



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKORAT JENDERAL CIPTA KARYA
DIREKTORAT BINA TEKNIK PERMUKIMAN DAN PERUMAHAN



ANCAMAN MEGATRUST & PEMBANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA

(Dasar Hukum (NSPM) & Teknologi)

Oleh: SUTADJI YUWASDIKI

JAFUNG PEREKAYASA AHLI MADYA- IV/c

KAMIS, 30 AGUSTUS 2024

CURRICULUM VITAE PENGAMPU



Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dipl.E.Eng.

Jafung Perekayasa Ahli Madya / IV/c

Riwayat Pendidikan

1. S1- ITS Surabaya (1987)
2. Sp.1/S2 – Post Graduate International Institute of Seismology and Earthquake Engineering (ISEE) Tsukuba, Japan (1997)

Sertifikat Keahlian

1. Asesor Kompetensi PT-PBGN Sertifikat No. 93000 2419 0157582 2023
2. SKK Ahli Teknik Bangunan Gedung Kualifikasi Ahli, Level 9, Sertifikat No. 743212142,02 9 00000100 2022
3. Asesor Bangunan Gedung Hijau (BGH) berdasarkan Kepmen PUPR No. 1517/KPTS/M/2022 dan No. 774/KPTS/M/2024.

Riwayat Pekerjaan

1. 1990-2020 : Puslitbang Permukiman, Balitbang Kementerian PUPR
2. 2020- sekarang : Ditrektorat Bina Teknik Permukiman dan Perumahan (BTTP), Dirjen Cipta Karya , Kementerian PUPR.



Permohonan AKI



Jakarta, 16 Agustus 2024

Nomor : 098/AKI/VIII/2024
Perihal : Permohonan Narasumber
Lampiran : 1 (satu) set

Kepada Yth.
Ibu Dian Irawati
Direktur Bina Teknik Permukiman dan Perumahan
Direktorat Jenderal Cipta Karya
Kementerian PUPR
di Tempat

Dengan hormat,

Asosiasi Kontraktor Indonesia (AKI) dan Pakar Utama Bangunan Nusantara (PU BANGUN) akan mengadakan seminar dengan Tema "*Ancaman Megathrust dan Pembangunan Gedung Tahan Gempa*". Terkait hal ini, kami ajukan permohonan kepada Ibu untuk mengirim Bapak Ir. Sutadji Yuwasdiki, M.EngSc (Jafung Perekayasa Ahli Madya Kementerian PUPR) sebagai narasumber pada kegiatan tersebut. Kegiatan akan dilaksanakan pada:

Hari & Tanggal : Jumat, 30 Agustus 2024
Waktu : 09.00 WIB – Selesai
Tempat : Video Conference (Zoom Meeting)
(link zoom menyusul)

Informasi lebih lanjut terkait dengan webinar tersebut dapat menghubungi kami melalui Sdri. Vina (0819-3417-2214) atau PU Bangun (0813-8565-7488).

Demikian permohonan ini disampaikan, atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Hormat kami,
ASOSIASI KONTRAKTOR INDONESIA

Zali Yahya
Sekretaris Jenderal

Djoko Sarwono
Ketua Umum



TERM OF REFERENCE SEMINAR ANCAMAN MEGATHRUST DAN PEMBANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA

I. Pengantar

- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) menyebut gempa megathrust di Indonesia tinggal menunggu waktu.
- Perkiraan terjadinya gempa besar tentunya perluantisipasi bagi kontraktor yang sedang mengerjakan gedung untuk meminimalkan kerusakan dan korban jiwa.
- Berbagai persiapan dilakukan dengan desain struktur kokoh, penggunaan bahan tahan gempa, analisis risiko gempa, sistem peredam guncangan, perhitungan kekuatan material, dan lain sebagainya.
- Kajian maupun penelitian tentang teknologi bangunan tahan gempa pun terus dilakukan agar gedung bisa tahan gempa
- Berbagai syarat pemenuhan dilakukan agar bangunan tahan gempa dengan penerbitan Serifikat Laik Fungsi (LSF), norma, dan lain sebagainya
- Anggota PU BANGUN dan AKI perlu memahami teknologi, persyaratan, dan cara membangun gedung yang tahan gempa.

II. Tujuan

1. Melihat teknologi bangunan gedung yang bisa meminimalisir dampak gempa.
2. Berbagai aturan, norma dan lainnya yang digariskan oleh Kementerian PUPR.
3. Memotret metode kontraktor membangun gedung yang dapat meminimalisir dampak gempa.

III. Hasil yang Diharapkan

1. Memberi pemahaman kepada peserta terkait teknologi, pengalaman kontraktor membangun gedung yang mampu meminimalisir dampak gempa, serta aturan dan norma dalam menjamin keandalan bangunan gedung.

IV. Pembicara

1. Yuyus Juarsa, S.T., M.M (Direktur Operasi Bidang Gedung PT PP (Persero), Tbk)
Metode pelaksanaan pembangunan gedung tahan gempa pada PT PP (Persero), Tbk.
2. Ir. Sutadji Yuwasdiki, M.Eng.Sc (Jafung Perekayasa Ahli Madya Kementerian PUPR)
Aturan, syarat, norma, dan teknologi dalam pembangunan gedung tahan gempa.

Daftar Isi

01

**ANCAMAN GEMPA
MEGATRUST**

02

**ASPEK NORMA &
STANDAR**

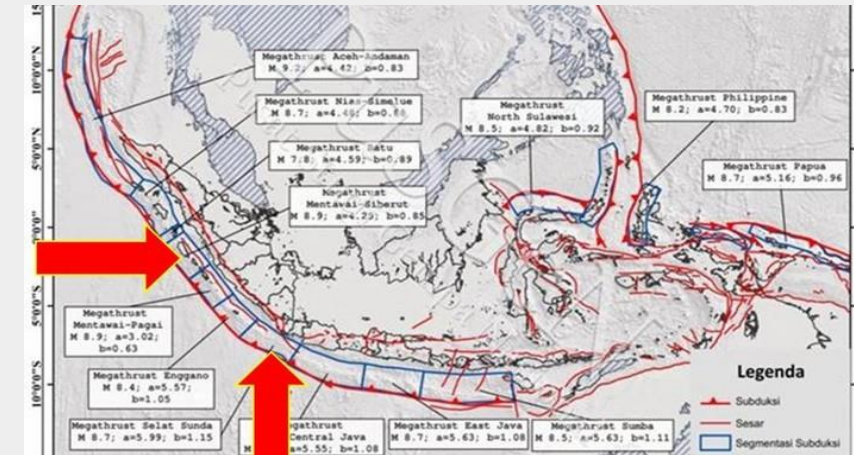
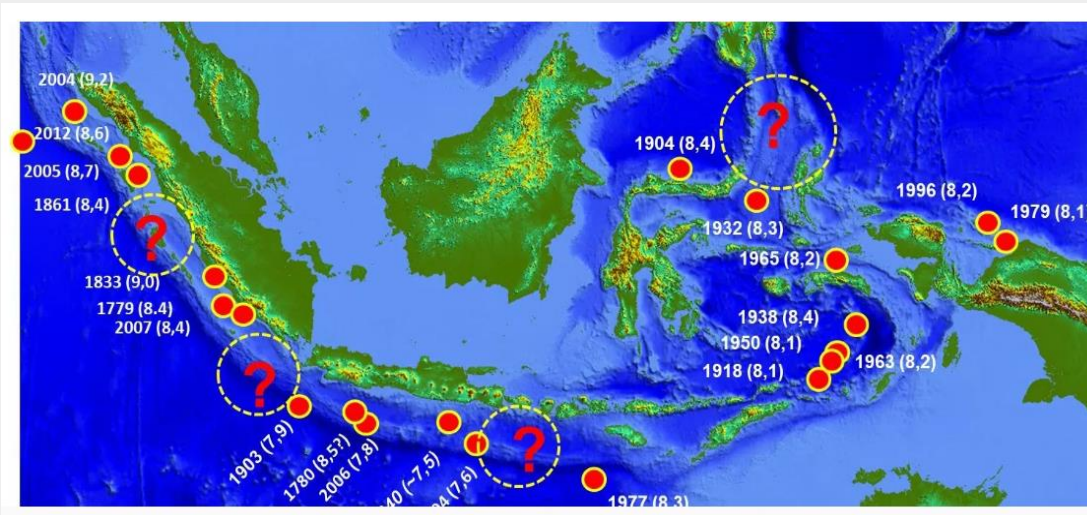
03

**ASPEK TEKNOLOGI &
PERENCANAAN BG TAHAN
GEMPA**

01

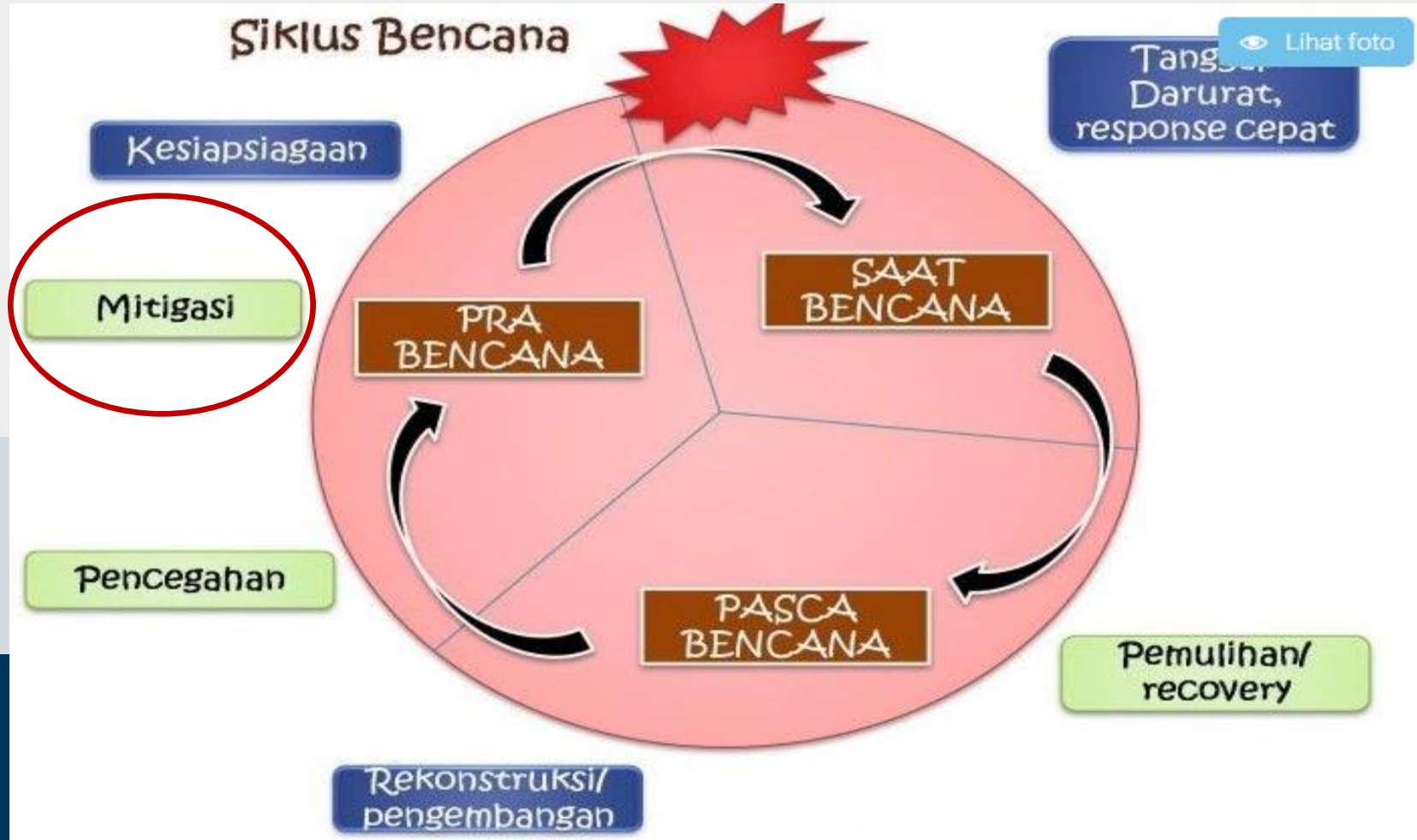
ANCAMAN MEGATRUST

01.1. ISU ANCAMAN GEMPA MEGATHRUST



- Isu gempa megathrust di Indonesia muncul setelah gempa dahsyat berkekuatan 7,1 Skala Richter (SR) terjadi di Pulau Kyushu, Jepang pada 8 Agustus lalu.
- Info BMKG Megathrust Selat Sunda dan Megathrust Mentawai-Siberut, kedua zona itu sudah lama tak mengalami gempa, ada seismic gap.
- Gempa besar terakhir di Selat Sunda terjadi pada 1757 (usia *seismic gap* 267 tahun) dan gempa besar terakhir di Mentawai-Siberut terjadi pada 1797 (usia *seismic gap* 227 tahun)
- Kejadian Gempa, BMKG belum bisa memastikan, tujuan info agar masyarakat bersiap menghadapi efek dari megathrust di Indonesia.

01.2. SIKLUS MITIGASI BENCANA



Strategi Mitigasi Bencana Gempa



(FEMA 451b, 2007)

Fenomena Gempa Bumi
Sangat potensial menimbulkan bencana yang sangat besar
Tidak dapat diprediksi: kapan, dimana, dan magnitude
Tidak dapat dihindari



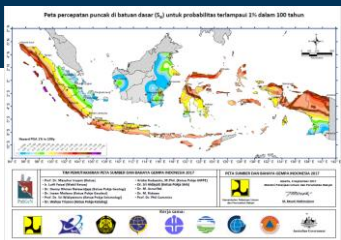
Pengaruh Gempa	Strategi
Fault rupture	Avoid
Tsunami	Avoid
Landside (big)	Avoid
Liquefaction	Avoid/ Resist
Ground shaking	Resist



Bangunan+Infrastruktur Harus didisain tahan terhadap beban gempa



**Tahan bencana gempabumi
Bangunan Gedung + Infrastruktur**



02

ASPEK NORMA **DAN STANDAR**

Perubahan UU 28/2002 menjadi UU 11/2020

Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan UUBG 28 Tahun 2002

1 Persyaratan teknis diubah menjadi **Standar teknis** yang diatur secara rinci guna menjamin keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan bagi masyarakat

2 IMB dihapus dan diganti menjadi **Persetujuan Bangunan Gedung (PBG)** yang diterbitkan oleh Pemerintah Kabupaten/ Kota dengan mengacu pada NSPK dari Pemerintah Pusat

3 Penyelenggaraan BG (penerbitan PBG, SLF, SBKBG dan RTB) harus dilaksanakan melalui **SIMBG**, sehingga menjamin keseragaman pelayanan dan standarisasi penerapan teknis di seluruh Indonesia.

4 **Bisnis proses penerbitan PBG yang lebih jelas dengan batas waktu yang terukur.** Pemenuhan standar teknis melalui penggunaan penyedia jasa bersertifikat dalam setiap tahapan penyelenggaraan BG.

5 Fungsi Pengawasan oleh Pemerintah Daerah hadir melalui **proses konsultasi bersama Tim Profesi Ahli (TPA)** pada tahap penerbitan PBG dan **mekanisme inspeksi** oleh **penilik Bangunan** pada tahap konstruksi BG

Dasar Hukum Penyelenggaraan Bangunan Gedung

Undang Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan Gedung



Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan UUBG 28 Tahun 2002

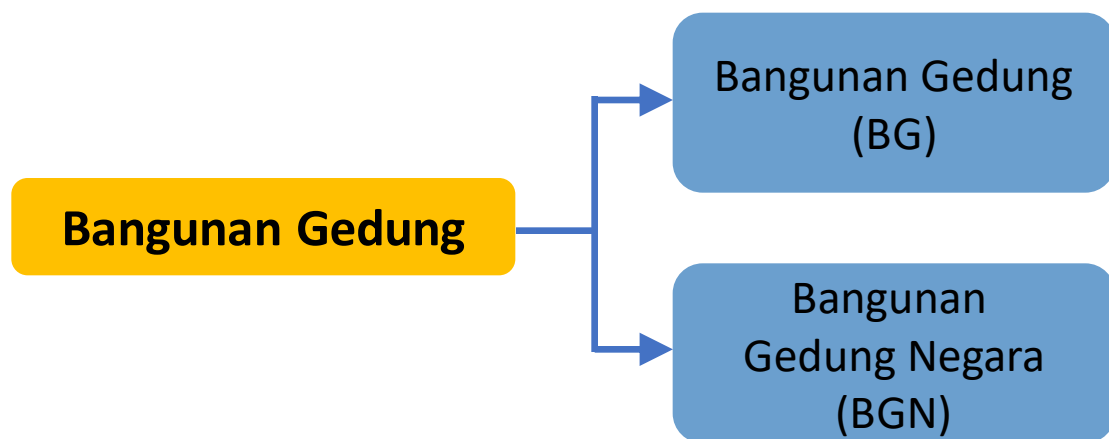


- Permen PUPR 9/2021** tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan
- Permen PUPR 10/2021** tentang SMK
- Permen PUPR 18/2021** tentang Standar Pembongkaran Bangunan Gedung
- Permen PUPR 19/2021** tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan BGCB yang Dilestarikan
- Permen PUPR 20/2021** tentang Bangunan Gedung Fungsi Khusus
- Permen PUPR 21/2021** tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
- Permen PUPR 3/2020** tentang Perubahan atas Permen PUPR 27/2018 tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung
- Permen PUPR 22/2018** tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara
- Permen PUPR 29/2006** tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung
- Permen PUPR 10/2023** tentang Bangunan Gedung Cerdas
- Peraturan Daerah** (memungkinkan pertimbangan geografi, ekonomi, sosial budaya setempat selama tidak bertentangan dengan aturan di atasnya)

STANDAR DAN PEDOMAN TEKNIS

Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 Pasal 1

“...adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang **berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya** baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus.”



Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021

BAB II
FUNGSI DAN KLASIFIKASI BANGUNAN GEDUNG
Bagian Kesatu
Umum

- Pasal 3
Bangunan Gedung ditetapkan berdasarkan:
- fungsi Bangunan Gedung; dan
 - klasifikasi Bangunan Gedung.

