

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah hasil beberapa studi literatur yang diambil dari beberapa referensi hasil jurnal dan tugas besar yang penulis lampirkan ringkasannya sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
1	Senot Sangadji, S.A. Kristiawan , dan Inton Kurniawan Saputra (2019)	Pengimplementasian <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada gedung 5 lantai	Permodelan dilakukan menggunakan <i>software Autodesk Revit</i>	Dengan adanya sistem <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pekerjaan konstruksi menjadi lebih transparan dan koordinasi menjadi lebih cepat dan mudah. Dengan adanya integrasi antar <i>software</i> BIM dan otomatisasi memudahkan arsitek dan <i>engineer</i> untuk mengganti komponen bangunan.

(Sumber: Senot Sangadji dkk, 2019)

**Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
2	Handika Rizky Hutama (2017)	Menganalisa faktor apa saja yang menyebabkan suatu proyek terhambat pengerjaannya menggunakan metode <i>Building Information Modelling</i> (BIM)	Analisis <i>Kaiser Mayer Olkin dan Barletttest of sparcity, Analisis Matrik Image Correlation, Analisis Total Variance Explained</i>	Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka penulis dapat mengambil kesimpulan bahwa faktor utama penghambat penerapan BIM pada proyek konstruksi gedung adalah kurangnya partisipasi manajemen dalam memberikan motivasi, pelatihan, dan pengawasan. Motivasi adalah salah satu upaya untuk menjadikan perusahaan itu bisa berkembang dan maju.

(Sumber: Handika Risky Utama, 2017)

**Tabel 2. 3 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
3	Cinthia Ayu Berlian P., Randy Putranto Adhi, Arif Hidayat , Hari Nugroho (2019)	Membanding <i>output</i> Biaya, Mutu, Waktu (BMW)	<i>Building Information Modelling</i> (BIM) dan Metode konvensional	1. Dari tiga narasumber yang berpartisipasi dalam pengisian kuesioner yaitu PT. Wiratman & Associates, PT. Total Bangun Persada, dan PT. Pratiwi Putri Sulung dapat diketahui bahwa penggunaan BIM mampu meningkatkan efisiensi pada lama waktu perencanaan hingga 2 kali lipat dan pemanfaatan sumber daya manusia yang berefek pada penghematan biaya yang digunakan pada perencanaan proyek. Sementara itu, dari kuesioner dapat diketahui bahwa BIM memiliki kelebihan dalam proses tahapan dan mempermudah pekerjaan dan koordinasi.

(Sumber: Cinthia Ayu Berlian P dkk. ,2019)

**Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
4	Wisnu Adi Prasetya (2018)	Meninjau pengimplemetasian <i>Building Information Modelliing</i> (BIM) yang ada di Negara – Negara ASEAN	Studi Kasus	Artikel jurnal internasional yang rendah menunjukkan bahwa penelitian BIM belum matang di beberapa negara ASEAN. Studi perspektif juga menunjukkan bahwa implementasi BIM di negara ASEAN didominasi oleh Singapura. Sebagai kesimpulan, penelitian ini berkontribusi untuk menyediakan tingkat implementasi BIM yang dilaporkan saat ini dinegara ASEAN. Oleh karena itu, di masa depan untuk memberikan pandangan yang luas dari implementasi BIM, penelitian untuk mempelajari implementasi BIM di berbagai sektor konstruksi harus masuk pada program prioritas.

(Sumber: Wisnu Adi Prasetya, 2018)

**Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
6	Faqih Nadiyah Umam (2018)	Analisis <i>management</i> waktu dengan menggunakan <i>software Tekla Structures</i>	<i>Building Information Modelling</i> (BIM)	1.Penerapan BIM dilakukan dengan melakukan pemodelan 3D dan 4D menggunakan program <i>Tekla Structures 2017i</i> . Pemodelan 3D dilakukan berdasarkan ABD tanpa analisis pembebanan dan dapat dilihat spesifikasinya pada <i>Model Organizer</i> . Pemodelan 4D dilakukan dengan menambahkan jadwal pekerjaan yang terhubung dengan pemodelan 3D.

(Sumber: Faqih Nadiyah Umam, 2018)

**Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
7	Retno Minawati, Herry P. Chandra, Paulus Nugraha (2017)	Dijelaskan apa saja kelebihan dan kekurangan <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada tahap desain dan pelaksanaan	<i>Building Information Modelling</i> (BIM)	Manfaat penggunaan <i>software Tekla BIM</i> pada proyek <i>design-build</i> antara lain representasi 3D bangunan (X13), pembagian informasi (X23), dan penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X32). Representasi 3D bangunan (X13) merupakan faktor presisi dan kejelasan detail (X1) yang paling mempengaruhi keberhasilan proyek <i>design-build</i> dengan nilai mean sebesar 4.425. Pembagian informasi (X23) merupakan faktor otomatisasi terhadap output (X2) yang paling mempengaruhi keberhasilan proyek <i>design-build</i> dengan nilai mean sebesar 4.125. Penghubung desain struktural dengan fabrikasi (X32) merupakan faktor efisien.

(Sumber: Retno dkk, 2017)

**Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
8	Cindy F. Mieslenna, Andreas Wibowo (2019)	Menganalisa faktor penghambat, potensi kedepan, strategi percepatan, dan sinkronisasi implementasi yang sesuai dengan keinginan dari sisi pengguna	pendekatan kualitatif referensi detail tentang pendekatan ini dapat diacu pada Berg (2001) atau Stake (2010)	BIM di Indonesia sudah mulai diadopsi oleh beberapa pelaku konstruksi meski masih terbatas. Proses adopsi BIM bisa dilakukan secara <i>bottom-up dan top-down</i> dengan motivasi yang beragam antara satu perusahaan dan perusahaan lain. Faktor-faktor keunggulan BIM yang teridentifikasi adalah dapat mengendalikan proyek konstruksi, mendeteksi konflik pada saat proses perencanaan, mengurangi RFI, mengurangi limbah material, mengestimasi biaya, menghindari <i>rework</i> , menghemat SDM, mempermudah

(Sumber: Cindy F. Mieslenna dkk, 2019)

**Tabel 2. 8 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
9	Kukuh Kurniawan DS (2018)	Menjelaskan mengenai apa saja yang dapat dilakukan dengan menggunakan <i>software Tekla Structures</i> dengan tujuan analisa pada atap dome gedung olahraga UTP Surakarta	<i>Building Information Modelling (BIM)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan konstruksi baja yang memiliki kompleksitas dan ketelitian dalam pengerjaan diperlukan gambar detail yang baik untuk fabrikasi. 2. Gambar fabrikasi menggunakan <i>Tekla Structure</i> memudahkan dalam proses fabrikasi atap baja dome yang memerlukan ketelitian. 3. Perencanaan fabrikasi terhadap alur pemasangan saat konstruksi dilakukan sesuai rencana metode pemasangan dengan bantuan gambar fabrikasi. 4. Laporan <i>bill of material</i> (BOM) dari pemodelan atap baja dome memudahkan dalam mengontrol kebutuhan material fabrikasi dan pemasangan.

