

ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA

IR. NASRIL S., M.T.,IAI
DR. WAHYUDI P. UTAMA, B.QS., M.T.
DR. ENG RAHMAT., S.T., M.T.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, dengan segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, kemurahan dan kemudahan yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis telah dapat menyelesaikan penulisan Buku Ajar ini (Kelompok Bidang Keahlian Teknologi Bangunan), dengan Judul : "Arsitektur Tanggap Bencana".

Buku ini disusun dalam rangka menunjang Program Studi yang ada di Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Universitas Bung Hatta Padang. Selain itu, buku ini diharapkan dapat dipakai sebagai tambahan informasi keilmuan (reference) pada program studi terkait dan para profesional yang memerlukan dan siapa saja yang berminat mengembangkan ilmu pengetahuan.

Adapun materi yang diuraikan pada hasil penulisan Buku Ajar ini nantinya adalah tentang. Kajian Kerusakan & Perbaikan Bangunan, yang bersumber dari kumpulan diktat perkuliahan dan referensi yang berkaitan, adapun tujuan dari penulisan buku ajar ini, untuk dapat mengetahui penyebab kerusakan bangunan dan cara perbaikan pada elemen bangunan (struktur, arsitektur dan mekanikal & elektrikal).

Kami berharap buku ini dapat menjadi sumber referensi yang berharga bagi para arsitek, insinyur sipil, perencana kota, mahasiswa, serta masyarakat umum yang memiliki kepedulian terhadap isu kebencanaan. Semoga dengan pemahaman yang lebih baik tentang arsitektur tanggap bencana, kita dapat bersama-sama membangun masa depan yang lebih resilient dan mengurangi dampak buruk yang ditimbulkan oleh bencana.

Padang, September 2025

Penulis,

Ir. Nasril S., M.T., IAI

DAFTAR ISI

BAB I

PENGERTIAN ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA	1
PERENCANAAN BANGUNAN TANGGAP BENCANA	3
PRINSIP PRINSIP KUNCI	5
IMPLEMENTASI DI INDONESIA	6
TEKNOLOGI PEMANTAUAN DAN PERINGATAN DINI	9
PERAN KOMUNITAS DAN PARTISIPASI DALAM ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA	10
PENAMPUNGAN SEMENTARA DAN PERMANENT SHELTERS.....	11
KEBIJAKAN DAN REGULASI PENDUKUNG	11
PERENCANAAN TATA RUANG BERBASIS RISIKO	12
PERENCANAAN PASCA-BENCANA DALAM ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA.....	13
PENILAIAN KERUSAKAN DAN ANALISIS CEPAT (RAPID DAMAGE ASSESSMENT)	13
PERENCANAAN TEMPAT PENAMPUNGAN SEMENTARA (TEMPORARY SHELTERS) DAN HUNIAN TRANSISI	14
REKONSTRUKSI DAN PEMBANGUNAN KEMBALI BERBASIS KOMUNITAS (COMMUNITY-BASED RECONSTRUCTION).....	15
PENERAPAN BUILD BACK BETTER PADA SEKTOR KEHUTANAN	15
PENGEMBANGAN RENCANA INDUK (MASTER PLAN) REKONSTRUKSI	16
PERAN DAN TANGGUNG JAWAB ARSITEK DALAM TANGGAP BENCANA.....	17
ASPEK PSIKOSOSIAL DAN KESIAPAN KOMUNITAS DALAM ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA	19
SEKOLAH ANTI BANJIR DAN FLEKSIBEL	22
PENDANAAN DAN IMPLEMENTASI BERKELANJUTAN DALAM ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA	26
ETIKA DAN PROFESIONALISME ARSITEK DALAM TANGGAP BENCANA	30

BAB II

PENCEGAHAN DAN MITIGASI	33
BENCANA-BENCANA ALAM YANG TERJADI DI INDONESIA	34
KARAKTER BENCANA BENCANA.....	40
MAKNA BENCANA	40
PENANGANAN BENCANA.....	40
PENANGANAN SUMBER ANCAMAN.....	40
MITIGASI BENCANA.....	41
TUJUAN DAN MANFAAT MITIGASI	41
KLASIFIKASI TINDAKAN MITIGASI	42
UPAYA MITIGASI BERDASARKAN JENIS BENCANA.....	42
PERENCANAAN PENGURANGAN RISIKO BENCANA (PRB).....	43

BAB III	
PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM MITIGASI BENCANA	45
TSUNAMI ACEH.....	50
GEMPA SUMATERA BARAT 2009	52
GUNUNG MERAPI.....	54
BANJIR BANDANG	55
BAB IV	
BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	56
PENGERTIAN GEMPA.....	60
FILOSOFI BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	63
BATASAN PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN	65
PERSYARATAN BAHAN DAN Pengerjaan	70
KETENTUAN RANGKA PEMIKUL BETON	71
PRINSIP PRINSIP UTAMA KONSTRUKSI	75
BAB V	
PENGERTIAN ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA	81
KARAKTER BENCANA.....	85
PENANGANAN BENCANA.....	89
KERENTANANAN KOMUNITAS.....	92
DESAIN TAHAN ANGIN	96
DESAIN TAHAN BANJIR	98
DESAIN TAHAN GEMPA	99
DESAIN TAHAN TSUNAMI.....	100
TEORI	
KONSTRUKSI.....	102
MANAJEMEN BENCANA.....	104
MODEL MANAJEMEN BENCANA.....	105
KEBIJAKAN MANAJEMEN BENCANA.....	106
BAB VI	
BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	108
PENGERTIAN GEMPA DAN RESPON BANGUNAN.....	115
LINGKUP	
PEMAHAMAN.....	120
PERENCANAAN DENAH RUMAH.....	125
BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	130
BAB VII	
PERANCANGAN BANGUNAN TAHAN GEMPA.....	144

STRUKTUR BAJA	147
KEKURANGAN STRUKTUR BAJA	149
PEMBEBANAN	150
BEBAN MATI.....	155
BEBAN HIDUP	159
KOMBINASI BEBAN TERFAKTOR.....	163
ANALISIS SNI.....	163
KATEGORI GEDUNG.....	163
METODE ANALISA DAN DESAIN	
ANALISA STRUKTUR	
ANALISA PENAMPANG KOMPONEN BAJA	
PRINSIP MEMBANGUN RUMAH TAHAN GEMPA.....	170
DAFTAR PUSTAKA.....	172

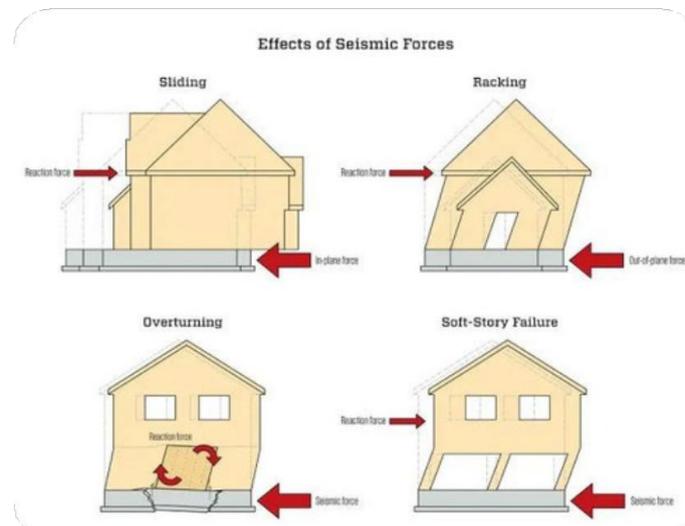


BAB I

ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA

PENGERTIAN ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA

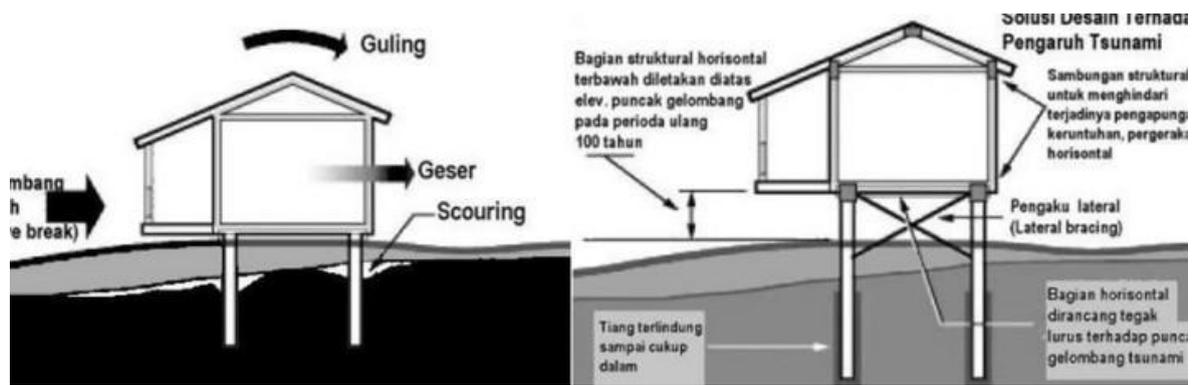
Arsitektur Tanggap Bencana adalah sebuah pendekatan holistik dalam disiplin arsitektur dan perencanaan lingkungan terbangun yang bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif bencana alam dan non-alam, serta mempercepat proses pemulihan dan pembangunan kembali yang lebih baik dan tangguh. Ini bukan sekadar tentang membangun struktur yang kuat, tetapi tentang menciptakan ekosistem binaan yang mampu beradaptasi, bertahan, dan pulih secara efektif dari berbagai ancaman. Arsitektur Tanggap Bencana adalah perwujudan dari prinsip ketahanan (resilience) dalam bentuk fisik. Ini adalah pendekatan multidisiplin yang tidak hanya mempertimbangkan aspek teknis-struktural, tetapi juga dimensi sosial, ekonomi, kelembagaan, dan lingkungan.



Sumber: SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

Konsep ini melampaui standar bangunan biasa dengan mempertimbangkan siklus hidup bencana secara menyeluruh:

- **Mitigasi:** Desain yang meminimalkan kerusakan saat bencana terjadi. Ini termasuk penggunaan material yang tahan bencana, struktur yang fleksibel atau kokoh terhadap gaya alam, serta perencanaan tata ruang yang memperhitungkan zona rawan bencana.
- **Kesiapsiagaan:** Memasukkan fitur-fitur yang mendukung evakuasi cepat dan aman, seperti jalur evakuasi yang jelas, ruang aman, dan sistem komunikasi darurat. **Respons:** Memastikan bangunan dapat berfungsi sebagai tempat perlindungan sementara atau pusat bantuan darurat jika diperlukan.
- **Pemulihan:** Desain yang memungkinkan perbaikan cepat dan efisien setelah bencana, seringkali dengan modulasi atau sistem yang mudah diganti. Ini juga bisa berarti mendesain bangunan yang dapat beradaptasi dengan perubahan lingkungan atau pola bencana di masa depan.



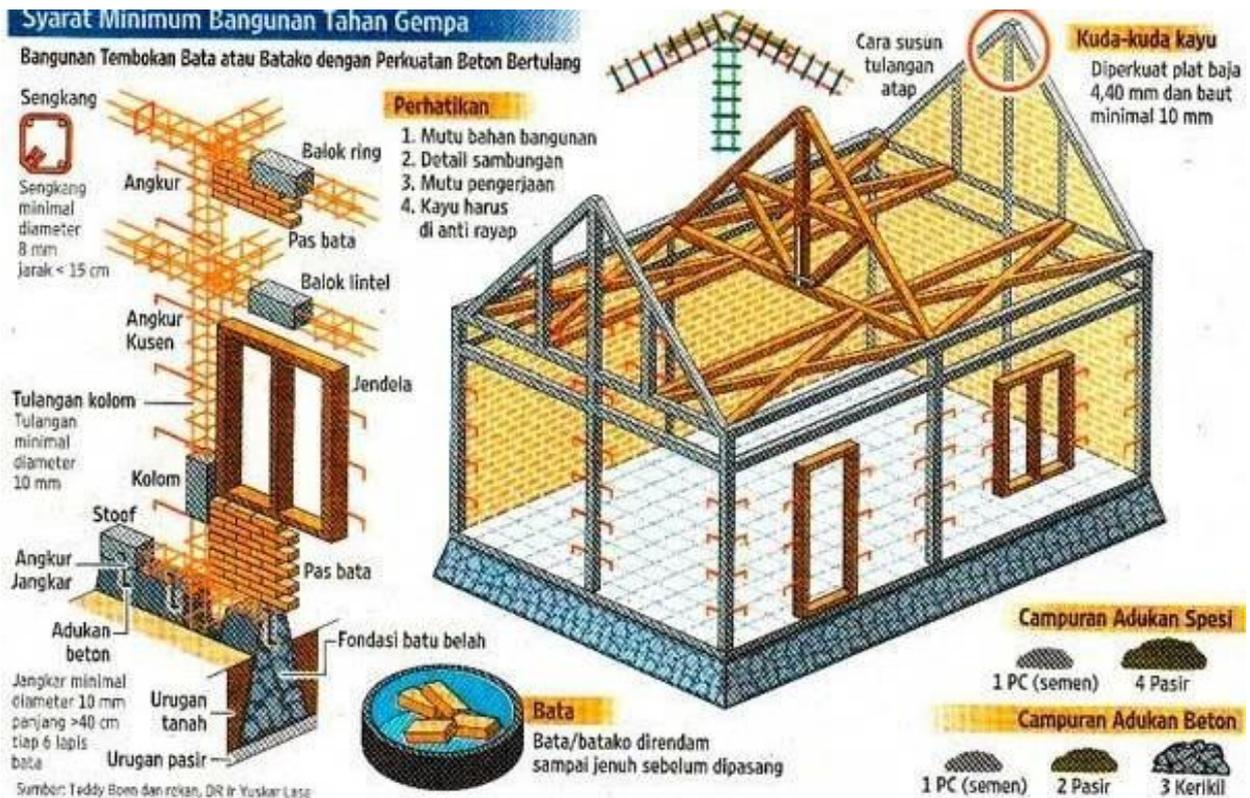
Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Mengapa Arsitektur Tanggap Bencana Penting? Di wilayah yang rentan bencana, arsitektur tanggap bencana menjadi sangat krusial karena:

- **Melindungi Nyawa:** Desain yang tahan bencana dapat secara signifikan mengurangi korban jiwa dan cedera saat bencana melanda. Mengurangi Kerugian
- **Ekonomi:** Dengan meminimalkan kerusakan pada bangunan dan infrastruktur, kerugian finansial akibat bencana dapat ditekan, mempercepat proses pemulihan ekonomi komunitas.
- **Meningkatkan Ketahanan Komunitas:** Bangunan yang tetap berdiri dan berfungsi setelah bencana memungkinkan masyarakat untuk bangkit lebih cepat dan melanjutkan kehidupan.
- **Keberlanjutan:** Seringkali, prinsip arsitektur tanggap bencana juga sejalan dengan prinsip desain berkelanjutan, karena penggunaan material yang tepat dan perencanaan yang matang dapat mengurangi jejak karbon dan dampak lingkungan.

Mengapa Arsitektur Tanggap Bencana Itu Penting? Arsitektur tanggap bencana bukan sekadar tren baru dalam dunia desain, tapi sebuah kebutuhan krusial, terutama bagi negara-negara seperti Indonesia yang sangat rentan terhadap berbagai bencana alam. Ada beberapa alasan kuat mengapa pendekatan ini harus menjadi prioritas:

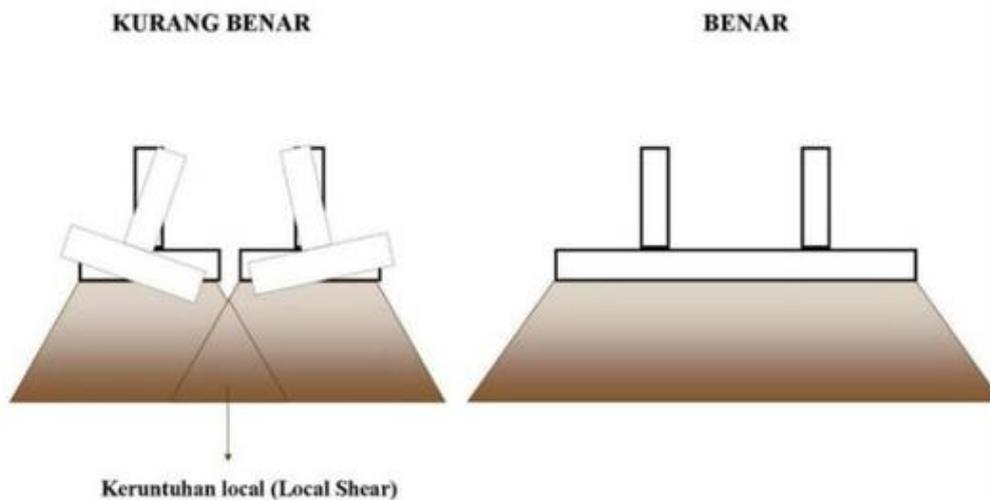
- **Melindungi Nyawa dan Meminimalkan Cedera:** Ini adalah alasan paling mendasar dan utama. Bangunan yang dirancang untuk tahan gempa, banjir, atau angin kencang secara signifikan mengurangi risiko runtuhnya struktur, yang bisa menyebabkan korban jiwa dan cedera serius.
- **Bencana alam seringkali menyisakan kerugian finansial yang sangat besar.** Hancurnya rumah, fasilitas umum, jembatan, dan infrastruktur lainnya membutuhkan biaya rekonstruksi yang tidak sedikit dan waktu yang lama.