Bagian Kedua
Fungsi Bangunan Gedung

Paragraf 1
Umum

- Pasal 4
- (1) Fungsi Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan ketentuan pemenuhan Standar Teknis, yang ditinjau dari segi tata bangunan dan lingkungannya maupun keandalan Bangunan Gedung.
 - (2) Fungsi Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - fungsi hunian;
 - fungsi keagamaan;
 - fungsi usaha;
 - fungsi sosial dan budaya; dan
 - fungsi khusus.

STANDAR DAN PEDOMAN TEKNIS

- standar perencanaan dan perancangan Bangunan Gedung;
- standar pelaksanaan dan pengawasan konstruksi Bangunan Gedung;
- standar Pemanfaatan Bangunan Gedung;
- standar Pembongkaran Bangunan Gedung;
- ketentuan Penyelenggaraan BGCB yang dilestarikan;
- ketentuan Penyelenggaraan BGFK;
- ketentuan Penyelenggaraan BGH;
- ketentuan Penyelenggaraan BGN;
- ketentuan dokumen; dan
- ketentuan pelaku Penyelenggaraan Bangunan Gedung.

Fungsi Bangunan Gedung

PP 16/2021 Pasal 4-5 & 104



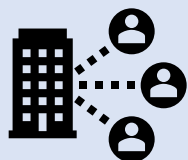
Fungsi
Hunian



Fungsi
Keagamaan



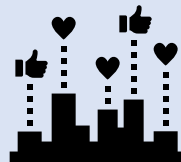
Fungsi
Usaha



Fungsi Sosial
dan Budaya



Fungsi
Khusus



Fungsi
Campuran

Fungsi khusus

- BG mempunyai kerahasiaan tinggi untuk kepentingan nasional
- Penyelenggaraan BG dapat membahayakan masyarakat di sekitarnya
- BG memiliki persyaratan khusus yang dalam perencanaan dan/atau pelaksanaannya membutuhkan teknologi tinggi
- BG memiliki risiko bahaya tinggi (terhadap ledakan, kebakaran, menjadi masalah nasional dalam penanggulangan)

Permen PUPR No.20 Tahun 2021
Bangunan Gedung Fungsi Khusus

Klas Bangunan Gedung

Klasifikasi Bangunan Gedung		
Klas Bangunan	Definisi	Contoh
Klas 1a	Satu rumah tunggal, satu atau lebih rumah gandeng yang dipisahkan dinding tahanan api	Rumah sederhana, rumah deret, vila, rumah taman
Klas 1b	Asrama, hostel atau sejenisnya dengan luas paling besar 300 m ² dan tidak dihuni lebih dari 12 orang	Kos, losmen, hostel yang luasnya tidak lebih dari 300 m ² dan dihuni tidak lebih dari 12 orang
Klas 2	Bangunan gedung hunian yang terdiri atas 2 atau lebih unit hunian, yang masing-masing merupakan tempat tinggal terpisah	Rumah tidak sederhana
Klas 3	Bangunan gedung hunian di luar klas 1 dan 2, yang umum digunakan sebagai tempat tinggal lama atau sementara oleh sejumlah orang yang tidak berhubungan	Asrama, guest house, losmen, panti, dan sejenisnya
Klas 4	Bangunan gedung hunian yang berada di dalam suatu bangunan klas 5, 6, 7, 8, atau 9 dan merupakan tempat tinggal yang ada dalam bangunan tersebut	Apartemen mix-use
Klas 5	Bangunan gedung yang dipergunakan untuk tujuan usaha profesional, pengurusan administrasi, atau usaha komersial, di luar bangunan klas 6, 7, 8, atau 9	Gedung perkantoran, gedung pemerintahan, dan sejenisnya
Klas 6	Bangunan gedung toko atau bangunan gedung lain yang dipergunakan untuk tempat penjualan barang-barang secara eceran atau pelayanan kebutuhan langsung kepada masyarakat	Toko, kedai, restoran, pasar, showroom mobil, dan sejenisnya

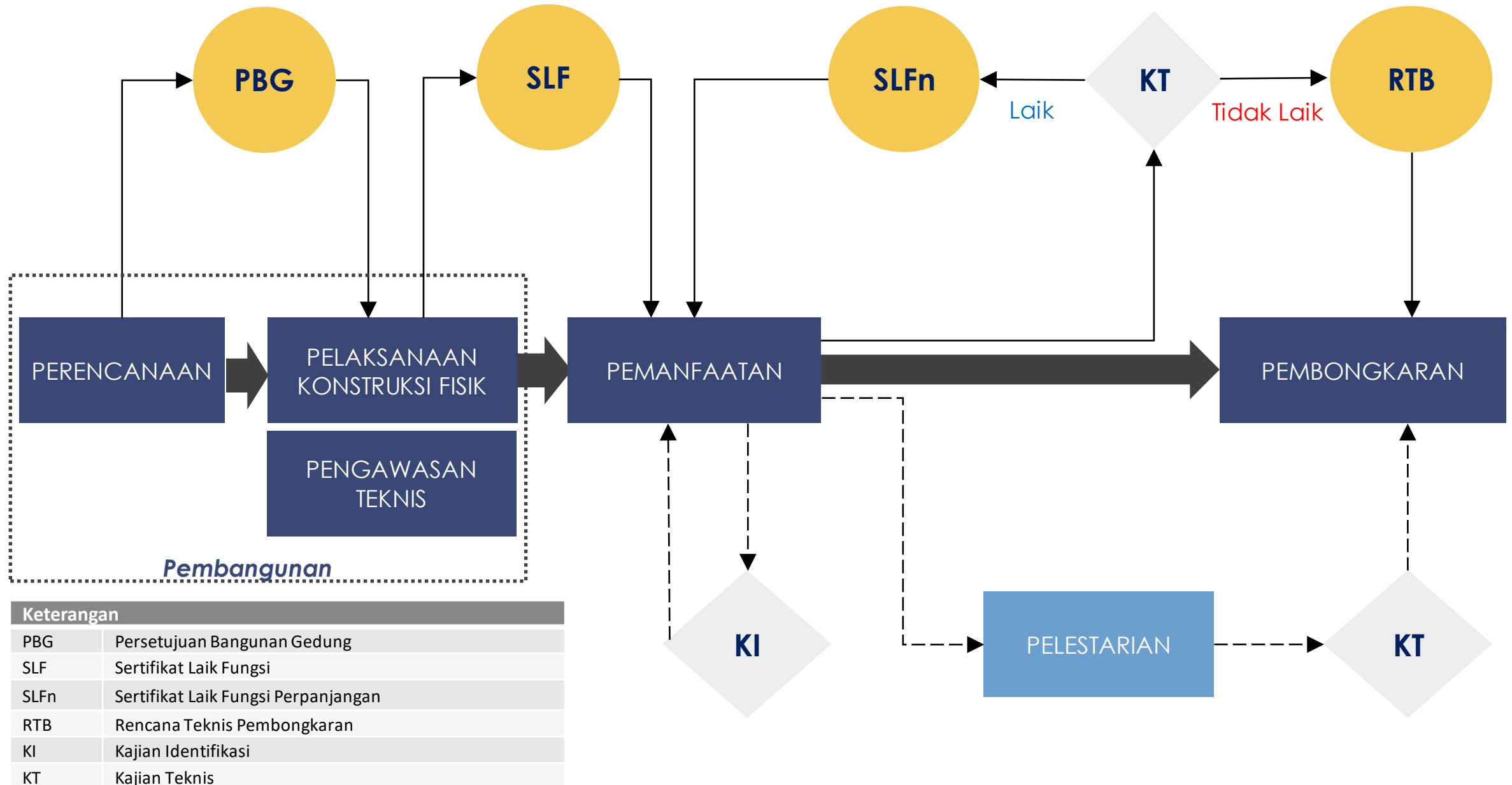
Klasifikasi Bangunan Gedung		
Klas Bangunan	Definisi	Contoh
Klas 7	Bangunan gedung yang dipergunakan sebagai penyimpanan	Gudang dan tempat parkir umum
Klas 8	Bangunan gedung laboratorium dan bangunan gedung yang dipergunakan untuk tempat pemrosesan suatu produksi, perakitan, perubahan, perbaikan, pengepakan, finishing, atau pembersihan barang-barang produksi dalam rangka perdagangan atau penjualan	Laboratorium, bengkel mobil, pabrik, dan sejenisnya
Klas 9a	Bangunan gedung umum untuk pelayanan perawatan kesehatan	Rumah sakit
Klas 9b	Bangunan gedung umum pertemuan yang tidak termasuk setiap bagian dari bangunan yang merupakan klas lain	Sekolah, tempat peribadatan, tempat budaya, bengkel kerja (workshop), dan sejenisnya
Klas 10a	Bangunan gedung bukan hunian berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Garasi pribadi, garasi umum, dan sejenisnya
Klas 10b	Struktur berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Pagar, antena (mast), kolam renang, dan sejenisnya

Klasifikasi Bangunan Gedung Negara

Klasifikasi BGN	
Klasifikasi	Definisi
Sederhana	Bangunan gedung dengan teknologi dan spesifikasi sederhana meliputi: 1) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai sampai dengan 2 (dua) lantai; 2) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas sampai dengan 500 m² (lima ratus meter persegi); dan 3) Rumah negara meliputi rumah negara tipe C, tipe D, dan tipe E.
Tidak Sederhana	Bangunan gedung dengan teknologi dan spesifikasi tidak sederhana meliputi: 1) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai lebih dari 2 (dua) lantai; 2) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas lebih dari 500 m² (lima ratus meter persegi); dan 3) Rumah negara meliputi rumah negara tipe a dan tipe b.

Klasifikasi BGN	
Klasifikasi	Definisi
Khusus	Merupakan: 1) BGN yang memiliki standar khusus, serta dalam perencanaan dan pelaksanaannya memerlukan penyelesaian atau teknologi khusus; 2) BGN yang memiliki tingkat kerahasiaan tinggi untuk kepentingan nasional; 3) BGN yang penyelenggaraannya dapat membahayakan masyarakat di sekitarnya; dan 4) BGN yang memiliki risiko bahaya tinggi. Meliputi: 1) Istana negara; 2) Rumah jabatan mantan presiden dan/atau mantan Wakil Presiden; 3) Rumah jabatan menteri; 4) Wisma negara; 5) Gedung instalasi nuklir; 6) Gedung yang menggunakan radioaktif; 7) Gedung instalasi pertahanan; 8) Bangunan Kepolisian Negara Republik Indonesia dengan penggunaan dan standar khusus; 9) Gedung terminal udara, laut, dan darat; 10) Stasiun kereta api; 11) Stadion atau gedung olah raga; 12) Rumah tahanan dengan tingkat keamanan tinggi; 13) Pusat data; 14) Gudang benda berbahaya; 15) Gedung bersifat monumental; 16) Gedung cagar budaya; dan 17) Gedung perwakilan negara Republik Indonesia.

Penyelenggaraan Bangunan Gedung



02. 1. BANGUNAN GEDUNG TAHAN GEMPA

Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021

Paragraf 3

Ketentuan Keandalan Bangunan Gedung

Pasal 27

Ketentuan keandalan Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud dalam Pasal 14 huruf b meliputi ketentuan aspek keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan Bangunan Gedung.

Pasal 28

- (1) Setiap Bangunan Gedung sesuai fungsi dan klasifikasinya, harus memenuhi ketentuan aspek keselamatan Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud dalam Pasal 27.
- (2) Ketentuan aspek keselamatan Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
 - a. ketentuan kemampuan Bangunan Gedung terhadap beban muatan;
 - b. ketentuan kemampuan Bangunan Gedung terhadap bahaya kebakaran; dan
 - c. ketentuan kemampuan Bangunan Gedung terhadap bahaya petir dan bahaya kelistrikan.

Pasal 29

- (1) Ketentuan kemampuan Bangunan Gedung terhadap beban muatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 28 ayat (2) huruf a meliputi ketentuan teknis mengenai:
 - a. ketentuan sistem struktur Bangunan Gedung;

- 26 -

- b. ketentuan pembebanan pada struktur Bangunan Gedung;
 - c. ketentuan material struktur dan konstruksi; dan
 - d. ketentuan kelaikan fungsi struktur Bangunan Gedung.
- (2) Struktur Bangunan Gedung harus direncanakan kuat, stabil, dan memenuhi ketentuan pelayanan (*serviceability*) dalam memikul beban selama umur layanan yang direncanakan dengan mempertimbangkan fungsi Bangunan Gedung, lokasi, keawetan, dan kemudahan pelaksanaan konstruksi.
- (3) Ketentuan teknis mengenai standar sistem struktur Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a meliputi:
 - a. struktur atas Bangunan Gedung; dan
 - b. struktur bawah Bangunan Gedung.
- (4) Ketentuan pembebanan pada struktur Bangunan Gedung sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b memperhitungkan kemampuan struktur dalam memikul beban yang mungkin bekerja selama umur layanan struktur.
- (5) Selain pengaruh beban sebagaimana dimaksud pada ayat (4), perencanaan struktur harus memperhitungkan pengaruh korosi, jamur, dan serangga perusak agar struktur dapat mencapai umur layannya.
- (6) Dalam perencanaan struktur Bangunan Gedung terhadap pengaruh gempa, struktur Bangunan Gedung harus diperhitungkan pengaruh gempa rencana sesuai dengan tingkat risiko gempa dan tingkat kinerja struktur.

STANDAR TEKNIS BANGUNAN GEDUNG

PP Nomor 16 Tahun 2021 Pasal 13

Standar Perencanaan

Tata Bangunan

1. Peruntukan dan Intensitas BG
2. Arsitektur BG
3. Pengendalian Dampak Lingkungan

Keandalan Bangunan Gedung

1. Keselamatan
2. Kesehatan
3. Kenyamanan
4. Kemudahan

Bangunan Gedung di Atas/di Dalam Tanah/Air

Desain Prototipe/Purwarupa

Standar Pelaksanaan Konstruksi

1. Pelaksanaan Konstruksi BG
2. Kegiatan Pengawasan Konstruksi
3. SMKK

Standar Pemanfaatan

1. Pemeliharaan dan Perawatan BG
2. Pemeriksaan Berkala

Standar Pembongkaran

1. Penetapan Pembongkaran BG
2. Peninjauan Pembongkaran BG
3. Pelaksanaan Pembongkaran BG
4. Pengawasan Pembongkaran BG
5. Pasca Pembongkaran BG

KEANDALAN BANGUNAN GEDUNG

PP No. 16 Tahun 2021
Pasal 27

4K

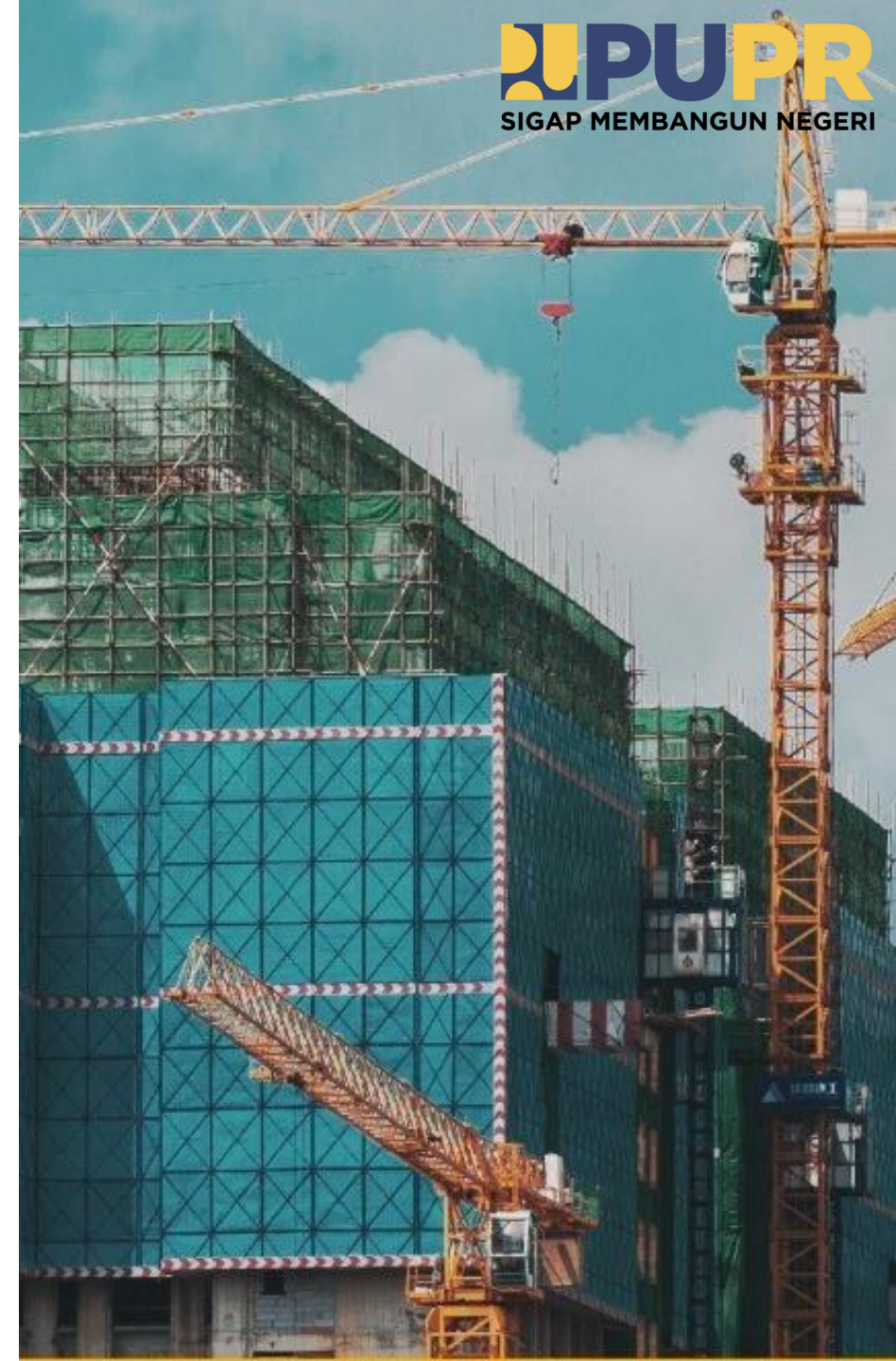
Keselamatan ---
Kesehatan ---
Kenyamanan ---
Kemudahan ---