(Sumber: Kukuh Kurniawan DS, 2018)

**Tabel 2. 9 Penelitian Terdahulu
(Lanjutan)**

No.	Nama Penulis (Tahun)	Pokok Bahasan	Metode	Hasil Penelitian/Kesimpulan
10	Yulita Hanifah (2016)	<p>Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat <i>awareness</i>, penggunaan dan kecenderungan pemanfaatan BIM, khususnya pada akademisi dan praktisi di bidang Arsitektur pada saat ini.</p> <p>Hal ini penting agar seluruh masyarakat yang terlibat di dalamnya, baik praktisi maupun akademisi,</p>	<p><i>metode mixed-method</i>, dengan menggunakan gabungan metode kualitatif dan kuantitatif (Creswell, 2008).</p>	<p>Hasilnya, dapat disimpulkan bahwa tingkat <i>awareness</i> cukup tinggi dengan 70% responden yang mengenal BIM. Namun tingkat penggunaannya masih rendah dengan 38% yang menggunakan BIM. Dari 38% yang menggunakan BIM, penggunaan dengan frekuensi tertinggi adalah untuk 3D Modelling dan Visualisasi. Sementara itu, penggunaan BIM untuk 5D <i>Modelling/Cost Estimate</i> serta Dokumentasi berada di frekuensi terendah. Sementara itu, untuk mengetahui kecenderungan pengguna dalam memanfaatkan BIM, pengguna dikategorikan menjadi akademisi dan praktisi.</p>

(Sumber: Yulita Hanifah. 2016)

2.2 Permodelan Struktur

Permodelan merupakan suatu kegiatan desain berupa gambar 2D maupun 3D yang memiliki tujuan sebagai acuan gambar dalam pelaksanaan suatu pekerjaan proyek

2.2.1 Permodelan 2D

Permodelan 2D adalah gambar yang memiliki 2 sumbu X dan Y. Permodelan 2D bisa dilihat dari atas dan samping. Ada beberapa *software* yang bisa digunakan dalam permodelan 2D yaitu :

- *Adobe Photoshop*
Software ini memiliki fungsi dalam mengoptimalkan hasil gambar dalam bentuk 2D.
- *CorelDraw*
Software ini memiliki fungsi dalam membuat gambar atau logo dalam bentuk 2D.
- *Autodesk AutoCad*
Software ini memiliki fungsi dalam membuat gambar kerja untuk keperluan konstruksi secara konvensional.

2.2.2 Permodelan 3D

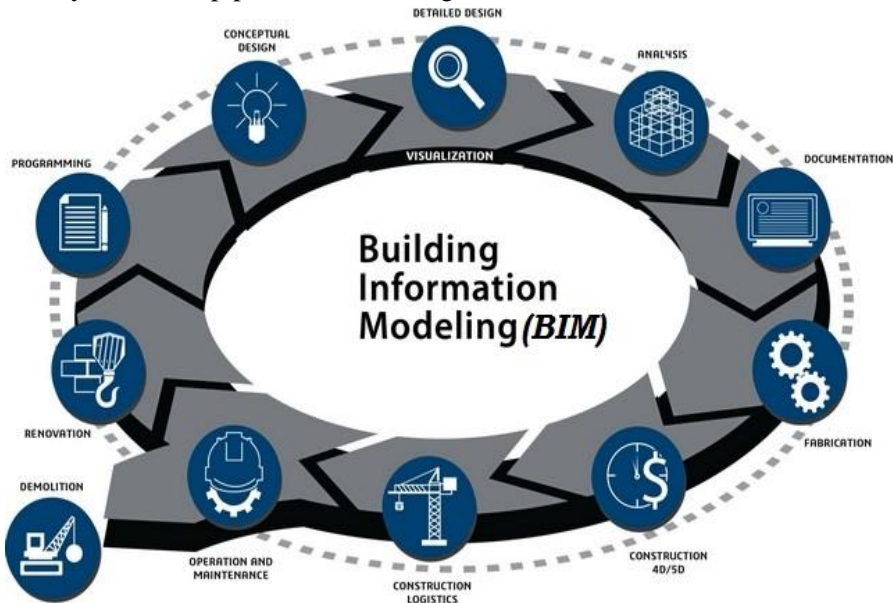
Permodelan 3D adalah gambar yang memiliki 3 sumbu X, Y dan Z. Permodelan 3D bisa dilihat dari atas, samping dan juga *isometric*. Ada beberapa *software* yang bisa digunakan dalam permodelan 3D yaitu :

- *3Ds Max*
Software ini memiliki fungsi dalam membuat garis vector dalam bentuk 3D yang digunakan dalam membuat animasi.
- *Google Sketchup*
Software ini memiliki fungsi dalam membuat gambar visualisasi pekerjaan konstruksi secara 3D.
- *Tekla Structures*
Software ini berfungsi dalam membuat gambar konstruksi yang dapat dioperasikan dalam bentuk 3D.

2.3 Building Information Modelling (BIM)

Menurut Eastman et al (2008), BIM merupakan perubahan paradigma yang dimiliki masyarakat saat ini, tidak hanya untuk mereka yang bergerak dalam bidang konstruksi bangunan tetapi juga untuk masyarakat yang lebih luas lagi, bangunan yang baik adalah bangunan yang dalam tahap pembangunannya menggunakan energi, tenaga kerja dan modal yang lebih

sedikit. BIM pada dasarnya adalah digital *platform* untuk pembuatan bangunan *virtual*. Jika BIM diterapkan, modelnya harus dapat berisi semua informasi bangunan tersebut, informasi tersebut digunakan untuk bekerja sama, memprediksi, dan membuat keputusan tentang desain, konstruksi, biaya, dan tahap pemeliharaan bangunan.