Sumber: SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa

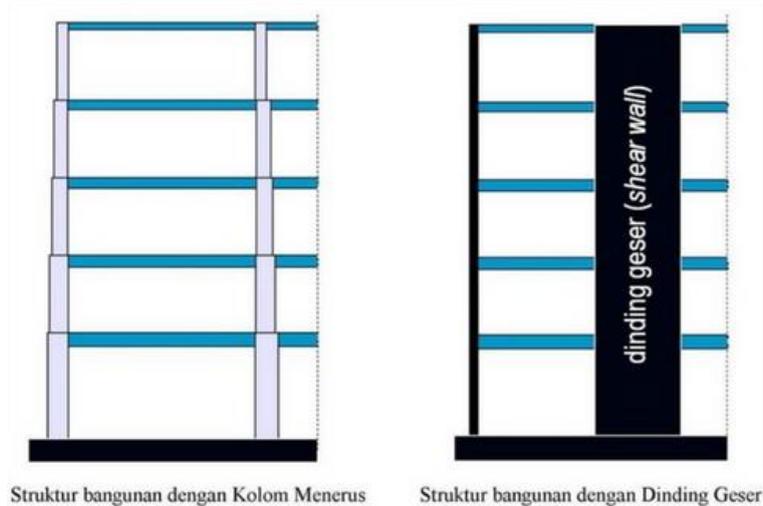
PERENCANAAN BANGUNAN TANGGAP BENCANA

Pondasi Desain Pondasi yang Digabungkan. Pondasi bangunan yang baik haruslah kokoh dalam menyokong beban dan tahan terhadap perubahan termasuk getaran. Penempatan pondasi juga perlu diperhatikan kondisi batuan dasarnya. Pada dasarnya pondasi yang baik adalah seimbang atau simetris. Dan untuk pondasi yang berdekatan harus dipisah, untuk mencegah terjadinya keruntuhan local (Local Shear).



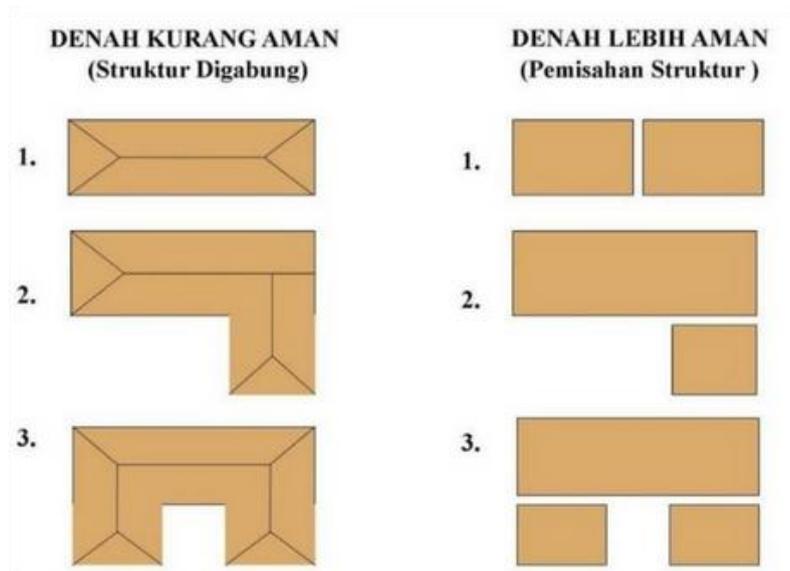
Sumber : SNI 2847:2019 – Beton Bertulang

Kolom Desain Gedung dengan Kolom Menerus. Kolom harus menggunakan kolom menerus (ukuran yang mengerucut/ semakin mengecil dari lantai ke lantai). Dan untuk meningkatkan kemampuan bangunan terhadap gaya lateral akibat gempa, pada bangunan tinggi (high rise building) acapkali unsur vertikal struktur menggunakan gabungan antara kolom dengan dinding geser (shear wall).



Sumber: adaptasi SNI 1726:2019

Denah bangunan Bentuk Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris, dan dipisahkan (pemisahan struktur). Untuk menghindari adanya dilatasi (perputaran atau pergerakan) bangunan saat gempa. Namun dilatasi ini pun menimbulkan masalah pada bangunan yaitu beberapa gedung yang dilatasi akan mempunyai waktu getar alami yang berbeda, sehingga akan menyebabkan benturan antar gedung, Ketidak efektifan dalam pemasangan interior, seperti : plafond, keramik, dll Perlunya konstruksi khusus (balok korbrel).

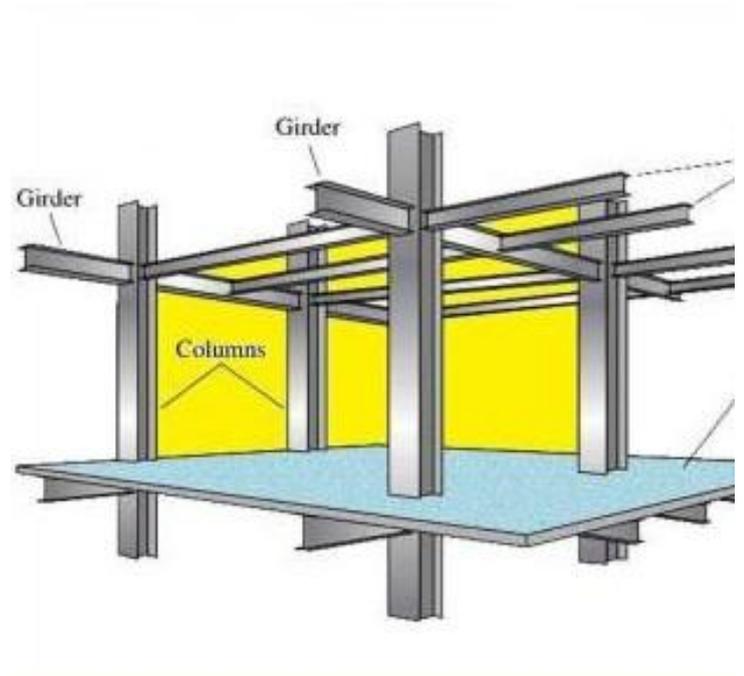


Sumber: BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

Prinsip-prinsip Kunci

Beberapa prinsip utama dalam arsitektur tanggap bencana meliputi:

- ♦ Analisis Risiko Bencana: Memahami jenis bencana yang paling mungkin terjadi di suatu lokasi dan tingkat kerentanannya.
- ♦ Desain Struktur yang Kuat: Menggunakan standar bangunan yang ketat, material yang tahan gempa/angin, dan teknik konstruksi yang terbukti.
- ♦ Perencanaan Tata Ruang yang Tepat: Menghindari pembangunan di zona bahaya tinggi (misalnya, bantaran sungai yang rawan banjir, lereng rawan longsor) dan menciptakan jalur evakuasi yang jelas.
- ♦ Sistem Evakuasi dan Perlindungan: Merancang rute evakuasi yang aman, titik kumpul, dan tempat penampungan sementara yang dapat diakses dengan mudah.



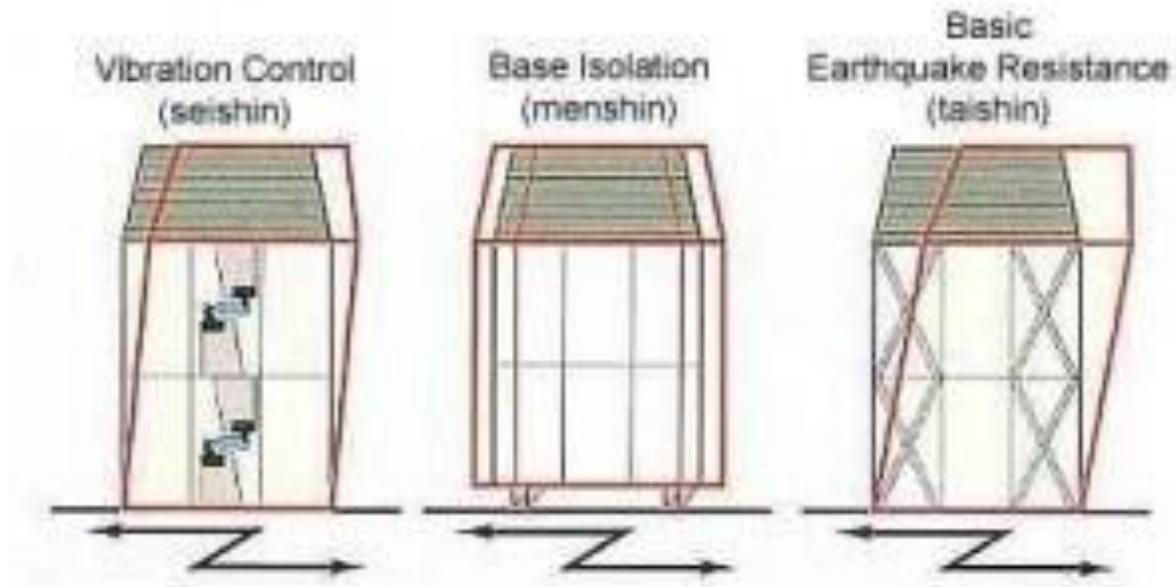
Sumber : SNI 2847:2019 – Beton Bertulang

- **Infrastruktur Vital yang Tangguh:** Memastikan fasilitas penting seperti rumah sakit, pusat komunikasi, dan sistem pasokan air dan listrik tetap berfungsi setelah bencana.
- **Partisipasi Masyarakat:** Melibatkan komunitas lokal dalam proses perencanaan dan desain untuk memastikan solusi yang relevan dan berkelanjutan.
- **Inovasi Material dan Teknologi:** Eksplorasi material baru yang ringan, kuat, dan mudah dipasang, serta teknologi pemantauan dini.



Implementasi di Indonesia

- Di Indonesia, penerapan arsitektur tanggap bencana menjadi semakin mendesak. Beberapa contoh implementasi nyata meliputi:
- **Kode Bangunan Tahan Gempa:** Penerapan standar SNI (Standar Nasional Indonesia) untuk bangunan tahan gempa di daerah rawan seismik.
- **Rumah Instan Sederhana Sehat (RISHA):** Program pemerintah yang menyediakan rumah modular yang dapat dibangun cepat dan tahan gempa untuk korban bencana.
- **Bangunan Serbaguna:** Desain bangunan sekolah atau fasilitas umum yang juga dapat berfungsi sebagai tempat evakuasi atau pusat komando darurat.
- **Edukasi dan Sosialisasi:** Peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya membangun rumah yang aman dan memahami jalur evakuasi.



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Material dan Teknologi Inovatif dalam Arsitektur Tanggap Bencana

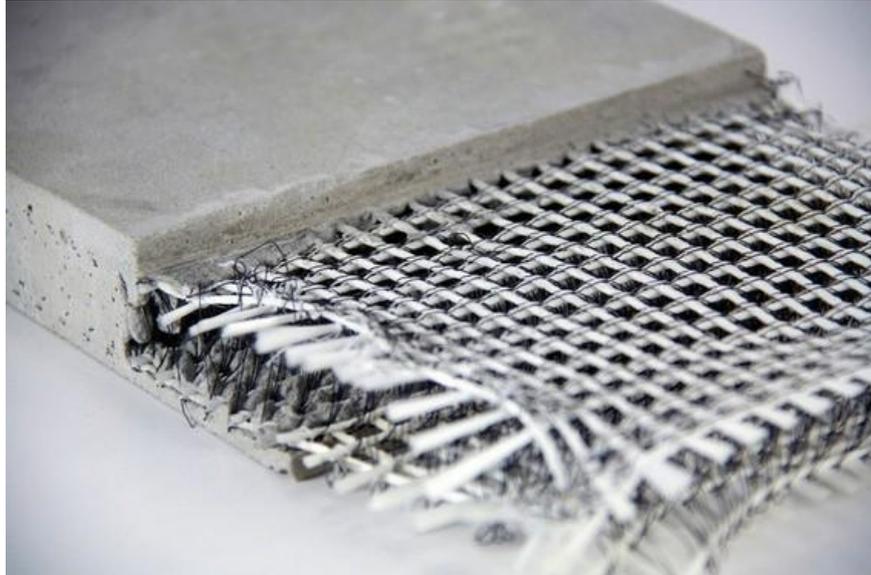
Penggunaan material dan teknologi yang tepat adalah tulang punggung dari arsitektur tanggap bencana. Inovasi terus berkembang untuk menciptakan bangunan yang lebih kuat, ringan, dan berkelanjutan.

- Material Tahan Bencana
- Bambu Rekayasa (Engineered Bamboo): Bambu, yang melimpah di Indonesia, telah dikembangkan menjadi material konstruksi yang lebih kuat dan tahan lama melalui proses rekayasa. Dengan kekuatan tarik yang tinggi dan sifat lentur, bambu rekayasa sangat cocok untuk struktur tahan gempa.



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Beton Serat (Fiber-Reinforced Concrete - FRC): Penambahan serat (baja, kaca, atau serat sintetis) ke dalam campuran beton meningkatkan daktilitas dan ketahanan retak beton. Ini membuat struktur beton lebih mampu menahan gaya lateral akibat gempa tanpa runtuh secara tiba-tiba.



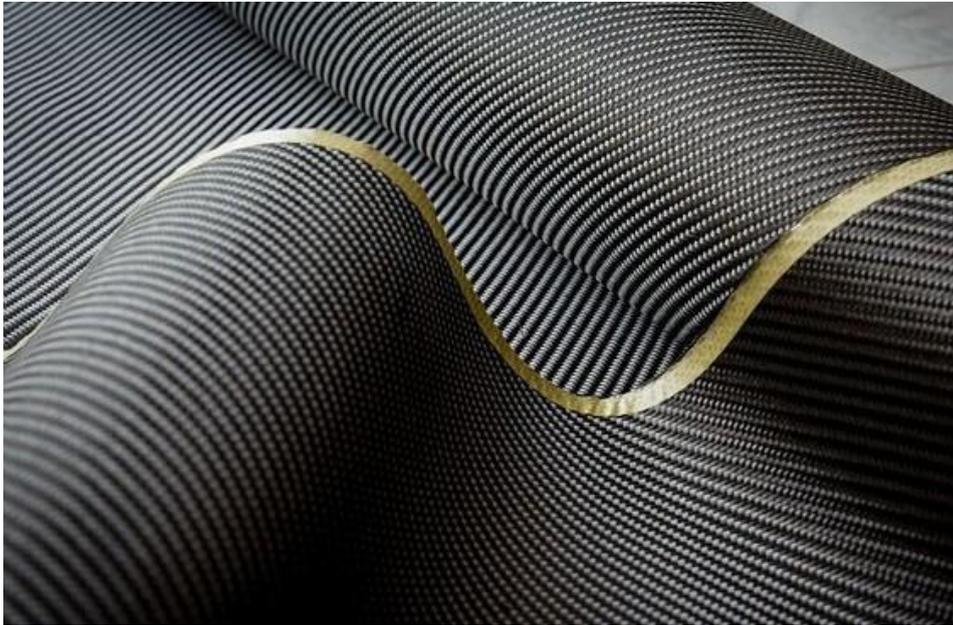
Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Baja Ringan (Light Steel Frame): Material ini populer karena bobotnya yang ringan, kekuatan tinggi, dan kemudahan instalasi. Struktur baja ringan menunjukkan performa yang baik saat gempa karena sifatnya yang daktil. Selain itu, kecepatan konstruksinya sangat membantu dalam fase tanggap darurat dan rekonstruksi.



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Material Komposit Canggih: Material seperti Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) semakin banyak digunakan untuk memperkuat struktur eksisting. Material ini sangat ringan namun memiliki kekuatan tarik yang luar biasa, ideal untuk retrofit bangunan.

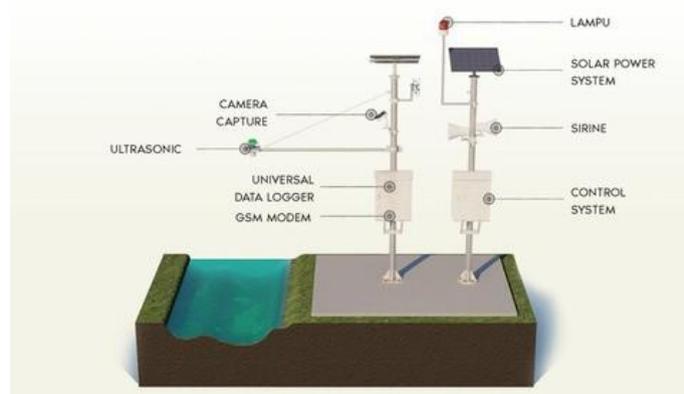


Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Teknologi Pemantauan dan Peringatan Dini

Sensor Getaran Bangunan: Pemasangan sensor pada struktur bangunan dapat memantau respons bangunan terhadap getaran gempa secara real-time. Data ini penting untuk menilai kerusakan pasca-gempa dan menentukan apakah bangunan aman untuk digunakan kembali.

