.0	11.2	524.35	411.61	1352027	57754	50.78	10.49	22533.8	2566.9	5.92	75.00	11.98	0.70	585.4	835.1		

Tabel profil (Sumber : Gunawan.1993 dan Morisco 1987)

Tabel 2 : Dimensi penampang standar baja las H dan berat unit area penampang serta karakteristik padat dipilih pada gambar 2.7

Sectional Dimension										Sectional Properties										Note:			
d mm	x mm	bf mm	tw mm	tf mm	rl mm	Sec. of Area cm ²	Unit Weight kg/m	Geometrical Moment of Inertia (cm ⁴)		Radius of Gyration of Area (cm)		Modulus of Section (cm ³)		Compact Section Criteria		rT (cm)	dAf (1/cm)	Lc (cm)	Lu (cm)	*)	*)		
								I _x	I _y	r _x	r _y	S _x	S _y	b/f/2f	d/tw								
H 400	x 200	80	13.0	16.0	84.12	66.08	23700	1740	16.79	4.55	1185	174	7.69	50.00	5.29	1.54	254.9	365.7					
H 390	x 300	100	10.0	16.0	22.0	136.00	106.76	38700	7210	16.87	7.28	1985	481	9.38	39.00	8.17	0.81	382.4	6924				
H 400	x 400	13.0	21.0	22.0	218.70	171.68	66600	22400	17.45	10.12	3330	120	9.52	30.77	11.05	0.48	520.4	1230.7					
H 450	x 200	90	14.0	18.0	96.76	75.96	33500	1870	18.61	4.40	1489	187	7.14	50.00	5.22	1.61	254.9	3501					
H 440	x 300	11.0	18.0	24.0	157.40	123.56	56100	8110	18.89	7.18	2550	541	8.33	40.00	8.12	0.81	390.3	7192					
H 496	x 199	90	14.0	200	101.30	79.52	41900	1840	20.34	4.26	1690	185	7.11	55.11	5.14	1.78	253.7	3160					
H 500	x 300	11.0	18.0	20.0	149.50	128.00	71000	8110	20.80	7.04	2910	541	8.30	45.45	5.18	1.56	254.9	3601					
H 482	x 300	11.0	15.0	26.0	145.50	114.22	60400	6760	20.37	6.82	2506	451	1.000	43.82	7.96	1.07	382.4	5252					
H 488	x 300	11.0	18.0	26.0	149.50	128.35	71000	8110	20.84	7.04	2910	541	8.33	44.36	8.05	0.90	390.3	6483					
H 596	x 199	10.0	15.0	22.0	120.50	94.59	68700	1980	23.83	4.05	2305	199	6.63	59.60	5.01	2.00	253.7	2818					
H 600	x 200	11.0	17.0	22.0	134.40	105.50	77600	2280	24.03	4.12	2587	228	5.88	54.55	5.06	1.76	250.2	3321					
H 582	x 300	12.0	17.0	28.0	174.50	136.98	103000	7670	24.30	6.63	3540	511	8.82	48.50	7.86	1.14	390.3	5135					
H 588	x 300	12.0	20.0	28.0	192.50	151.11	118000	9020	24.76	6.85	4014	601	7.50	49.00	7.96	0.98	390.3	5980					
H 700	x 300	13.0	24.0	28.0	215.50	184.87	201000	10800	29.21	6.77	5743	720	6.25	53.85	7.92	0.97	390.3	6023					
H 800	x 300	14.0	26.0	28.0	267.40	209.91	292000	11700	33.05	6.61	7300	780	5.77	57.14	7.83	1.03	390.3	5714					
H 900	x 300	16.0	28.0	28.0	309.80	243.19	411000	12600	36.42	6.38	9133	840	5.36	5625	7.69	1.07	390.3	5470					

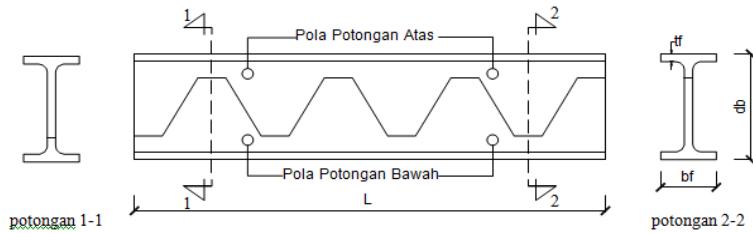
Tabel profil (Sumber : Gunawan. 1993 dan Morisco 1987)

2.10 Struktur Balok Sarang Tawon

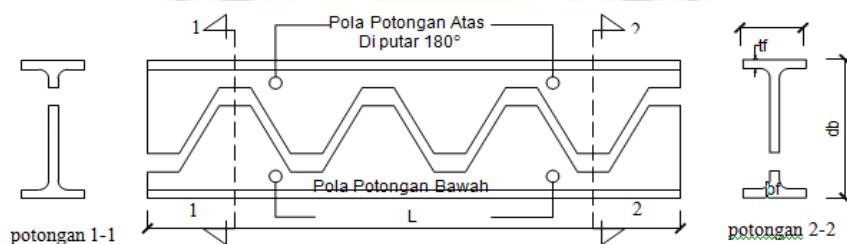
Balok sarang tawon (honeycomb beam) adalah balok yang terbentuk dengan memotong poros wf (tulang lebar). Alasan untuk batang sarang lebah adalah untuk mengurangi berat dan meningkatkan propil pada tingkat dasar. kembangkan penampang modulus (si) dan potret idleness (II) dari propil sehingga pada akhirnya akan menciptakan kekuatan dan kekencangan yang lebih besar dibandingkan dengan cushion propyl. Pilar ini dibuat dari sepotong propil wf (I) yang memiliki pola mengembang di sepanjang garis lurus dengan menggunakan las sepanjang poros setengah bagian dari irisan diputar ke batas terjauh dari setengah lainnya dan kemudian disambung dengan pengelasan. Jadi batang propil yang lebih tinggi dari batang menopang dan memiliki bukaan di tengah yang dibentuk seperti sarang lebah. cepat dalam perakitan (manufaktur) dan pendirian (erection)

2.10.1 Pola Pemotongan balok

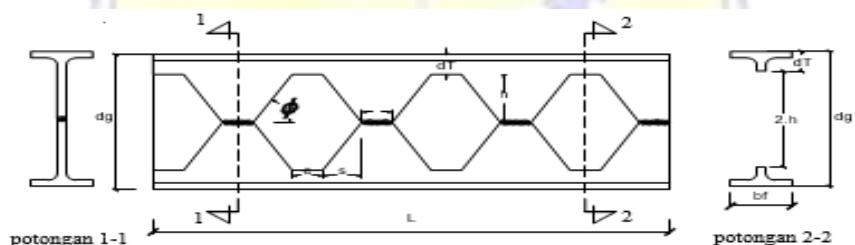
Contoh pemotongan dan keadaan matematis dari badan pemotong akan menentukan nilai bagian yang akan dipotong dan selanjutnya memutuskan jumlah pada batang yang digunakan dalam menghitung kekuatan pilar pada gambar.