1. Beban muatan
2. Bahaya kebakaran
3. Bahaya petir dan kelistrikan

1. Sistem penghawaan
2. Sistem pencahayaan
3. Sistem pengelolaan air
4. Sistem pengelolaan sampah
5. Penggunaan bahan

1. Ruang gerak
2. Kondisi udara dalam ruang
3. Pandangan dari dan ke dalam Bangunan Gedung
4. Tingkat getaran dan kebisingan

1. Hubungan ke, dari, dan di dalam Bangunan Gedung
2. Kelengkapan Prasarana dan sarana pemanfaatan



1. STANDAR TEKNIS KESELAMATAN

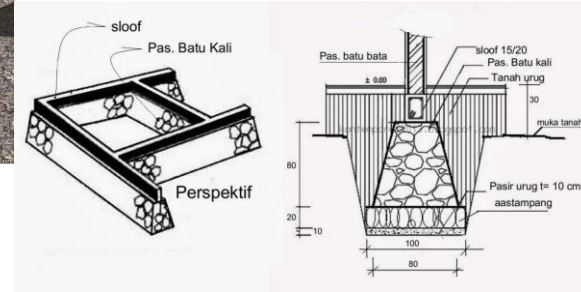
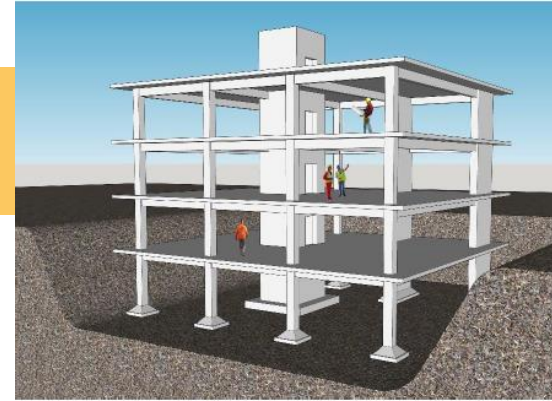
K1- 1. Beban Muatan

PP No. 16 Tahun 2021 Pasal 29

1. KEMAMPUAN TERHADAP BEBAN MUATAN

- Sistem Struktur BG: Struktur Atas dan Struktur Bawah
- Pembebanan pada Struktur BG
- Ketentuan Pembebanan pada Struktur BG
- Material Struktur dan Konstruksi
- Kelaikan Fungsi Struktur BG

Spesifikasi
Struktur Atas
dan Bawah



Spesifikasi Material

a. Beton (SNI 2847:2019)

- Kuat tekan beton rencana (f_c') dalam satuan MPa
- Tidak lagi dengan penulisan K
- Tidak boleh lebih kecil dari f_c' minimum **Tabel 19.2.1.1**
- Antisipasi kelas paparan untuk menjamin durabilitas beton lihat **Tabel 19.3.2.1**

b. Baja tulangan (SNI 2052:2017)

- Kuat leleh (YS) dan kuat tarik (TS) dalam satuan MPa lihat **Tabel 6**
- Diameter nominal dan toleransi lihat **Tabel 2 s/d Tabel 5**
- Tulangan harus berulir, tulangan polos hanya diperbolehkan untuk tulangan spiral

c. Baja profil (SNI 1729:2020)

- Jenis profil baja sesuai ASTM (cantumkan Nomor ASTM sesuai **Pasal A.3**)
- Kuat leleh (YS) dan kuat tarik (TS) dalam satuan MPa
- Modulus elastisitas dan Elongasi

d. Baja ringan (SNI 8399:2017)

- Jenis profil (bentuk dan dimensi sesuai **Pasal 6.4 dan 6.5**)
- Kuat leleh (YS) dan kuat tarik (TS) dalam satuan MPa

e. Kayu (SNI 7973:2013)

- Jenis dan kode mutu lihat **Tabel 4.2.1**
- Nilai desain acuan dan Modulus elastisitas dalam satuan MPa

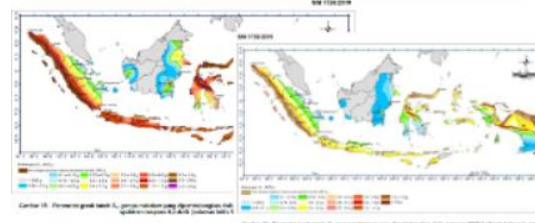
Spesifikasi Pembebanan

SNI Pembebanan

SNI 1726:2019

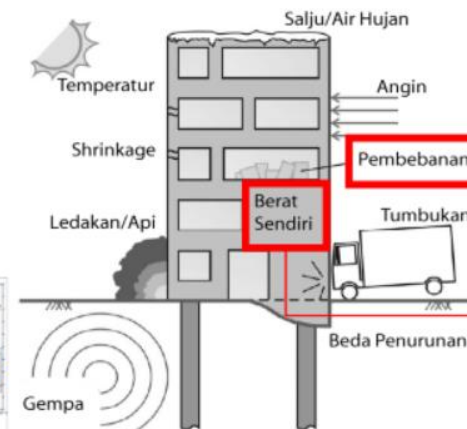
Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung

- Peta percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) Parameter respon spektral percepatan gempa
- Jenis sistem struktur
- Faktor keutamaan struktur
- Klasifikasi situs
- Koefisien situs
- Prosedur analisis struktur



SNI 1727:2020

Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain



Beban hidup

- Beban akibat pengguna BG
- Disesuaikan fungsi/penggunaan lihat **Tabel 4.3.1**

SIDL

- Berat komponen arsitektural (plafon, dinding partisi, finishing, dll)
- Berat peralatan layan tetap + pengisi

Berat sendiri

- Berat bahan dan konstruksi sebenarnya
- Jika tidak ada informasi jelas maka digunakan nilai yang disetujui pihak berwenang

1. STANDAR TEKNIS KESELAMATAN

K1-1.Beban Muatan

- Menyesuaikan standar teknis **yang terbaru yang berlaku**
- Nomor, tahun dan judul acuan normatif harus dicantumkan secara lengkap dan tepat
- **Diterapkan secara konsisten** dalam seluruh kelengkapan dokumen teknis

X Standar versi lebih lama **DIHAPUS/TIDAK PERLU DICANTUMKAN LAGI**

✓ Acuan asing dicantumkan jika terdapat persyaratan khusus yang belum diampu dalam SNI atau pedoman Indonesia

a. Peraturan Menteri PUPR No 29 Tahun 2006

b. Pembebanan

- SNI 1727:2020 (Beban minimum)
- SNI 1726:2019 (Perencanaan ketahanan gempa)

c. SNI 8460:2017 (Persyaratan perancangan geoteknik)

d. Konstruksi beton*)

- SNI 2847:2019 Persyaratan beton struktural
- SNI 2052:2017 Baja tulangan beton
- SNI 6880:2016 Spesifikasi beton struktural
- SNI 8140:2016 Persyaratan beton struktural untuk rumah tinggal
- SNI 7833:2012 Perancangan beton pracetak dan beton prategang
- Acuan lain yang relevan (material, metode pengujian, dll)

e. Konstruksi baja*)

- SNI 1729:2020 Spesifikasi bangunan gedung baja struktural
- SNI 7860:2020 Ketentuan seismik bangunan baja struktural
- SNI 7972:2020 Sambungan terprakualifikasi untuk rangka momen khusus dan menengah aplikasi seismik
- SNI 8493:2019 Spesifikasi untuk profil baja struktural
- SNI 8399:2017 Profil baja ringan
- Acuan lain yang relevan (material, metode pengujian, dll)

f. Konstruksi kayu*)

- SNI 7973:2013 Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu
- SNI 2445:1991 Spesifikasi ukuran kayu untuk rumah dan gedung
- Acuan lain yang relevan

g. Konstruksi dengan bahan dan teknologi lainnya

1. STANDAR TEKNIS KESELAMATAN

K1-1. Beban Muatan - SNI 1726:2019 Pasal 4

Tabel 3 – Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo	
Gedung dan nongedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Tabel 4 – Faktor keutamaan gempa

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50



Faktor yang memperhitungkan tingkat risiko terhadap keselamatan jiwa, kesehatan dan kesejahteraan terkait kerusakan properti atau kehilangan fungsi/kegunaan suatu fasilitas

02

ASPEK NORMA DAN STANDAR

Updating of Indonesian Earthquake Resistance Building Code SNI-1726



Peta Gempa:
10% PE in 50 yrs
(500 yrs eq.)

Peta Gempa:
2% PE in 50 yrs (2,500 yrs eq.)
1% Risk of Collapse in 50 yrs
▪ ASCE Fragility of Buildings ASCE



1981



1983

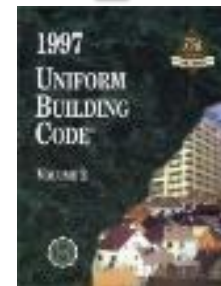
SNI 03-1726-1989,
"Tata Cara Perencanaan
Ketahanan Gempa
Untuk Rumah dan Gedung",

Kantor Menteri Negara
Pekerjaan Umum,
Dit.Bintek,
Ditjen Cipta Karya, 1997

1989



2002



UBC 1997



2012



ASCE 7-10



2019

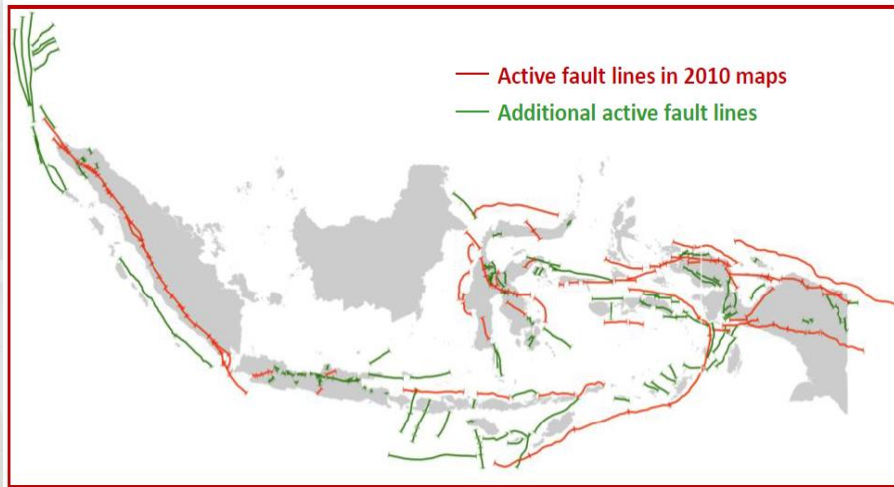


ASCE 7-16

SNI-1726-2019

PENDAHULUAN

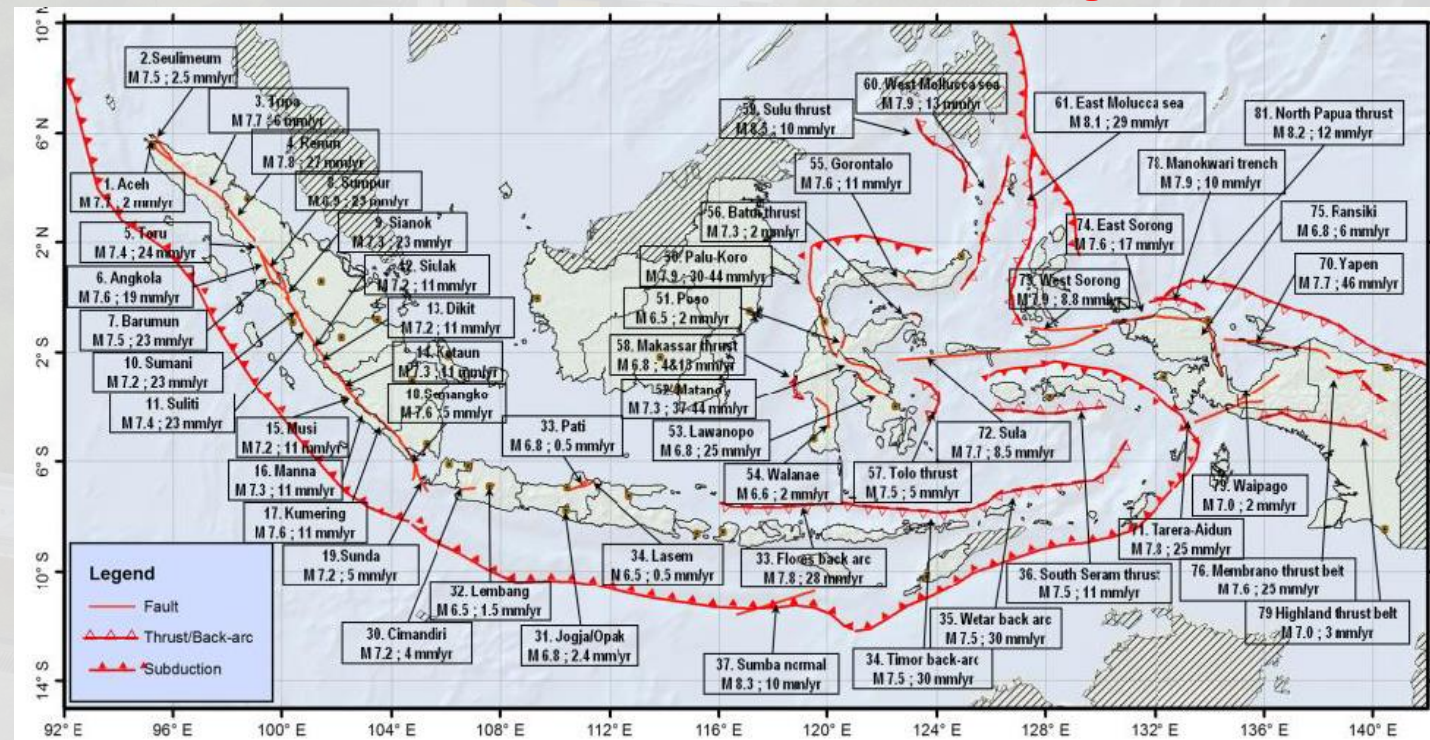
PENAMBAHAN SUMBER PADA PETA GEMPA



Patahan yang diperhitungkan
dalam peta gempa:

2010: **81 patahan**  menjadi
2017: **295 patahan**

Penambahan
patahan aktif baru
meningkatkan nilai
PGA di berbagai lokasi



DEVELOPMENT OF INDONESIAN NATIONAL STANDARD (SNI) FOR EARTHQUAKE RESISTANCE BUILDING

1. 1987 : (INDONESIAN AND NEW ZEALAND TEAM)

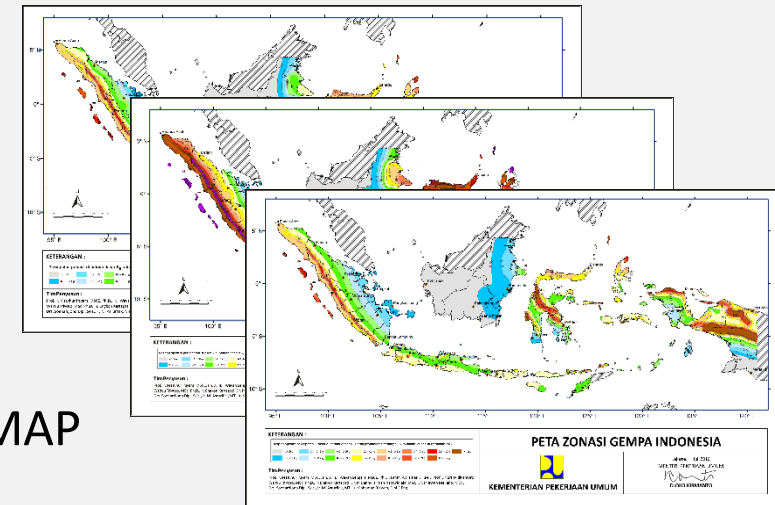
SEISMIC HAZARD MAP FOR 20 % PROBABILITY, 225 YEAR RETURN PERIOD

2. 2002 : (INDONESIAN TEAM)

SEISMIC HAZARD MAP FOR 10 % PROBABILITY, 500 YEAR RETURN PERIOD

3. 2019 : (INDONESIAN TEAM)

- SEISMIC HAZARD MAP FOR 2 % AND 10 % PROBABILITY, 500 YEAR RETURN PERIOD
- SEISMIC HAZARD MAP FOR 2 % AND 10 % PROBABILITY, 2500 YEAR RETURN PERIOD
- DETERMINISTIC MAP
- MAXIMUM CREDIBLE EARTHQUAKE (MCE) MAP
- RISK MAP