Sistem Peringatan Dini Bencana (Early Warning Systems - EWS): Meskipun bukan bagian langsung dari arsitektur fisik bangunan, EWS seperti sistem peringatan tsunami, sensor pergerakan tanah, atau pemantau ketinggian air sungai, sangat penting untuk memberikan waktu bagi evakuasi. Desain bangunan dan tata ruang harus terintegrasi dengan EWS ini.



Pemodelan dan Simulasi Digital (BIM dan CFD): Penggunaan Building Information Modeling (BIM) dan Computational Fluid Dynamics (CFD) memungkinkan perancang untuk memodelkan dan mensimulasikan performa bangunan di bawah skenario bencana (misalnya, aliran angin topan atau dampak tsunami) sebelum konstruksi fisik dimulai. Ini membantu mengidentifikasi potensi kelemahan dan mengoptimalkan desain.

Peran Komunitas dan Partisipasi dalam Arsitektur Tanggap Bencana

- Melibatkan Masyarakat Lokal: Dalam merancang tempat
- penampungan sementara atau hunian rekonstruksi,
- melibatkan calon penghuni sangat penting. Mereka
- memahami kebutuhan lokal, kebiasaan, dan kearifan lokal
- yang dapat menghasilkan solusi desain yang lebih relevan dan
- berkelanjutan. Misalnya, desain rumah yang
- mempertimbangkan iklim setempat atau material yang
- tersedia di lingkungan sekitar.



Sumber BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

Pelatihan dan Peningkatan Kapasitas: Memberikan pelatihan kepada masyarakat tentang teknik konstruksi tahan bencana, cara mengidentifikasi risiko, dan cara merespons saat bencana. Ini memberdayakan komunitas untuk menjadi agen perubahan dalam meningkatkan ketahanan lingkungan binaan mereka sendiri.

Penampungan Sementara dan Permanent Shelters

Desain Humanis untuk Penampungan Sementara: Penampungan sementara pasca-bencana harus dirancang tidak hanya untuk bertahan, tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia seperti sanitasi, privasi, dan ruang komunal. Desain harus memungkinkan fleksibilitas untuk diadaptasi dan dapat dibongkar pasang dengan mudah.



Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

Transisi dari Penampungan ke Hunian Permanen: Proses dari penampungan darurat ke hunian permanen perlu direncanakan dengan baik. Arsitektur modular atau prefabricated dapat mempercepat pembangunan hunian permanen dan memungkinkan partisipasi pemilik dalam proses perakitan.

Kebijakan dan Regulasi Pendukung

Keberhasilan arsitektur tanggap bencana sangat bergantung pada kerangka kebijakan dan regulasi yang kuat.



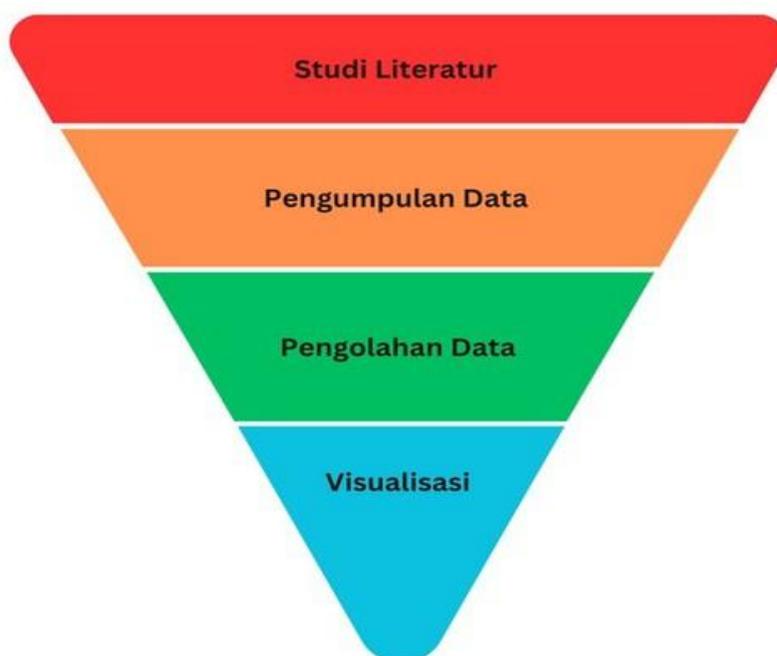
Sumber : Sphere Association (2018). Sphere Handbook

Standar dan Kode Bangunan

- Penegakan Kode Bangunan yang Ketat: Penerapan dan penegakan standar bangunan tahan gempa, tahan angin, dan tahan banjir adalah fundamental. Ini mencakup pengawasan yang ketat selama proses perencanaan dan konstruksi.
- Insentif untuk Bangunan Tahan Bencana: Pemerintah dapat memberikan insentif fiskal atau kemudahan perizinan bagi pengembang atau individu yang membangun dengan standar tanggap bencana yang lebih tinggi.

Perencanaan Tata Ruang Berbasis Risiko

- Zonasi Bencana: Identifikasi dan penetapan zona-zona rawan bencana dalam rencana tata ruang kota/daerah. Pembatasan pembangunan di zona berisiko tinggi atau penetapan syarat bangunan yang lebih ketat di zona tersebut.



Sumber : BMKG (2020). *Seismic Monitoring System*

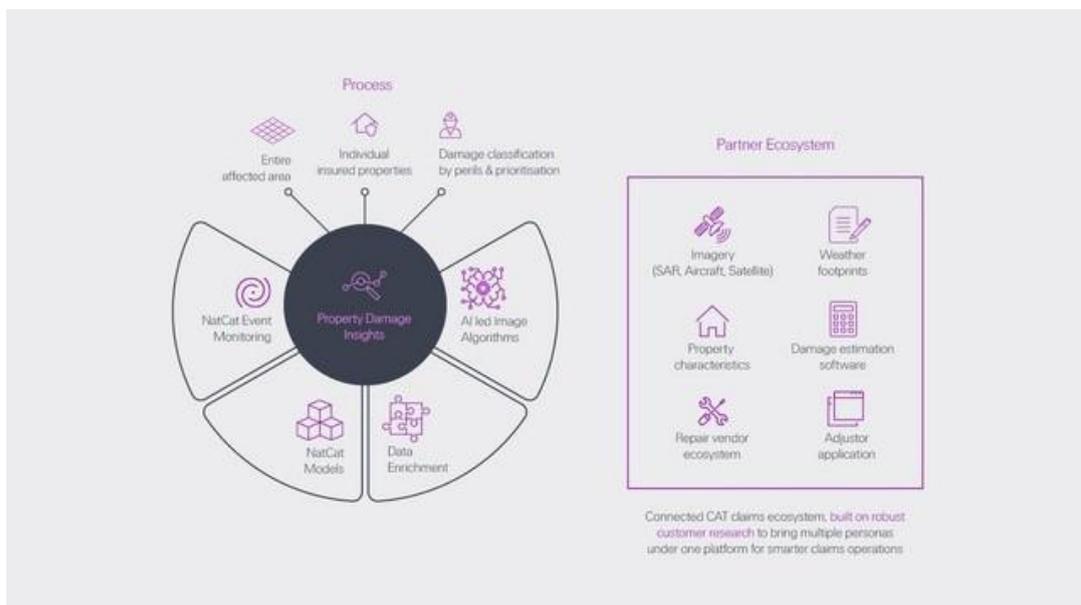
- Integrasi Infrastruktur Kritis: Memastikan bahwa infrastruktur penting seperti rumah sakit, jalur evakuasi, dan fasilitas air bersih dirancang untuk tetap berfungsi setelah bencana, dan lokasinya berada di area yang relatif aman.

Perencanaan Pasca-Bencana dalam Arsitektur Tanggap Bencana

Arsitektur tanggap bencana tidak berakhir saat guncangan berhenti atau air surut. Justru, fase pasca-bencana adalah masa krusial di mana peran arsitek sangat vital dalam membangun kembali dengan lebih baik (build back better).

1. Penilaian Kerusakan dan Analisis Cepat (Rapid Damage Assessment)

- Setelah bencana, salah satu langkah pertama adalah melakukan penilaian cepat terhadap kerusakan bangunan dan infrastruktur. Arsitek, insinyur sipil, dan ahli konstruksi memiliki peran kunci di sini.



Sumber : BMKG (2019), BNPB (2019)

- Tujuan: Menentukan tingkat kerusakan, mengidentifikasi bangunan yang masih aman, yang perlu diperbaiki, dan yang harus dirobohkan.
- Metodologi: Penggunaan teknologi seperti drone untuk pemetaan udara, aplikasi mobile untuk pengumpulan data kerusakan, dan tim lapangan yang terkoordinasi.
- Implikasi: ini menjadi dasar untuk pengambilan keputusan tentang lokasi penampungan sementara, prioritas perbaikan infrastruktur vital, dan perencanaan rekonstruksi jangka panjang.

2. Perencanaan Tempat Penampungan Sementara (Temporary Shelters) dan Hunian Transisi

Korban bencana seringkali membutuhkan tempat berlindung segera. Arsitek dapat merancang solusi penampungan yang lebih dari sekadar tenda.

- **Desain Humanis:** Penampungan sementara tidak boleh hanya berfungsi sebagai tempat berlindung fisik, tetapi juga memenuhi kebutuhan psikologis dan sosial. Pertimbangan untuk privasi, ruang komunal, akses sanitasi yang memadai (toilet dan air bersih), dapur komunal, dan area bermain anak-anak menjadi penting.
- **Material dan Konstruksi Cepat:** Penggunaan material yang mudah didapat secara lokal, modular, atau prefabrikasi sangat membantu dalam mempercepat pembangunan. Konsep "rumah tumbuh" (core house) yang bisa diperluas di kemudian hari juga relevan untuk transisi menuju hunian permanen.
- **Adaptasi Iklim Lokal:** Mengingat Padang sering hujan, desain penampungan harus mempertimbangkan ventilasi, pencahayaan alami, dan perlindungan dari hujan lebat



Sumber : Sphere Association (2018). Sphere Handbook

3. Rekonstruksi dan Pembangunan Kembali Berbasis Komunitas (Community-Based Reconstruction)

Fase ini adalah peluang untuk membangun kembali yang lebih kuat dan lebih tangguh.

Build Back Better: Konsep ini menekankan pada pembangunan kembali yang tidak hanya mengembalikan kondisi semula, tetapi juga meningkatkan ketahanan terhadap bencana di masa depan. Ini bisa berarti mengubah tata letak permukiman, menggunakan standar bangunan yang lebih tinggi, atau mengintegrasikan infrastruktur hijau.



Sumber : UN-Habitat (2014). *Post-Disaster Housing Reconstruction*

Penerapan Build Back Better pada Sektor Kehutanan

- Kebijakan ekonomi untuk mengurangi deforestasi melalui pemberdayaan masyarakat di kawasan konservasi
- Rehabilitasi hutan dan lahan kritis melalui penanaman pada hutan produksi
- Menghindarkan hutan sebagai sumber daya bersama
- Tantangan:
Pos anggaran pengendalian kebakaran hutan dan lahan di Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dipangkas hampir 40 persen



Sumber: Paparan Pemulihan Ekonomi & Sosial Pasca Covid-19 Melalui Pembangunan Rendah Karbon (Bappenas, 2020), Pemberitaan Kompas; Diolah litbang Kompas/PUT



Partisipasi Aktif Masyarakat: Melibatkan masyarakat lokal dalam setiap tahap perencanaan dan desain rekonstruksi. Ini memastikan bahwa solusi yang dibangun sesuai dengan budaya, kebutuhan, dan kemampuan lokal. Pendekatan participatory design memberdayakan masyarakat untuk memiliki "kepemilikan" atas proses dan hasil rekonstruksi.



Sumber : BNPB (2015). Pedoman Manajemen Evakuasi

Pengembangan Rencana Induk (Master Plan) Rekonstruksi: Sebuah rencana komprehensif yang mengintegrasikan aspek permukiman, infrastruktur, ekonomi, dan lingkungan. Rencana ini harus fleksibel dan dapat diadaptasi seiring berjalannya waktu.



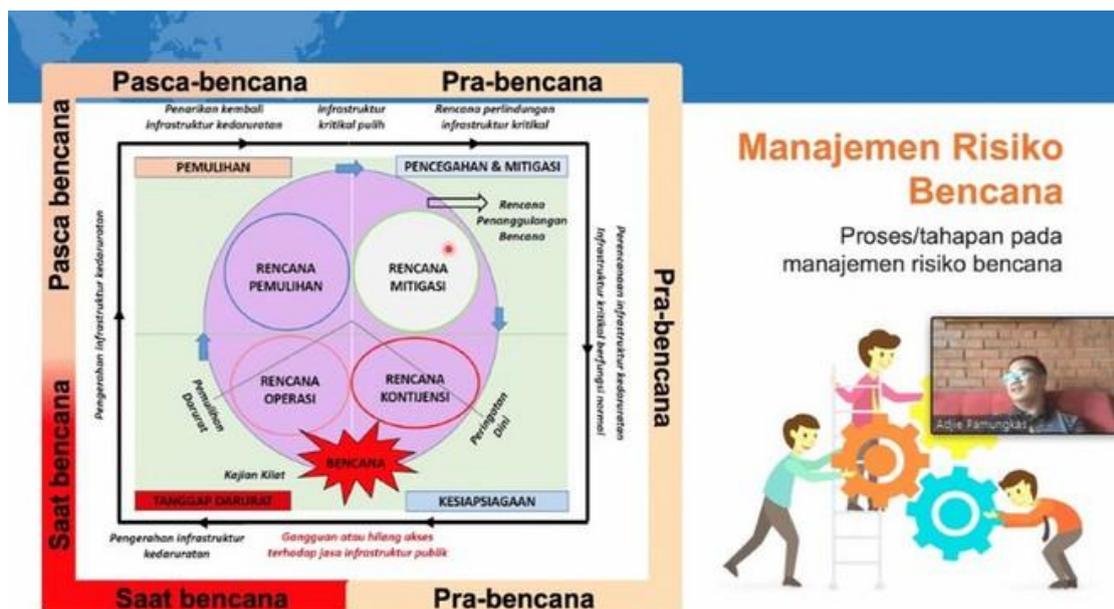
Sumber IFRC (2010). Owner Driven Housing Reconstruction Guidelines

Peran dan Tanggung Jawab Arsitek dalam Tanggap Bencana

Arsitek memiliki peran yang lebih luas dari sekadar perancang bangunan indah; mereka adalah agen perubahan dalam konteks tanggap bencana.

1. Sebagai Perencana Strategis

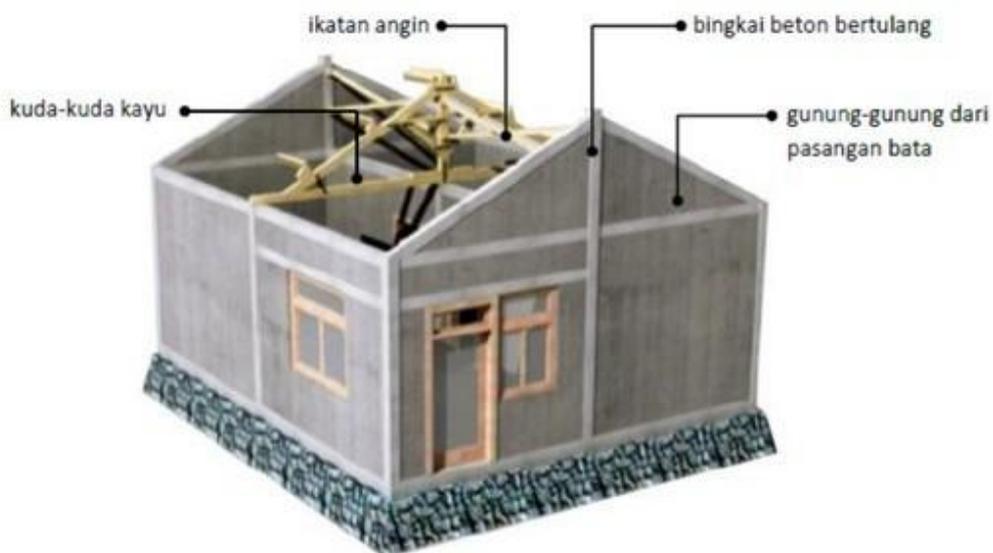
- Analisis Risiko dan Kerentanan: Arsitek dapat bekerja sama dengan ahli geologi, geografi, dan perencanaan kota untuk mengidentifikasi area berisiko tinggi dan mengembangkan strategi mitigasi dalam skala makro (kota/wilayah).
- Pengembangan Kebijakan dan Regulasi: Memberikan masukan teknis dalam penyusunan kebijakan tata ruang, kode bangunan, dan regulasi terkait bencana.
- Desain Urban yang Resilien: Merancang kota atau permukiman yang tangguh terhadap bencana, termasuk sistem drainase yang baik untuk banjir, jalur evakuasi yang jelas, dan ruang terbuka hijau yang berfungsi sebagai titik kumpul darurat.