Gambar 2.6 Pola pemotongan profil balok I dibelah sepanjang badannya



Gambar 2.7 pemotongan profil balok wf



Gambar 2.8 Pola penyusunan balok Castella segi enam

dengan,

$$\tan \phi = \frac{b}{h} \text{ atau } b = \frac{h}{\tan \phi}$$

$$dg = db + h \text{ atau } dt = \frac{db - h}{2}$$

$$s = 2(b + e)$$

2.10.2 Cara penumpukan / Penyambungan kembali

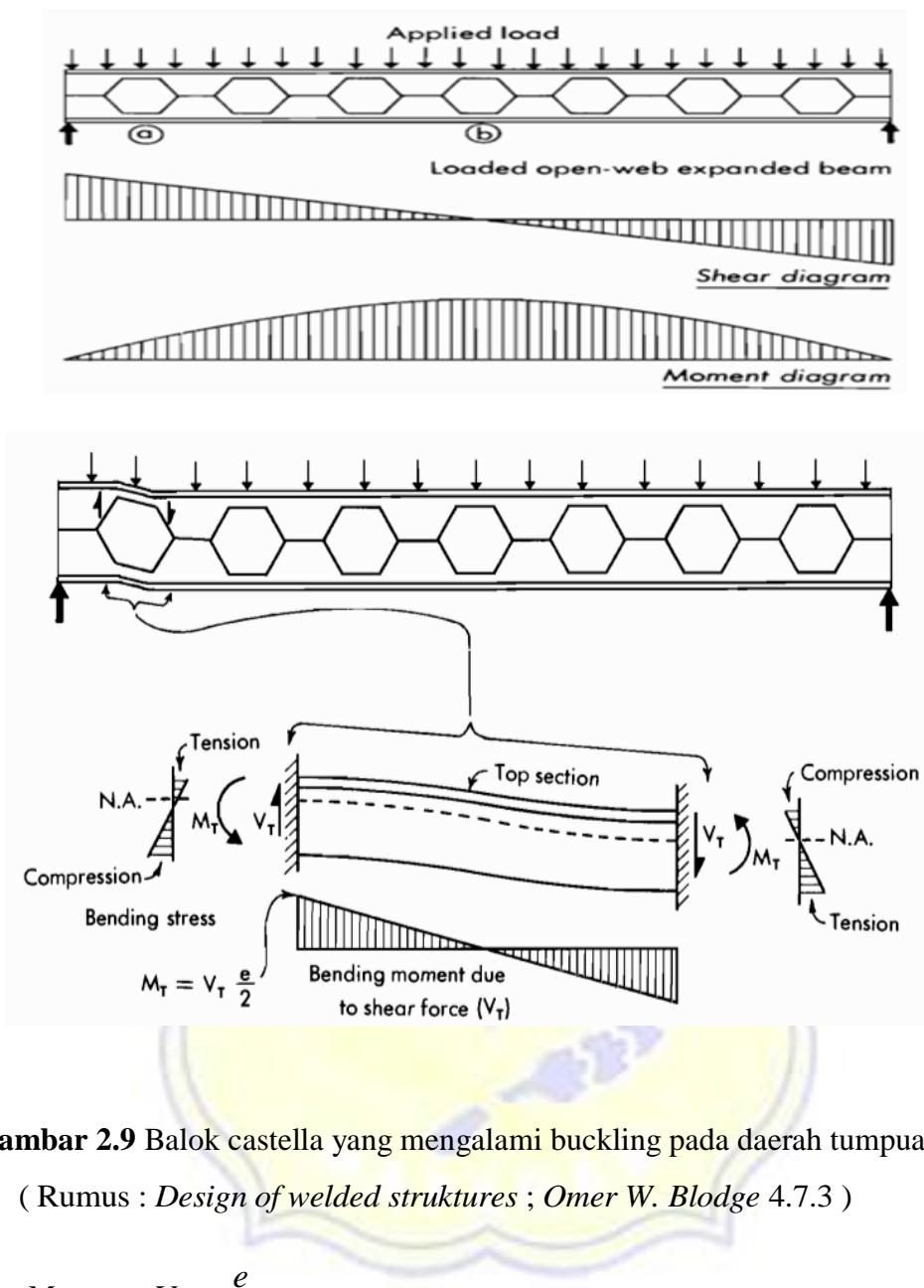
Untuk membuat poros sarang lebah, yaitu dengan cara memutar salah satu potongan dan potongan yang menyertainya atau dengan menyambung kembali titik-titik tertinggi potongan profil tunggal dengan pengelasan, sehingga diperoleh profil pilar yang lebih tinggi dan batang dengan bukaan di tengahnya yang terlihat seperti arang tawon.

Dalam membuat potongan, pertama-tama Anda harus menghitung jumlah e dan b dan kemiringan kemiringannya adalah untuk menghindari canggung atau menyambung kembali. Jika e dapat diatur untuk mendapatkan bukaan rumah tawon yang dapat memberikan celah yang cukup untuk memisahkan pengelasan. Meskipun demikian, memperbesar jarak akan menambah beban pada luas penampang T karena aktivitas ruang lingkup v atau gaya geser v . Dengan cara ini, e harus diambil agar tegangan lentur yang terjadi berada di dalam sejauh mungkin.

2.10.3 Kekuatan balok sarang tawon

Dalam rencana tulang belakang castella radiates, sebagian besar tumpukan dapat beradaptasi, sehingga penurunan daerah profil tubuh tidak terlihat seperti jika dilihat dari sudut pandang perlindungan dari menit. Dua segmen T atas dan bawah untuk setiap beban tertusuk menentang kekuatan geser vertical

Lingkup mid-range memiliki nilai dasar dengan tujuan tidak mempengaruhi bar. Bergerak menuju bantuan dimana cross over power (v) sangat besar, tekanan utama yang dibawa oleh cross over power pada area T harus diingat untuk estimasi tekanan bowing primer karena beban poros. Momen penentu detik adaptif karena cross over power dan area T atas dan bawah diterima terjadi pada bagian tubuh yang tidak tertutup ($e/2$). Selanjutnya, daya geser ke atas absolut atau daya silang lengkap dipartisi secara serupa antara dua area T seperti yang ditunjukkan pada gambar.