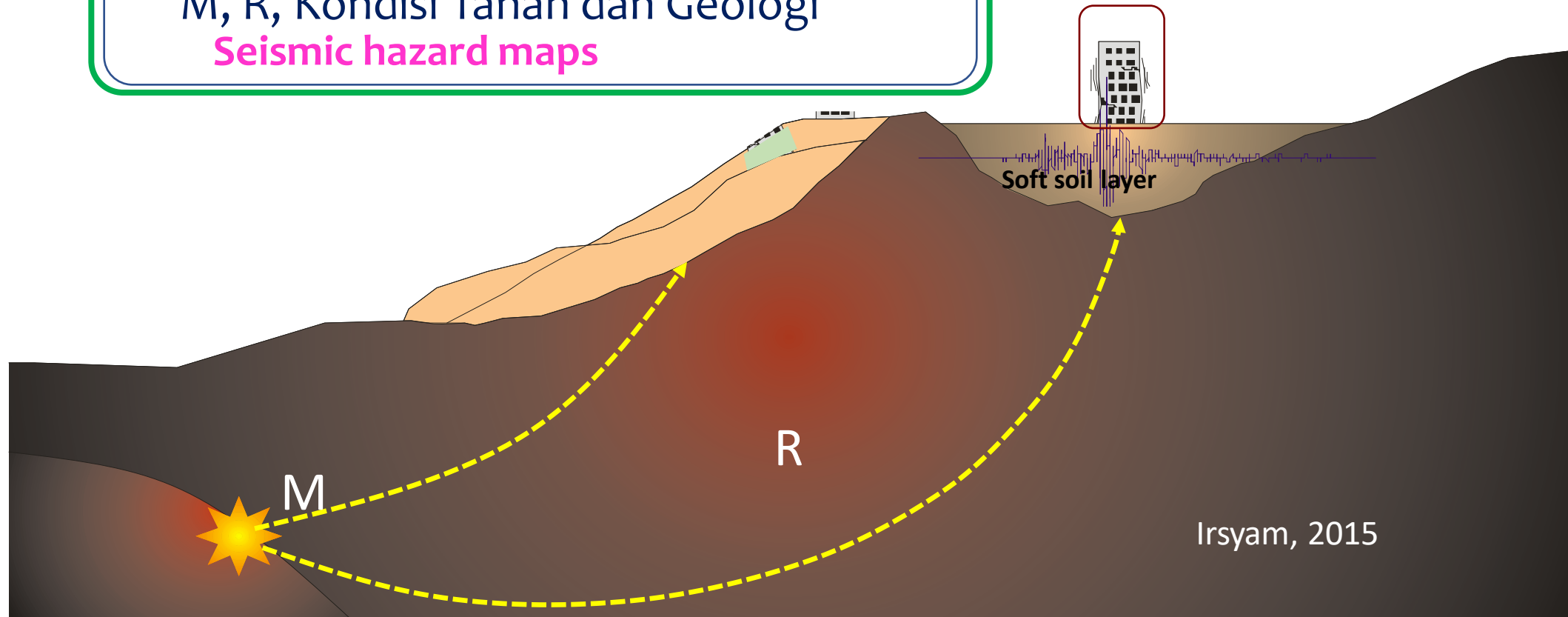
Tingkat Kerusakan BG & Infrastruktur tergantung :

Parameter BG:
material characteristics and structural elements

Parameter pergerakan Tanah :

M, R, Kondisi Tanah dan Geologi

Seismic hazard maps

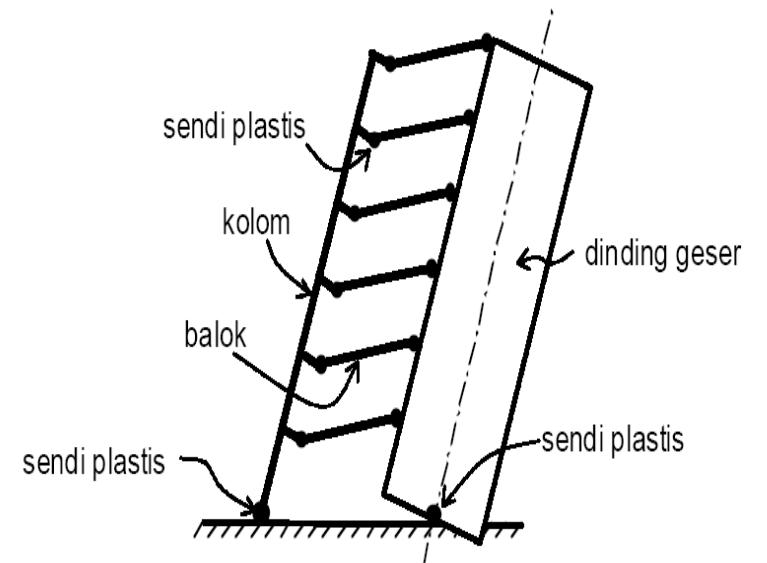


Irsyam, 2015

Pilihan Desain Terhadap Gempa Kuat

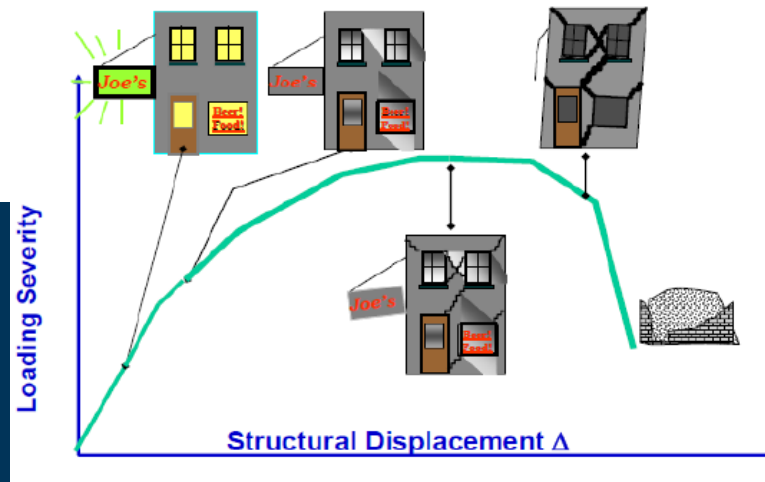
1. Mengijinkan terjadi Perilaku Inelastik.

- Prosedur yang umum digunakan
- Mengijinkan kerusakan/kelelehan pada komponen struktur pada lokasi tertentu
- Beban gempa direduksi 3-8 kali
- Pola kerusakan harus diatur



Filosofinya..

- Bangunan harus berperilaku elastik (tanpa kerusakan berarti) saat menahan gempa kecil dan menengah
- Bangunan harus didesain dengan kemungkinan yang rendah untuk "**collapse**" (namun boleh mengalami kerusakan "ringan hingga berat" → dengan fungsi yang "tidak boleh atau boleh" terganggu) saat menahan gempa rencana → perilaku inelastik diijinkan dalam "batasan tertentu" → sesuai kinerja yang diharapkan



03

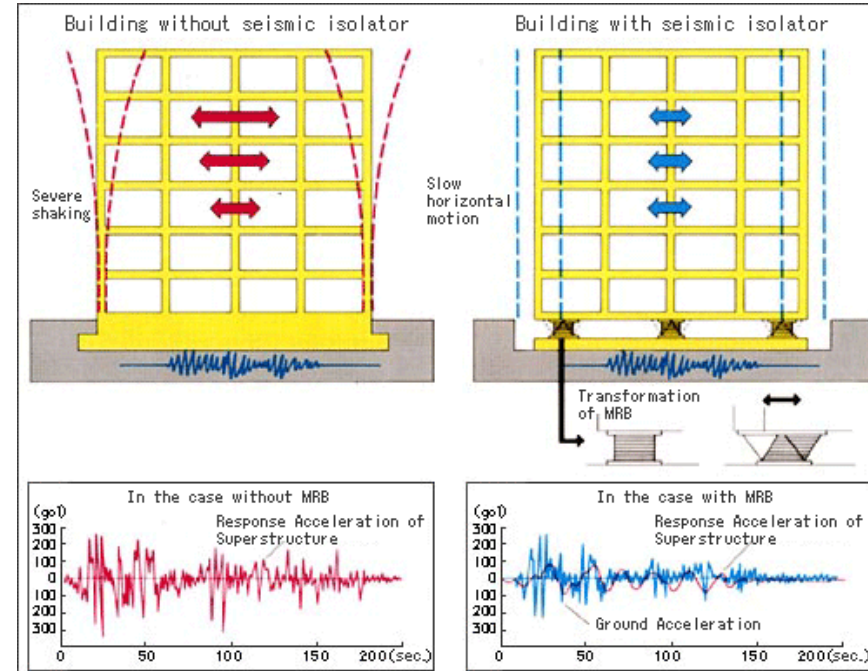
ASPEK TEKNOLOGI & PERENCANAAN BG TAHAN GEMPA

Pilihan Desain Terhadap Gempa Kuat :

2. Memisahkan Bangunan dengan Tanah

Mereduksi gaya gempa yang bekerja pada bangunan

Meminimalisasi kerusakan pada *struktur* bangunan dan *isinya*

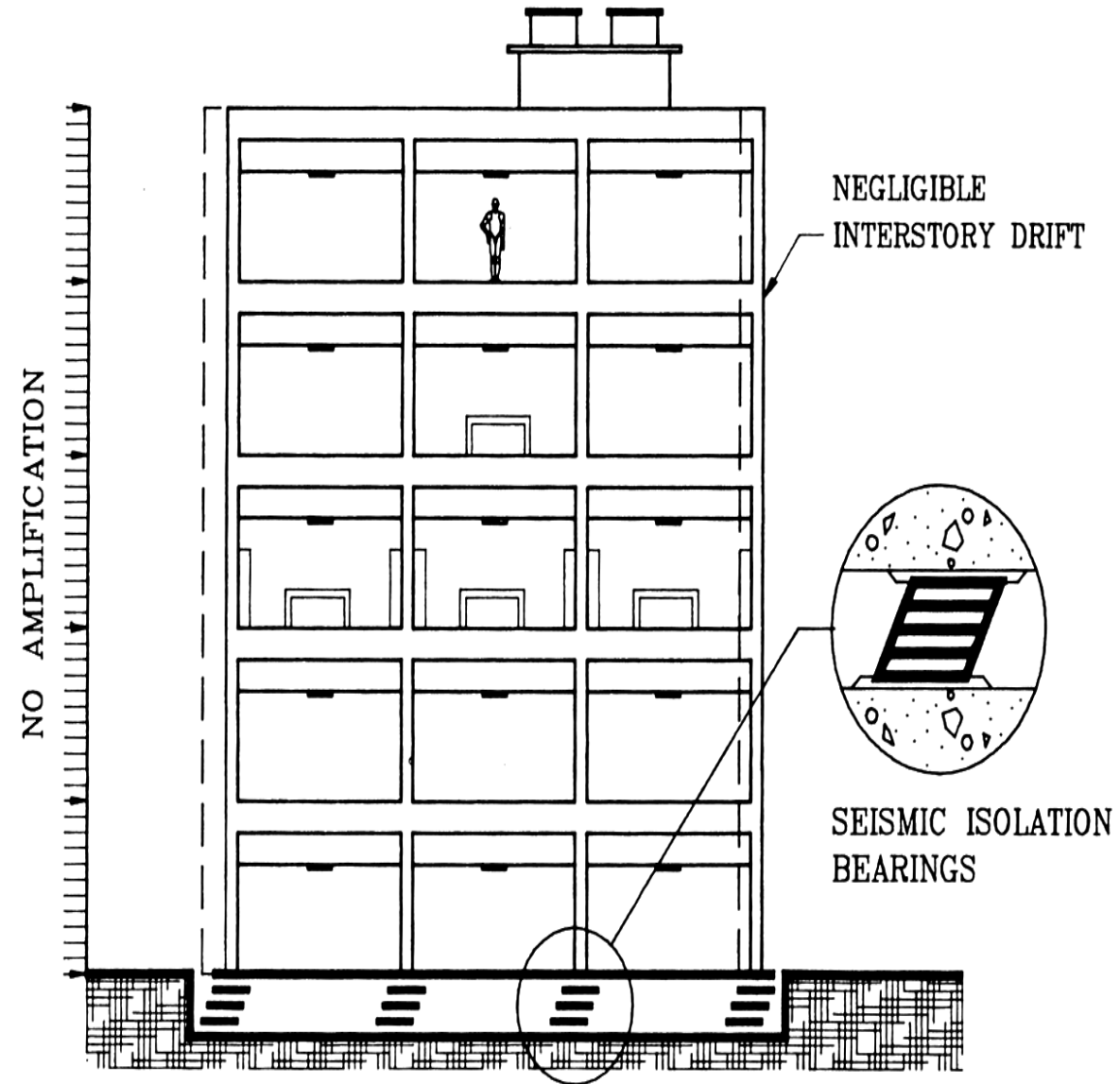


sumber : www2.bridgestone-dp.jp

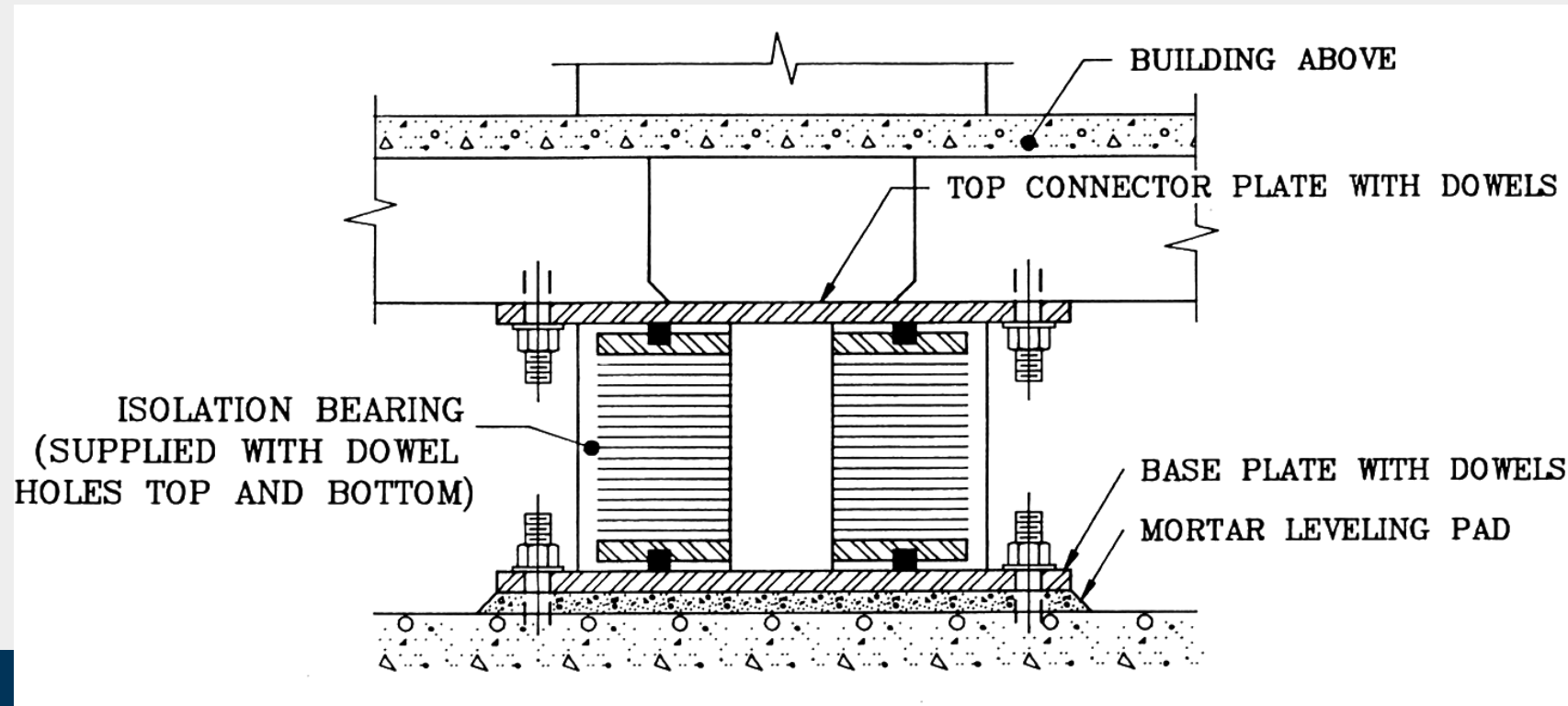


Sangat cocok digunakan pada bangunan yang harus berfungsi segera pasca gempa (rumah sakit, *emergency center*) atau bangunan yang mempunyai nilai tinggi (museum, laboratorium riset, monumental)





Lead Rubber Base Isolation



Pilihan Desain Terhadap Gempa Kuat :

3. Memasang Pendisipasin Energi Pasif dan Aktif (Mass Damper)

- *Energy dissipation bracing type*
- *Mass damper*

(Dumper)



03

ASPEK TEKNOLOGI

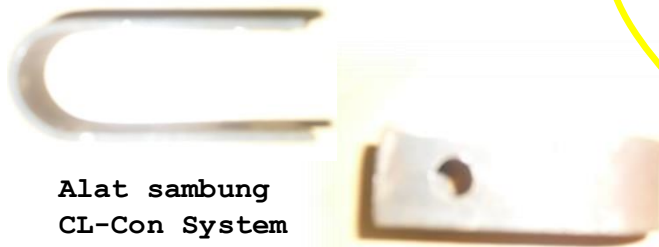
(APLIKASI SISTEM PRACETAK UNTUK BANGUNAN GEDUNG DI DIT. BTPP /PUSKIM)

Teknologi PRACETAK untuk BG



Struktur Pracetak
"n-panel"

- Sambungan balok kolom kombinasi *dry and wet connection*
- **Konsep** : overlap, jepit dan grout.



Rencana Penerapan **Prototipe**
pada Rusun Ditjen PP
tahun 2018



KEUNTUNGAN :

1 Mutu lebih baik



- Kategori **SRPMK** : dapat dibangun di semua wilayah gempa Indonesia
- Teknologi lebih sederhana : memudahkan **QC**

2 Waktu lebih cepat



- Alat sambung sederhana : bahan mudah didapat dan dikerjakan
- **Konsep modular** : kompatibel dengan berbagai desain, sangat mungkin dipabrikasi

3 Biaya lebih murah

- Efisiensi biaya sambungan balok kolom rata-rata **19%***)

*) berdasarkan analisa dibanding dengan pracetak sejenis dalam skala lab



Rusun modular dengan teknologi "full precast system"



Balok pracetak



Tangga pracetak



Kolom pracetak



Dinding partisi pracetak



Facade pracetak &
kusen dan daun
pintu -jendela
pabrikasi



Modified Hollow core
slab



Kamar mandi pabrikasi



Fondasi pracetak



Column Bentuk Kolom Plus (+)

Sambungan khusus

menggunakan kombinasi sambungan mekanis (pelat baja, besi dan mur) dan sambungan basah semen tidak susut (*grouting*)



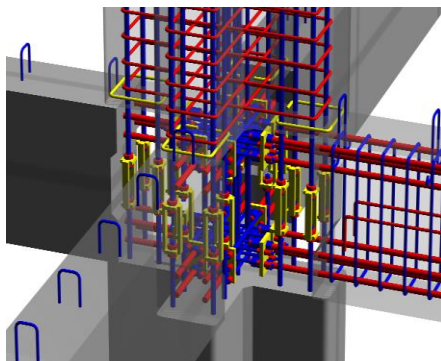
Sambungan kolom-kolom



Sambungan balok - balok tipe 1

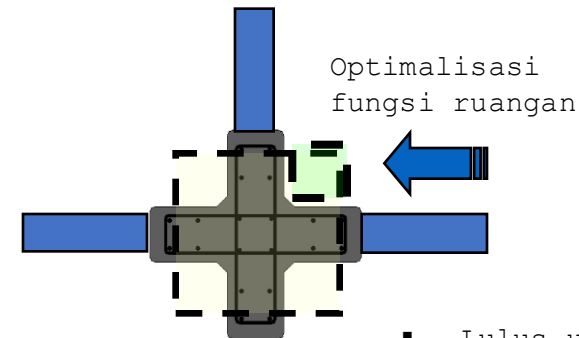


Sambungan balok - balok tipe 2



Rusunawa Cigugur Cimahi - 2006

Keunggulan Kompetitif



- Lulus uji tahan gempa
- Ramah Lingkungan,
- Tidak diperlukan ruang yang luas saat konstruksi bangunan,
- Site selalu bersih.