Sumber BNPB (2015). Rencana Induk Rehabilitasi & Rekonstruksi Pascabencana

2. Sebagai Desainer Bangunan Tahan Bencana

- Integrasi Prinsip Tahan Bencana: Menerapkan prinsip-prinsip desain tahan gempa, tahan angin, dan tahan banjir dalam setiap proyek, bahkan yang tampaknya tidak berisiko tinggi. Ini termasuk pemilihan material, sistem struktural, dan detail konstruksi.
- Inovasi dan Riset: Terus mencari dan mengembangkan solusi desain serta material inovatif yang lebih efisien dan efektif untuk ketahanan bencana.



Sumber : IAI (2019). Panduan Arsitektur untuk Mitigasi Bencana

3. Sebagai Fasilitator dan Koordinator

- Kolaborasi Multidisiplin: Bekerja sama dengan insinyur sipil, ahli geoteknik, perencana kota, sosiolog, dan pemerintah daerah. Tanggap bencana adalah upaya kolektif.
- Komunikasi Efektif: Mengkomunikasikan konsep desain dan rekomendasi teknis kepada masyarakat, pembuat kebijakan, dan pihak-pihak terkait lainnya dengan bahasa yang mudah dimengerti.
- Advokasi: Menjadi suara yang mengadvokasi pentingnya pembangunan yang tangguh terhadap bencana, baik di tingkat pemerintah maupun masyarakat.

Aspek Psikososial dan Kesiapan Komunitas dalam Arsitektur Tanggap Bencana

Selain fokus pada struktur fisik dan perencanaan teknis, arsitektur tanggap bencana juga harus sangat mempertimbangkan dimensi psikososial dan kesiapan komunitas. Bagaimanapun, bangunan dirancang untuk manusia, dan ketahanan sejati berasal dari interaksi antara lingkungan binaan dan penghuninya.

1. Ruang Aman dan Pemulihan Psikologis

Bencana alam tidak hanya merusak fisik, tetapi juga meninggalkan luka psikologis yang mendalam. Arsitektur dapat berperan dalam proses pemulihan ini:

Desain Ruang yang Menenangkan: Penampungan sementara atau hunian rekonstruksi harus dirancang untuk menciptakan lingkungan yang meminimalkan stres dan mempromosikan ketenangan. Ini bisa dicapai melalui:

Pencahayaan Alami dan Ventilasi Baik: Mengurangi rasa pengap dan memberikan koneksi visual dengan dunia luar.

Pencahayaan Alami dan Ventilasi Baik: Mengurangi rasa pengap dan memberikan koneksi visual dengan dunia luar.

Material Alami dan Tekstur Hangat: Memberikan rasa nyaman dan mengurangi kesan "sementara" yang dingin.

Ruang Privasi yang Memadai: Penting untuk kesehatan mental, terutama di lingkungan padat seperti penampungan.

Area Komunal yang Terdefinisi: Mendorong interaksi sosial yang sehat dan memfasilitasi dukungan antar individu.

- **Akses ke Fasilitas Pendukung:** Memastikan penampungan memiliki akses mudah ke fasilitas kesehatan mental, area bermain anak-anak, atau ruang ibadah, yang semuanya berkontribusi pada pemulihan psikologis. **Memori dan Identitas:** Dalam rekonstruksi, arsitek dapat membantu masyarakat untuk kembali membangun memori kolektif dan identitas mereka melalui
- desain yang menghormati budaya lokal atau mengintegrasikan elemen dari bangunan yang hancur. Ini membantu mengatasi trauma dan membangun kembali rasa kepemilikan.

2. Pendidikan dan Kesiapsiagaan Berbasis Ruang

Arsitektur dapat menjadi alat untuk mendidik dan

mempersiapkan masyarakat akan datangnya bencana:

Desain Edukatif: Bangunan umum seperti sekolah atau pusat komunitas dapat dirancang dengan fitur-fitur yang secara implisit mengajarkan kesiapsiagaan bencana. Misalnya, rambu evakuasi yang jelas, peta zona aman yang terintegrasi dalam desain interior, atau bahkan penggunaan material yang transparan untuk menunjukkan sistem struktural tahan gempa.



Sumber : Sphere Association (2018)

Ruang Latihan Evakuasi: Halaman sekolah atau lapangan terbuka di permukiman dapat dirancang sebagai titik kumpul darurat dan jalur evakuasi yang mudah diakses, memfasilitasi latihan rutin dan familiarisasi dengan rute penyelamatan.



Sumber : IAI (2019). Panduan Arsitektur untuk Mitigasi Bencana

Kemitraan dengan Program Edukasi Bencana: Arsitek dapat berkolaborasi dengan lembaga penanggulangan bencana untuk mengintegrasikan program edukasi ke dalam desain ruang, seperti penyediaan area untuk simulasi bencana atau pameran informasi.



Sumber : IAI (2019). Panduan Arsitektur untuk Mitigasi Bencana

3. Ketahanan Sosial dan Inklusivitas Lingkungan binaan yang tangguh harus mendukung ketahanan sosial dan inklusivitas semua kelompok masyarakat:

Desain Aksesibel: Semua bangunan tanggap bencana, terutama tempat penampungan dan fasilitas vital, harus aksesibel bagi penyandang disabilitas, lansia, wanita hamil, dan anak-anak. Ini termasuk ramp, toilet yang disesuaikan, dan jalur yang bebas hambatan.

Sekolah Anti-Banjir dan Aksesibel



Sumber : WHO (2015). *Guidelines for Disability-Inclusive Shelter*

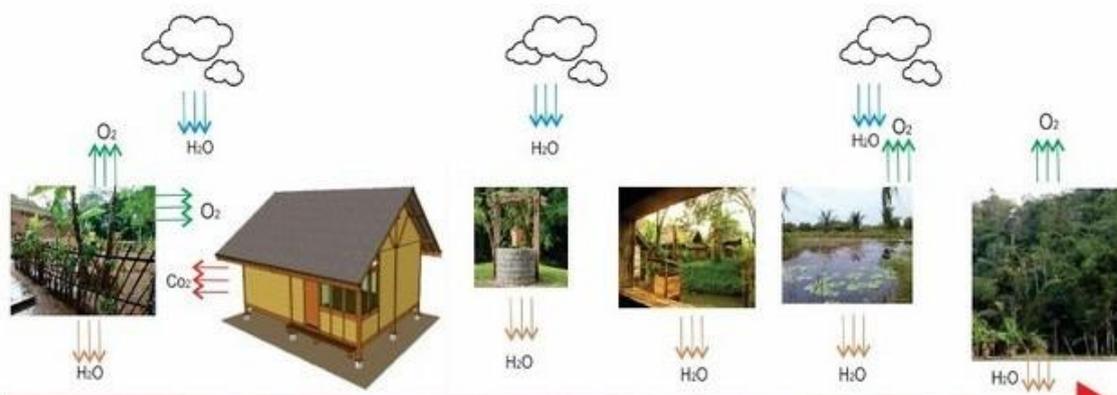
Partisipasi Kelompok Rentan: Melibatkan kelompok rentan dalam proses perencanaan dan desain adalah krusial. Kebutuhan spesifik mereka seringkali terabaikan jika tidak ada partisipasi aktif.

Jaringan Sosial yang Kuat: Desain ruang yang mendorong interaksi dan kolaborasi antar warga dapat memperkuat jaringan sosial, yang terbukti menjadi aset terbesar dalam menghadapi dan pulih dari bencana. Ruang komunal, pusat kegiatan, atau area hijau yang berfungsi sebagai tempat berkumpul dapat memfasilitasi ini.



Sumber : BMKG (2020). *Seismic Monitoring System*

Fleksibilitas Penggunaan Ruang: Bangunan yang dapat dengan mudah diadaptasi untuk berbagai fungsi selama dan setelah bencana (misalnya, sekolah yang menjadi penampungan, pusat komunitas yang menjadi klinik darurat) menunjukkan fleksibilitas dan efisiensi.



Sumber : Sphere Association (2018)

4. Peran Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Meskipun bukan arsitektur fisik, TIK sangat mempengaruhi efektivitas tanggap bencana dan dapat diintegrasikan ke dalam desain lingkungan: Infrastruktur Komunikasi yang Resilien: Memastikan fasilitas vital memiliki cadangan daya dan sistem komunikasi yang dapat berfungsi saat listrik padam atau jaringan utama rusak.



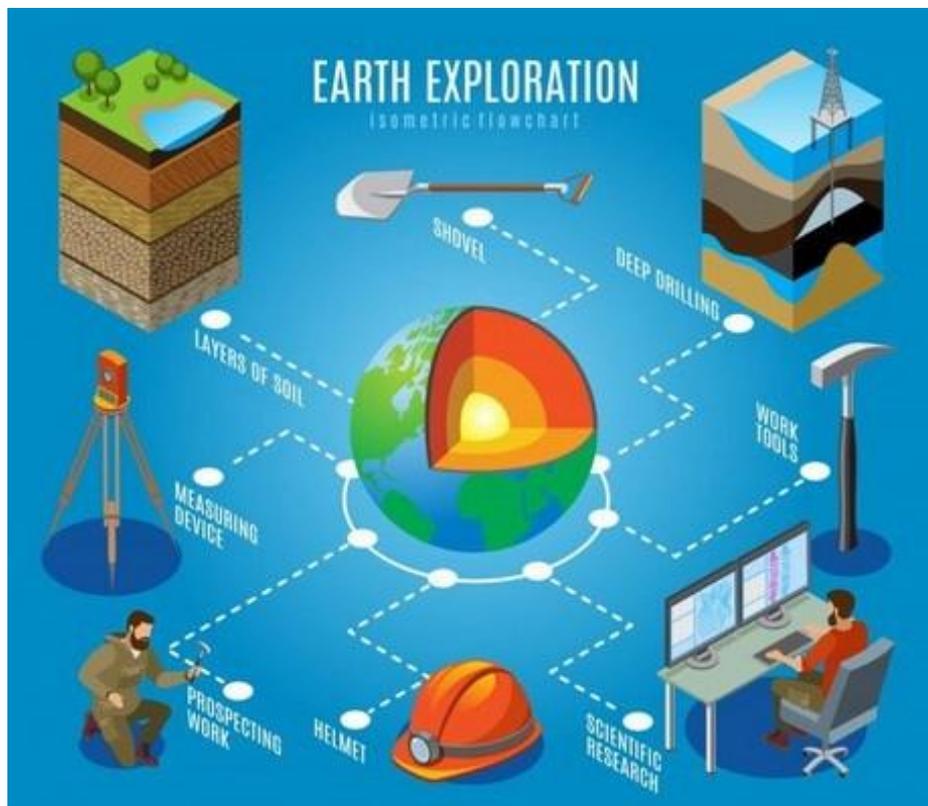
Sumber : ESRI (2019), BNPB (2019)

Aplikasi dan Platform Informasi: Pengembangan aplikasi mobile untuk peringatan dini, pelaporan kerusakan, atau koordinasi bantuan. Bangunan dapat dilengkapi dengan titik akses Wi-Fi darurat atau pengisian daya ponsel.

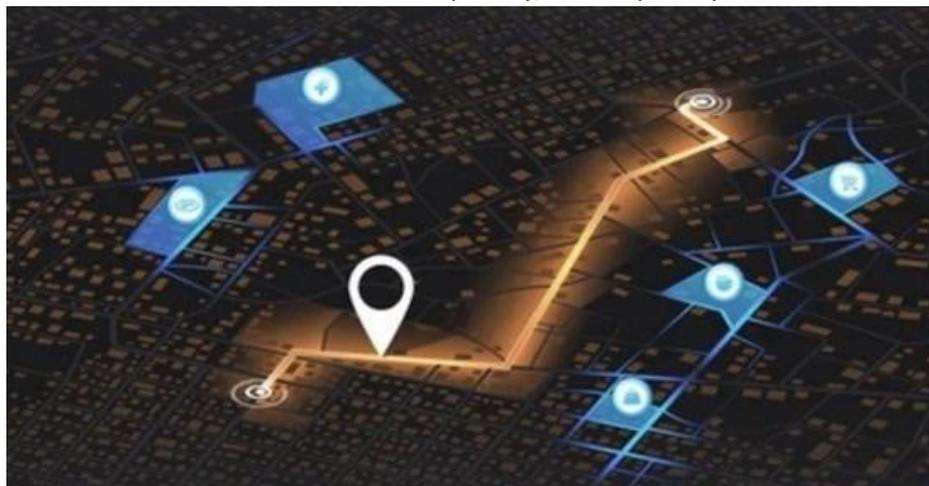


Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

Pemanfaatan Data Spasial: Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk pemetaan risiko, perencanaan jalur evakuasi, dan manajemen bantuan pasca-bencana.



Sumber : ESRI (2019), BNPB (2019)



Sumber : Kementerian PUPR (2015). Pedoman Teknis RISHA

Dengan mengintegrasikan aspek psikososial, kesiapan komunitas, dan pemanfaatan TIK, arsitektur tanggap bencana dapat melampaui sebatas "bangunan kuat" menjadi ekosistem yang berempati, adaptif, dan memberdayakan masyarakat untuk menghadapi tantangan bencana di masa depan.

Pendanaan dan Implementasi Berkelanjutan dalam Arsitektur Tanggap Bencana

Membangun ketahanan bencana melalui arsitektur yang kuat tidak hanya membutuhkan desain yang inovatif, tetapi juga pendanaan yang memadai dan strategi implementasi yang berkelanjutan.

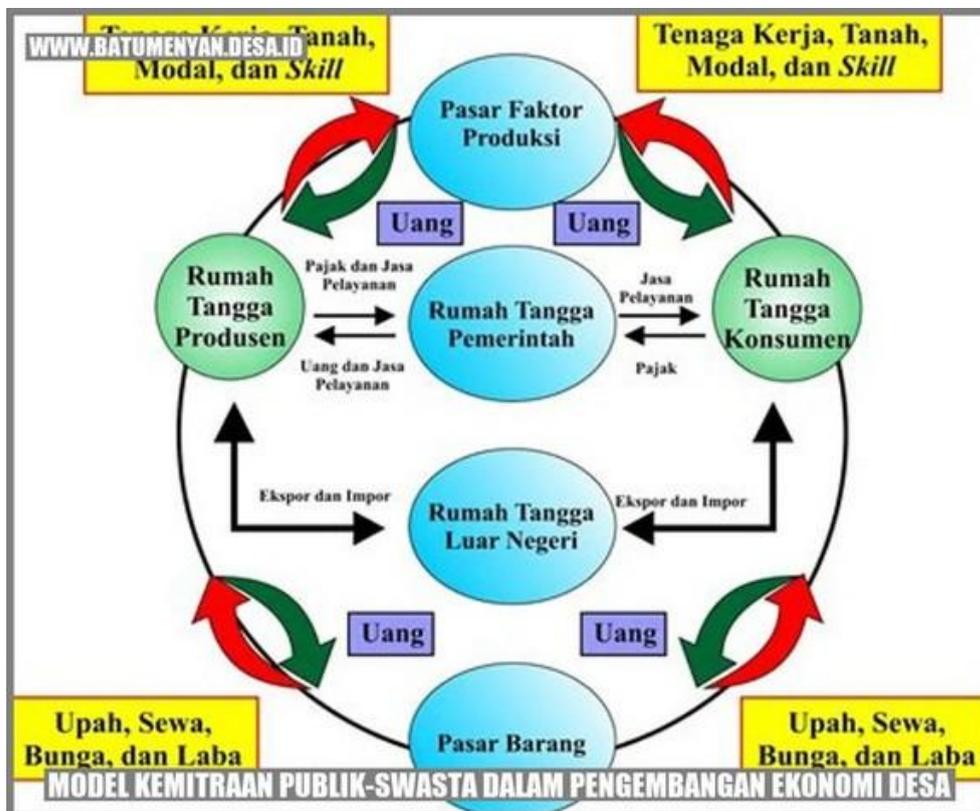
1. Model Pendanaan untuk Pembangunan Tangguh Bencana
Investasi dalam ketahanan bencana sering kali dipandang sebagai biaya tambahan, padahal ini adalah investasi jangka panjang yang dapat mengurangi kerugian jauh lebih besar di masa depan.

Anggaran Pemerintah dan Prioritas: Pemerintah pusat dan daerah perlu mengalokasikan anggaran yang signifikan dan berkelanjutan untuk infrastruktur tangguh bencana. Ini termasuk pembangunan fasilitas publik yang aman (sekolah, rumah sakit), perbaikan dan penguatan bangunan eksisting (retrofit), serta pengembangan sistem peringatan dini.