Gambar 2.9 Balok castella yang mengalami buckling pada daerah tumpuan

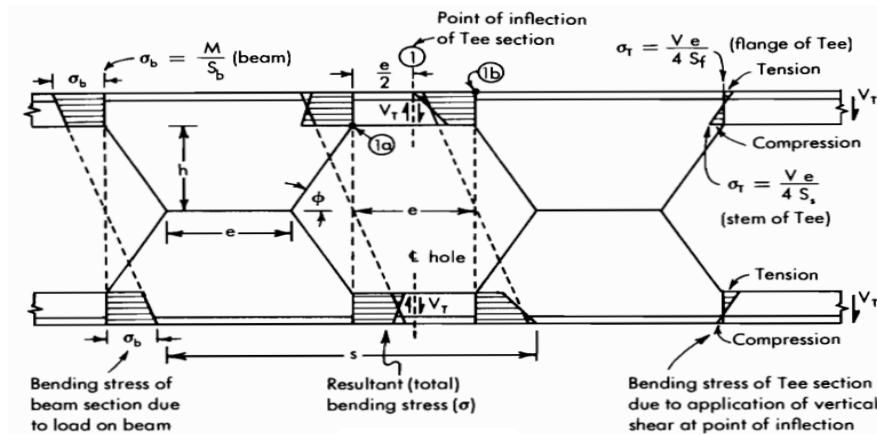
(Rumus : *Design of welded structures ; Omer W. Blodge 4.7.3*)

$$M_T = V_T - \frac{e}{2} \quad (2-69)$$

dengan,

M_T = Momen lentur akibat gaya lintang pada penampang T (Kgn)

M_T = Gaya lintang pada gambar T (Kg)



Gambar 2. 10 Tegangan yang bekerja pada balom *castella*

(Rumus : *Design of welded structures* ; Omer W. Blodge 4.7.4)

Tegangan lentur skunder pada bagian plat badan profil *T* karena geser vertikal (V) pada bagian (1) ditambah tegangan lentur utama pada profil *T* karna tekanan momen (M) pada bagian (1a)

$$\sigma_{1a} = M 1a \times h / I_g + V 1 \times e / 4s \quad (2-71)$$

Tegangan lentur skunder pada bagian plat sayap profil *T* karna geser vertikal (V) pada bagian (1), ditambah tegangan lentur utama pada profil *T* karna tekanan momen (M) pada bagian (1b)

$$\sigma_{1a} = M 1a \times d_g / I_g \times 2 + V 1 \times e / 4 s f \quad (2-72)$$

dengan,

d = jarak antara sumbu netral dari bagian profil *T*

d_b = Tinggi balok asli

d_g = Tinggi balok setelah di pertinggi

e = Panjang bagian plat badan pada garis netral dan pada profil *T*

h = Tinggi potongan terhadap sumbu netral

A_T = Luasa penampang pada profil *T*

I_g = Momen inersia balok *castella*

S_f = *Section modulus pada bagian plat sayap*

S_s = *Section modulus pada bagian plat badan*

Mendeain *castella* antara lain digunakan rumus - rumus sebagai berikut :

- 1) Ditemukan nilai modulus penampang castella yang di tentukan (sg):

$$S_g = \frac{M}{\sigma} \quad (2-72)$$

dengan,

M = Momen, Kg.m

σ = Tegangan leleh propil baja, Mpa

- 2) Ditemukan nilai perbandingan tinggi balok *castella* dengan balok aslinya (k_1), diasumsikan 1,5

$$K_1 = d_g / d_b \quad (2-73)$$

dengan,

d_g = Tinggi balok *castella*, mm

d_b = Tinggi balok aslinya

- 3) Ditemukan tinggi pemotongan zik-zag balok *castella* (h)

$$h = d_b.(K_1-1) \quad (2-74)$$

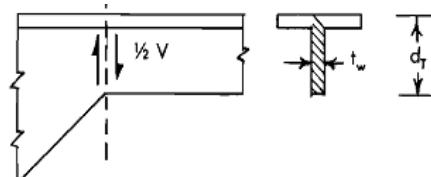
dengan,

h = Tinggi potongan zig-zag terhadap sumbu netral balok

- 4) Ditemukan tinggi penampang T yang perlukan (d_T)

$$d_T > V / 2.t_w.\sigma \quad (2-75)$$

$$h = d_b - 2.d_T \quad (2-76)$$



Gambar 2.11. Tinggi penampang T yang diperlukan (d_T) Blodge 1966)

dengan,

$$V = \text{Gaya geser, Kg}$$

$$t_w = \text{Tebal plat badan (web), mm}$$

$$h = \text{Tinggi potongan zik-zag teradap sumbu netral, mm}$$

- 5) Ditemukan tinggi balok castella (d_g) :

$$d_g = d_b + h \quad (2-77)$$

- 6) Tinggi penampang T yang dipakai (d_T) :

$$d_T = (d_g / 2) - h \quad (2-78)$$

- 7) Tinggi plat badan (web) penampang T (d_g)

$$d_s = d_T - t_f \quad (2-79)$$

dengan,

$$t_f = \text{Tebal sayap profil, mm}$$

- 8) Tegangan lentur pada plat badan castella yang diijinkan ($\bar{\sigma}$)

$$\sigma = \left(1 - \frac{10.434}{Cc^2} \left(\frac{h}{t_w}\right)^2\right) \cdot 0.6 \cdot \sigma \quad (2-80)$$

$$Cc^2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \sigma^2 \cdot E}{2}} \quad (2-81)$$

- 9) Menghitung tegangan geser pada plat badan *castella* yang berlubang (σ_v)

$$\sigma_v = \frac{4 \left(\frac{\partial \cdot e}{180} \right) e}{3 \cdot t_g \cdot e} \quad (2-82)$$

Untuk tegangan maksimum :

$$\sigma_{\max} = 1.16 \frac{95\% \cdot v}{t_w \cdot d_g} \quad (2-83)$$

- 10) Menghitung rasio tegangan geser pada potongan pelat badan solid (K_2)

$$K_2 = \frac{e}{s} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_v} \quad (2-84)$$

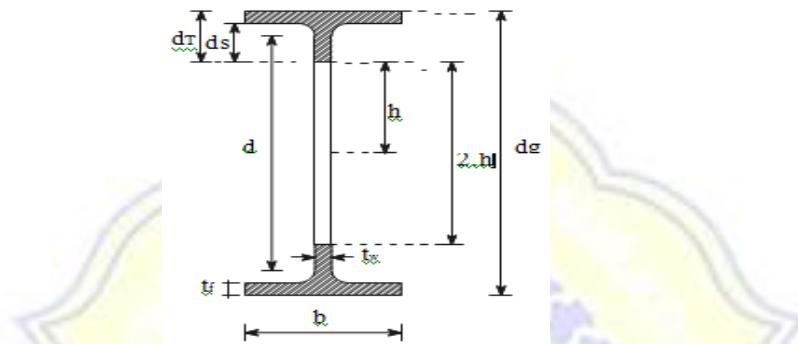
$$e > \frac{2.h.t.g.e}{\left(\frac{1}{k_2}\right)-2} \quad (2-85)$$

dengan,

e = jarak bagian lubang castella

s = Jarak interpal segi 6 panampang castella

11) Perluasan penampang T castella (A_T)