Gambar 2. 1 Konsep BIM
(Sumber: Zubaid, 2020)

BIM merupakan salah satu teknologi di bidang AEC (*Architecture, Engineering and Construction*) yang mampu mensimulasikan informasi berupa representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional dari suatu bangunan yang di dalamnya terkandung semua Informasi mengenai elemen-elemen bangunan tersebut yang digunakan sebagai basis pengambilan keputusan dalam kurun waktu siklus umur mulai dari konsep hingga demolisi.

Para pengguna merasakan banyak manfaat pada BIM serta juga memberikan peluang untuk mencoba solusi sebelum membangun struktur di lapangan dengan model yang dapat dibangun, prototipe struktur dapat dibuat secara *virtual*. Para pihak proyek dapat memahami dan meninjau desain dengan lebih mudah, sehingga terjamin akurasi dan kelengkapannya, serta memberikan visualisasi dan evaluasi alternatif dalam hal biaya dan parameter proyek lainnya. BIM telah diapresiasi dalam meningkatkan komunikasi antar pihak proyek dan kualitas yang secara umum lebih baik.

2.4 Tekla Structures

2.4.1 Pengenalan *Tekla Structures*

Tekla Corporation didirikan di Finlandia pada tahun 1966 dan memiliki kantor pusat di Espoo, Finlandia, sedangkan kantor cabang dari *Tekla Corporation* berada di Swedia, Denmark, Jerman dan Amerika Serikat. *Tekla* memiliki penjualan bersih sebesar hampir 58 juta euro pada tahun 2010. Perusahaan ini mempekerjakan lebih dari 500 orang dan memiliki pelanggan di sekitar 100 negara (Tekla, 2012). *Tekla corporation* memiliki empat jenis *software* berdasarkan fungsi pekerjaan yang dihadapi, diantaranya *Tekla Structures* untuk pekerjaan struktur, *Tekla XCity* untuk arsitektur, *Tekla XPipe* untuk perpipaan, dan *Tekla XPower* untuk bagian elektrikal.

Tekla Structures awalnya dikenal sebagai *Tekla X-Steel* di pertengahan tahun 1990 (Jiang Xinan, 2011). *Tekla X-steel* hanya terfokus pada perencanaan bangunan baja. Versi ini berkembang sampai versi 9. Untuk versi selanjutnya *Tekla Corporation* sebagai pengembang program ini memperluas kemampuan *Tekla Structures* dengan menambah fitur untuk pemodelan, analisis, desain dan detailing struktur beton bertulang.

Tekla adalah aplikasi *Building Information Modelling* yang dikembangkan oleh *Tekla Corporation* untuk keperluan perhitungan dan rekayasa struktur termasuk juga fitur-fitur komprehensif yang bisa digunakan bagi para *detailer*, *fabricator*, manufaktur dan constructor. Modul untuk keperluan manajemen konstruksi juga sudah ditambahkan pada *software* ini. (Khemlani, 2008).

Software ini merupakan program bantu yang sangat canggih dan mampu mempersingkat proses *delivery* desain, pendetailan, proses manufaktur atau fabrikasi dan manajemen konstruksi.

2.4.2 Kelebihan *Tekla Structures*

Pada dasarnya pengerjaan pada *software Tekla Structures* meliputi 2 hal yaitu *modelling* (proses pembuatan suatu proyek di dalam 3 dimensi) dan *drawing* (proses persiapan, atau peapihan gambar dari 3D menjadi 2D yang siap di print out). (M. Hadi ST., 2018)

Fungsi pemodelan (*modelling*) *Tekla Structures* memungkinkan pengguna untuk melakukan :

1. Melihat model *Tekla* (semua material dan profil).
2. Membuat dan memodifikasi *grid*.
3. Membuat pengelasan.
4. Penambahan beban untuk model.
5. Membuat *rebar concrete*.
6. Membuat *assemblies* dari *steel parts*.

7. Membuat *cast units* dari *concrete parts*.
8. Membuat *levels* dari *assembly hierarchy*.
9. Membuat detail (*steel and concrete*) *connection*.
10. Membuat *automatic present connections to multiple parts*.
11. Membuat *erection sequences*.
12. Melihat informasi model 4D (penjadwalan proyek).
13. Pilih dan mengelola jadwal tahap pembangunan.
14. Pemberian *marking* secara otomatis.

Sedangkan untuk *output* yang dapat dihasilkan :

1. *Create cast-in-place concrete reinforcement drawings with bending schedules*.
2. *Customize drawing title blocks and reports*.
3. *Create general arrangement drawings (plan, section, erection)*.
4. *Create single-part and assembly drawings (steel)*.
5. *Create cast-unit drawings (precast concrete)*.
6. *Print and plot drawings and reports*.
7. *Create reports (assembly lists, part lists)*.
8. *Create reinforcement reports (bending schedules, weights, amounts)*.

Dengan *Tekla Structures* kita dapat memperoleh analisa dan hasil perhitungan, gambar, laporan, atau output lainnya dari satu model struktur. *Tekla Structures* memiliki tampilan standar *API (Application Programming Interface)* untuk menghubungkan analisis dan desain *software*. (M. Hadi ST., 2018)

Analisa pemodelan secara terpisah (menggunakan *software* lain). Penarikan, Pembebanan, reaksi, dan deeksi, semuanya dapat ditampilkan sebagai bagian dari analisa struktur kita. Semua ketentuan/ ketetapan di simpan dari langkah sebelumnya. Jadi, ketika terjadi perubahan, cukup memainkan analisa kemudian periksa hasil yang baru kita peroleh. *Tekla Structures* dapat digabungkan dengan aplikasi - aplikasi yang sudah ada, atau semata-mata sebagai tempat untuk mengembangkan permasalahan internal biasa.