Sumber : BNPB (2019)

- Kemitraan Publik-Swasta (KPS): Melibatkan sektor swasta dalam pembiayaan dan implementasi proyek-proyek tangguh bencana. Misalnya, pembangunan gedung komersial dengan standar tahan bencana yang lebih tinggi dapat didorong melalui insentif pajak atau kemudahan perizinan.
- Dana Bantuan Internasional dan Hibah: Lembaga donor internasional dan organisasi non-pemerintah seringkali menyediakan dana untuk program mitigasi dan rekonstruksi pasca-bencana. Pemerintah daerah dan komunitas dapat aktif mencari peluang ini.



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

- Asuransi Bencana: Mendorong kepemilikan asuransi bencana bagi individu dan bisnis dapat mendistribusikan risiko kerugian dan mempercepat pemulihan ekonomi pasca-bencana. Regulasi atau insentif bisa diterapkan untuk meningkatkan partisipasi.
- Dana Risiko Bencana Komunal/Desa: Membentuk dana cadangan di tingkat komunitas atau desa yang dapat diakses cepat untuk perbaikan darurat atau pembangunan kembali skala kecil pasca-bencana. Ini mendorong kemandirian dan kesiapsiagaan lokal.

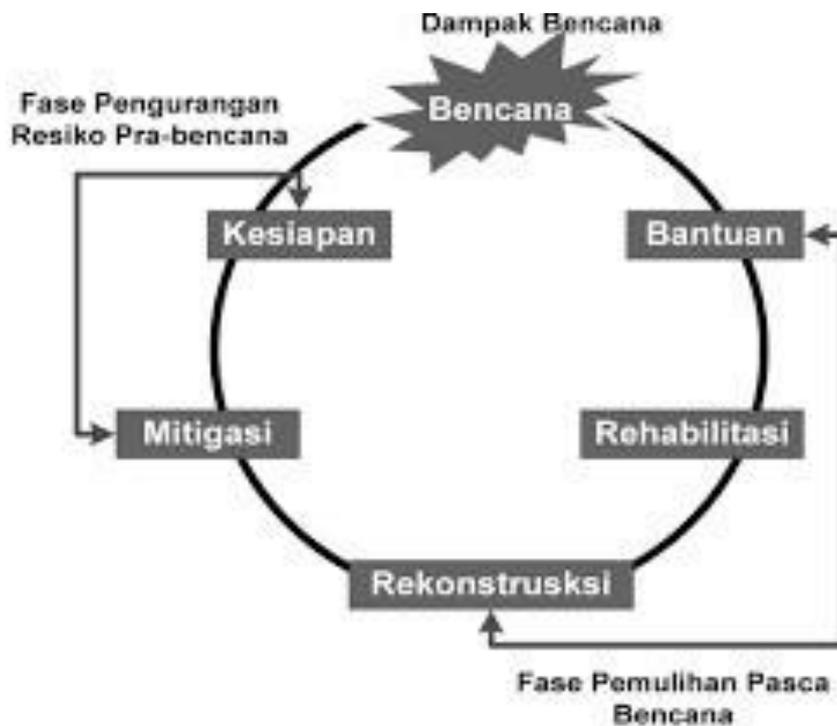


Sumber : BNPB (2019)

2. Tantangan dan Strategi Implementasi di Lapangan Ide brilian di atas kertas membutuhkan eksekusi yang cermat dan berkelanjutan di lapangan.

- Kapasitas Sumber Daya Manusia: Ketersediaan arsitek, insinyur, kontraktor, dan pekerja konstruksi yang terlatih dalam praktik bangunan tahan bencana adalah krusial. Ini memerlukan investasi dalam pendidikan, pelatihan, dan sertifikasi. Di Padang, program pelatihan khusus tentang teknik konstruksi tahan gempa dan tsunami akan sangat bermanfaat.
- Pengawasan dan Penegakan Regulasi: Kode bangunan dan standar ketahanan bencana harus ditegakkan secara ketat melalui sistem perizinan dan inspeksi yang efektif. Tanpa pengawasan yang memadai, bahkan peraturan terbaik sekalipun akan percuma.

Manajemen Proyek yang Efisien: Proyek-proyek rekonstruksi pasca-bencana sering kali menghadapi kendala waktu, anggaran, dan logistik.



- Transfer Pengetahuan dan Inovasi: Memastikan bahwa pelajaran dari bencana sebelumnya dan praktik terbaik dari tempat lain dapat diaplikasikan. Mendorong riset dan pengembangan material serta teknologi baru yang sesuai dengan konteks lokal.
- Keterlibatan Masyarakat dalam Pemeliharaan: Setelah bangunan selesai dibangun, keterlibatan masyarakat dalam pemeliharaan dan pengawasannya sangat penting untuk memastikan ketahanan jangka panjang. Program edukasi tentang pemeliharaan bangunan tahan bencana dapat diberikan kepada pemilik rumah.
- Adaptasi terhadap Perubahan Iklim: Proyek-proyek tanggap bencana harus juga mempertimbangkan dampak jangka panjang dari perubahan iklim, seperti kenaikan permukaan air laut, intensitas hujan ekstrem, atau pergeseran pola badai. Desain harus adaptif terhadap skenario masa depan.



Sumber : BNPB (2019)

Etika dan Profesionalisme Arsitek dalam Tanggap Bencana

Selain aspek teknis dan manajerial, arsitek juga memiliki tanggung jawab etika dan profesionalisme yang mendalam dalam konteks tanggap bencana. Peran mereka melampaui sekadar merancang bangunan; ini melibatkan komitmen terhadap keselamatan publik, keadilan sosial, dan keberlanjutan jangka panjang.

1. Tanggung Jawab Sosial dan Moral
 - **Prioritas Keselamatan Publik:** Tanggung jawab utama arsitek adalah memastikan bahwa desain dan saran mereka memprioritaskan keselamatan jiwa dan harta benda. Dalam situasi bencana, ini berarti mengedepankan standar keamanan struktural yang tinggi dan desain yang meminimalkan risiko, bahkan jika itu berarti biaya awal yang lebih tinggi.
 - **Keadilan Sosial dalam Rekonstruksi:** Arsitek harus memastikan bahwa upaya rekonstruksi dan pembangunan kembali bersifat inklusif dan adil. Ini berarti tidak hanya fokus pada area kaya atau proyek besar, tetapi juga memperhatikan kebutuhan masyarakat yang paling rentan dan terpinggirkan, yang seringkali paling parah terkena dampak bencana.
 - **Desain harus sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan ekonomi mereka, bukan hanya template standar. Akuntabilitas dan Transparansi:** Dalam proyek pasca- bencana, yang sering melibatkan dana publik dan bantuan, arsitek harus beroperasi dengan tingkat akuntabilitas dan transparansi yang tinggi.



BAB II

PENCEGAHAN DAN MITIGASI

BAB 2

PENCEGAHAN DAN MITIGASI



Architecture Disaster Response “atau Arsitektur Tanggap Bencana adalah Sebuah konsep perancangan atau perencanaan bangunan yang dilakukan untuk menangani dampak dari bencana alam dan tahan terhadap bencana, untuk penyelamatan serta evakuasi korban jiwa, dengan menerapkan konsep-konsep perancangan Arsitektur yang sadar akan keselamatan dan kondisi lingkungan.

Tanggap Darurat Bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan dengan segera pada saat kejadian bencana untuk menangani dampak buruk yang ditimbulkan, yang meliputi kegiatan penyelamatan dan evakuasi korban, harta benda, pemenuhan kebutuhan dasar, perlindungan, pengurusan pengungsi, penyelamatan, serta pemulihan. Hal terkait mitigasi juga diatur dalam UU Nomor 24 Tahun 2007. Undang-Undang tersebut juga memuat definisi tentang mitigasi. Menurut UU 24 Tahun 2007, mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi resiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana.

BENCANA-BENCANA ALAM YANG TERJADI DI INDONESIA

1. Tsunami

a. Pengertian

Tsunami berasal dari bahasa Jepang: tsu berarti pelabuhan, dan nami berarti gelombang. Tsunami adalah rangkaian gelombang laut besar yang terjadi akibat gangguan besar di dasar laut, seperti gempa bumi, letusan gunung api bawah laut, atau longsor bawah laut. Gelombang tsunami dapat menjalar dengan kecepatan tinggi dan menimbulkan kerusakan besar di daerah pesisir.



Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

b. Proses Terjadinya

Terjadi gangguan tiba-tiba di dasar laut, seperti gempa bumi tektonik. Gangguan tersebut mengangkat atau menurunkan dasar laut secara mendadak. Terjadi perpindahan massa air laut secara vertikal. Terbentuk gelombang besar yang menjalar ke segala arah. Saat mendekati pantai, gelombang ini meninggi dan menghantam daratan dengan kekuatan besar.

c. Faktor Penyebab

- Gempa bumi bawah laut (khususnya dengan magnitudo >7 SR).
- Letusan gunung api bawah laut
- Longsor dasar laut.
- Tumbukan meteorit di laut (sangat jarang terjadi).

2. Banjir

a. Pengertian

Banjir adalah peristiwa meluapnya air ke daratan yang biasanya kering, sehingga menyebabkan kerusakan lingkungan, merugikan aktivitas manusia, dan mengganggu kehidupan sosial ekonomi masyarakat.



Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

b. Proses Terjadinya

1. Curah hujan tinggi terjadi dalam waktu lama.
2. Air hujan tidak terserap oleh tanah secara maksimal.
3. Saluran drainase atau sungai tidak mampu menampung debit air.
4. Air meluap ke pemukiman atau area rendah.

c. Faktor Penyebab

- Curah hujan ekstrem dan terus menerus.
- Penebangan hutan secara liar sehingga mengurangi daya serap tanah.
- Pendangkalan sungai akibat sedimentasi atau sampah.
- Sistem drainase yang buruk.
- Perubahan tata guna lahan (misalnya, alih fungsi hutan menjadi permukiman).

3. Gunung Meletus

a. Pengertian

Gunung meletus adalah peristiwa keluarnya material dari dalam bumi seperti magma, gas, abu vulkanik, lahar, dan batu pijar melalui kawah gunung api. Letusan gunung berapi dapat bersifat eksplosif (hebat) atau efusif (lambat).



Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

b. Proses Terjadinya

Aktivitas magma di dalam perut bumi meningkat, Magma naik ke permukaan karena tekanan tinggi. Gas-gas vulkanik terakumulasi dan menambah tekanan. Tekanan yang melebihi kekuatan batuan penutup gunung menyebabkan terjadinya letusan yang mengeluarkan magma dan material lainnya.

c. Faktor Penyebab

Aktivitas magma yang berasal dari mantel bumi.

Pergerakan lempeng tektonik yang menyebabkan zona subduksi.

Akumulasi tekanan gas di dapur magma.

4. Dampak Gunung Meletus

Dampak Negatif:

- Korban jiwa dan luka-luka.
- Kerusakan rumah, jalan, jembatan.
- Lahar dingin dan panas menghancurkan desa.
- Abu vulkanik mengganggu penerbangan dan pernapasan.
- Lahan pertanian rusak dan pencemaran air.

Dampak Positif:

- Tanah menjadi lebih subur karena abu vulkanik.
- Pembentukan bentang alam baru (kawah, danau).
- Potensi wisata dan geowisata.
- Sumber energi panas bumi (geothermal).

4 Tanah Longsor

a. Pengertian

Tanah longsor adalah peristiwa pergerakan massa tanah, batuan, atau material lain secara tiba-tiba dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Longsor dapat membahayakan penduduk, merusak infrastruktur, dan menimbulkan korban jiwa.



Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

b. Proses Terjadinya

Tanah pada lereng menjadi jenuh air akibat hujan lebat menyebabkan struktur tanah kehilangan kestabilannya, Sehingga tanah tidak lagi mampu menahan beban dan gaya gravitasi yang menyebabkan terjadinya pergeseran atau runtuhannya massa tanah.

c. Faktor Penyebab

- Curah hujan tinggi dalam waktu lama.
- Lereng curam tanpa penahan.
- Penggundulan hutan, terutama di daerah perbukitan.
- Gempa bumi yang mengganggu kestabilan lereng.
- Aktivitas manusia seperti pembangunan yang tidak memperhatikan kontur tanah.

5. Gempa Bumi

a. Pengertian

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam bumi secara tiba-tiba. Energi ini berasal dari pergerakan lempeng tektonik, aktivitas gunung berapi, atau retakan batuan di kerak bumi.



Sumber BNPB (2005), IFRC (2005), UN OCHA (2005)

b. Proses Terjadinya

1. Tekanan dalam kerak bumi terus bertambah karena pergerakan lempeng.
2. Terjadi akumulasi energi di titik patahan (fault).
3. Saat energi tidak dapat ditahan, maka terjadi pelepasan secara tiba-tiba.
4. Energi merambat dalam bentuk gelombang seismik yang menyebabkan guncangan.

c. Faktor Penyebab

- Pergerakan lempeng tektonik (konvergen, divergen, dan transform).
- Aktivitas vulkanik (gempa vulkanik).
- Aktivitas manusia seperti peledakan besar atau pengeboran.
- Patahan atau sesar aktif yang menyimpan energi elastis.

6. Kebakaran Hutan

a. Pengertian Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan adalah peristiwa terbakarnya vegetasi di kawasan hutan, semak belukar, atau padang rumput secara tidak terkendali yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, kehilangan keanekaragaman hayati, dan dampak sosial-ekonomi. Kebakaran ini bisa terjadi secara alami maupun akibat ulah manusia.



Sumber : BMKG (2019)

b. Dampak Kebakaran Hutan

Lingkungan: Kerusakan ekosistem, kepunahan flora dan fauna, dan degradasi tanah.

Kesehatan: Polusi udara dari asap (menyebabkan ISPA), terutama dari kebakaran lahan gambut.

Sosial Ekonomi: Gangguan transportasi, kegiatan ekonomi, dan pendidikan.

Iklm: Pelepasan emisi karbon dalam jumlah besar, mempercepat perubahan iklim global.

c. Faktor Penyebab Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan umumnya disebabkan oleh dua faktor utama: alami dan manusia.

1. Faktor Alami

Petir: Kilat dapat memicu percikan api di hutan kering.

Cuaca Ekstrem: Suhu tinggi, dan kekeringan berkepanjangan memicu penyebaran api.

Letusan Gunung Api: Dapat menyalakan vegetasi kering di sekitarnya.

2. Faktor Ulah Manusia (Penyebab Utama)

Pembukaan Lahan dengan Cara Membakar: Umum terjadi di pertanian atau perkebunan sawit.

Cara cepat dan murah, tapi sangat berisiko.

Kelalaian Manusia: Api unggun yang tidak dipadamkan sempurna. Puntung rokok dibuang sembarangan di area kering.

Pembalakan Liar: Membuka akses manusia ke dalam hutan dan meningkatkan potensi kebakaran.

Sengaja Dibakar (Sabotase/Perkara Tanah): Terkadang terjadi karena konflik lahan atau kepentingan tertentu.

KARAKTER BENCANA BENCANA ITU:

- MERUBAH POLA KEHIDUPAN DARI KONDISI NORMAL
- MERUGIKAN HARTA BENDA & JIWA
- MERUSAK STRUKTUR SOSIAL MASYARAKAT
- MEMUNCULKAN LONJAKAN KEBUTUHAN

MAKNA BENCANA:

ANCAMAN AKAN MENJADI BENCANA, APABILA MASYARAKAT MEMILIKI TINGKAT KAPASITAS LEBIH RENDAH, ATAU MEMILIKI TINGKAT KERENTANAN LEBIH TINGGI, DIBANDING TINGKAT ANCAMAN.

PENANGANAN BENCANA: t8

PENGUATAN MASYARAKAT DALAM KESIAP SIAGAAN, SISTEM PERINGATAN DINI, TINDAKAN TANGGAP DARURAT, EVAKUASI, MANAJEMEN BARAK

PENANGANAN SUMBER ANCAMAN:

PENDEKATAN PENANGANAN PEMBERDAYAAN MASYARAKAT, PEMBUATAN TERAS, GORONGGORONG, SALURAN BUANGAN, WADUK, TANGGUL, REBOISASI



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

MITIGASI BENCANA

1. Pengertian Mitigasi Bencana

Mitigasi bencana adalah suatu bentuk tindakan preventif yang dilakukan sebelum bencana terjadi dengan tujuan utama untuk mengurangi risiko dan dampak dari bencana alam maupun non-alam terhadap masyarakat, lingkungan, dan infrastruktur. Mitigasi bukan bertujuan mencegah bencana terjadi, karena sebagian besar bencana, seperti gempa bumi atau letusan gunung api, tidak bisa dicegah. Namun, dampaknya bisa dikurangi agar tidak menimbulkan kerugian besar. Mitigasi merupakan bagian penting dari manajemen risiko bencana dan merupakan tahap pertama dalam siklus manajemen bencana, yang meliputi:

- Mitigasi dan pencegahan
- Kesiapsiagaan
- Respon
- Rehabilitasi dan rekonstruksi

2. Tujuan dan Manfaat Mitigasi

Tujuan Mitigasi Bencana:

- Mengurangi potensi kerusakan yang diakibatkan oleh bencana.
- Melindungi nyawa manusia dengan memperkuat kesiapan individu dan komunitas.
- Mendorong pembangunan berkelanjutan dengan memperhitungkan risiko bencana dalam rencana pembangunan.
- Mengurangi beban pemerintah dan masyarakat dalam penanggulangan pasca-bencana.
- Membentuk budaya tanggap bencana dalam masyarakat.