Gambar 2.12. Penampang pada balok castella (Blodge 4.7.17)

$$A_r = A_f + A_s \quad (2-86)$$

$$A_f = b + t_f \quad (2-87)$$

dengan,

A_f = Luas plat sayap panampang T , mm

A_s = Luas plat badan penampang T , mm

12) Ditemukan nilai modulus kelembaman penampang T (W_T)

$$W_t = A_f(d_s + (t_f/2)) + A_s(d_s/2) \quad (2-88)$$

13) Ditemukan nilai momen inersia penampang T (I_T)

$$I_T = A_f(d_s^2 + (d_s \cdot t_f)) + (t_f^2/3) + A_s(d_s^2/3) \quad (2-89)$$

14) Ditemukan titik berat penampang T dari ujung penampang castella (C_s)

$$C_s = \frac{W_t}{A_r} \quad (2-90)$$

dengan,

W_T = Modulus kelembaman penampang

A_T = Perluasan penampang T castella

15) Mencari momen inersia tangkai penampang T (I_t)

$$I_t = I_T - C_s \cdot W_T \quad (2-91)$$

dengan,

I_T = Momen inersia penampang

C_s = Titik berat penampang T

16) Modulus tahanan tangkai penampang T (S_s)

$$S_s = \frac{I_r}{C_s} \quad (2-92)$$

17) Jarak titik berat penampang T atas dan bawah (d)

$$d = 2.(h + C_s) \quad (2-93)$$

dengan,

h = Tinggi potongan zig-zag terhadap sumber netral, mm

C_s = Titik berat penampang

18) Momen inersia penampang *castella* (I_g)

$$I_g = 2.I_t + ((A_T \cdot d^2)/2) \quad (2-94)$$

dengan,

h = Jarak antara sumbu netral dari bagian propil T

I_T = Momen inersia penampang

19) Jarak interval lubang segi enam penampang *castella* (S)

$$S = 2.(e + h \cdot t_g \cdot e) \quad (2-95)$$

yang dipakai dari Anggapan-anggapan balok *castella* ini adalah :

1. Bagian sayap atas dan bawah dari balok *castella* masing – masing mengalami tegangan lentur tekan dan tarik akibat momen lentur (M_u), bila dianggap momen lentur dipikul sepenuhnya oleh plat sayap maka harus dipenuhi :rumus LRFD

$$M_u \leq \sigma_b \cdot M_n \quad (2-96)$$

$$M_n = S_x \cdot f_r \quad (2-97)$$

dengan,

M_u = Momen lentur (Kgm)

M_n = Momen nominal (Kgm)

S_x = Modulus penampang (cm^3)

f_r = Tegangan leleh (Kg/cm^2)

σ_b = factor resistensi (reduksi kekuatan) untuk lentur = 0.90

(Sumber; *Struktur Baja 1; Charles G. Salmon; 7.4.1 & 7.3.1*)

2. Gaya lintang atau gaya geser vertikal (V_u) akan menimbulkan tegangan geser vertikal yang dianggap dipikul oleh badan, baik pada bagian yang utuh maupun pada bagian tegak penampang T di lubang b alok *castella*
3. Di lubang balok *castella*. Gaya geser terbagi dua sama besar pada bagian atas dan bawah penampang T, dengan anggapan tinggi penampang T sama untuk bagian atas dan bawah. Dari anggapan bahwa titik balik (*point of inflection*) momen lentur terjadi di tengah-tengah lubang maka momen skunder maksimum (momen akibat gaya lintang) pada potongan T (*Blodge 1996*)

$$M_T = V_T \cdot \frac{e}{2} \quad (2-98)$$

4. Gaya geser horizontal (V_h) yang bekerja pada bagian badan yang utuh sepanjang garis netral dapat menyebabkan tekuk pada bagian ini
5. Pada bagian badan yang utuh menerima gaya aksial vertikal yang terbagi setengah untuk setiap gaya vertikal yang berbeda yaitu (V_1) dan (V_2) yang bekerja di tengah lubang ($e / 2$)
6. Pada tumpuan ujung profil harus utuh dan dapat diperkuat dengan plat penguat badan (*double plate*)

2.11 Berat sendiri bangunan dan komponen gedung

2.11.1 Beban mati

- Bahan bangunan
- Baja = $7,850 \text{ kg/m}^3$
- Beton = $2,200 \text{ kg/m}^3$
- Beton bertulang = $2,400 \text{ kg/m}^3$
- Komponen gedung
- Plafon dan penggantung = 18 kg/m^2
- Beban instalasi ME dan plumbing = 22 kg/m^2
- Keramic = 24 kg/m^2
- Pas. Bata = 65 kg/m^2

2.11.2 Beban Hidup

- Lantai apartemen, hotel = 250 kg/m^2
- Lantai atap = 100 kg/m^2

2.12 Batasan momen

Momen leleh My adalah momen lentur yang menyebabkan penampang mulai mengalami tegangan leleh yaitu diambil sama dengan $f_y S$ dan S adalah modulus penampang elastis yang ditentukan menurut pasal 2.10.4 (a) - (c). (Sumber: SNI 1729 - 2002, pasal 8.2.1)

- a) Kuat lentur plastis M_p momen lentur yang menyebabkan seluruh Penampang mengalami tegangan leleh harus diambil yang lebih kecil dari $f_y Z$ atau $1,5 My$, dan Z adalah modulus penampang plastis yang ditentukan dalam pasal 2.9.4 (a) - (c);
- b) Momen batas tekuk M_r diambil sama dengan $S(f_y f_r)$ dan f_r adalah tegangan sisa;

Tabel 2.17 Sifat mekanis baja structural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (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: SNI 1729 - 2002 tabel 5.3)

2.13 Batas-batas lendutan

Batas-batas lendutan untuk keadaan kemampuan-layan batas harus sesuai dengan struktur, fungsi penggunaan, sifat pembebahan, serta elemen-elemen yang didukung oleh struktur tersebut. Batas lendutan maksimum diberikan dalam Tabel 2.18. (Sumber: SNI 1729 - 2002 pasal 6.4.3)

Tabel 2.18 Batas lendutan maksimum¹.

Komponen struktur dengan beban tidak terfaktor	Beban tetap	Beban sementara
Balok pemikul dinding atau finishing yang getas	$L/360$	-
Balok biasa	$L/240$	-
Kolom dengan analisis orde pertama saja	$h/500$	$h/200$
Kolom dengan analisis orde kedua	$h/300$	$h/200$

(Sumber: SNI 1729 - 2002 table 6.4-1)

Tabel 2.19 Faktor reduksi (ϕ) untuk keadaan kekuatan batas.

Kuat rencana untuk	Butir	Faktor reduksi
Komponen struktur yang memikul lentur: <ul style="list-style-type: none"> • balok • balok pelat berdinding penuh • pelat badan yang memikul geser • pelat badan pada tumpuan • pengaku 	8.1, 8.2 & 8.4 8.8 & 8.9 8.10 8.11, 8.12, 8.13	0,90 0,90 0,90 0,90 0,90
Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial: <ul style="list-style-type: none"> • kuat penampang • kuat komponen struktur 	9.1 & 9.2 9.1 & 9.3	0,85 0,85
Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial: <ul style="list-style-type: none"> • terhadap kuat tarik leleh • terhadap kuat tarik fraktur 	10.1 & 10.2 10.1 & 10.2	0,90 0,75
Komponen struktur yang memikul aksi aksi kombinasi: <ul style="list-style-type: none"> • kuat lentur atau geser • kuat tarik • kuat tekan 	11.3 & 11.3 & 11.3 &	0,90 0,90 0,85
Komponen struktur komposit: <ul style="list-style-type: none"> • kuat tekan • kuat tumpu beton • kuat lentur dengan distribusi tegangan plastik • kuat lentur dengan distribusi tegangan elastik 	12.3 12.3.4 12.4.2.1 & 12.4.2.3 12.4.2.1 & 12.4.3	0,85 0,60 0,85 0,90
Sambungan baut: <ul style="list-style-type: none"> • baut yang memikul geser • baut yang memikul tarik • baut yang memikul kombinasi geser dan tarik • lapis yang memikul tumpu 	13.2.2.1 13.2.2.2 13.2.2.3 13.2.2.4	0,75 0,75 0,75 0,75

(Sumber: SNI 1729 - 2002 table 6.4-2)

Untuk penampang profil dilihat pada gambar 2.8 dan untuk daerah sendi plastis tekuk setempat harus dapat dihindari dengan masyarakat bahwa perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan dapat dilihat pada tabel 2.20 dan tabel 2.21

Tabel 2.21 Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan (f_y dinyatakan dalam MPa).