Harga Struktur tanpa fondasi :
Rp. 662.000/m² *)

*) harga konstruksi th 2006

Struktur Pracetak "n-panel"

Terdiri dari 4 panel dinding berbentuk "n" disambungkan dengan sistem kombinasi sambungan basah (*wet joint*) dan sambungan kering (*dry joint*). Lantai menggunakan panel semi pracetak (*half slab*)



Model ruang n-Panel System

Keunggulan Kompetitif

- Lulus uji tahan gempa
- Produktivitas konstruksi : 740 m² dalam 24 hari*)
- Harga Struktur tanpa atap : **Rp. 1.050.000 rb/m² *)**



Wisma Balai Sungai Pus SDA - Solo 2009

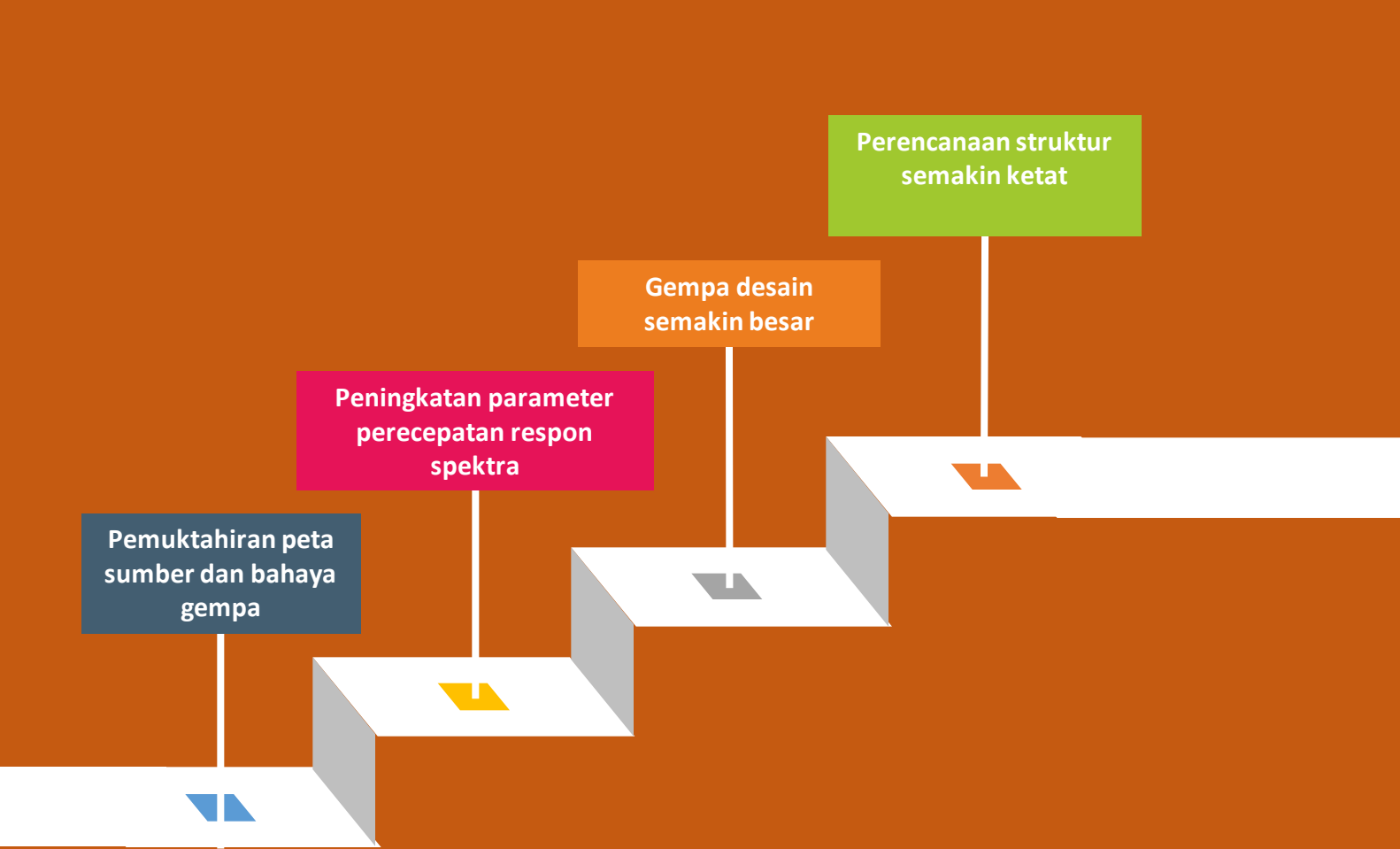
*) konstruksi th 2009

HASIL DAN PEMBAHASAN

MAYA ANGGRAINI, ST.,MT. DKK.



Pengaruh Pemutakhiran Peta Sumber dan Bahaya Gempa terhadap Perencanaan Infrastruktur



Perubahan nilai percepatan gempa di beberapa kota besar

Kota	Peta gempa 2010		Peta gempa 2017	
	S_s	S_1	S_s	S_1
Banda Aceh	1,35	0,64	1,75	0,65
Medan	0,53	0,33	0,55	0,30
Padang	1,40	0,60	1,35	0,55
Jakarta	0,69	0,30	0,75	0,35
Bandung	1,45	0,49	1,35	0,45
Surabaya	0,66	0,25	0,75	0,28
Denpasar	0,98	0,36	0,85	0,35
Palu	1,88	0,71	2,75	0,95
Manokwari	1,45	0,56	1,75	0,45
Jayapura	1,50	0,60	2,75	1,50

Perubahan nilai kriteria desain seismik (KDS) di beberapa kota besar

Kota	Kriteria desain seismik (KDS)	
	Peta Gempa 2010	Peta Gempa 2017
Banda Aceh	D	D
Medan	D	D
Padang	D	D
Jakarta	C	D
Bandung	D	D
Surabaya	C	D
Denpasar	D	D
Palu	D	D
Manokwari	D	D
Jayapura	D	D



KRITERIA PERENCANAAN GEMPA

Kriteria perencanaan gempa berbeda-beda sesuai dengan jenis peruntukan infrastruktur

Peruntukan	Umur rencana (tahun)	Probabilitas terlampaui (%)	Periode ulang (tahun)	Kriteria Keamanan		Referensi
Bangunan gedung dan non-gedung	50	2	2.500	-		SNI 1726:2012
Jembatan konvensional	75	7	1.000	-		SNI 2833:201x AASHTO (2012)
Dinding penahan abutmen jembatan	75	7	1.000	FK>1,5 (geser beban statik) FK>2 (guling beban statik) FK>1,1 (beban pseudostatik)		WSDOT, FHWA-NJ-2005-002
Timbunan oprit	FK>1,1					
Bendungan	100	1	10.000, Safety Evaluation Earthquake (SEE)		ICOLD No 148, 2016,	
	100	50	145 Operating Basis Earthquake (OBE)	• Tidak terjadi aliran air yang tidak terkendali • Deformasi < 0,5 tinggi jagaan • Deformasi pada filter < 0,5 tebal filter • Spillway tetap berfungsi setelah terjadi gempa rencana • Kerusakan minor setelah terjadi gempa rencana		
Bangunan Pelengkap bendungan	50	2	2.500	-		
Terowongan	100	10	1.000			

03

ASPEK TEKNOLOGI & PERENCANAAN BG TAHAN GEMPA

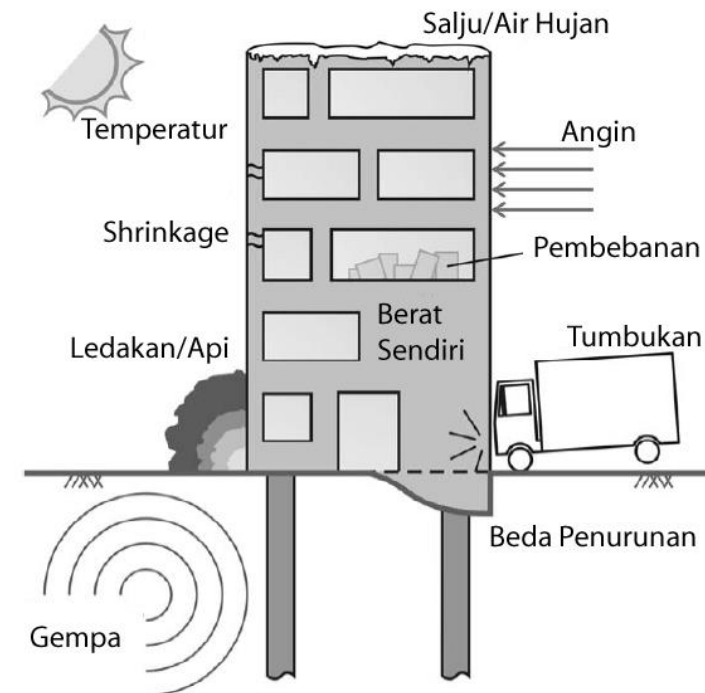
Standar Perencanaan Bangunan Gedung Tahan Gempa

1. Pembebanan

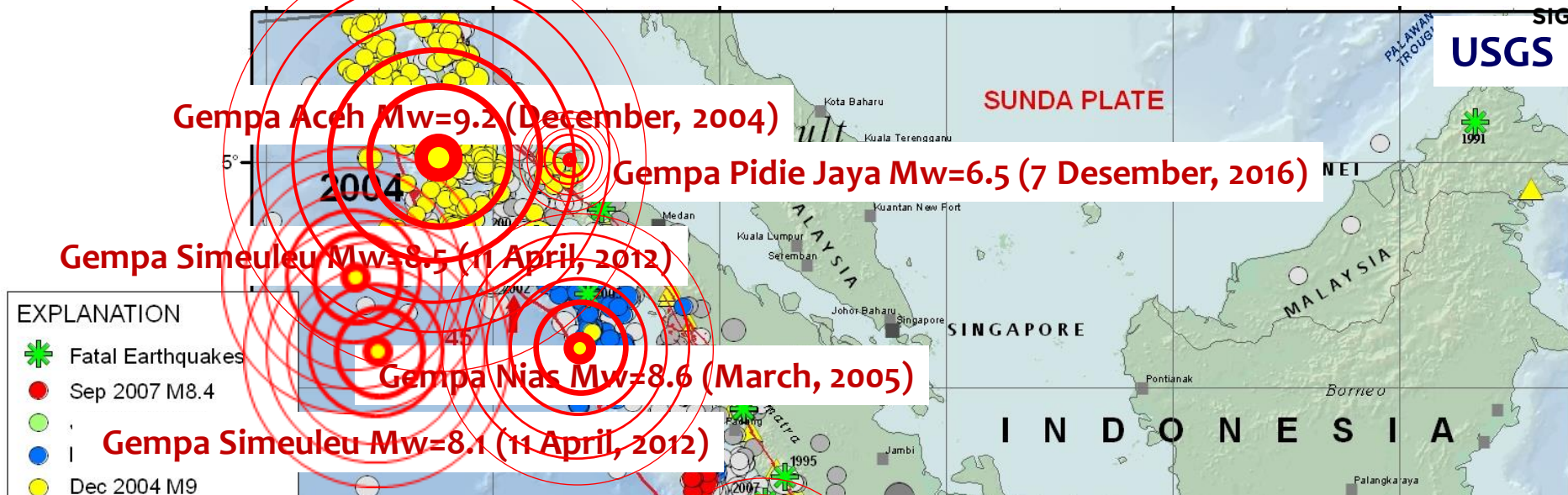
1. SNI 1726 : 2012, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan non gedung
2. SNI 1727 : 2013, Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain

2. Perencanaan struktur

- a. SNI 2847 : 2013, Persyaratan Beton struktural untuk bangunan gedung
- b. SNI 1729 : 2015, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural
- c. SNI 7973:2013, Spesifikasi Desain untuk Konstruksi Kayu



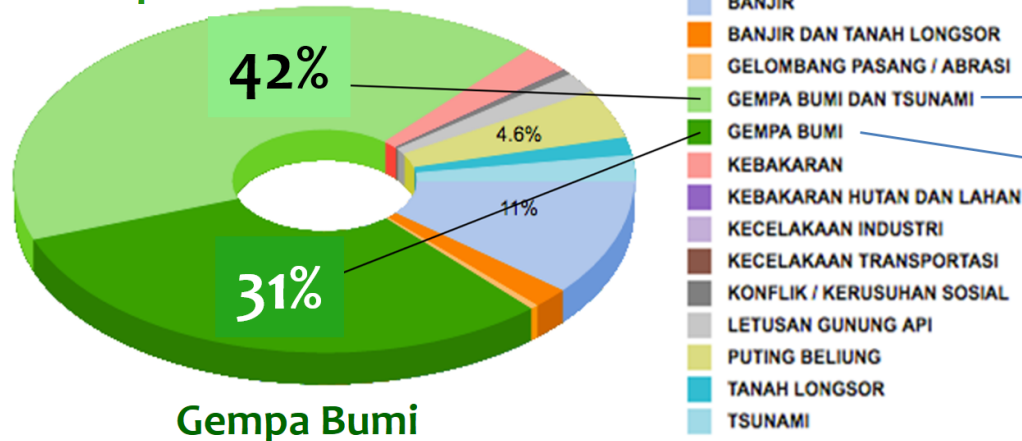
Kejadian Gempa dalam 2 Windu Terakhir



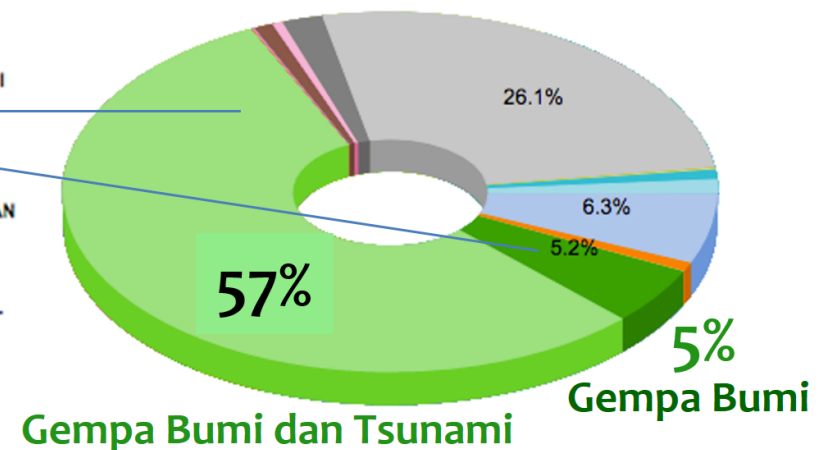
Persentase Rumah Rusak

Akibat Bencana di Indonesia 1815-2016 (BNPB)