Manfaat Mitigasi Bencana:

- Efisiensi anggaran negara karena biaya pencegahan lebih murah daripada pemulihan pasca bencana.
- Pengurangan trauma dan kerugian psikologis masyarakat yang terdampak.
- Meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap potensi bahaya di sekitarnya.
- Mendorong perencanaan pembangunan berbasis risiko, sehingga pembangunan tidak merugikan lingkungan dan masyarakat.



Sumber : UN OCHA (2005)

3. Klasifikasi Tindakan Mitigasi

Tindakan mitigasi dibedakan menjadi dua jenis besar, yaitu:

A. Mitigasi Struktural (Structural Mitigation)

Merupakan bentuk mitigasi yang berfokus pada pembangunan fisik atau teknis untuk mengurangi dampak bencana.

Contoh-contohnya:

- Membangun bendungan atau tanggul untuk mencegah banjir.
- Mendirikan bangunan tahan gempa menggunakan standar konstruksi tertentu.
- Pemasangan sistem peringatan dini seperti sirine tsunami, sensor gunung api, atau pendeteksi tanah longsor.
- Pembuatan jalur evakuasi dan tempat pengungsian permanen yang aman.

B. Mitigasi Non-Struktural (Non-Structural Mitigation)

Lebih menitikberatkan pada kebijakan, edukasi, regulasi, dan tata kelola sebagai upaya pengurangan risiko bencana.

Contohnya:

- Pendidikan kebencanaan di sekolah-sekolah dan masyarakat umum.
- Pelatihan dan simulasi evakuasi secara rutin di wilayah rawan bencana.
- Penetapan aturan tata ruang dan larangan membangun di zona rawan.
- Kampanye kesadaran publik tentang pentingnya kesiapsiagaan bencana.

4. Upaya Mitigasi Berdasarkan Jenis Bencana

Setiap jenis bencana memiliki pendekatan mitigasi yang berbeda. Berikut ini beberapa contohnya:

A. Gempa Bumi

- Mendirikan bangunan tahan gempa sesuai standar SNI.
- Menyediakan jalur evakuasi yang aman dari reruntuhan bangunan.
- Pelatihan “Drop, Cover, and Hold On” di sekolah, kantor, dan tempat umum.
- Pemasangan alat pendeteksi gempa dan sistem notifikasi dini.

B. Gunung Meletus

- Pemetaan zona bahaya berdasarkan sejarah letusan gunung.
- Pemantauan aktivitas gunung api oleh BMKG dan PVMBG.
- Membangun tempat pengungsian yang cukup jauh dari zona merah.
- Penyediaan masker, logistik, dan informasi evakuasi untuk warga.

C. Banjir

- Membangun tanggul, kanal, atau sistem drainase kota.
- Normalisasi sungai dan pembersihan aliran air dari sampah.
- Menyusun peraturan larangan pembangunan di daerah rawan banjir.
- Reboisasi dan pelestarian daerah tangkapan air (resapan air).

D. Kebakaran Hutan

- Memberikan edukasi kepada petani tentang bahaya membakar lahan.
- Patroli rutin dan pengawasan kawasan hutan dengan drone atau satelit.
- Membangun menara pemantauan api dan pos siaga kebakaran.
- Penegakan hukum bagi pelaku pembakaran lahan secara sengaja.

5. Perencanaan Pengurangan Risiko Bencana (PRB)

Perencanaan PRB adalah langkah sistematis untuk memahami dan mengurangi risiko terhadap bencana melalui berbagai tindakan jangka panjang yang terintegrasi dalam perencanaan pembangunan daerah dan nasional.

Langkah-langkah dalam PRB:

1. Identifikasi Risiko Bencana:

- Mengetahui potensi bencana di suatu wilayah berdasarkan data historis dan geologis.

2. Analisis Kerentanan:

- Menilai siapa dan apa saja yang paling rentan, seperti permukiman padat, sekolah, rumah sakit, dan masyarakat miskin.

3. Penilaian Kapasitas:

- Menilai sejauh mana kemampuan masyarakat dan pemerintah dalam menghadapi bencana.

4. Pemodelan dan Pemetaan Risiko:

- Menggunakan peta risiko untuk merancang sistem mitigasi berbasis wilayah.

5. Perencanaan Aksi Mitigasi:

- Menyusun rencana-rencana aksi untuk menanggulangi dan mengurangi risiko sesuai prioritas.

6. Implementasi Strategi:

- Melaksanakan program mitigasi secara bertahap, sesuai anggaran dan urgensi.

7. Pemantauan dan Evaluasi:

- Mengawasi efektivitas dari kegiatan PRB dan melakukan revisi bila diperlukan.

6. Peran Pemerintah dan Masyarakat dalam Mitigasi

Peran Pemerintah:

- Menyusun kebijakan nasional dan daerah terkait penanggulangan bencana.
- Menyediakan anggaran untuk pembangunan infrastruktur mitigasi.
- Mengelola dan menyebarkan informasi bencana secara transparan dan cepat.
- Melakukan kerja sama dengan lembaga internasional untuk bantuan teknis dan pendanaan.

Peran Masyarakat:

- Mengikuti pelatihan dan simulasi kebencanaan yang diadakan pemerintah atau sekolah.
- Menerapkan kebiasaan hidup siaga, seperti mengetahui jalur evakuasi dan titik kumpul.
- Membangun komunitas siaga bencana yang saling membantu sebelum dan saat bencana.
- Tidak melakukan kegiatan yang memperparah risiko, seperti membuang sampah sembarangan atau membangun di daerah rawan.

7. Prinsip-Prinsip Mitigasi yang Efektif

- Partisipatif: Semua pihak harus terlibat, baik pemerintah, masyarakat, dunia usaha, maupun akademisi.
- Berdasarkan Data: Mitigasi harus dirancang berdasarkan hasil riset dan analisis risiko yang ilmiah.
- Berkelanjutan: Harus menjadi bagian dari rencana pembangunan jangka panjang.
- Adaptif dan Kontekstual: Disesuaikan dengan kondisi sosial, ekonomi, budaya, dan geografis wilayah masing-masing.
- Fleksibel: Mampu disesuaikan dengan kondisi terkini dan hasil evaluasi.



BAB III

PEMBERDAYAAN

MASYARAKAT

DALAM MITIGASI

BENCANA

I. PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM MITIGASI BENCANA

Pemberdayaan masyarakat dalam mitigasi bencana adalah upaya untuk meningkatkan kemampuan dan kemandirian masyarakat dalam menghadapi potensi bencana, serta melibatkan mereka secara aktif dalam upaya pengurangan risiko bencana. Ini mencakup berbagai kegiatan seperti pelatihan, penyuluhan, pembentukan kelompok siaga bencana, dan pengembangan rencana kontinjensi. Tujuannya adalah agar masyarakat lebih siap dan mampu mengurangi dampak negatif bencana ketika terjadi.

Pemberdayaan masyarakat dalam mitigasi bencana memiliki beberapa aspek penting: Masyarakat perlu diberikan pemahaman tentang jenis-jenis bencana yang mungkin terjadi di wilayah mereka, potensi dampaknya, serta langkah-langkah yang dapat diambil untuk mengurangi risiko. Masyarakat perlu dibekali dengan keterampilan praktis, seperti pertolongan pertama, evakuasi mandiri, penggunaan alat-alat penyelamatan sederhana, dan komunikasi yang efektif saat terjadi bencana. Membentuk kelompok-kelompok siaga bencana di tingkat komunitas (desa, kelurahan, RT/RW) dan melibatkan mereka dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan mitigasi.

Pengembangan Rencana Kontinjensi:

Masyarakat dilibatkan dalam penyusunan rencana kontinjensi bencana yang berisi langkah-langkah yang harus diambil sebelum, saat, dan setelah terjadi bencana



Penguatan Kapasitas:

Pemberdayaan juga mencakup peningkatan kapasitas masyarakat dalam hal infrastruktur fisik (misalnya, pembangunan rumah tahan bencana), maupun sosial (misalnya, jaringan komunikasi, sistem peringatan dini)

Kerjasama dan Kolaborasi:

Membangun kemitraan yang kuat antara masyarakat, pemerintah daerah, lembaga swadaya masyarakat (LSM), dan sektor swasta dalam upaya mitigasi bencana. Dengan pemberdayaan yang efektif, masyarakat akan menjadi lebih tangguh dan mampu mengurangi risiko serta dampak buruk bencana. Selain itu, partisipasi aktif masyarakat dalam mitigasi bencana juga dapat meningkatkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab mereka terhadap lingkungan dan keselamatan bersama.

A. TSUNAMI ACEH 2004



Sumber : PVMBG (2006). Laporan Aktivitas Merapi

Tsunami Aceh 2004, yang juga dikenal sebagai Gempa Bumi dan Tsunami Samudra Hindia, adalah bencana alam dahsyat yang terjadi pada hari Minggu, 26 Desember 2004, pukul 07:58:53 pagi waktu WIB. Peristiwa ini menjadi salah satu bencana alam paling mematikan dalam sejarah.

Bencana ini dipicu oleh gempa bumi megathrust bawah laut raksasa (Gempa Bumi Sumatra-Andaman) dengan kekuatan magnitudo 9.1-9.3 Mw. Gempa terjadi di lepas pantai barat Sumatra, Indonesia, di sepanjang parit Sunda tempat lempeng India menunjam di bawah lempeng Burma. Retakan sepanjang 1.600 km terjadi pada permukaan patahan, menyebabkan perpindahan sekitar 30 km³ air laut.

Gelombang tsunami, beberapa di antaranya mencapai ketinggian hingga 30 meter, menerjang wilayah pesisir Aceh, Indonesia, hanya dalam waktu 15-20 menit setelah gempa. Dampaknya sangat menghancurkan, menyebabkan kehancuran yang meluas dan hilangnya banyak nyawa:

- Indonesia menjadi negara yang paling parah terkena dampak, terutama provinsi Aceh, di mana diperkirakan 130.000 hingga 167.000 orang meninggal atau hilang.
- Tsunami ini juga memengaruhi 13 negara lain di sekitar Samudra Hindia, termasuk Sri Lanka, India, dan Thailand, sehingga total korban jiwa mencapai sekitar 227.898 orang.
- Selain korban jiwa, ratusan ribu orang kehilangan tempat tinggal.
- Bencana ini juga menyebabkan perubahan signifikan dalam tatanan sosial, infrastruktur, dan ekonomi daerah yang terkena dampak. Namun, di sisi lain, peristiwa ini juga memicu upaya kemanusiaan internasional dan rekonstruksi pasca-bencana yang masif.

Tsunami Aceh 2004 tetap dikenang sebagai salah satu bencana alam paling mematikan dalam sejarah yang tercatat.

Gempa Bumi Pemicu Kekuatan yang Belum Pernah Terlihat.

Pusat gempa terletak sekitar 160 kilometer sebelah barat Aceh, tepatnya di lepas pantai utara Pulau Simeulue. Pergeseran lempeng bumi yang terjadi begitu dahsyat, menciptakan patahan terpanjang yang pernah tercatat, membentang sejauh 1.600 kilometer. Energi yang dilepaskan setara dengan ledakan 23.000 bom atom Hiroshima! Pergeseran vertikal dasar laut inilah yang secara masif memindahkan volume air laut dan memicu gelombang raksasa. Para ilmuwan bahkan mencatat bahwa energi gempa ini begitu besar sehingga mampu menggetarkan seluruh planet, dan bahkan sedikit mengubah bentuk bumi!

Gelombang Maut dan Kecepatan yang Mengerikan

Gelombang tsunami yang terbentuk di laut dalam bisa bergerak dengan kecepatan pesawat jet, mencapai sekitar 800 kilometer per jam. Namun, saat mendekati pantai, gelombang melambat tetapi ketinggiannya justru meningkat drastis. Di Aceh, gelombang pertama tiba hanya dalam waktu sekitar 15-20 menit setelah gempa. Ini adalah waktu yang sangat singkat, membuat banyak orang tidak memiliki kesempatan untuk menyelamatkan diri.

Ketinggian gelombang bervariasi di setiap lokasi, namun di beberapa area pesisir Aceh, khususnya di Lhoknga dan Meulaboh, gelombang dilaporkan mencapai 30 meter, menghantam daratan dengan kekuatan yang tak terbayangkan. Struktur bangunan, pepohonan, bahkan perbukitan kecil, seolah tak berarti di hadapan keganasan air bah.

Dampak yang Melampaui Batas Geografis

Meskipun Aceh menjadi pusat kehancuran, dampak Tsunami 2004 menjalar ke seluruh Samudra Hindia. Gelombang yang tercipta melintasi lautan luas dan tiba di berbagai negara dalam hitungan jam:

- Sri Lanka: Terdampak parah di sepanjang garis pantainya, terutama di Galle dan Matara.
- India: Pesisir selatan India, khususnya di Tamil Nadu dan Kepulauan Andaman dan Nicobar, mengalami kerusakan signifikan.
- Thailand: Destinasi wisata populer seperti Phuket dan Khao Lak diterjang, menelan banyak korban jiwa dari kalangan turis maupun penduduk lokal.
- Bahkan di Afrika: Gelombang kecil masih terasa di pesisir Somalia dan Tanzania, meskipun dengan dampak yang tidak sebesar di negara-negara Asia.

Peristiwa ini benar-benar menunjukkan bagaimana bencana alam berskala besar bisa melampaui batas-batas negara dan menghubungkan seluruh dunia dalam kesedihan.

Respons Kemanusiaan Global dan Pembelajaran Berharga

Tragedi Tsunami Aceh 2004 memicu respons kemanusiaan global yang belum pernah terjadi sebelumnya. Dana bantuan dan relawan berdatangan dari seluruh penjuru dunia. Negara-negara, organisasi internasional, LSM, hingga individu swasta bersatu padu membantu proses evakuasi, penyediaan logistik, hingga fase rehabilitasi dan rekonstruksi.

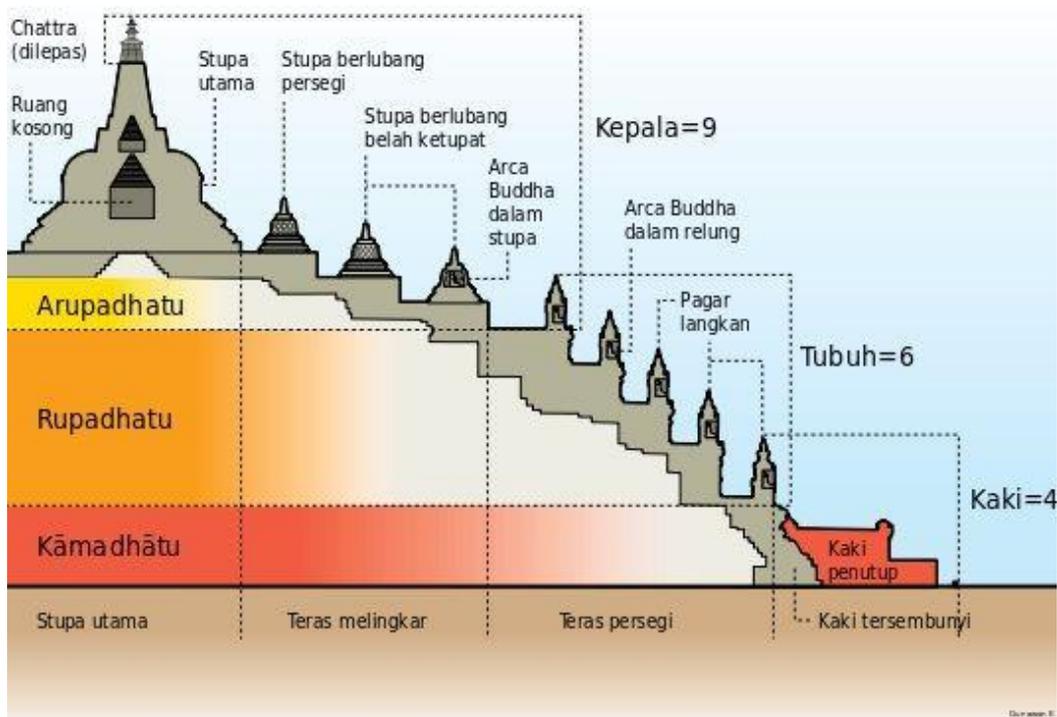
Dari peristiwa ini, banyak pelajaran berharga diambil:

- Sistem Peringatan Dini: Banyak negara di sekitar Samudra Hindia mulai membangun dan meningkatkan sistem peringatan dini tsunami. Ini adalah langkah krusial untuk memberikan waktu evakuasi yang cukup bagi masyarakat.
- Edukasi dan Mitigasi Bencana: Kesadaran akan pentingnya edukasi bencana dan langkah-langkah mitigasi ditingkatkan. Masyarakat diajarkan tentang tanda-tanda tsunami dan cara menyelamatkan diri.
- Bangun Kembali yang Lebih Baik (Build Back Better): Proses rekonstruksi di Aceh dan daerah lain menerapkan prinsip "Build Back Better," artinya membangun kembali infrastruktur dan permukiman dengan standar yang lebih aman dan tahan bencana.