Jenis Elemen	Perbandingan lebar terhadap tebal (\ddot{e})	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$170/\sqrt{f_y}[c]$	$370/\sqrt{f_y - fr}[e]$
Pelat sayap balok-I hibrida atau balok tersusun yang di las dalam lentur	b/t	$170/\sqrt{f_y f}$	$420/\sqrt{(f_y f - fr)/k_e}$
Pelat sayap dari komponen-komponen struktur tersusun dalam tekan	b/t	-	$290/f_y/k_e[f]$
Sayap bebas dari profil siku kembar yang menyatu pada sayap lainnya, pelat sayap dari komponen struktur kanal dalam aksialtekan,	b/t	-	$250/f_y$
Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada	b/t	-	$200/f_y$
Pelat badan dari profil T	d/t	-	$335/f_y$

2.13.1 Penampang kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda \leq \lambda_p$ kuat lentur nominal penampang persamaan 2-106. (SNI 1729-2002 pasal 8.2.3)

$$M_n = M_p \quad (2-99)$$

dengan,

M_n = Momen nominal (Kg)

M_p = Kuat lentur plastis

2.13.2 Penampang tak-kompak

Untuk penampang yang memenuhi $\lambda_p \leq \lambda \leq \lambda_p$ kuat lentur nominal penampang persamaan 2-107. (SNI 1729 - 2002 pasal 8.2.4)

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda - \lambda_p} \quad (2-100)$$

dengan,

M_r = Momen batas tekuk

λ = Parameter kelangsingan

λ_p = Parameter batas kelangsingan untuk elemen kompak

2.13.3 Analisis plastis

komponen struktur yang analisa dengan metode plastis harus memenuhi ketentuan sebagai berikut: (SNI 1729 - 2002 pasal 8.1-3)

Berpenampang kompak (lihat Tabel 2.20);

Memenuhi $L \sim L_p$ (lihat Tabel 2.23);

Memenuhi persyaratan berikut ini.

$$Mu \leq \phi Mn \quad (2-101)$$

dengan,

M_u = adalah momen lentur rencana

M_n = adalah kuat lentur nominal penampang

2.13.4 Kuat lentur nominal penampang pengaruh tekuk lateral

2.13.4.1 Batasan momen

- a) Untuk pelat badan yang memenuhi $\lambda_r \leq \lambda$ kuat lentur nominal penampang ditentukan pada pasal 2.9.11;
- b) Batas M_y , M_p , dan M_r dianut sesuai dengan pasal 2.9.4;
- c) Momen kritis M_{cr} ditentukan dalam Tabel 2.22;
- d) Faktor momen C_b ditentukan oleh persamaan 2-109.

$$C_b = \frac{12.5 M_{\max}}{2.5 M_{\max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 2.3 \quad (2-102)$$

dengan M_{\max} adalah momen maksimum pada bentang yang ditinjau serta M_A , M_B , dan M_C adalah masing-masing momen pada 1/4 bentang, tengah bentang, dan 3/4 bentang komponen struktur yang ditinjau. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.3.1)

Tabel 2.22 Momen kritis untuk tekuk lateral

Profil	M_{cr}
Profil-I dan kanal ganda	$C_b \frac{\delta}{L} \sqrt{E Ly G J \left(\frac{\delta E^2}{L} \right) Ly Iw}$
Profil kotak pejal atau berongga	$2 C_b E \sqrt{\frac{J A}{L / ry}}$

(Sumber: SNI 1729 – 2002 tabel 8.3-1)

2.13.4.2 Pengekang lateral

Kuat komponen struktur dalam memikul momen lentur tergantung dari panjang bentang antara dua pengekang lateral yang berdekatan, L. Batas-batas bentang pengekang lateral ditentukan dalam Tabel 2.23. (SNI 1729 - 2002 pasal 8.3.2)

2.13.4.3 Bentang pendek

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L \leq L_p$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur pada persamaan 2-103. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.3.3)

$$M_n = M_p \quad (2-103)$$

2.13.4.3 Bentang menengah

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_p \leq L \leq L_r$ kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur didasarkan pada persamaan 2-104. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.3.4)

$$M_n = C_b (M_r + (M_p - M_r) \frac{L_r - L}{L_r - L_p}) \leq M_p \quad (2-104)$$

2.13.4.5 Bentang panjang

Untuk komponen struktur yang memenuhi $L_r \leq L$, kuat nominal komponen struktur terhadap lentur didasarkan pada persamaan 2-105. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.3.5)

$$M_n = Mcr \leq M_p \quad (2-105)$$

2.13.5 Kuat geser

Pelat badan yang memikul gaya geser perlu (V_u) harus memenuhi persamaan 2-106. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.8.11)

$$V_u = \phi V_n \quad (2-106)$$

dengan,

ϕ adalah faktor reduksi = 0.9

V_n adalah kuat geser nominal pelat badan berdasarkan butir

2.13.6 Kuat geser nominal

Kuat geser nominal (V_n) pelat badan harus diambil seperti yang ditentukan oleh persamaan 2-114 sampai dengan persamaan 2-115. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.8.2)

- Jika perbandingan maksimum tinggi terhadap tebal panel h/tw memenuhi;

$$\frac{h}{t_w} \leq 1.10 \frac{\sqrt{Kn E}}{f_y} \quad (2-107)$$

$$Kn = 5 + \frac{5}{\frac{a^2}{h}} \quad (2-108)$$

b) Jika maksimum tinggi terhadap tebal panel h/t_w memenuhi;

$$1.10 \frac{\sqrt{Kn E}}{f_y} \leq \frac{h}{t_w} \leq 1.37 \frac{\sqrt{Kn E}}{f_y} \quad (2-109)$$

c) Perbandingan maksimum terhadap tinggi tebal panel h/t_w memenuhi;

$$1.37 \frac{\sqrt{Kn E}}{f_y} \leq \frac{h}{t_w} \quad (2-110)$$

2.13.7 Kuat geser

Kuat geser nominal pelat badan harus dihitung dengan persamaan 2-81, dan persamaan (2-82)

$$V_n = 0.6 f_y A_w \quad (2-111)$$

Dengan A_w adalah luas kotor pelat badan. Kuat geser nominal (V_n) penampang pipa harus dihitung sebagai berikut:

$$V_n = 0.36 f_y A_e \quad (2-112)$$

dengan luas efektif penampang (A_e) harus diambil sebagai luas kotor penampang bulat berongga jika tidak ada lubang yang besarnya lebih dari yang dibutuhkan untuk alat sambung atau luas bersih lebih besar dari 0,9 luas kotor. Jika tidak, luas efektif diambil sama dengan luas bersih. (SNI 1729 – 2002 pasal 8.8.3)