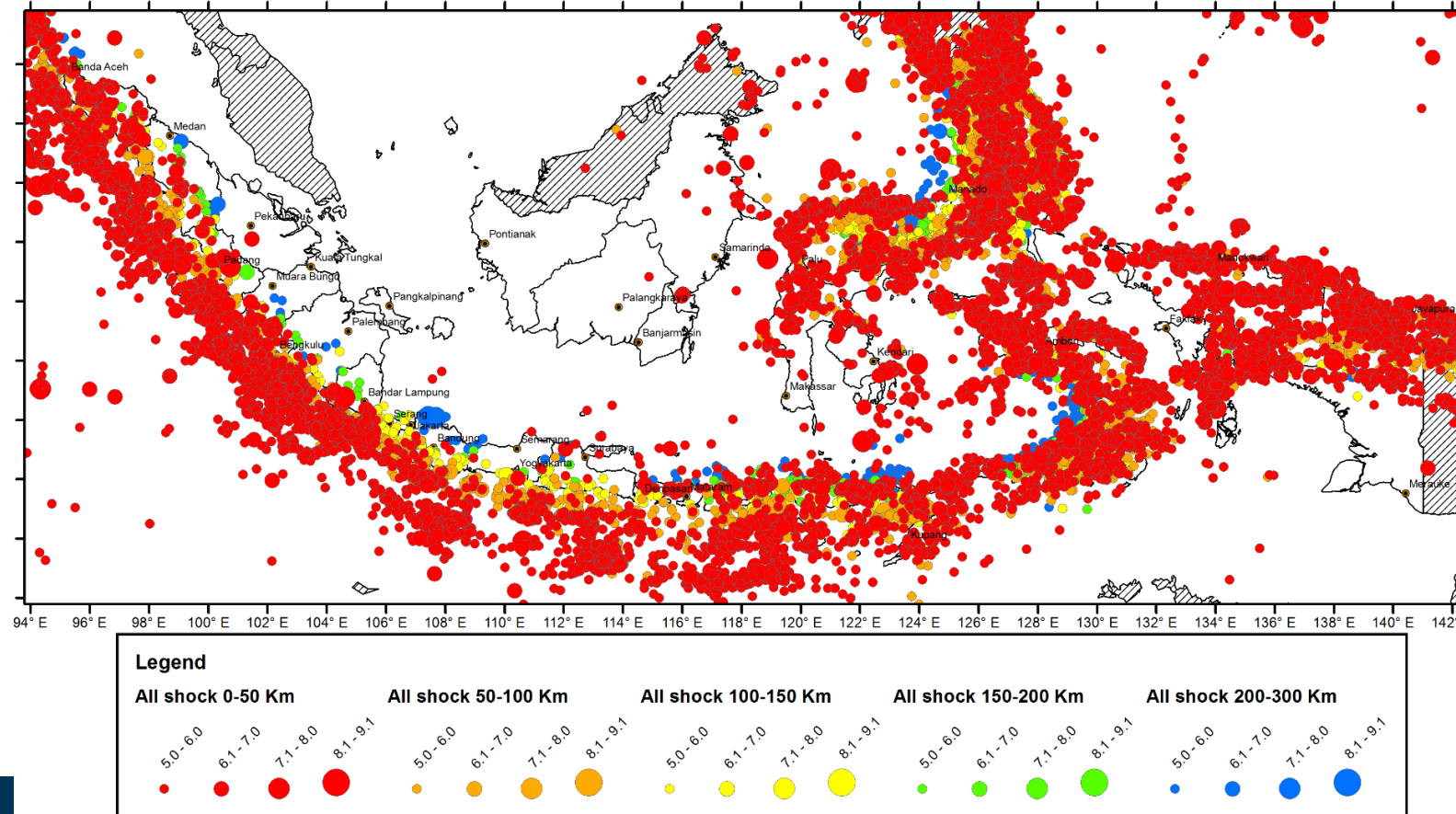
Gempa Bumi dan Tsunami



Persentase Jumlah Korban



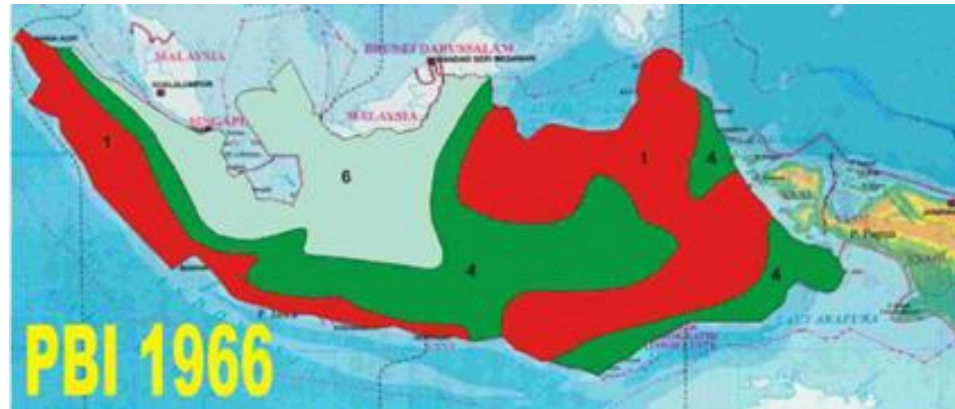
Kejadian gempa utama di Indonesia



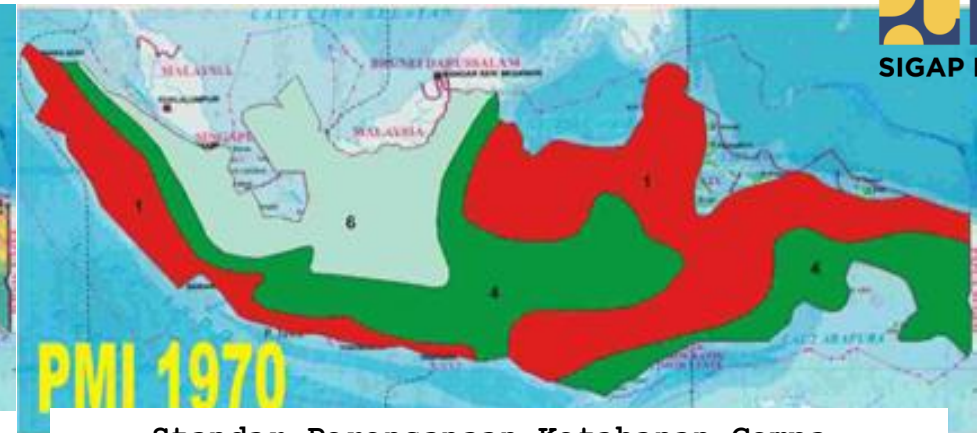
Katalog PuSGen 2016: all Shocks (1907-2016) Working Group Catalog

- EHB (1960-2008)
- USGS (1973-2016)
- ISC-GEM (1907-2004)
- Relocated BMKG data (2009-2015)

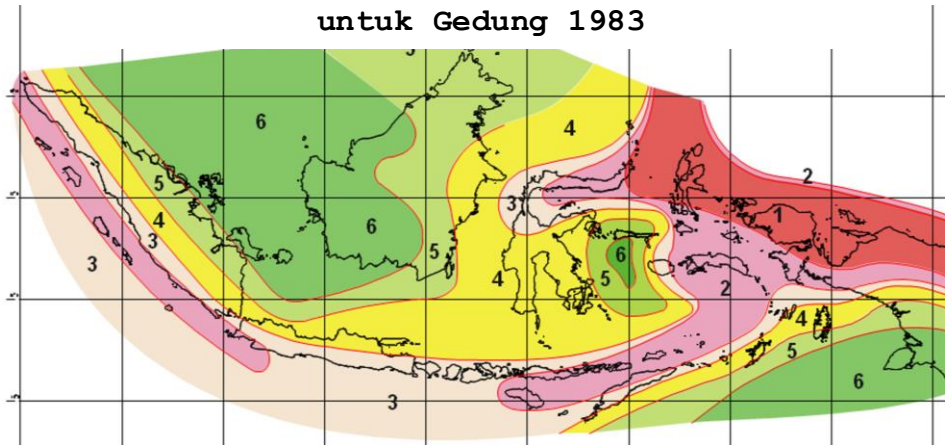
Peraturan Beton Indonesia 1966



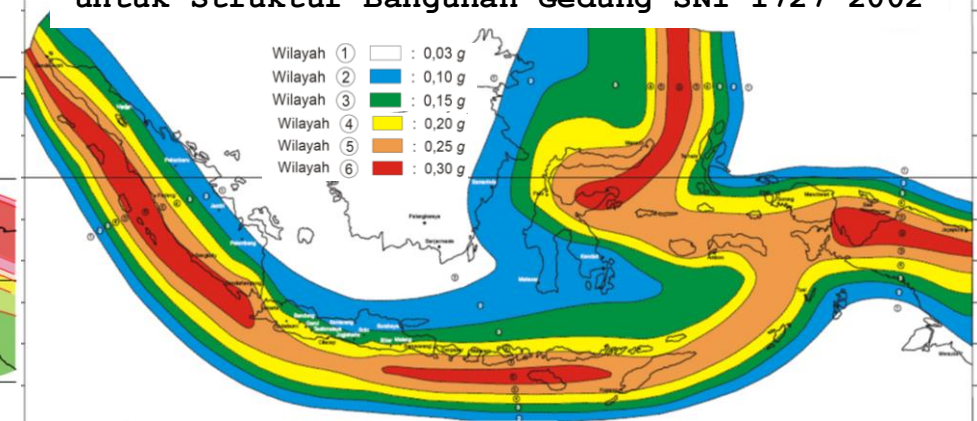
Peraturan Muatan Indonesia 1970



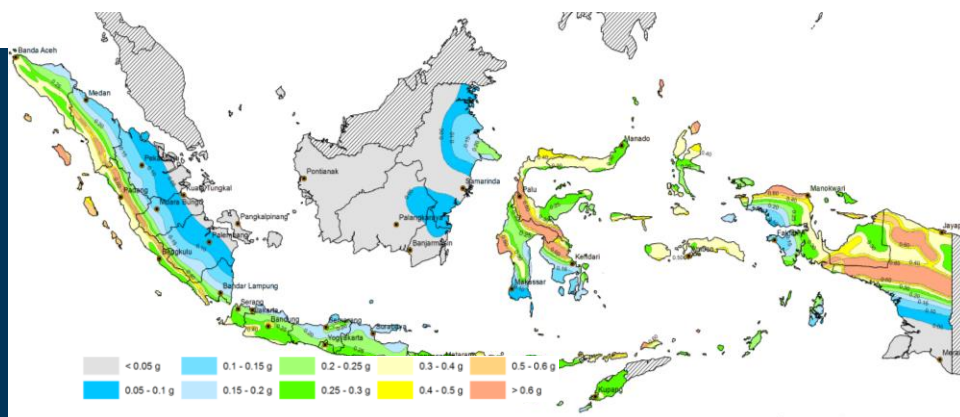
Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia
untuk Gedung 1983



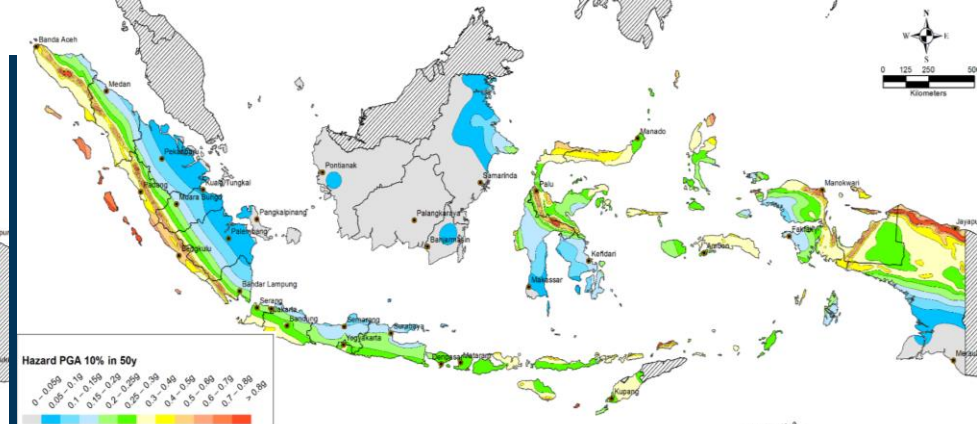
Standar Perencanaan Ketahanan Gempa
untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1727-2002



Peta Gempa Indonesia 2010 (untuk 500 thn)



Peta Gempa Indonesia 2017 (untuk 500 thn)



Sumber : Masyhur dkk (tim revisi peta gempa Indonesia 2017)

Kategori Resiko Bangunan (KRB)

Menunjukkan tingkat keseriusan konsekuensi terhadap struktur dan penghuni bangunan jika beban maksimum terlewati

Hal-hal yang mempengaruhi KRB

1. Jumlah penghuni yang akan terkena resiko jika struktur gagal
2. Kemungkinan jumlah orang yang berkumpul dalam satu ruangan
3. Mobilitas penghuni
4. Kemampuan penghuni dalam mengatasi situasi berbahaya
5. Potensi bocornya bahan beracun/berbahaya
6. Potensi hilangnya layanan vital bagi keberlangsungan hidup

Kategori Resiko Bangunan (KRB)

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

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

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III

Tabel 1- Kategori risiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	IV

Faktor Keutamaan, I

Tabel 2

No.	Faktor Resiko	Faktor Keutamaan, I
1.	I	1,0
2.	II	1,0
3.	III	1,25
4.	IV	1,5

**Perubahan mendasar
faktor keutamaan**

No.	Uraian	SNI 2002	SNI 2012
1.	Kategori gedung	Bersifat umum	Lebih detail
2.	Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	1,0	1,5
3.	Rumah sakit, fasilitas bedah, darurat	1,4	1,5
4.	Gedung pertemuan	1,0	1,25
5.	Penjara, rumah jompo, penitipan anak	1,0	1,25
6.	Monumental	1,6	1,5

Klasifikasi situs

Kelas Situs

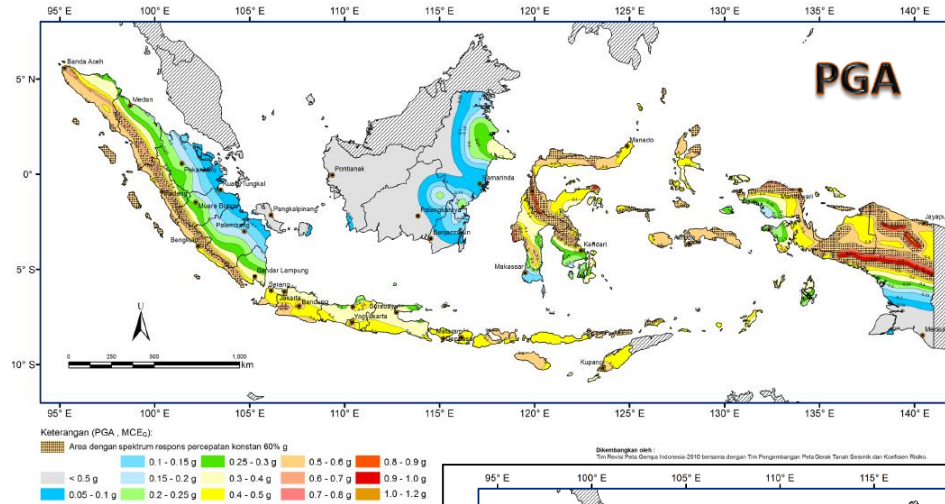
Tabel 3

Kelas Situs	$\bar{V}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40$ %, dan 3. Kuat geser niralinir $\bar{s}_u < 25 kPa$		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1) Keterangan: N/A = tidak dapat dipakai	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah, - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m), - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$), - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa.		

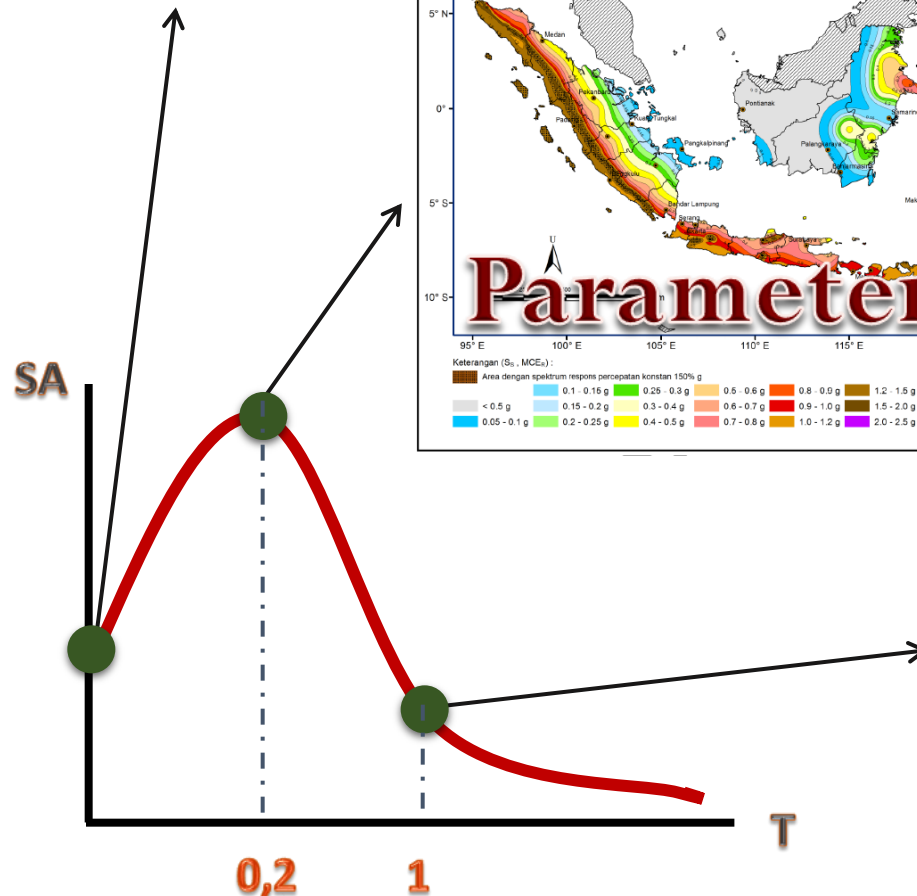
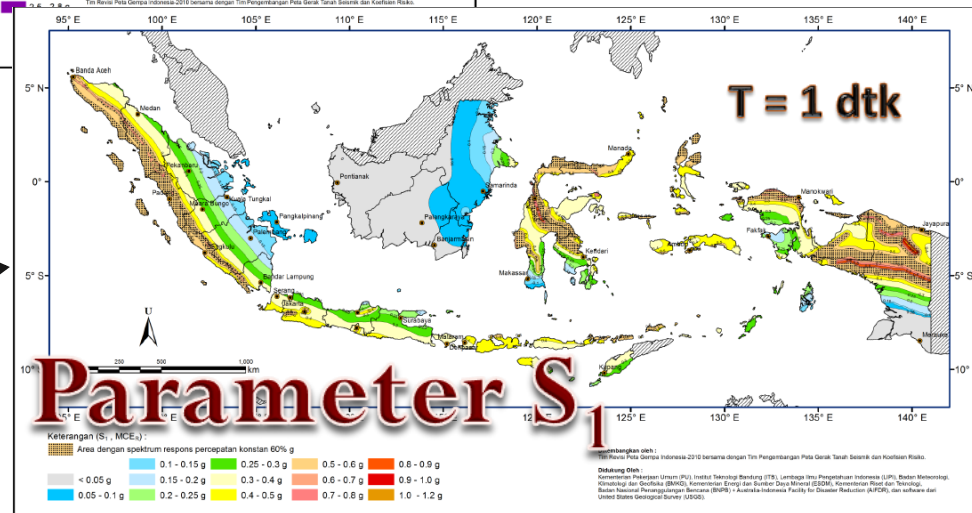
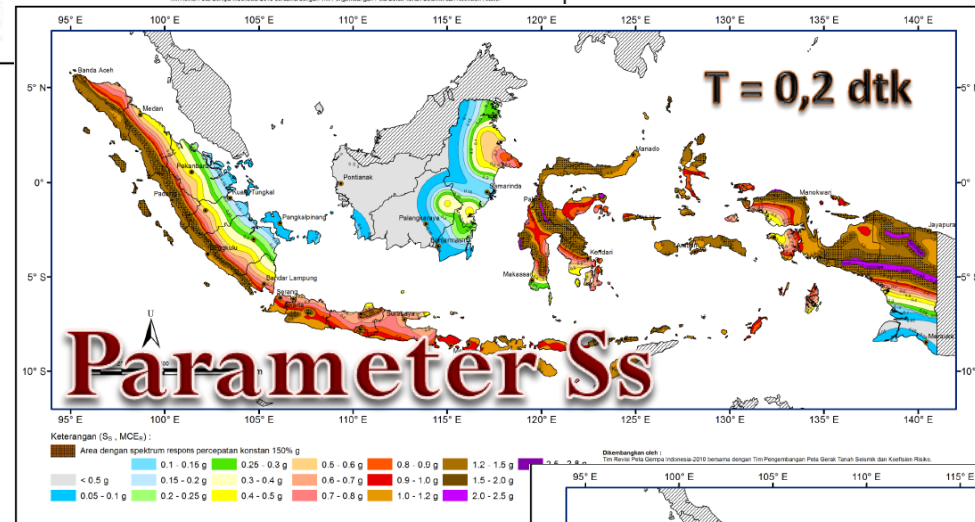
- Ditentukan dari berdasarkan profil tanah lapisan 30 m paling atas.
- Melalui penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium, yang dilakukan oleh otoritas yang berwenang atau ahli desain geoteknik bersertifikat,
- Diambil kondisi terburuk dari minimal 2 dari 3 kriteria diatas