Tsunami Aceh 2004 adalah pengingat yang menyakitkan akan kekuatan alam yang tak terduga, namun juga menjadi bukti nyata akan kekuatan kemanusiaan dan solidaritas di saat-saat paling sulit.

Penampang Borobudur dan Rasio Bangunan

Borobudur, Jawa Tengah, Indonesia



Sumber : BNPB (2014). Laporan Tahunan

B. GEMPA SUMATERA BARAT 2009 "GAMPO BUMI 30 SEPTEMBER"

Gempa Bumi Sumatera Barat 2009, yang dikenal luas sebagai "Gampo Bumi 30 September", adalah gempa bumi dahsyat yang melanda wilayah Sumatera Barat pada Rabu, 30 September 2009, pukul 17:16:10 WIB.

Penyebab dan Kekuatan

- Penyebab: Gempa ini disebabkan oleh aktivitas tektonik di zona subduksi antara Lempeng Indo-Australia yang menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Sumatera Barat memang terletak di zona Cincin Api Pasifik, di mana pertemuan lempeng-lempeng bumi ini sangat aktif dan sering menimbulkan gempa. Selain itu, keberadaan Patahan (Sesar) Semangko dan Patahan Mentawai juga berkontribusi pada aktivitas seismik tinggi di wilayah ini.
- Magnitudo: Gempa utama memiliki kekuatan 7,6 Skala Magnitudo (Mw).
- Episentrum dan Kedalaman: Pusat gempa berada di lepas pantai Sumatera Barat, sekitar 50 km barat laut Kota Padang, dengan kedalaman sekitar 71 km.

Kronologi Singkat

- 30 September 2009: Gempa utama berkekuatan 7,6 Mw terjadi pada sore hari, mengguncang wilayah Padang, Pariaman, dan sekitarnya.
- 1 Oktober 2009: Gempa susulan dengan kekuatan 6,8 Mw terjadi lagi, kali ini berpusat di sekitar 46 km tenggara Kota Sungaipenuh, memperparah kerusakan yang sudah ada.



Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

Dampak gempa ini sangat parah, terutama di wilayah pesisir barat Sumatera Barat, termasuk Kota Padang, Kabupaten Padang Pariaman, Kota Pariaman, dan Kabupaten Agam.

- Korban Jiwa: Menurut data Satuan Koordinasi Pelaksana Penanggulangan Bencana (Satkorlak PB), sebanyak 1.117 orang tewas akibat gempa ini, tersebar di 3 kota dan 4 kabupaten di Sumatera Barat. Selain itu, 1.214 orang mengalami luka berat dan 1.688 orang luka ringan.
- Kerusakan Infrastruktur: Kerusakan material sangat masif:
 - 135.448 rumah rusak berat
 - 65.380 rumah rusak sedang
 - 78.604 rumah rusak ringan Lebih dari 200.000 rumah dan bangunan hancur atau rusak parah. Ini termasuk gedung-gedung kantor, sekolah, rumah sakit, tempat ibadah, pasar, jalan, jembatan, dan fasilitas umum lainnya.
- Bandara Internasional Minangkabau (BIM) juga mengalami kerusakan pada sebagian atap dan jaringan listrik.
- Kerugian Ekonomi: Total kerugian material diperkirakan mencapai Rp 21,58 triliun. Dampak Lanjutan: Selain kerusakan fisik, gempa ini juga memicu tanah longsor di beberapa area, terutama di daerah perbukitan. Beberapa bangunan roboh akibat likuefaksi (pelulukan) tanah yang jenuh air. Kondisi pasca-gempa juga meningkatkan potensi penyakit seperti diare, demam, alergi, dan tetanus.

Respons dan Pemulihan

Respons terhadap gempa 2009 melibatkan berbagai pihak, mulai dari pemerintah pusat, pemerintah daerah, lembaga swadaya masyarakat (LSM), hingga bantuan internasional.

- Evakuasi dan Penanganan Korban: Upaya pencarian dan penyelamatan (SAR) dilakukan secara intensif. Tim medis dan bantuan kemanusiaan dari dalam dan luar negeri berdatangan untuk membantu korban.
- Pemulihan Infrastruktur: PT Pertamina dan PT PLN bergerak cepat untuk memulihkan pasokan BBM dan listrik di daerah terdampak.
- Rehabilitasi dan Rekonstruksi: Proses rehabilitasi dan rekonstruksi memakan waktu bertahun-tahun, dengan fokus pada pembangunan kembali rumah dan fasilitas umum yang rusak, serta perbaikan jalur transportasi. Program hunian tetap (huntap) juga dibangun untuk para korban yang kehilangan tempat tinggal.

Gempa Sumatera Barat 2009 menjadi pengingat pahit akan kerentanan wilayah ini terhadap gempa bumi, sekaligus menjadi pendorong untuk meningkatkan kesiapsiagaan bencana dan membangun infrastruktur yang lebih tangguh. Bagi masyarakat Padang, peristiwa ini adalah bagian dari sejarah yang tak terlupakan.



gempa bumi sumatera barat 2009



gempa bumi sumatera barat 2009

Sumber : BNPB (2014), BMKG (2019), USGS (2015)

C. GUNUNG MERAPI 2006

ERUPSI GUNUNG MERAPI PADA TAHUN 2006 ADALAH EPISODE LETUSAN YANG SIGNIFIKAN, DITANDAI DENGAN BERBAGAI AKTIVITAS VULKANIK YANG MENGKHAWATIRKAN MASYARAKAT DI SEKITARNYA. PERISTIWA INI JUGA LEKAT DENGAN KISAH HEROIK MBAH MARIDJAN, JURU KUNCI MERAPI SAAT ITU.

KRONOLOGI SINGKAT DAN PEMICU

AKTIVITAS GUNUNG MERAPI SUDAH MENUNJUKKAN PENINGKATAN SEJAK AWAL TAHUN 2006.

- PENINGKATAN AKTIVITAS: SEJAK MARET 2006, STATUS MERAPI TERUS NAIK, DARI NORMAL MENJADI WASPADA PADA 15 MARET, SIAGA PADA 12 APRIL, DAN AKHIRNYA AWAS PADA 13 MEI 2006.
- PERTUMBUHAN KUBAH LAVA: SALAH SATU PENYEBAB UTAMA ERUPSI ADALAH PERTUMBUHAN KUBAH LAVA BARU DI PUNCAK. KUBAH LAVA INI TERUS MEMBESAR DAN TIDAK STABIL.
- GEMPA BUMI YOGYAKARTA 2006: PADA 27 MEI 2006, TERJADI GEMPA BUMI BERKEKUATAN 6,2 SKALA RICHTER DI YOGYAKARTA. GEMPA INI DIDUGA TURUT MEMENGARUHI STRUKTUR DALAM GUNUNG MERAPI DAN MEMPERCEPAT PROSES ERUPSI, MESKIPUN SECARA LANGSUNG BUKAN PEMICU UTAMA ERUPSI VULKANIK.
- PERISTIWA "GEGER BOYO": PADA 4 JUNI 2006, TERJADI PERISTIWA "GEGER BOYO", YAITU RUNTUHNYA KUBAH LAVA LAMA YANG MENEMPEL DI DINDING PUNCAK. PERISTIWA INI SANGAT SIGNIFIKAN KARENA MENGUBAH JALUR GUGURAN MATERIAL VULKANIK.
- PUNCAK ERUPSI: ERUPSI TERBESAR TERJADI PADA 14 JUNI 2006, DITANDAI DENGAN LUNCURAN AWAN PANAS YANG MENCAPAI JARAK HINGGA 7 KILOMETER KE ARAH TENGGARA, YAITU KE HULU KALI GENDOL.



Sumber : PVMBG (2006). Laporan Aktivitas Merapi

DAMPAK DAN KERUGIAN

MESKIPUN STATUS MERAPI SUDAH "AWAS" DAN SEBAGIAN BESAR WARGA SUDAH DIUNGSIKAN, ERUPSI INI TETAP MENYEBABKAN DAMPAK SERIUS:

- KORBAN JIWA: DUA RELAWAN, SARJONO DAN KENTENG, TEWAS AKIBAT TERJEBAK AWAN PANAS DI DALAM BUNKER KALIADEM. BUNKER INI, YANG SEHARUSNYA MENJADI TEMPAT PERLINDUNGAN, JUSTRU TERTIMBUN MATERIAL VULKANIK PANAS DAN GAS BERACUN. PERISTIWA INI MENJADI PENGINGAT TRAGIS BAHWA TIDAK SEMUA TEMPAT PERLINDUNGAN AMAN DI TENGAH KONDISI DARURAT GUNUNG BERAPI.
 - KERUSAKAN FISIK:KAWASAN WISATA KALIADEM DI KECAMATAN CANGKRINGAN, SLEMAN, TERKUBUR MATERIAL PIROKLASTIK (ENDAPAN AWAN PANAS) DENGAN KETEBALAN RATA-RATA LEBIH DARI 3 METER.
 - JALUR GUGURAN LAVA MENJADI SEMAKIN LEBAR DAN DALAM AKIBAT AMBROLNYA "GEGER BOYO".
 - HUTAN DI SEKITAR KALIADEM HANGUS TERBAKAR.
 - BEBERAPA INFRASTRUKTUR SEPERTI TANGKI AIR MELELEH AKIBAT SUHU PANAS.
- PENGUNGSIAN MASSAL: RIBUAN WARGA DARI DESA-DESA DI LERENG MERAPI DIEVAKUASI KE TEMPAT-TEMPAT PENGUNGSIAN YANG AMAN. PEMERINTAH BAHKAN MEMBELI HEWAN TERNAK WARGA UNTUK MENGHINDARI JATUHNYA KORBAN JIWA KARENA WARGA ENGGAN MENGUNGSI DEMI MENJAGA TERNAK MEREKA.
- HUJAN ABU: TERJADI HUJAN ABU VULKANIK DI BEBERAPA WILAYAH DI KOTA DAN KABUPATEN MAGELANG SERTA KABUPATEN SLEMAN DAN JAWA TENGAH SELAMA BEBERAPA HARI.

PEMBELAJARAN DARI ERUPSI 2006

ERUPSI MERAPI 2006 MEMBERIKAN PELAJARAN BERHARGA DALAM MITIGASI BENCANA GUNUNG BERAPI:

- BAHAYA AWAN PANAS: MENEGASKAN KEMBALI BAHAYA EKSTREM AWAN PANAS YANG BISA MELUNCUR CEPAT DENGAN SUHU SANGAT TINGGI.
- EVALUASI JALUR EVAKUASI DAN SHELTER: PERISTIWA DI BUNKER KALIADEM MENUNJUKKAN PENTINGNYA EVALUASI ULANG LOKASI DAN KEKUATAN SHELTER SERTA JALUR EVAKUASI YANG BENAR-BENAR AMAN.
- EDUKASI MASYARAKAT: PENTINGNYA EDUKASI TERUS-MENERUS KEPADA MASYARAKAT TENTANG KARAKTERISTIK MERAPI DAN PENTINGNYA MEMATUHI INSTRUKSI EVAKUASI.

ERUPSI MERAPI 2006 ADALAH BAGIAN TAK TERPISAHKAN DARI SEJARAH GUNUNG MERAPI YANG AKTIF, YANG TERUS MENGAJARKAN KITA TENTANG BAGAIMANA HIDUP HARMONIS DAN SIAGA DI DEKAT SALAH SATU GUNUNG BERAPI PALING AKTIF DI DUNIA INI.

D. BANJIR BANDUNG (2016)

BANJIR BANDUNG 2016: "BANJIR CILEUNCANG" DAN MELUAPNYA SUNGAI PADA TAHUN 2016, KOTA DAN KABUPATEN BANDUNG BEBERAPA KALI DITERJANG BANJIR, TERUTAMA PADA BULAN MARET DAN OKTOBER-NOVEMBER. BANJIR INI SERING DISEBUT SEBAGAI "BANJIR CILEUNCANG" DI KOTA BANDUNG, MENGACU PADA BANJIR GENANGAN YANG TERJADI AKIBAT CURAH HUJAN TINGGI, DAN BANJIR AKIBAT LUAPAN SUNGAI DI KABUPATEN BANDUNG.

BEBERAPA FAKTOR BERKONTRIBUSI PADA SERINGNYA BANJIR DI BANDUNG PADA TAHUN 2016:

- CURAH HUJAN EKSTREM: INTENSITAS HUJAN YANG SANGAT TINGGI DALAM WAKTU SINGKAT MENJADI PEMICU UTAMA. DEBIT AIR YANG DIHASILKAN MELEBIHI KAPASITAS SALURAN DRAINASE DAN SUNGAI.
- DRAINASE BURUK: SISTEM DRAINASE DI KOTA BANDUNG, TERUTAMA DI AREA PADAT PENDUDUK DAN KOMERSIAL SEPERTI PASTEUR DAN PAGARSIH, SERINGKALI TIDAK MEMADAI. SALURAN YANG SEMPIT DAN TERSUMBAT SAMPAH SERTA SEDIMENTASI MENYEBABKAN AIR MELUAP KE JALAN.
 - ALIH FUNGSI LAHAN: BANDUNG UTARA: PEMBANGUNAN PERMUKIMAN DAN ALIH FUNGSI LAHAN DI KAWASAN BANDUNG UTARA (KAWASAN RESAPAN AIR) MENGURANGI KEMAMPUAN TANAH UNTUK MENYERAP AIR HUJAN. AKIBATNYA, AIR LANGSUNG MENGALIR KE DATARAN YANG LEBIH RENDAH DI KOTA BANDUNG.
 - BANTARAN SUNGAI: PEMBANGUNAN PERMUKIMAN DI BANTARAN SUNGAI MENYEMPITKAN ALIRAN SUNGAI DAN MENGURANGI KAPASITASNYA MENAMPUNG AIR, SEHINGGA SUNGAI MUDAH MELUAP.
- SEDIMENTASI DAN PENDANGKALAN SUNGAI: SUNGAI-SUNGAI UTAMA, TERUTAMA ANAK SUNGAI CITARUM SEPERTI SUNGAI CIKIJING, CIMANDE, CITEPUS, CIKAPUNDUNG, MENGALAMI PENDANGKALAN AKIBAT SEDIMENTASI DAN TUMPUKAN SAMPAH. HAL INI MENGURANGI DAYA TAMPUNG SUNGAI.
- KONDISI TOPOGRAFI CEKUNGAN (BANDUNG SELATAN): WILAYAH KABUPATEN BANDUNG SELATAN, SEPERTI BALEENDAH, DAYEUKOLOK, DAN BOJONGSOANG, SECARA ALAMI MERUPAKAN CEKUNGAN. KETIKA AIR DARI HULU MENGALIR KE AREA INI, AIR AKAN TERAKUMULASI DAN SULIT SURUT, APALAGI JIKA TERJADI LUAPAN SUNGAI CITARUM.



Sumber : PVMBG (2006). Laporan Aktivitas Merapi

TITIK TERPARAH DAN DAMPAK

BANJIR 2016 BERDAMPAK LUAS, BAIK DI KOTA BANDUNG MAUPUN KABUPATEN BANDUNG.

DI KOTA BANDUNG (TERUTAMA PADA OKTOBER-NOVEMBER 2016):

- JALAN PASTEUR: AREA IKONIK YANG TERENDAM PARAH, DENGAN KETINGGIAN AIR MENCAPAI SEKITAR 1,6 METER. KAWASAN PARKIR MAL SEPERTI BANDUNG TRADE CENTER (BTC) JUGA TERENDAM, MENYEBABKAN MOBIL-MOBIL TERSERET ARUS.
- JALAN PAGARSIH: SALAH SATU LANGGANAN BANJIR DI BANDUNG. PADA 2016, KETINGGIAN AIR DI SINI LEBIH BESAR DAN ARUSNYA LEBIH KUAT DARI BIASANYA, BAHKAN MENYEBABKAN SATU KORBAN JIWA YANG DIDUGA TERSERET ARUS KE SELOKAN.
- JALAN PASIRKOJA, ASTANAANYAR, KALIPAH APO, HINGGA GEDEBAGE JUGA MENGALAMI GENANGAN PARAH.
- STASIUN KERETA API BANDUNG: REL DAN TERMINAL TERGENANG SEKITAR 30 SENTIMETER, MENGHAMBAT PERJALANAN BEBERAPA KERETA API.
- DAMPAK: KERUGIAN MATERIAL CUKUP BESAR AKIBAT KENDARAAN YANG RUSAK, TOKO-TOKO YANG TERENDAM, DAN AKTIVITAS EKONOMI YANG LUMPUH SEMENTARA.