Tekla Structures, memiliki presisi yang tinggi dan mudah dioperasikan baik dari segi pemakaian maupun evaluasinya, bahkan oleh orang awam sekalipun. Selain itu bisa terinegritas secara langsung degan aspek manajemen (*QS, step of construction, storage manajemen*) bahkan dapat dihubungkan dengan mesin CNC. (M. Hadi ST., 2018)

Software ini dapat digunakan untuk menganalisa permasalahan-permasalahan model struktur. *Tekla Structure* adalah *software* pemodelan multi-material dan multi-proses. Kita dapat menentukan dan menganalisa dalam suatu model 3D yang serupa, memperbaiki secara akurat semua

pekerjaan struktur. Semua perubahan secara otomatis update sewaktu-waktu dilakukan revisi. Pemodelan dengan waktu singkat dan kemampuan mengoperasikan memberikan hasil manajemen proyek yang efisien. Dan yang paling hebatnya, *Tekla Structures* sungguh mudah digunakan dan dikuasai. (Yanuarini Erlina, 2011)

Menurut Jian Xinan (2011) *Tekla Corporation* mengembangkan *Server Multiuser*, sehingga dapat mendukung maksimum 40 pengguna beroperasi secara bersamaan. Format yang didukung oleh *Tekla Structures* adalah *IFC*, *DWG*, *CIS/2*, *DSTV*, *SNDF*, *DGN* dan *DXF*, sehingga *Tekla Structures* dapat digabungkan dengan aplikasi-aplikasi yang sudah ada. *Software* ini terhubung dengan berbagai jenis sistem melewati *Tekla Open API*. *IFC*, *CIS/2*, *DSTV* dan *SDNF* merupakan contoh format biasa yang didukung oleh *Tekla Structures*, sedangkan *DWG*, *DGN* dan *DXF* merupakan contoh dari format yang sudah jadi hak milik yang didukung oleh *Tekla Structures*.

2.4.3 Perbedaan software Tekla Structures dan software CAD (Computer Aided Design)

Dalam penggunaannya *software Tekla* dan *software CAD* memiliki perbedaan sebagai berikut :

- *Software Tekla*
 1. Mampu mencapai desain hingga 7D
 2. Dapat dioperasikan secara digital
 3. Dapat update secara otomatis
 4. Pemrosesan secara digital
 5. Dapat bekerja dengan cepat
 6. Terintegrasi secara menyeluruh

- *Software CAD (Computer Aided Design)*
 1. Desain hanya mampu sampai 2D
 2. Dalam penyampaian informasi harus dicetak
 3. Bekerja secara manual
 4. Pemrosesan secara analog
 5. Bekerja dengan lambat
 6. Tidak terkoneksi secara menyeluruh

2.5 Pembebanan

2.5.1 Beban Mati

Beban mati (DL) adalah berat dari semua bagian gedung yang bersifat tetap. Beban mati terdiri dari dua jenis yaitu berat struktur itu sendiri dan *superimposed deadload* (SiDL). Beban *superimposed* adalah beban mati

tambahan yang diletakkan pada struktur, dimana biasanya dapat berupa lantai keramik dan sebagainya. Perhitungan besarnya beban mati suatu elemen dilakukan dengan meninjau berat satuan material tersebut berdasarkan volume elemen. Berat satuan (*unit weight*) material secara empiris telah ditentukan dan telah banyak dicantumkan tabelnya pada sejumlah standar atau peraturan pembebanan. Berikut adalah pembebanan yang diambil dari PPIUG 1983.

Tabel 2. 10 Beban Mati

Jenis Beban	Berat (kg/m²)
Beton Bertulang	2400
Dinding Bata 1/2 Bata	250
Plafond (Termasuk Rangka dan Penggantung)	20
Instalasi MEP	25
Spesi	21
Waterproofing	14
Keramik	24

(Sumber : PPIUG 1983)

2.5.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak bagian struktur dan dapat diganti. Sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan pada lantai dan atap. Berikut adalah pembebanan yang diambil dari RSNI2 1727:2018.

Tabel 2. 11 Beban Hidup

Jenis Beban	Berat (kg/m²)
Ruang Staff	244,73
Toilet	254,93
Selasar	390,55
Musholla	195,79
Lobby	244,73
Kamar	195,79
Dak Atap	488,44
Ruang Serba Guna	488,44
Ruang Kontrol	244,73

(Sumber : RSNi2 1727:2018)

2.5.3 Beban Angin

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) dan seluruh komponen gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut RSNi2 1727-2018 Pasal 29.

Besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau dapat berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan.

Salah satu faktor penting yang mempengaruhi besarnya tekanan dan isapan pada bangunan pada saat angin bergerak adalah kecepatan angin. Besarnya kecepatan angin berbeda-beda untuk setiap lokasi geografi. Kecepatan angin rencana biasanya didasarkan untuk periode ulang 50 tahun. Karena kecepatan angin akan semakin tinggi dengan ketinggian di atas tanah, maka tinggi kecepatan rencana juga demikian. Selain itu perlu juga diperhatikan apakah bangunan itu terletak di perkotaan atau di pedesaan. Seandainya kecepatan angin telah diketahui, tekanan angin yang bekerja pada bangunan dapat ditentukan dan dinyatakan dalam gaya statis *ekuivalen*.

A. Faktor Kepentingan Angin I_w

Nilai untuk Faktor Kepentingan Angin diambil menurut tabel dibawah ini :

Tabel 2.12 Faktor Kepentingan Angin, I_w

Kategori Risiko Struktur	Faktor Kepentingan Angin, I_w
I	1.00
II	1.00
III	1.00
IV	1.00

(Sumber : RSNi2 1727:2018)

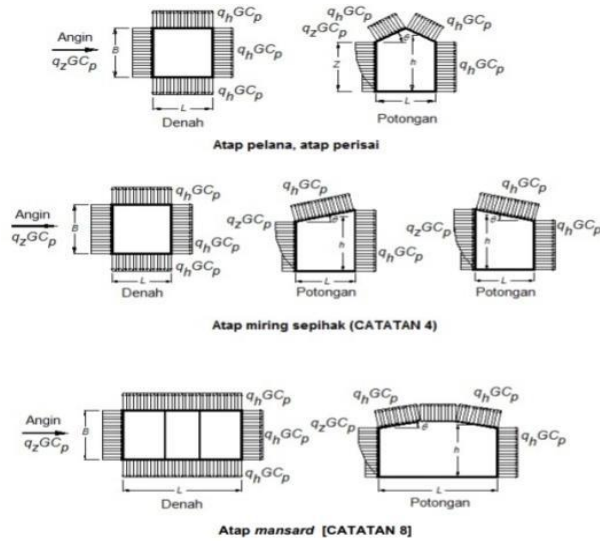
B. Kecepatan Angin Dasar, V

Berdasarkan RSNi2 1727:2018 “kecepatan angin dasar, V , yang digunakan dalam menentukan beban angin desain di bangunan gedung dan struktur lain harus ditentukan dari Instansi yang berwenang.