2.13.8 Metode interaksi geser dan lentur

Pada momen lentur diasumsikan dipikul oleh seluruh penampang, maka selain memenuhi Butir 2.9.11 dan 2.9.9, balok harus direncanakan untuk memikul kombinasi lentur dan geser yaitu didasarkan pada persamaan 2-113. (SNI 1729 - 2002 pasal 2.9.6)

$$\frac{Mu}{\phi Mn} + 0.625 \times \frac{Vu}{\phi V_n} \leq 1.375 \quad (2-113)$$

dengan,

V_n adalah kuat geser nominal pelat badan akibat beban geser saja

M_n adalah kuat tegangan lentur balok

2.14 Komponen Struktur Tekan

2.14.1 Perencanaan akibat gaya tekan

komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor, N_u , harus memenuhi persyaratan didasarkan pada persamaan 2-121. (SNI 1729 2002, 9.1)

$$N_u = \phi N_n \quad (2-114)$$

dengan,

ϕ = adalah faktor reduksi kekuatan (liat pada tabel 2.19)

N_n = adalah kuat tekan nominal komponen struktur

2.14.2 Perbandingan kelangsungan

- kelangsungan elemen penampang (lihat Tabel 2.20) $< \lambda_r$

- kelangsungan komponen struktur tekan, $\lambda = \frac{Lk}{r} < 200$ (2-115)

Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar daripada nilai λ_r yang ditentukan dalam Tabel 2.20 harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

2.14.3 Gaya tekuk elastik

Gaya tekuk elastis komponen struktur (N_{cr}) didasarkan pada persamaan 2-116

$$N_{cr} = \frac{A f_y}{\lambda c^2} 200 \quad (2-116)$$

dengan parameter kelangsungan kolom (λ_c), didasarkan pada persamaan.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \times \frac{K L}{r_y} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (2-117)$$

dengan $L_k = k_c L$ dan f_y adalah tegangan leleh material. Dalam hal ini k_c adalah faktor panjang tekuk, dan L adalah panjang teoritis kolom. (SNI 1729 – 2002 pasal 7.6.1)

2.14.4 Daya dukung nominal struktur tekan

Pada penampang yang mempunyai perbandingan lebar terhadap tebalnya lebih kecil daripada nilai λ_r pada Tabel 2.20, daya dukung nominal komponen struktur tekan dihitung dengan persamaan 2-118, sampai persamaan 2-119. (SNI 1729 – 2002 pasal 7.6.2)

$$N_n = A_g F_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega} \quad (2-118)$$

$$F_{cr} = \frac{f_y}{\omega} \quad (2-119)$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \leq 0.25 \text{ maka } \omega = 1 \quad (2-119a)$$

$$\text{Untuk } 0.25 < \lambda_c < 1.2 \text{ maka } \omega = \frac{1.43}{1.6 - 0.67 \lambda_c} \quad (2-119b)$$

$$\text{Untuk } \lambda_c \geq 1.2 \text{ maka } \omega = 1.25 \lambda_c^2$$

Dengan A_g adalah luas penampang bruto, mm^2

2.14.5 Momen komponen struktur bergoyang

Pada komponen struktur bergoyang, momen lentur terfaktor (M_u) dihitung menggunakan metode pada. (SNI 1729 – 2002 pasal 7.4.3.2), momen lentur terfaktor (M_u) dihitung dengan didasarkan pada persamaan 2-120.

$$M_u = \delta_b M_{ntu} + \delta_s M_{ltu} \quad (2-120)$$

Dengan M_{ltu} adalah momen lentur terfaktor orde pertama yang diakibatkan oleh beban-beban yang dapat menimbulkan goyangan, dan faktor amplifikasi momen (δ_s) ditetapkan berdasarkan pada persamaan 2-121, dan persamaan 2-122.

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \sum N u \left(\frac{\Delta o h}{H L} \right)} \quad (2-121)$$

$$\text{Atau } \delta_s = \frac{1}{1 - \left(\frac{\sum N u}{\sum N_{crs}} \right)} \quad (2-122)$$

dengan,

$\sum N u$ = jumlah gaya aksial tekan terfaktor akibat gravitasi untuk seluruh kolom pada satu tingkat di tinjau N

N_{crs} = ditetapkan pada Butir 7.6.1 untuk kasus komponen struktur bergoyang N

$\Delta o h$ = simpangan antar lantai pada tingkat yang sedang ditinjau, mm

$\sum H$ = jumlah gaya horizontal yang menghasilkan $\Delta o h$ pada tingkat , yang ditinjau, N

L = tinggi tingkat, mm

2.14.6 Persamaan interaksi aksial-momen

Dalam semua hal, salah satu dari dua persamaan interaksi aksial-momen berikut ini harus dipenuhi oleh setiap komponen struktur prismatis simetris ganda dan simetris tunggal, didasarkan pada persamaan 2-123, dan persamaan 2-124. (SNI 1729 – 2002 pasal 7.4.3.3)

$$\text{Bila } \frac{Nu}{\phi Nn} \geq 0.2 \text{ maka } \frac{Nu}{\phi Nn} + \frac{8}{9} + \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right) \leq 1.0 \quad (2-123)$$

$$\text{Bila } \frac{Nu}{\phi Nn} \geq 0.2 \text{ maka } \frac{Nu}{2\phi Nn} + \frac{8}{9} + \left(\frac{Mux}{\phi Mnx} + \frac{Muy}{\phi Mny} \right) \leq 1.0 \quad (2-123)$$

dengan,

Nu = gaya aksial terfaktor, N

Nn = kuat nominal penampang komponen struktur;

ϕ = faktor reduksi kekuatan

ϕ = ϕ_c adalah untuk komponen struktur tekan = 0,85

ϕ = ϕ_c adalah untuk komponen struktur tekan = 0,9

ϕb = faktor reduksi kekuatan komponen struktur lentur = 0,90

Mnx = momen lentur nominal penampang komponen struktur

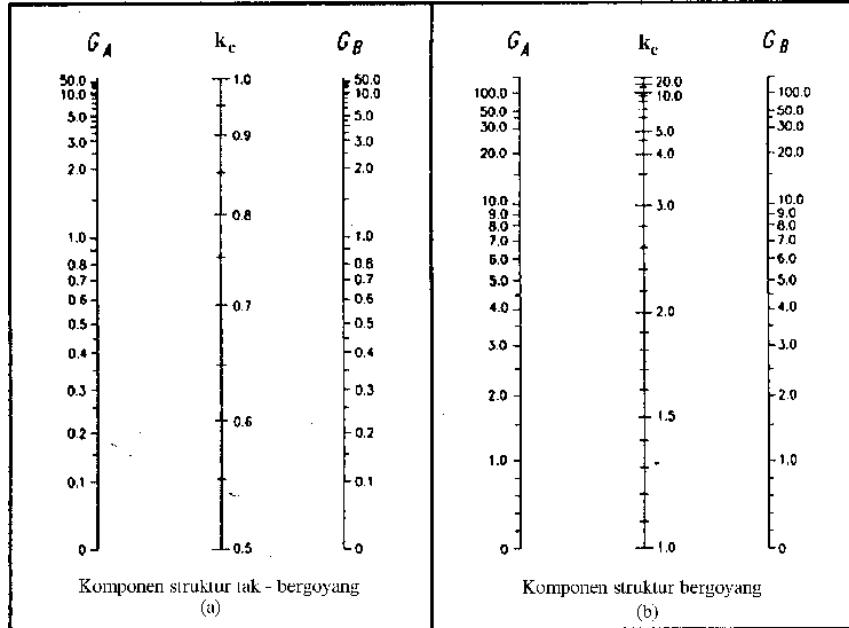
masing-masing terhadap sumbu-x dan -y ditetapkan sesuai