3. Peta Percepatan Gempa

Peta Gempa maksimum yang dipertimbangkan rata-rata geometrik (*MCEG*)



Peta Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (*MCER*)

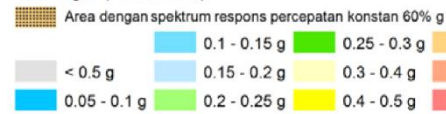


Parameter percepatan spektral desain u/ Sukoharjo

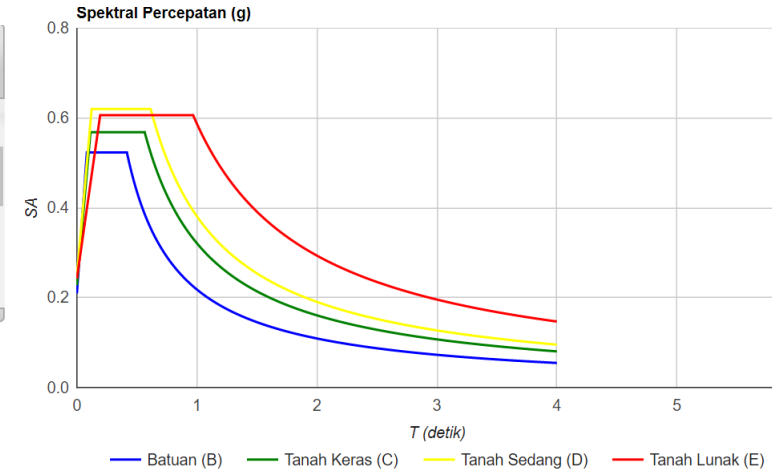


PGA

Keterangan (PGA, MCE_g):

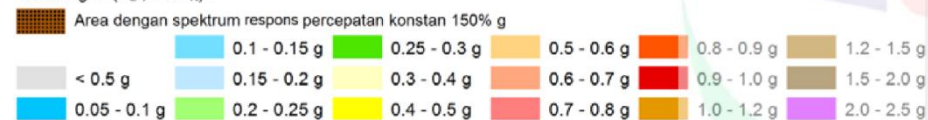


Jenis Batuan	
Tanah Keras (C)	
Variabel	Nilai
PGA (g)	0.378
S_s (g)	0.784
S_1 (g)	0.327
C_{RS}	1.018
C_{R1}	0.868
F_{PGA}	1.022



S_s

Keterangan (S_s , MCE_R):



S_1

Keterangan (S_1 , MCE_R):



Kota	PGA (g)	Jenis tanah	S_s (g)	S_1 (g)	F_a	F_v	S_{Ds} (g)	S_{D1} (g)	KDS
Sukoharjo	0,378	Keras	0,784	0,327	1,086	1,473	0,568	0,321	D
		Sedang			1,186	1,746	0,620	0,381	
		Lunak			1,159	2,691	0,606	0,587	

Kategori desain seismik (KDS)

- Terbagi 6 Kategori : A (paling ringan)-F (paling berat)
- Menentukan sistem struktur yang boleh digunakan
- Menentukan batasan ketinggian
- Menentukan detailing struktur
 - Beton mengacu pada SNI 2847
 - Baja mengacu pada SNI 1729

Tabel 6 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek

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

Ambil kondisi terburuk u/ $S_1 > 0,75^*)$

Untuk lokasi dengan $S_1 \geq 0.75g$:

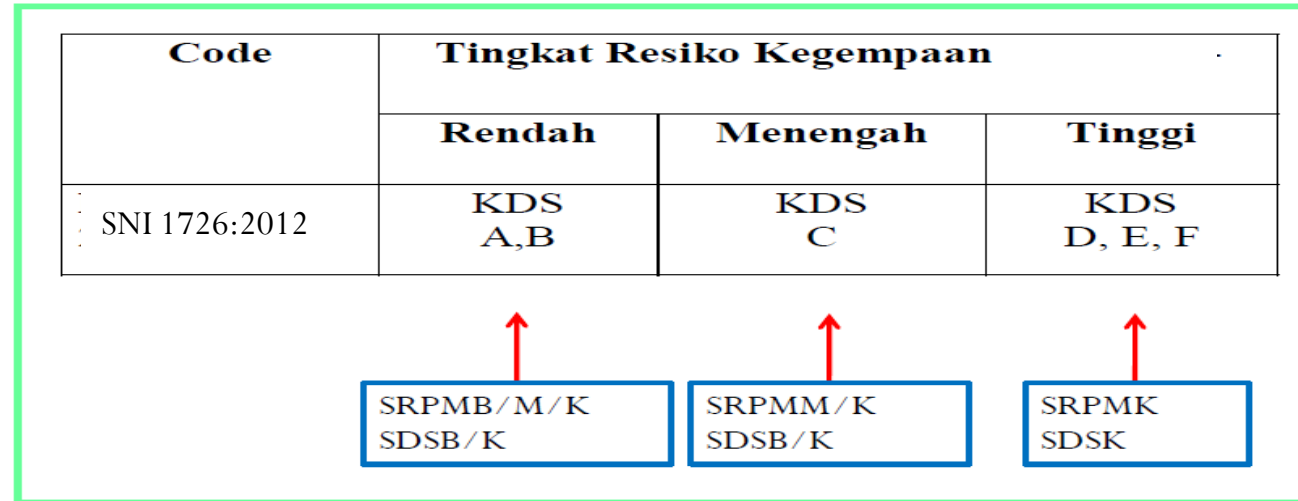
□ KDS = E untuk Kategori Risiko I, II, atau III

□ KDS = F untuk Kategori Risiko IV

Tabel 7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

KDS Versus Resiko Kegempaan



SRPM
SDS
B; M; K

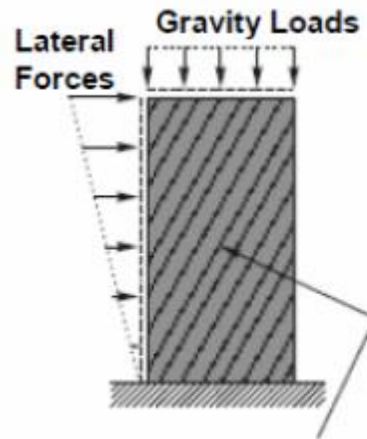
= SISTEM RANGKA PEMIKUL MOMEN
= SISTEM DINDING STRUKTUR
= BIASA; MENENGAH; KHUSUS

Catatan untuk KDS D :

- Harus memiliki daktilitas yang memadai → tidak semua sistem struktur boleh digunakan
- Ketinggian untuk beberapa sistem struktur dibatasi 48 meter
- Hanya ada dua sistem struktur yang diijinkan SNI dengan ketinggian melebihi 48 m, yaitu: sistem rangka penahan momen khusus dan sistem ganda khusus.

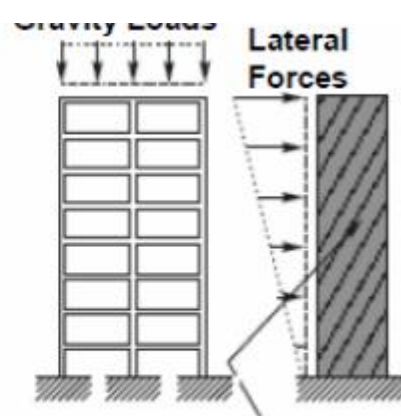
Pembatasan sistem struktur yang boleh digunakan

Sistem Dinding Penumpu



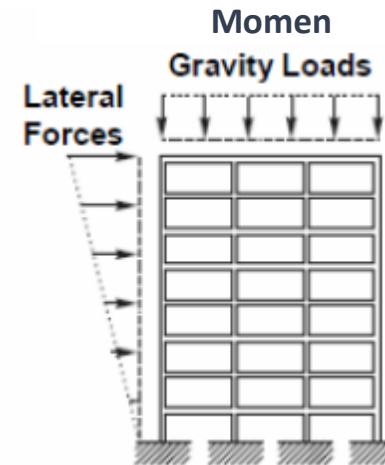
Stiff Resisting Elements...
Shearwalls or Braced Frames

Sistem Rangka Bangunan



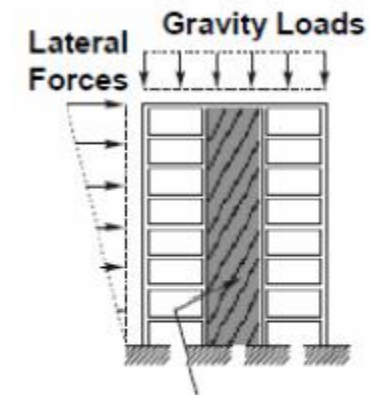
Stiff Resisting Elements...
Shearwalls or Braced Frames

Sistem Rangka Penahan



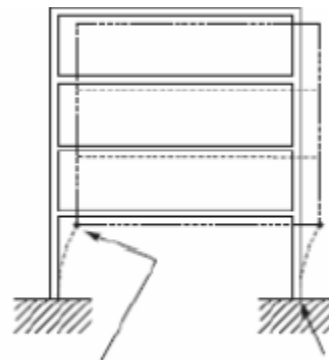
Sistem Ganda dengan

SRPMK/M



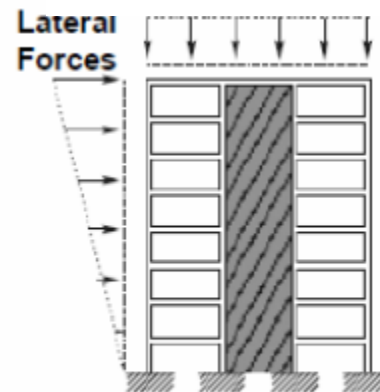
Stiff Resisting Elements...
Shearwalls or Braced
Frames (See Section
1629.6.5 for requirements)

Sistem kolom kantilever



Zero Moment
Restraint Fixed
Base

Sistem Interaksi



Concrete only

Parameter sistem:

Koefisien modifikasi respon = R

Parameter kuat lebih sistem = Ω_o

Faktor perbesaran defleksi = C_d

Batasan tinggi → berdasarkan KDS

Tabel 9 - SNI 1726 : 2019

Sistem penahan-gaya seismik	Pasal SNI 1726 di mana persyaratan pendetailan ditetapkan	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 (m) ^c				
					Kategori desain seismik				
					B	C	D ^d	E ^d	F ^e
A. Sistem dinding penumpu									
1. Dinding geser beton bertulang khusus	7.2	5	2½	5	TB	TB	48	48	30
2. Dinding geser beton bertulang biasa	7.2	4	2½	4	TB	TB	TI	TI	TI
3. Dinding geser beton polos didetail	7.2	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
4. Dinding geser beton polos biasa	7.2	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
5. Dinding geser pracetak menengah	7.2	4	2½	4	TB	TB	12 ^k	12 ^k	12 ^k
6. Dinding geser pracetak biasa	7.2	3	2½	3	TB	TI	TI	TI	TI
7. Dinding geser batu bata bertulang khusus	7.4	5	2½	3½	TB	TB	48	48	30
8. Dinding geser batu bata bertulang menengah	7.4	3½	2½	2¼	TB	TB	TI	TI	TI
9. Dinding geser batu bata bertulang biasa	7.4	2	2½	1¾	TB	48	TI	TI	TI

Tabel - SNI 1726 : 2019

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
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,i}	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

Tabel - SNI 1726 : 2019

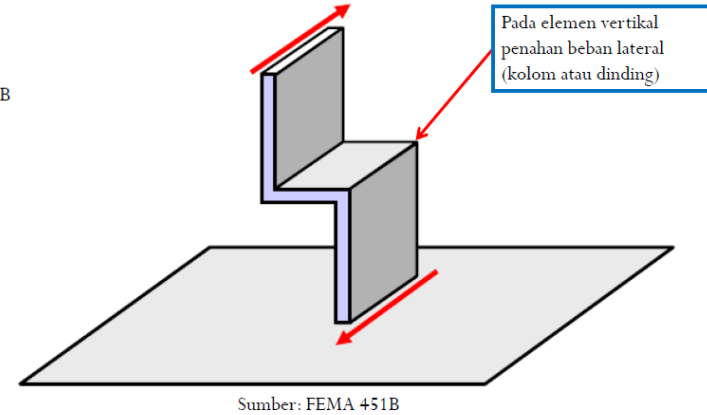
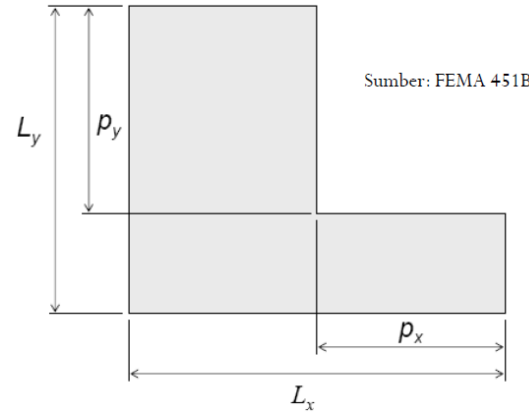
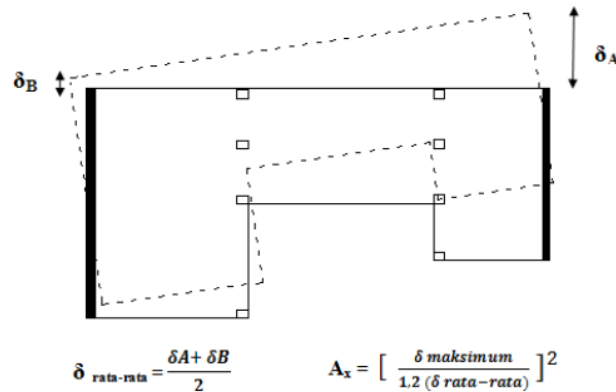
D.Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 persen gempa yang ditetapkan	Pasal SNI 1726 ^a	R^a	Ω_0^g	C_d^b	B	C	D ^d	E ^d	F ^e
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	7.1	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7.1	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7.2	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa	7.2	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	7.3	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	7.3	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7.3	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7.3	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	7.3	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	7.4	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	7.4	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	7.1	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	7.1	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

Tabel - SNI 1726 : 2019

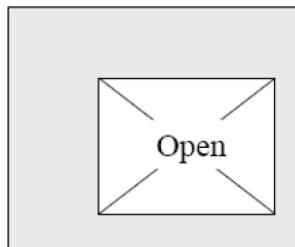
E.Sistem ganda dengan rangka pemikul momen menengah mampu menahan paling sedikit 25 persen gempa yang ditetapkan	Pasal SNI 1726 ^a	R^a	Ω_0^g	C_d^b	B	C	D^d	E^d	F^e
1. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus ^f	7.1	6	2½	5	TB	TB	10	TI	TI ^{h,k}
2. Dinding geser beton bertulang khusus	7.2	6½	2½	5	TB	TB	48	30	30
3. Dinding geser batu bata bertulang biasa	7.4	3	3	2½	TB	48	TI	TI	TI

Ada “penalti” untuk Struktur bangunan tidak sederhana

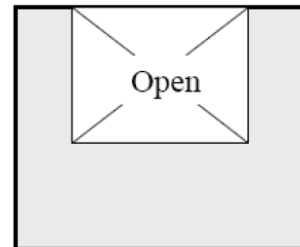
1. Ketidakberaturan horizontal struktur



Torsi

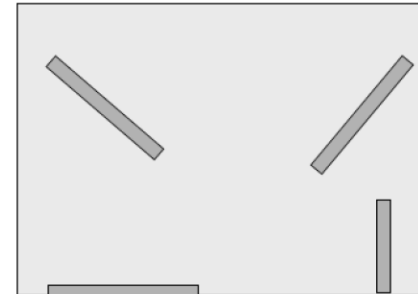


Sumber: FEMA 451B



Diskontinuitas Diafragma

Sudut dalam



Sumber: FEMA 451B

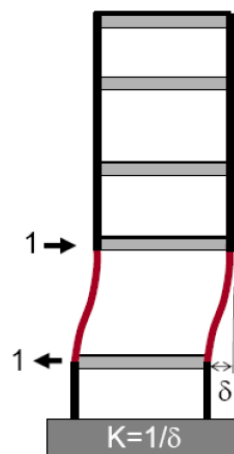
Sistem non-paralel

Pergeseran keluar bidang

Batasan dan tindak lanjut lihat tabel 10 SNI 1726 : 2019

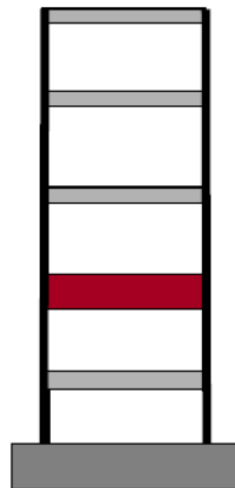
Ada “penalti” untuk Struktur bangunan tidak sederhana