Tabel 2.13 Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin, K_d
Bangunan Gedung :	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85

(Sumber : RSNi2 1727:2018)



Gambar 2. 2 Arah Tekanan External Dinding dan Atap
(Sumber : RSNi2 1727:2018)

Tabel 2.14 Koefisien Tekanan External Dinding, C_p

Koefisien Tekanan Eksternal Atap, C_p			
Permukaan	L/B	C_p	Digunakan
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	Qz
Dinding di sisi angin pergi	0-1	-0,5	Qh
	2	-0,3	
	4	-0,2	
Dinding Tepi	Seluruh nilai	-0,7	Qh

(Sumber : RSNi2 1727:2018)

Tabel 2.15 Koefisien Tekanan External Atap, C_p

Arah Angin	Di sisi angin datang				Di sisi angin pergi		
	Sudut (Derajat)				Sudut (Derajat)		
	h/L	10	15	20	10	15	≥ 20
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 100$	$\leq 0,25$	-0,7	-0,5	-0,3	-0,3	-0,5	-0,6
		-0,18	0	0,2			
	0,5	-0,9	-0,7	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
		-0,18	-0,18	0			
	$\geq 1,0$	-1,3	-1	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6
		-0,18	-0,18	-0,18			

(Sumber : RSN12 1727:2018)

2.5.4 Beban Gempa

Gempa adalah getaran yang terjadi dan dirasakan di permukaan bumi yang dikarenakan bergesernya lapisan lempeng tektonik pada dasar bumi akibat dari pelepasan energi secara tiba-tiba sehingga menghasilkan gelombang-gelombang seismik. Bersumber dari dalam bumi dan kemudian merambat ke permukaan, yang menyebabkan kerusakan pada permukaan tanah dan bergelombangnya permukaan air yang terkena gempa tersebut.

Ketika terjadi suatu gempa, sangat penting dilakukan pengukuran gempa karena pengukuran gempa berfungsi untuk menggambarkan seberapa besar pengaruh gempa yang terjadi terhadap lingkungan manusia, selain itu dengan pengukuran gempa dapat dijadikan parameter sebagai *historical* gempa dalam merancang suatu bangunan yang tahan terhadap gempa. Alat untuk mengukur gempa dengan cara menggunakan sensor untuk mendeteksi getaran pada permukaan bumi dikenal dengan nama *seismograf*. Dalam mengukur gelombang seismik yang muncul akibat gempa, *seismograf* menggunakan klasifikasi yang berbeda yaitu besaran gempa dan intensitas gempa. Dalam hal ini, skala yang digunakan juga berbeda, besaran gempa menggunakan *Skala Richter (SR)* dan intensitas gempa menggunakan *Skala Mercalli (SM)*.

Besarnya simpangan horizontal (*drift*) bergantung pada kemampuan struktur dalam menahan gaya gempa yang terjadi. Apabila struktur memiliki kekakuan yang besar untuk melawan gaya gempa maka struktur akan mengalami simpangan horizontal yang lebih kecil dibandingkan dengan struktur yang memiliki kekakuan kecil.

2.5.4.1 Kriteria Beban Gempa Menurut SNI 1726-2019

Berikut penulis lampirkan tabel kategori risiko bangunan yang penulis ambil dari SNI 1726:2019

Tabel 2.16 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki resiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk, dalam kategori resiko I, III, IV, termasuk tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Fasilitas manufaktur 	II

(Sumber : SNI 1726:2019)

**Tabel 2.17 Kategori Risiko Bangunan Gedung
dan Nongedung Untuk Beban Gempa
(Lanjutan)**

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun</p>	III
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung Sekolah dan fasilitas pendidikan - Pusat pembangkit energi dan fasilitas public lainnya - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi, dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendinginan, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran, atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakar) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat 	IV

(Sumber : SNI 1726:2019)

A. Faktor Keutamaan Gempa, (I_e)

Faktor keutamaan gempa ditentukan dari hasil kategori risiko bangunan berikut ini :

Tabel 2.18 Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, (I_e)
I dan II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2019)

B. Kategori Desain Seismik (KDS)

Berikut penulis lampirkan tabel kategori desain seismik yang penulis ambil dari SNI 1726:2019

Tabel 2.19 KDS Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode Pendek

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Berikut penulis lampirkan tabel kategori desain seismik SD1 yang penulis ambil dari SNI 1726:2019

Tabel 2.20 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.21 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada Periode 1 Detik (Lanjutan)

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

(Sumber: SNI 1726:2019)

Berikut penulis lampirkan tabel tingkat resiko gempa yang penulis ambil dari SNI 1726:2019

Tabel 2.22 Tingkat Resiko Gempa

Tingkat Risiko Gempa		
Rendah	Menengah	Tinggi
KDS	KDS	KDS
A,B	C	D,E,F
SRPMB/M/K	SRPM/K	SRPMK
SDSB/K	SDSB/K	SDS/K

(Sumber : SNI 1726:2019)

C. Faktor R untuk Penahan Gaya Gempa Lanjutan

Tabel 2.23 Faktor R, Ω dan C_d untuk Penahan Gaya Gempa Lanjutan

Sistem Penahan Gaya Seismik	R	Ω	C_d
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus	8	3	$5 \frac{1}{2}$
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Menengah	5	3	$4 \frac{1}{2}$
Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Biasa	3	3	$2 \frac{1}{2}$

(Sumber : SNI 1726:2019)

D. Klasifikasi Situs

Tabel 2.24 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 - 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak)	350 - 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: <ul style="list-style-type: none"> - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah luncur, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah. - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3\text{m}$) 		

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.5.4.2 Metode Gempa Respons Spektrum (Sumber : SNI 1726:2019)

- *Base Shear*

$$V = \frac{C_i \cdot I}{R} W_t \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

- C_i = nilai faktor respon gempa
- I = faktor keutamaan gempa
- R = faktor reduksi gempa
- W_t = berat total bangunan

- *Ekuivalen F_i*

$$F_i = \frac{W_i \cdot Z_i}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot Z_i} \times V \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana,

- W_i = Berat lantai
- Z_i = Ketinggian lantai
- n = nomor lantai tingkat paling atas

- Parameter *Spectrum Respons* percepatan SM_1 dan SM_s

$$SM_s = F_a \times S_s \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana,