dengan pasal 2.9.4 dan 2.9.9, N-mm

Garis terputus menunjukkan diagram kolom tertekuk	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Nilai k_c teoritis	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Nilai k_c yang dianjurkan untuk kolom yang mendekati kondisi ideal	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Kode ujung						

Gambar 2.15 Nilai k_c untuk kolom dengan ujung-ujung yang ideal.

(Sumber: SNI 1729 - 2002.)



Gambar 2.16 Nilai k_c untuk kolom

(Sumber: SNI 1729 - 2002. Gambar 7.6-1)

BAB III

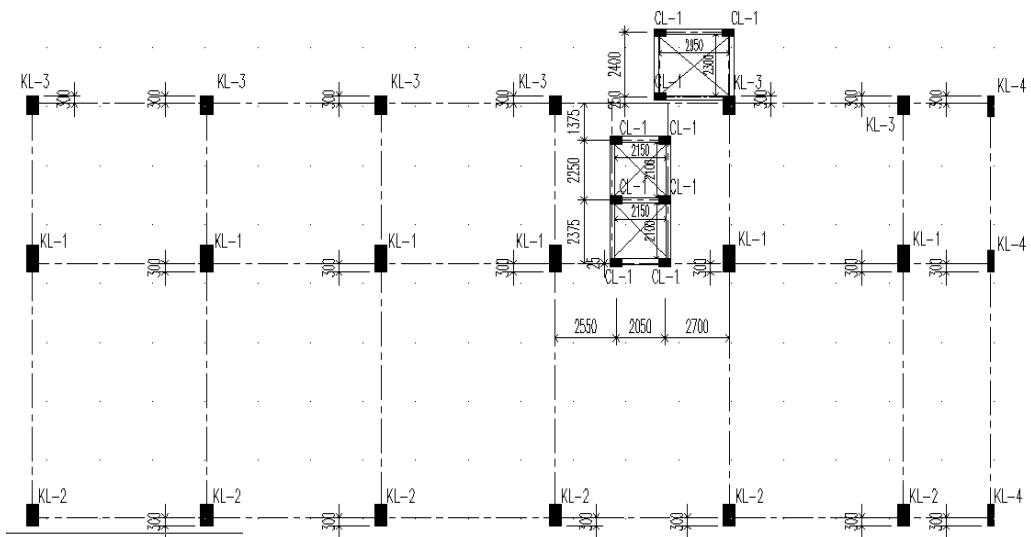
METODE PERENCANAAN

3.1 Deskripsi Struktur

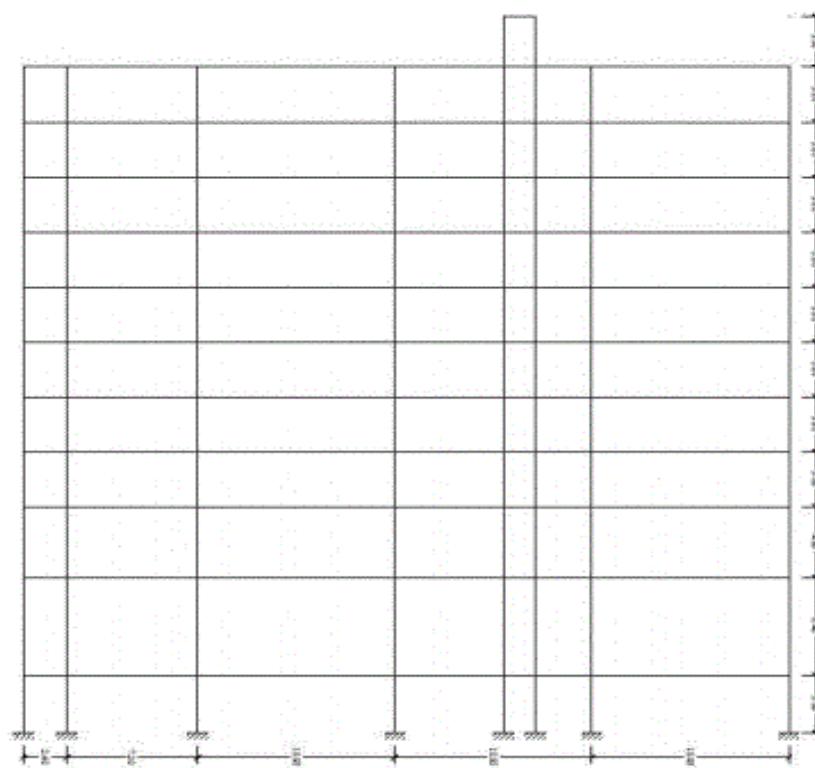
Inn Golden Tulip adalah bangunan yang digunakan sebagai hotel. Bangunan penginapan ini terdiri dari 11 lantai + 1 lantai lift rooftop. Desain struktur ini menggunakan pengembangan substansial. Hotel Golden Tulip terletak di kawasan Rembige, Kota Mataram yang masih berada di atas tanah halus (SE) sesuai dengan SNI 1726 – 2019. Foto-foto gedung Hotel Golden Tulip Mataram dan denah serta luasnya dapat dilihat di angka yang menyertai.