2. Ketidakberaturan vertikal struktur



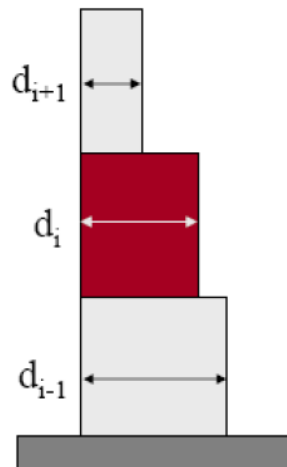
Sumber: FEMA 451B

**Kekakuan
tingkat**



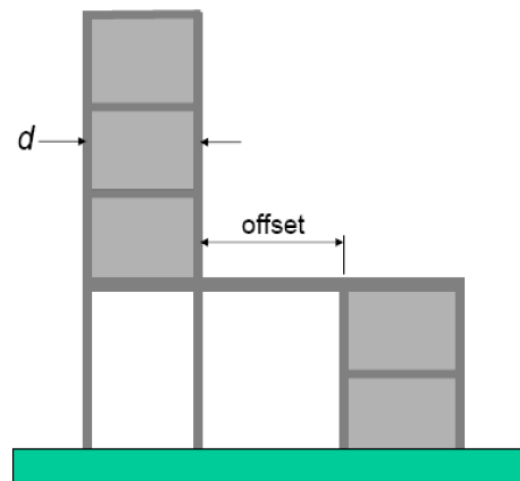
Sumber: FEMA 451B

**Massa
Bangunan**



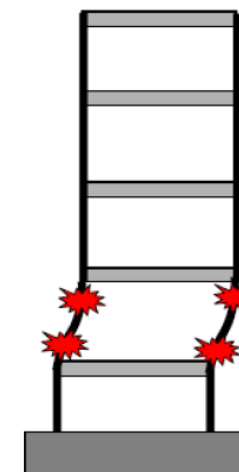
Sumber: FEMA 451B

**Geometri
vertikal**



Sumber: FEMA 451B

**Diskontinuitas
bidang**



Sumber: FEMA 451B

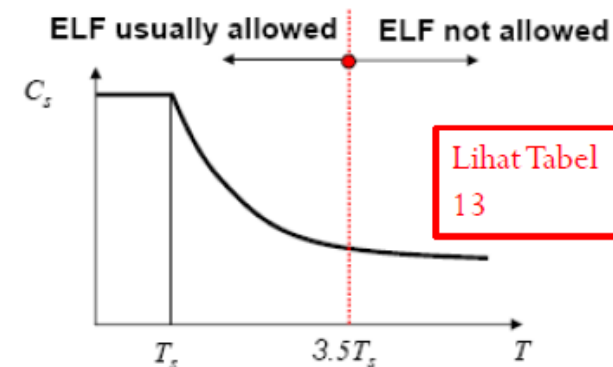
**Kekuatan lateral
tingkat**

**Batasan dan tindak lanjut lihat
tabel 11 SNI 1726 : 2019**

Tabel 13 Prosedur analisis yang boleh digunakan

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen Pasal -7.8	Analisis spektrum respons ragam Pasal 7.9	Prosedur riwayat respons seismik Bab 11
B, C	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II, dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan Kategori Risiko I atau II dari konstruksi rangka ringan dengan ketinggian tidak melebihi 3 tingkat	I	I	I
	Bangunan lainnya dengan Kategori Risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan semua struktur dari konstruksi rangka ringan	I	I	I
	Struktur tidak beraturan dengan $T < 3,5T_s$ dan mempunyai hanya ketidakaturan horisontal Tipe 2, 3, 4, atau 5 dari Tabel 10 atau ketidakaturan vertikal Tipe 4, 5a, atau 5b dari Tabel 11	I	I	I
	Semua struktur lainnya ($T \geq 3,5 T_s$ KR III dan IV)	TI	I	I

CATATAN I : Diiijinkan, ; TI : Tidak Diiijinkan



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

Sumber: FEMA 451B

Gaya Geser Gempa

$$V = C_s W$$

Ket :

C_s : Koefisien respon seismik

W : Berat efektif

$$C_s (\min) = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

atau

$$C_s (\min) = 0,5 S_1 / (R / I_e)$$

bila $S_1 > 0,6g$

Distribusi Vertikal Gaya Gempa

$$F_x = C_{vx} V$$

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

dimana,

C_{vx}

= faktor distribusi vertikal,

V

= gaya lateral disain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i dan w_x

= bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x ;

h_i and h_x

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

k

= eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

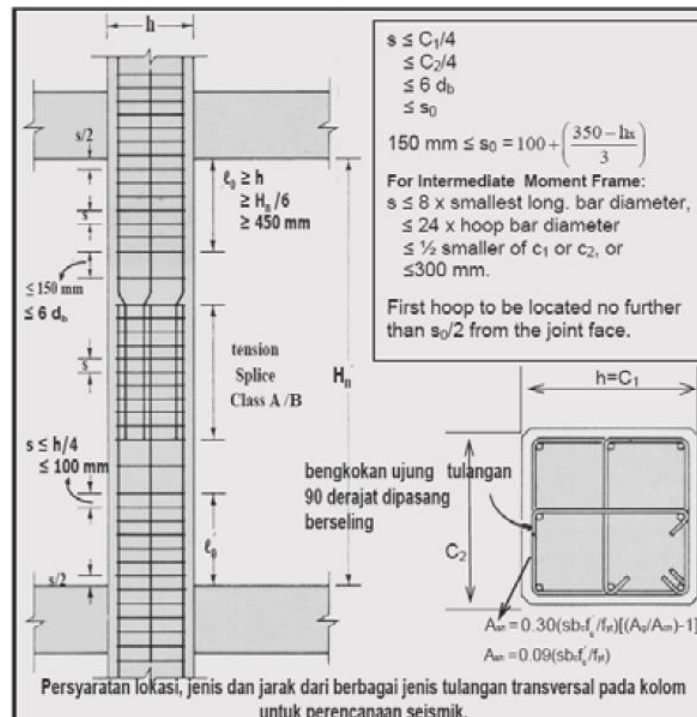
untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, $k = 1$

untuk struktur yang mempunyai perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, $k = 2$

untuk struktur yang mempunyai perioda antara 0,5 dan 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

Persyaratan detailing struktur tahan gempa diatur dalam :

- Beton : SNI 2847 : 2013**, Persyaratan Beton struktural untuk bangunan gedung
- Baja : SNI 1729 : 2015**, Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural, SNI 7972 sambungan terqualifikasi

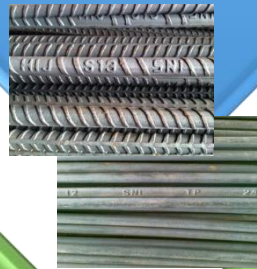


Ketentuan terkait material



Ketentuan terkait material

Tulangan Baja



- Tulangan yang digunakan harus tulangan ulir kecuali untuk tulangan spiral.
- Baja tulangan ulir, harus memenuhi ketentuan: Baja karbon (ASTM A615M), Baja *low-alloy* (ASTM A706M), Baja *stainless* (ASTM A955M), Baja rel dan baja gandar (ASTM A996M).
- Baja tulangan polos untuk tulangan spiral, harus memenuhi ketentuan: ASTM A615M, A706M, A955M atau A1035M.

Material campuran tambahan



- *Admixture* untuk mengurangi air dan memodifikasi waktu ikat harus memenuhi ASTM C494M.
- *Admixture* untuk pemakaian beton alir (*flowing concrete*) harus memenuhi ASTM C1017M.
- *Admixture* untuk pengisi udara (*air-entraining admixture*) harus memenuhi ASTM C260.

Ketentuan tulangan baja dalam SNI 2847:2013

3.5 Tulangan baja

3.5.1 Tulangan yang digunakan harus tulangan ulir, kecuali untuk tulangan spiral atau baja prategang diperkenankan tulangan polos; dan tulangan yang mengandung *stud* geser berkepala, baja profil struktural, pipa baja, atau tabung baja dapat digunakan sesuai dengan persyaratan pada Standar ini. Serat baja ulir tidak menerus dapat digunakan hanya untuk menahan geser dengan kondisi yang ditetapkan dalam 11.4.6.1(f).



Sumber foto : www.ironsteelcenter.com

Ketentuan tulangan baja dalam SNI 2847:2013

3.5.3 Tulangan ulir

3.5.3.1 Tulangan ulir harus memenuhi persyaratan untuk batang tulangan ulir dalam salah satu ketentuan berikut, kecuali diizinkan oleh 3.5.3.3:

- (a) Baja karbon: ASTM A615M;
- (b) Baja *low-alloy*: ASTM A706M;
- (c) Baja *stainless*: ASTM A955M;
- (d) Baja rel dan baja gandar: ASTM A996M. Batang tulangan dari baja rel menggunakan Tipe R.

3.5.3.2 Baja tulangan ulir harus memenuhi salah satu spesifikasi ASTM yang disebutkan dalam 3.5.3.1, kecuali yang untuk batang tulangan dengan f_y kurang dari 420 MPa, kekuatan lelehnya harus diambil sebesar tegangan yang berhubungan dengan regangan sebesar 0,5 persen, dan untuk batang tulangan dengan f_y paling sedikit 420 MPa, kekuatan lelehnya harus diambil sebesar tegangan yang berhubungan dengan regangan sebesar 0,35 persen. Lihat 9.4.

3.5.3.3 Baja tulangan ulir yang memenuhi ASTM A1035M diizinkan digunakan sebagai tulangan transversal dalam 21.6.4 atau tulangan spiral dalam 10.9.3.

Persyaratan tulangan untuk struktur tahan gempa

Untuk struktur rangka momen khusus, dinding struktur khusus,

1. Tulangan lentur dan aksial harus memenuhi ASTM A706M mutu 420;

Sumber : SNI 2847:2013, Ps. 21.1.5.2

TABLE 2 Tensile Requirements

	Grade 60 [420]	Grade 80 [550]
Tensile strength, min, psi [MPa]	80 000 [550] ^A	100 000 [690] ^A
Yield strength, min, psi [MPa]	60 000 [420]	80 000 [550]
Yield strength, max, psi [MPa]	78 000 [540]	98 000 [675]
Elongation in 8 in. [200 mm], min, %		
Bar Designation Nos.		
3, 4, 5, 6 [10, 13, 16, 19]	14	12
7, 8, 9, 10, 11 [22, 25, 29, 32, 36]	12	12
14, 18 [43, 57]	10	10

^A Tensile strength shall not be less than 1.25 times the actual yield strength.

6.2 The chemical composition as shown by heat analysis shall be limited by the following:

Element	max, %
Carbon	0.30
Manganese	1.50
Phosphorus	0.035
Sulfur	0.045
Silicon	0.50

Sumber : ASTM A706/A706M-13

Persyaratan yang harus dipenuhi jika menggunakan ASTM A615M

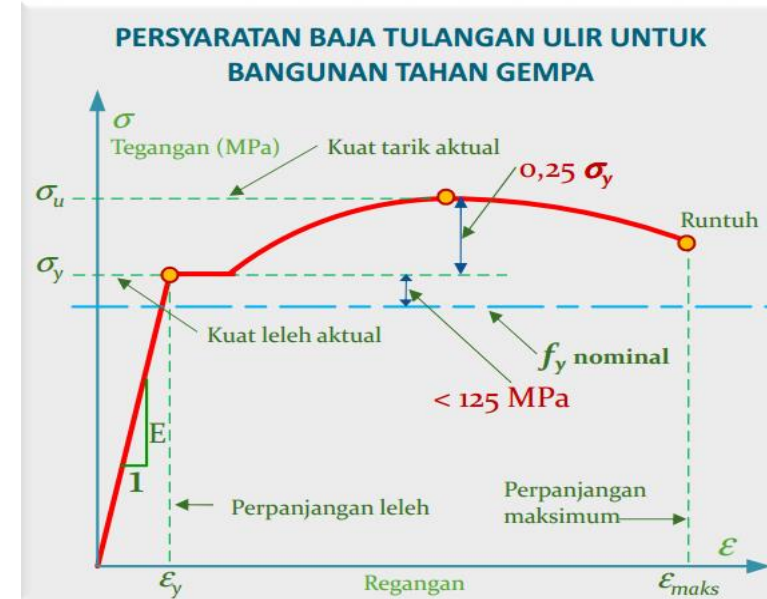
Untuk struktur rangka momen khusus, dinding struktur khusus,.....

1. Tulangan lentur dan aksial harus memenuhi ASTM A706M mutu 420;
2. Tulangan mutu 280 dan 420 ASTM A615M diijinkan dengan catatan.

Sumber : SNI 2847:2013, Ps. 21.1.5.2

$$a) \quad f_{y_{aktual}} - f_{y_{spek}} \leq 125 \text{ MPa}$$

$$b) \quad \frac{f_{Ult}}{f_y} \geq 1.25$$



Tabel 2 Persyaratan tarik

	Mutu 40 [280] ^A	Mutu 60 [420]	Mutu 75 [520]	Mutu 80 [550]
Kekuatan tarik, min, psi [MPa]	60 000 [420]	620	690	725
Kekuatan leleh, min, psi [MPa]	40 000 [280]	420	520	550
Perpanjangan untuk 200 mm, minimum, % :				
No. penunjukan batang				
3 [10]	11	9	7	7
4, 5 [13, 16]	12	9	7	7
6 [19]	12	9	7	7
7, 8 [22, 25]	...	8	7	7
9, 10, 11 [29, 32, 36]	...	7	6	6
14, 18 [43, 57]	...	7	6	6

^A Batang-batang mutu 40 [280] hanya disediakan dalam ukuran 3 sampai 6 [10 sampai 19].

Ketentuan tulangan baja dalam SNI 2847 :2013

3.5.4 Tulangan polos

3.5.4.1 Batang tulangan polos untuk tulangan spiral harus memenuhi ASTM A615M, A706M, A955M, atau A1035M.



Sumber foto : www.megabajacipondoh.com

Ukuran baja tulangan

(SNI 2052:2017)

Tabel 2 - Ukuran baja tulangan beton polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas penampang nominal (A)	Berat nominal per meter*
		mm	mm ²	kg/m
1	P 6	6	28	0,222
2	P 8	8	50	0,395
3	P 10	10	79	0,617
4	P 12	12	113	0,888
5	P 14	14	154	1,208
6	P 16	16	201	1,578
7	P 19	19	284	2,226
8	P 22	22	380	2,984
9	P 25	25	491	3,853
10	P 28	28	616	4,834
11	P 32	32	804	6,313
12	P 36	36	1018	7,990
13	P 40	40	1257	9,865
14	P 50	50	1964	15,413

CATATAN:

- *sebagai referensi
- Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran adalah sebagai berikut:
 - a) Luas penampang nominal (A)

$$A = 0,7854 \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$
 d = diameter nominal (mm)
 - b) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$ (kg/m)

Tabel 3 - Ukuran baja tulangan beton sirip/ulir

No	Pena- maan	Dia- meter nominal (d)	Luas penam- pang nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip melintang (P) Maks	Lebar sirip membujur (T) Maks	Berat nominal per meter
				min	maks			
		mm	mm ²	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S 10	10	79	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
6	S 19	19	284	1,0	1,9	13,3	14,9	2,226
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,984
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,990
12	S 40	40	1257	2,0	4,0	28,0	31,4	9,865
13	S 50	50	1964	2,5	5,0	35,0	39,3	15,413
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,978
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	44,6	20,031

CATATAN:

1. Diameter nominal hanya dipergunakan untuk perhitungan parameter nominal lainnya dan tidak perlu diukur
2. Cara menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal dan ukuran sirip/ulir adalah sebagai berikut:
 - a) Luas penampang nominal (A)

$$A = 0,7854 \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$
 d = diameter nominal (mm)
 - b) Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100} \times 0,7$ (kg/m)
 - c) Jarak sirip melintang maksimum = 0,70 d
 - d) Tinggi sirip minimum = 0,05 d
Tinggi sirip maksimum = 0,10 d
 - e) Jumlah 2 (dua) sirip membujur maksimum = 0,25 K
Keliling nominal (K)
K = 0,3142 x d (mm)

Toleransi ukuran baja tulangan

(SNI 2052:2017)

Tabel 4 - Ukuran dan toleransi diameter BjTP

No	Diameter (d)	Toleransi (t)	Penyimpangan kebundaran maks (p)
	mm	mm	mm
1	6	$\pm 0,3$	0,42
2	$8 \leq d \leq 14$	$\pm 0,4$	0,56
3	$16 \leq d \leq 25$	$\pm 0,5$	0,70
4	$28 \leq d \leq 34$	$\pm 0,6$	0,84
5	$d \geq 36$	$\pm 0,8$	1,12
CATATAN: 1. Penyimpangan kebundaran maksimum dengan rumus: $p = (d_{maks} - d_{min}) \leq (2t \times 70\%)$ 2. Toleransi untuk baja tulangan beton polos = $d - d_{aktual}$			

Tabel 5 - Toleransi berat per batang BjTS

Diameter nominal (mm)	Toleransi (%)
$6 \leq d \leq 8$	± 7
$10 \leq d \leq 14$	± 6
$16 \leq d \leq 29$	± 5
$d > 29$	± 4
CATATAN: Toleransi berat untuk baja tulangan beton sirip = $\frac{\text{berat}_{\text{nominal}} - \text{berat}_{\text{aktual}}}{\text{berat}_{\text{nominal}}} \times 100\%$	

Sifat Mekanis baja tulangan

(SNI 2052:2017)

Tabel 6 – Sifat mekanis

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	-
			12 ($d \geq 12$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($d \geq 13$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ($22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			10 ($d > 36$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,15
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	

Keterangan:
 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton
 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung

Untuk struktur
tahan gempa
Sesuai ASTM
A615

Tabel 7 - Tabel untuk tanda kelas baja tulangan beton

Kelas baja		Warna
BjTP 280	BjTS 280	Hitam
-	BjTS 420A	Kuning
	BjTS 420B	Merah
	BjTS 520	Hijau
	BjTS 550	Putih
	BjTS 700	Biru

TERIMA KASIH