- F_a = Periode pendek
- S_s = Percepatan periode dasar percepatan pendek 0,2 detik

$$SM_1 = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

- F_v = Periode 1 s
- S_1 = Percepatan periode dasar percepatan pendek 1,0 detik

- Parameter Percepatan *Spectral Desain* SD_s dan SD_1

$$SD_s = \frac{2}{3} \times SM_s \dots\dots\dots (2.5)$$

$$SD_1 = \frac{2}{3} \times SM_1 \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana,

- SMS = Percepatan dipermukaan tanah untuk periode pendek
- $SM1$ = Percepatan dipermukaan tanah untuk periode 1 s

- Spektrum Respons Desain

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 ,spektrum respons percepatan desain, S_A ,harus diambil dari persamaan : $S_a = S_d s \left[0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right]$
2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ,spektrum respons percepatan desain, S_A ,sama dengan S_{DS} .
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s ,spektrum respons percepatan desain, S_A ,diambil berdasarkan persamaan:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \dots\dots\dots(2.7)$$

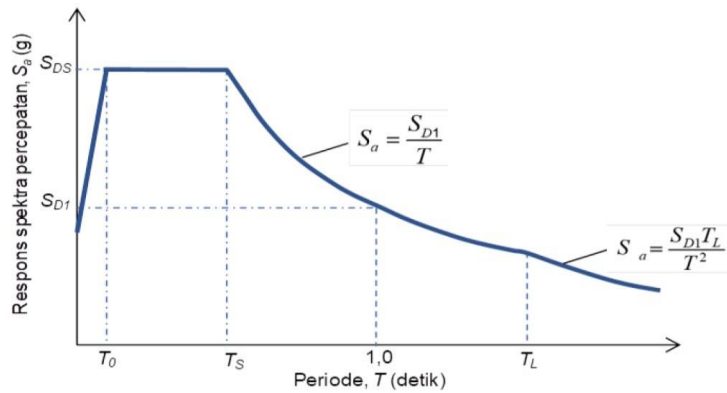
Keterangan :

$$T_o = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}}$$

Dimana,

- T = Periode alami
- Sa = Respons spectrum desain
- SD1 = Respons spectrum desain periode 1 s
- SDS = Respons spectrum desain periode pendek



Gambar 2.3 Desain Respons Spektrum
(Sumber : SNI 1726:2019)

- Koefisien Respons Seismik

Tabel 2.25 Koefisien Respons Seismik

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30

(Sumber : SNI 1726:2019)

Tabel 2.26 Koefisien Respons Seismik (Lanjutan)

Sistem penahan-gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat-lebih sistem, Ω_0^g	Faktor pembesaran defleksi, C_d^b	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^c				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^d	E ^d	F ^e
C.Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^{h/}	TI ^h	TI ⁱ
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^h	TI ^h	TI ⁱ
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber : SNI 1726:2019)

- Koefisien Respons Seimik

$$C_s = \frac{Sds}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

Sds = Parameter percepatan respons spectral desain
 Ie = Keutamaan gempa
 R = Koefisien modifikasi respons

- Beban Geser Dasar

$$V = C_s \times \sum W \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana,

C_s = Koefisien Seismik
 W = Berat Total

- Gaya Geser Dasar Gempa

$$F_x = C_v \times V \dots\dots\dots(2.10)$$

$$C_{vx} = \frac{W \times H^k}{\sum W \times H^k} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana,

C_{vx} = factor distribusi vertikal
 W = Berat total bangunan

- H = Tinggi bangunan
k = Eksponen yang terkait dengan perioda struktur

2.5.5 Kombinasi Pembebanan (Sumber : SNI 1726:2019)

Menurut SNI 1726-2019 struktur, komponen dan pondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau bahkan melebihi :

$$U = 1,4D \dots\dots\dots(2.12)$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)\dots\dots\dots(2.13)$$

$$U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)\dots\dots\dots(2.14)$$

$$U = 1,2D + 1,0W + L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)\dots\dots\dots(2.15)$$

$$U = 0,9D + 1,0W \dots\dots\dots(2.16)$$

$$U = 1,2D + E_v + E_h + L \dots\dots\dots(2.17)$$

$$U = 0,9D - E_v + E_h \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana,

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

W = Beban Angin

Lr = Beban hidup di atap yang ditimbulkan oleh pekerja di atap

R = Beban hujan, tidak termasuk dari genangan air

E_v = Beban gempa vertical

E_h = Beban gempa Lateral

2.6 Komponen Struktur

2.6.1 Lower Structures (struktur bawah)

Yang dimaksud dengan struktur bawah adalah bagian struktur bangunan yang posisinya berada di bawah tanah. Antara lain :

A. Pondasi

Pondasi adalah bagian struktur bangunan yang terletak paling bawah, yang memiliki tugas sebagai menerima beban dari sloof dan menyalurkannya lagi ke tanah asli. Gaya yang sudah diteruskan ke tanah akan ditahan oleh tanah itu sendiri. Jenis pondasi dapat dibagi menjadi 2, yaitu:

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal (*shallow foundation*), digunakan bila lapisan tanah padat dengan daya dukung cukup besar, letaknya tidak dalam. Karena itu, kedalaman dasar pondasi minimal 0,80 m sampai 1 m di bawah permukaan tanah (Gunawan Rudi, 1994).

Contoh:

- Pondasi batu kali
- Pondasi Pelat setempat
- Pondasi umpak

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam (*deep foundation*), digunakan bila lapisan tanah dengan daya dukung yang cukup kuat, terletak jauh di bawah permukaan tanah. Pondasi ini dapat dibuat dari tiang-tiang kayu, baja, beton bertulang atau beton pratekan. Ukuran panjang tiang tidak boleh lebih dari 45 kali diameternya, dan beban tiang-tiang tidak boleh melebihi daya dukungnya. Bila digunakan tiang-tiang pancang, maka kepala dan ujung tiang harus dijaga jangan sampai rusak oleh pekerjaan pemancangan. Bila digunakan tiang-tiang dari beton bertulang atau beton pratekan yang tidak dicor ditempat, maka tiang-tiang ini harus cukup kuat pula untuk diangkut dan dikerjakan (Gunawan Rudi, 1994).

Contoh:

- Pondasi tiang pancang
- Pondasi bore pile
- Pondasi strousse
- Pondasi jaring laba – laba

B. Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang posisinya berada diantara pondasi dan kolom, sloof memiliki tugas sebagai penerima beban dari kolom dan menyalurkannya kembali ke struktur pondasi. Sloof dapat dibuat dari beton atau dari bata yang dipasang tegak berjejer, selain dapat menahan beban langsung dari atas juga dapat berfungsi sebagai pengikat antara *pile cap* (Tangoro Dwi et al, 2005).