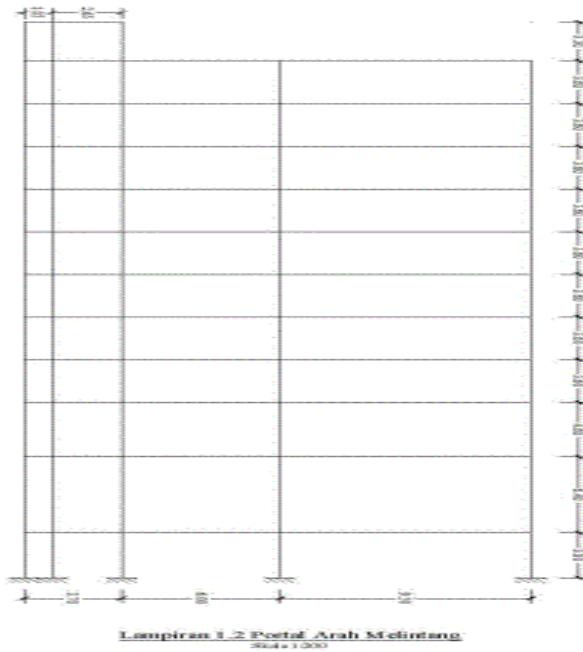
Gambar 3.1 Hotel Golden Tulip Mataram



Gambar 3.2 Denah lantai lima



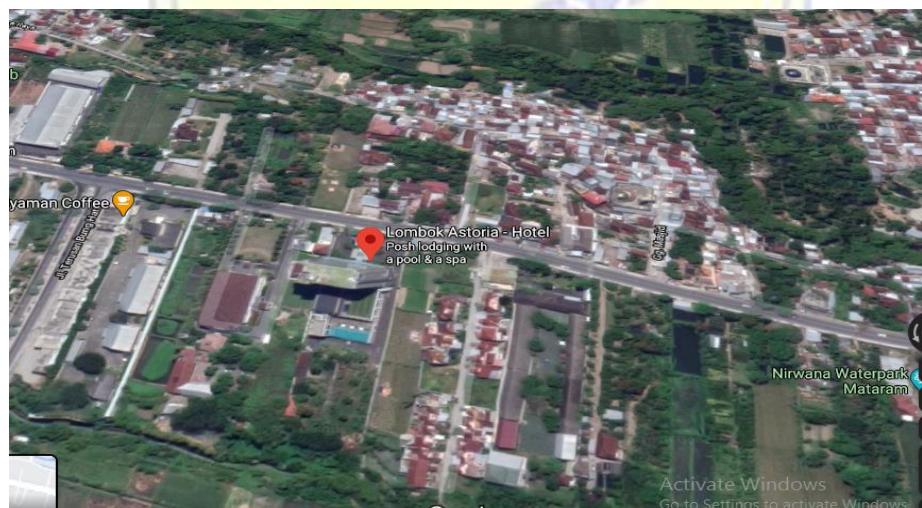
Gambar 3.3 Potongan aray x gedung



Gambar 3.5 Potongan aray y struktur

3.2 Peta lokasi

The Golden Tulip Hotel atau yang kini telah berubah nama menjadi Hotel Lombok Astoria ini terletak di Kota Mataram, yang lebih tepatnya terletak di Jl. Jenderal Sudirman No. 40, Rembiga, Kec. Selaparang, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat. Dengan kode pos 83124. Untuk area ini bisa dilihat pada panduan di Lantai bawah



Gambar 3.3 Lokasi Hotel Golden Tulip Mataram

3.3 Pengumpulan data

3.3.1 Data umum bangunan

- | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------------|
| a) Gedung | : | Gedung Hotel Golden Tulip Mataram |
| b) Sebagai | : | Penginapan dan Pertemuan |
| c) Jenis tanah | : | Tanah sedang (SD) |
| d) Total tingkat | : | 11 |
| e) Tinggi bangunan | : | +46,90 m |
| f) Struktur Utama | : | Struktur Baja |
| g) Mutu Beton (f'_{cd}) | : | 30 MPa |
| h) Mutu Baja (f_{yy}) | : | 250 Mpa (BJ 41) |
| i) Mutu Baja Tulangan (f_{yr}) | : | 400 MPa |

3.3.2 Data tanah

Data tanah yang dipakai berasal dari tanah tempat akan dibangunnya gedung Hotel Golden Tulip Mataram, dari data sondir menunjukkan jenis tanah : SD (jenis tanah sedang). (Sumber: Instansi terkait)

3.4 Pendahulu Desain dan Pembebanan

3.4.1 Pendahulu desain

Komponen Struktur bangunan gedung ini meliputi pelat lantai beton bertulang, balok profil castella, kolom profil baja, dan sambungan baut. Desain dimensi awal dari komponen struktur bangunan dilakukan secara manual serta menggunakan program aplikasi SAP2000 v.140

3.4.2 Pembebaan

3.4.2.1 Beban mati

Beban mati adalah struktur bangunan yang bersifat tetap menyatu dari bangunan tersebut selama masa layak. Beban mati yang diperhitungkan untuk struktur bangunan ini yaitu Sumber. (PPIUG 1983, tabel 2.1) :

- | | | |
|----|--------------------------------|---------------------------|
| 1) | Berat lantai (spesi + keramic) | = 90kkg/m ² |
| 2) | Berat plafond + gantungan | = 18kkg/m ² |
| 3) | Berat pas. bata | = 250kkg/m ² |
| 4) | Beton bertulang | = 2400 kkg/m ³ |
| 5) | Fropil Baja | = 7850 kkg/m ³ |

3.4.2.2 Beban Hidup Lantai dan Atap

Beban hidup struktur gedung direncanakan pada pelat lantai berdasarkan standar pembebaan SNI 1727:2013.

3.4.2.3 Beban gempa

Beban adalah pengaruh gempa bumi. Untuk perencanaan gedung hotel, direncanakan terhadap pembebaan gempa akibat pengaruh gempa rencana dalam arah pembebaan pada SNI 11726- 2012. Beban gempa dikaji dengan 2 metode yaitu analisis statik ekuivalen dan respon spektrum.

3.4.2.4 Kombinasi Pembebanan

kombinasi beban yang digunakan dalam metode dasain kekuatan (DFBK) pada SNI 1727:2013 pasal 2.3.2 sebagai berikut:

1. 1.4D
2. $1.2D + 1.6 L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
3. $1.2D + 1.6 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0.5 W)$
4. $1.2D \pm 1.0 W + L + 0.5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $1.2D \pm 1.0 E + L + 0.2 S$
6. $0.9D \pm 1.0 W$
7. $0.9D \pm 1.0 E$

Keterangan :

D = beban mati yang di pengaruhi oleh berat konstruksi permanen

L = beban hidup yang dihasilkan oleh penggunaan gedung

L_r = beban hidup yang dihasilkan oleh pembebanan atap

R = beban rain (hujan)

W = beban wind (angin)

E = beban gempa

S = beban snow (salju)

3.5 Analisa struktur dengan SAP2000 V.14

Analisa struktur dalam perencanaan ini digunakan analisa frame 3D menggunakan aplikasi struktur *SAP2000*, penggunaan aplikasi ini bertujuan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur (momen, gaya aksial, dan gaya geser). Sedangkan pada sistem strukturnya dianalisis menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) karena wilayah bangunan ini yaitu Lombok berada pada wilayah gempa 4.

3.6 Tahapan desain Struktur

3.6.1 Desain Plat Lantai

Langkah – langkah perencanaan pelat sebagai berikut :

- MenentukanTebal pelat lantai
- Penentuan dimensi pelat lantai
- Peritungan pembebanan pada pelat lantai
- Peritungan penulangan pada pelat

3.6.2 Desain Kolom

Langkah – langkah desain kolom sebagai berikut :

- Penentuan dimensi kolom
- Peritungan pembebanan kolom
- Menghitung statika dengan software SAP2000 V.14

3.6.3 Desain Balok

Langkah – langkah desain kolom sebagai berikut :

- Penentuan dimensi balok
- Perhitungan beban balok
- Menghitung statika dengan software SAP2000 V.14

3.7 Bagan Alir

Untuk proses desain rencana dengan struktur baja wf, berikut adalah bagan alir yang memuat tahapan-tahapan dalam menganalisis dan merencanakan bangunan.