2.6.2 Upper Structures (Struktur Atas)

Yang dimaksud dengan struktur atas adalah bagian struktur bangunan yang posisinya berada di atas tanah. Antara lain

A. Kolom

Kolom merupakan struktur bangunan atas yang posisinya dipasang secara vertical, kolom bisa terbuat dari beton bertulang, baja, kayu, dan komposit. Kolom memiliki tugas sebagai penerima beban dari pelat lantai dan menyalurkan beban itu tadi ke sloof.

Berdasarkan fungsinya kolom dapat dibedakan menjadi 2, antara lain :

1. Kolom Praktis

Kolom praktis merupakan kolom kecil berdimensi kurang dari 15x15 cm dan memiliki fungsi sebagai membantu kolom struktur (utama) dalam penyaluran beban.

2. Kolom Struktur

Kolom struktur merupakan komponen utama dalam suatu bangunan yang dimensinya lebih dari 15x15 cm.

Khusus untuk struktur bangunan baja dan kayu, dalam hubungannya dengan pondasi, sloof, kolom dan balok, memerlukan sistem sambungan baja dan sambungan kayu (Tangoro Dwi et al, 2005)

B. Ring Balk

Ring balk atau balok cincin adalah struktur bangunan yang posisinya berada di atas kolom yang berfungsi sebagai pengikat antara kolom – kolom dan penstabil tembok agar tidak mudah goyah. Dimensi *ring balk* sama dengan dengan ukuran tebal dinding atau disamakan dengan kolom praktis.

C. Pelat Lantai

Pelat lantai atau *slab* merupakan struktur bangunan yang berfungsi sebagai pijakan pada saat bangunan itu digunakan, beban dari pelat lantai akan disalurkan ke dalam struktur balok.

D. Balok

Balok merupakan struktur utama pada gedung yang posisinya dipasang secara horizontal dan memiliki fungsi sebagai penerima beban dari pelat lantai dan meneruskan beban itu tadi ke dalam struktur kolom. Menurut fungsinya, balok dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Balok Induk
Struktur balok utama yang memiliki rasio dimensi b/h sama dengan $1/2$.
2. Balok Anak
Balok anak memiliki tugas sebagai pembagi beban yang diterima oleh balok induk agar beban yang disalurkan oleh pelat lantai ke balok induk menjadi lebih ringan.

E. Atap

Atap merupakan struktur bangunan yang posisinya terlatak pada bagian paling atas sendiri pada bangunan. Atap bertugas untuk menerima beban dari alam dan menyelurkannya ke dalam struktur ring balk.

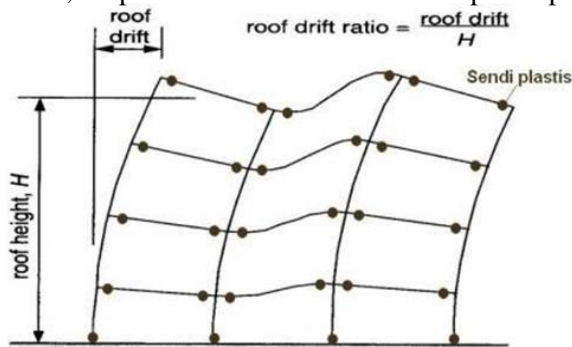
2.7 Desain Kapasitas

Menurut SNI 1726-2019 mempunyai konsep dasar yaitu:

1. Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa kuat.
2. Membatasi kerusakan gedung akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki.

Desain atau perencanaan merupakan perhitungan setelah dilakukan analisis struktur. Lingkup desain pada struktur gedung meliputi pemilihan dimensi dan jenis elemen yang memiliki kekuatan untuk memikul beban-beban pada kondisi layan (*Service Load*) dan kondisi batas (*Ultimate Load*). Dari segi struktural, salah satu ketentuan yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur agar struktur tahan terhadap gempa, adalah Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*). Untuk memenuhi

Agar struktur bangunan dapat bernilai lebih ekonomis, tetapi tetap tidak mengalami keruntuhan pada terjadi gempa kuat adalah menggunakan sistem struktur yang bersifat duktail. Dan untuk mendapatkan sifat duktail, terdapat prosedur desain kapasitas, yakni elemen dari struktur bangunan yang memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat direncanakan titik-titik penempatannya terlebih dahulu.

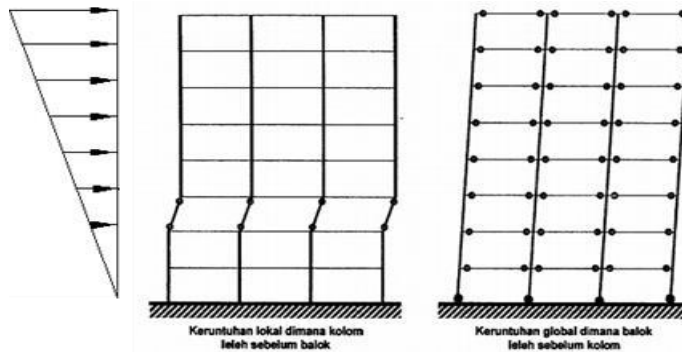


Gambar 2.4 Sendi Plastis Struktur Bangunan

(Sumber: Nasution, 2016)

Ada 2 jenis mekanisme kelelahan atau terbentuknya sendi-sendi plastis pada struktur portal, antara lain:

1. Mekanisme Kelelahan pada Balok (*Beam Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan dimana sendi-sendi plastis terbentuk pada balok-balok dari struktur bangunan, akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat (*Strong Column Weak Beam*).
2. Mekanisme Kelelahan pada Kolom (*Column Sidesway Mechanism*), yaitu keadaan dimana sendi-sendi plastis terbentuk pada kolom-kolom dari struktur bangunan pada suatu tingkat, akibat penggunaan balok-balok yang kaku dan kuat (*Strong Beam Weak Column*)



Gambar 2.5 Mekanisme Keruntuhan Lokal dan Global
(Sumber: Nasution, 2016)

2.8 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain struktur bangunan dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi). Dengan pendetailan 7-16 faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8. Hal ini disebabkan karena struktur SRPMK memiliki sifat yang fleksibel dengan daktilitas yang tinggi, sehingga bisa direncanakan dengan gaya gempa rencana yang minimum. Namun kekuatan dan kekakuan dari struktur juga harus diperhatikan untuk mampu menahan beban rencana, baik beban gravitasi maupun angin dan gempa, dan juga struktur harus menghasilkan *story drift* yang sesuai dengan batasan peraturan. (Farid, 2020)

Drift dari struktur dihitung dengan beban terfaktor yang diamplifikasi dengan faktor C_d (SNI 1726-2019). Dalam analisis tersebut, kekakuan efektif dari *frame* juga harus mempertimbangkan efek dari keretakan beton (*post elastic* desain). Analisis P-Delta juga perlu dilakukan karena dapat memberikan efek yang signifikan mengikuti ketentuan SRPMK, maka faktor reduksi gaya gempa R dapat diambil sebesar 8 yang

artinya bahwa gaya gempa rencana hanya 1/8 dari gaya gempa untuk elastisdesain (Pengambilan nilai $R > 1$ untuk mempertimbangkan post-elastic desain, yaitu struktur mengalami kelelahan tanpa kegagalan fungsi). Ketentuan SRPMK dijelaskan dalam SNI 2847:2019 yang sama dengan ketentuan ACI 318-02.

Desain struktur beton bertulang dengan SRPMK sudah dimulai sejak tahun 1960 (Blume et al, 1961) dan pertama kali diwajibkan penggunaannya untuk wilayah yang memiliki resiko gempa tinggi dalam *Uniform Building Code* (ICBO 1973). Saat ini, SRPMK wajib digunakan untuk wilayah dengan resiko gempa tinggi (ketagori desain sesimik D, E, dan F dalam SNI 1726-2019 atau ASCE 7-16. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, dalam SNI 1726-2019 dan ASCE. (Farid, 2020)

Prinsip SRPMK adalah Struktur diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktail. Prinsip ini terdiri dari tiga yaitu *Strong Column Weak Beam* (kolom kuat balok lemah) yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai, tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom, dan joint, dan menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktail. (Farid, 2020)

2.9 Desain Elemen Struktur

2.9.1 Preliminary Design

1. Balok (SNI 2847:2019 Pasal 9.3.1)

$$h = \frac{\lambda}{16} x \left(0.4 + \left(\frac{fy}{700} \right) \right) \dots\dots\dots(2.19)$$

$$b = \frac{2}{3} x h \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana,

h = tinggi balok rencana (cm)

b = tebal balok rencana (cm)

λ = bentang balok terpanjang (cm)

Fy = mutu beton (MPa)

2. Kolom (SNI 2847:2019 Pasal 10.3.1)

$$l_c = \frac{1}{12} x bh^3 \dots\dots\dots(2.21)$$

$$I_b = \frac{1}{12} x b h^3 \dots\dots\dots(2.22)$$

$$\frac{I_c}{h_c} > \frac{I_b}{L_b} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana,

- I_c = Inersia kolom (cm⁴)
- I_b = Inersia balok (cm⁴)
- h_c = ketinggian rencana kolom (cm)
- L_b = lebar balok terpanjang (cm)
- b = tebal kolom rencana (cm)
- h = tinggi kolom rencana (cm)

3. Pelat Lantai (SNI 2847:2019 Pasal 8.3.1)

$$h_{(min)} \geq \frac{\ln(0,8+fy/1500)}{36+9\beta} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$h_{(max)} \leq \frac{\ln(0,8+fy/1500)}{36} \dots\dots\dots(2.25)$$

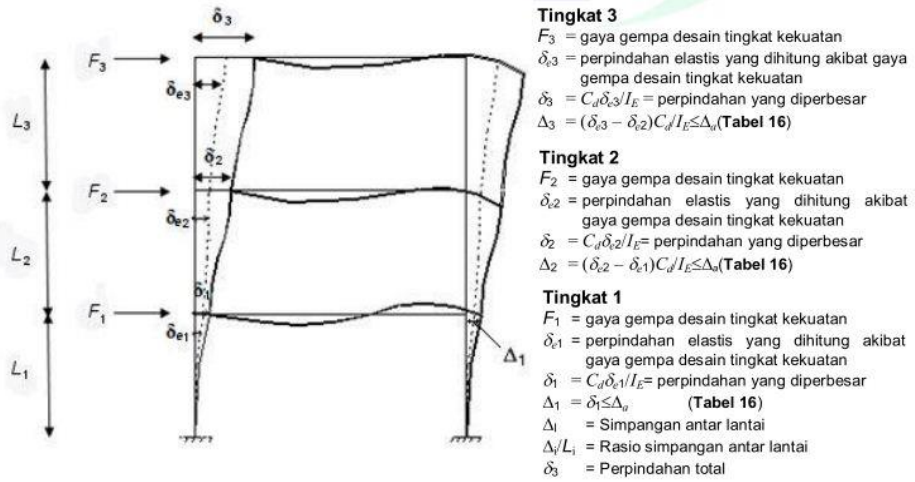
Dimana,

- h_{min} = ketebalan pelat beton minimum (mm)
- h_{max} = ketebalan pelat beton maksimum (mm)
- ln = bentang terpanjang (mm)
- fy = mutu tulangan baja (MPa)
- β = koefisien = ly/lx

2.9.2 Pondasi

- N_c = Faktor daya dukung
- ρ_b = Tahanan ujung nominal tiang (kN)
- C_b = Kohesi tanah dibawah dasar tiang (kN/m²)

2.10 Simpangan



Gambar 2.6 Simpangan Antar Lantai

(Sumber : SNI 1726:2019)

• **Drift**

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di tingkat teratas dan terbawah yang ditinjau. Defleksi pusat massa ditingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut:

$$\delta_x = \frac{C_d \times \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana,

- δ_{xe} = Defleksi pada lokasi yang ditentukan dengan analisis elastis
- C_d = Faktor amplifikasi defleksi dalam
- I_e = Faktor keutamaan gempa

• **Kinerja Batas Limit**

Syarat kinerja batas *ultimite* truktur gedung ditentukan simpangan antar tingkat akibat pengaruh gempa rencana dalam kondisi struktur gedung diambang keruntuhan yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan selat pemisah (delatasi). Untuk dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan struktur tidak melampaui simpangan antar tingkat ijin (Δ)

Tabel 2.26 Simpangan Izin Antar Lantai

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

(Sumber : SNI 1726:2019)

Dimana,

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat yang bersangkutan.