DI KABUPATEN BANDUNG (TERUTAMA PADA MARET 2016):

- BALEENDAH, DAYEUKOLOT, BOJONGSOANG: KAWASAN INI MERUPAKAN LANGGANAN BANJIR TAHUNAN KARENA BERADA DI CEKUNGAN DAN DILINTASI SUNGAI CITARUM. KETINGGIAN AIR PADA MARET 2016 MENCAPAI 80 SENTIMETER HINGGA 3 METER, MEMBUAT RIBUAN RUMAH TERENDAM.
- PENGUNGSIAN MASSAL: SEBANYAK 2.087 WARGA DARI 627 KELUARGA DI KECAMATAN BALEENDAH, DAYEUKOLOT, DAN BOJONGSOANG MENGUNGSIKAN KE LOKASI YANG LEBIH AMAN, SEPERTI GOR BALEENDAH, KANTOR KECAMATAN, KORAMIL, HINGGA MASJID.
- KERUGIAN: SELAIN RUMAH-RUMAH WARGA, SEJUMLAH SEKOLAH DAN FASILITAS UMUM JUGA TERENDAM, MENGGANGGU AKTIVITAS BELAJAR-MENGAJAR DAN PELAYANAN PUBLIK. AKSES JALAN SEPERTI DAYEUKOLOT-BALEENDAH TERPUTUS.



Sumber : BNPB (2014). Laporan Tahunan

UPAYA PENANGANAN (JANGKA PENDEK DAN PANJANG)

PEMERINTAH KOTA DAN KABUPATEN BANDUNG, BERSAMA DENGAN PEMERINTAH PROVINSI DAN PUSAT, BERUPAYA MENGATASI MASALAH BANJIR INI:

- NORMALISASI SUNGAI DAN DRAINASE: DILAKUKAN Pengerukan sedimentasi, pelebaran, dan perbaikan saluran drainase serta sungai.
- PEMBANGUNAN KOLAM RETENSI/TAMPUNGAN AIR: BERBAGAI KOLAM RETENSI DIBANGUN DI BEBERAPA TITIK STRATEGIS, SEPERTI KOLAM RETENSI TAMAN LANSIA DAN KOLAM RETENSI KANDAGA PUSPA, UNTUK MENAMPUNG AIR HUJAN DAN MENGURANGI DEBIT AIR YANG LANGSUNG MENGALIR KE PERMUKIMAN.
- "TOL AIR": KONSEP "TOL AIR" SEMPAT DIGAGAS DAN DITERAPKAN DI BEBERAPA TITIK, SEPERTI DI PASTEUR, UNTUK MEMPERCEPAT ALIRAN AIR KE SALURAN YANG LEBIH BESAR ATAU KOLAM PENAMPUNG.
- REVITALISASI CITARUM: MASALAH BANJIR DI BANDUNG SELATAN SANGAT BERKAITAN DENGAN KONDISI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) CITARUM YANG RUSAK. PROGRAM CITARUM HARUM DIGALAKKAN UNTUK MENGATASI PENCEMARAN, SEDIMENTASI, DAN ALIH FUNGSI LAHAN DI HULU SUNGAI.
- EDUKASI MASYARAKAT: PENINGKATAN KESADARAN MASYARAKAT TENTANG PENTINGNYA TIDAK MEMBUANG SAMPAH SEMBARANGAN KE SALURAN AIR DAN SUNGAI.

BANJIR BANDUNG 2016 MENJADI SALAH SATU PENGINGAT KERAS AKAN TANTANGAN PENATAAN KOTA DAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN DI WILAYAH CEKUNGAN PADAT PENDUDUK SEPERTI BANDUNG. UPAYA PENANGGULANGAN BANJIR INI MEMERLUKAN SINERGI JANGKA PANJANG DARI BERBAGAI PIHAK, BAIK PEMERINTAH, MASYARAKAT, MAUPUN SEKTOR SWASTA.



Sumber : BNPB (2014). Laporan Tahunan



BAB IV

BANGUNAN

TAHAN

BENCANA

BAB IV BANGUNAN TAHAN GEMPA

A. TIPOLOGI SISTEM DASAR KONSTRUKSI BANGUNAN TAHAN GEMPA

1. Pengertian Gempa

Bencana adalah salah satu fenomena yang tak dapat dihindari, tidak dapat diramalkan kapan terjadi serta seberapa besar akan menimbulkan kerugian bagi kita. Secara umum ‘Bencana’ dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) bagian :

1.1. Bencana Alam

Misalnya : Gempa Bumi, Gunung Meletus, Banjir, Longsor, Angin Topan, Kebakaran Hutan, Tanah Amblas, dsb.

1.2. Bencana akibat Kelalalaan Manusia

Misalnya : Kebakaran, Bangunan Runtuh, dsb.

Gempa bumi adalah salah satu bencana yang saat ini sedang melanda NKRI. Begitu banyak korban yang berjatuhannya karena bencana alam yang satu ini. Menurut ‘Teori Pelat Tektonik’, para ahli geologi mengasumsikan bahwa dunia terdiri dari beberapa lempengan yang mengambang, dimana masing-masing lempengan tersebut bergerak pada arah yang berlainan sehingga tabrakan/tumbukan antara dua atau lebih dari lempengan tersebut tidak dapat dihindari, dimana lempeng yang kuat akan melengkung ke atas, itulah peristiwa terjadinya ‘pegunungan’, sedangkan lempeng yang lemah akan terdesak ke bawah atau patah, peristiwa terjadi ‘jurang’.

Pada peristiwa tabrakan/tumbukan tersebut akan terjadinya gesekan antara dua atau lebih lempengan yang mengakibatkan adanya pelepasan ‘energi’ yang besar sekali, yang berpengaruh pada daerah-daerah yang lemah pada lempengan tersebut.

Bila daerah lemah berada di daerah puncak, akan terjadi ‘letusan gunung api’ yang diawali dengan adanya ‘gempa vulkanik’. Pada daerah di bawah, bila

terjadi patahan pada lempengan, akan terjadi peristiwa “gempa tektonik”.

2. Filosofi Bangunan Tahan Gempa

1. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural (dinding retak, genting dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb).
2. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi 32 jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ke tempat aman.

2.1. Pembagian Jalur “Gempa Bumi” di Dunia

Di dunia ini, berdasarkan hasil pencatatan tentang gempa-gempa tektonik yang terjadi, terdapat 3 (tiga) Jalur Gempa Bumi, dimana Indonesia dilalui oleh 2 (dua) jalur tersebut.

1. Jalur Sirkum Pasific (Circum Pacific Belt)

Antara lain melalui daerah-daerah Chili, Equador, Caribia, Amerika Tengah, Mexico, California, Columbia, Alaska, Jepang, Taiwan, Philipina, Indonesia (Sulawesi Utara, Irian), Selandia Baru, dan negara-negara Polinesia.

2. Jalur Trans Asla (Trans Aslatic Belt)

Antara lain melalui daerah-daerah Azores, Mediterania, Maroko, Portugal, Italia, Rumania, Turki, Irak, Iran, Afganistan, Himalaya, Myanmar, Indonesia (Bukit Barisan, Lepas pantai selatan P. Jawa, Kep. Sunda Kecil, Maluku).

3. Jalur Laut Atlantic (Mid-Atlantic Oceanic Belt)

Antara lain melalui Splitbergen, Iceland dan Atlantik Selatan. Pembagian Jalur ‘Gempa Bumi’ di Indonesia, dibagi menjadi 6 Wilayah Gempa.



Wilayah Gempa Indonesia dengan percepatan puncak batuan dasar dengan periode ulang 500 tahun.

4. Pengertian Rumah Sederhana

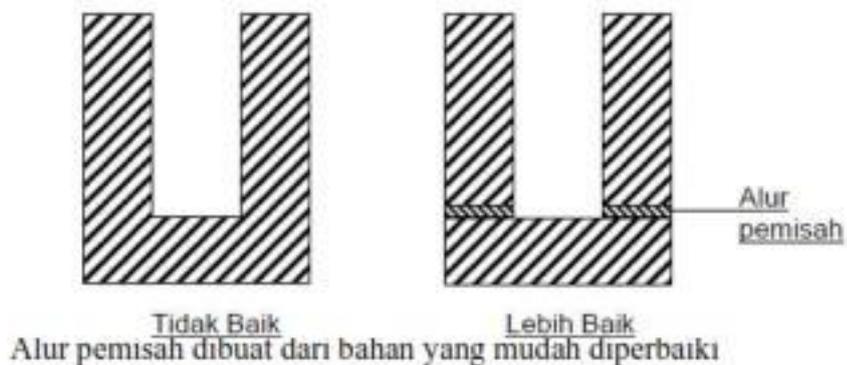
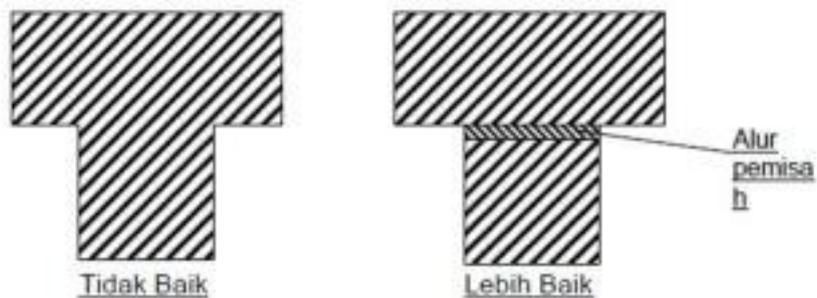
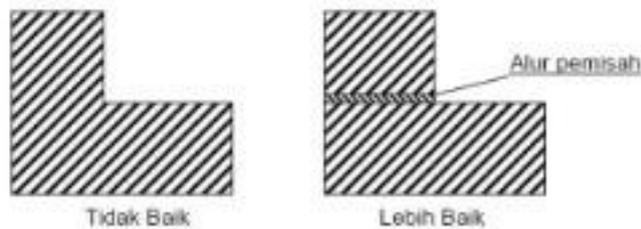
Adalah rumah yang dibangun oleh masyarakat tanpa direncanakan dan dilaksanakan oleh para ahli pembangunan. Rumah sederhana adalah jenis hunian yang didesain dengan fokus pada kebutuhan dasar dan keterjangkauan biaya. Beberapa ciri khas rumah sederhana meliputi:

- **Ukuran Kecil hingga Sedang:** Rumah sederhana biasanya memiliki luas yang tidak terlalu besar, cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar penghuni.
- **Desain Sederhana:** Arsitektur dan desain interior rumah sederhana cenderung minimalis dan fungsional, mengutamakan efisiensi ruang.
- **Material yang Terjangkau:** Rumah sederhana umumnya dibangun dengan menggunakan bahan-bahan yang lebih terjangkau dan mudah didapatkan, seperti kayu, bata, atau beton.
- **Penggunaan Ruang yang Efisien:** Setiap ruang dalam rumah sederhana dirancang agar dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin, dengan meminimalkan area yang tidak terpakai.
- **Fasilitas Dasar:** Rumah sederhana biasanya dilengkapi dengan fasilitas dasar seperti kamar tidur, kamar mandi, dapur, dan ruang tamu yang sederhana.
- **Harga Terjangkau:** Salah satu tujuan utama rumah sederhana adalah untuk menyediakan hunian yang dapat dijangkau oleh masyarakat dengan penghasilan menengah ke bawah.

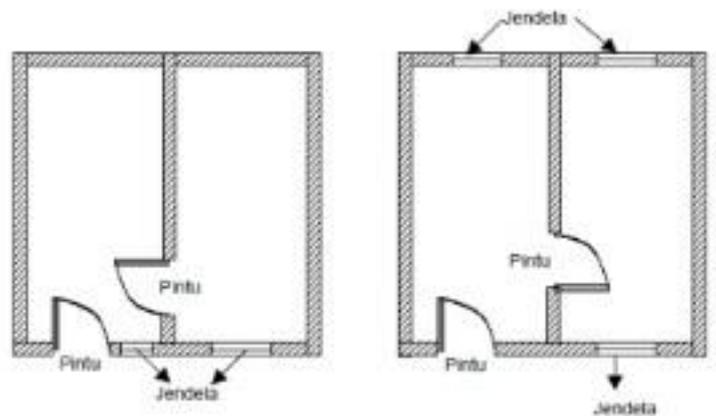
3. Beberapa Batasan dalam Perencanaan dan Pelaksanaan

- Denah Bangunan

Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris dan tidak terlalu panjang.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019



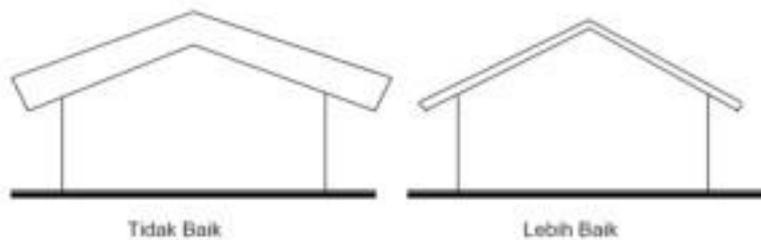
Denah tidak baik

Denah baik ditinjau dari rencana struktur maupun sistem aliran udara (ventilasi)

Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

- **Atap Bangunan**

Konstruksi atap harus menggunakan bahan yang ringan dan sederhana.



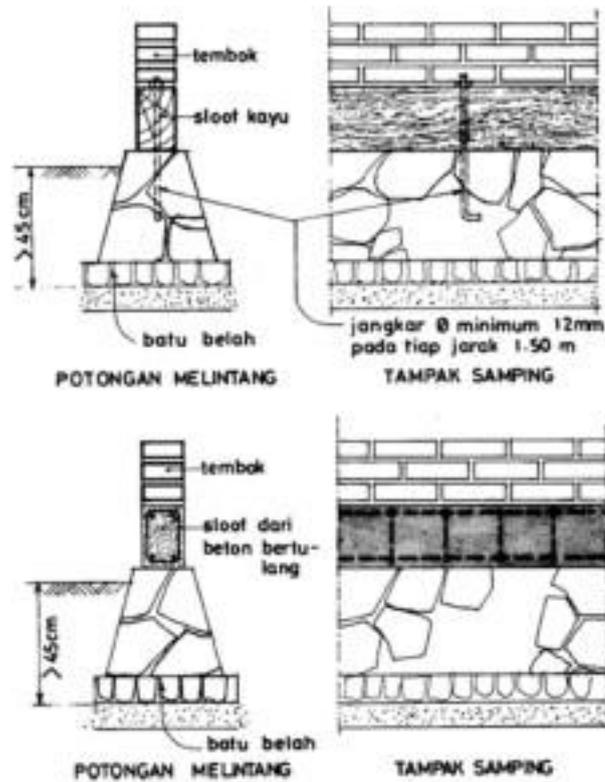
Tidak Baik

Lebih Baik

Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

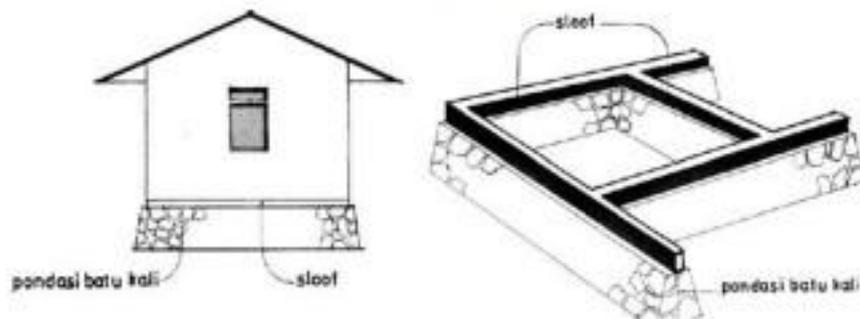
- **Pondasi**

Sebaiknya tanah dasar pondasi merupakan tanah kering, padat, dan merata kekerasannya. Dasar pondasi sebaiknya lebih dalam dari 45 cm.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

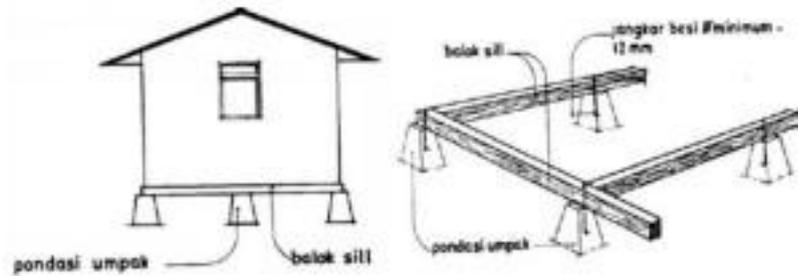
Pondasi sebaiknya dibuat menerus keliling bangunan tanpa terputus. Pondasi dinding penyekat juga dibuat menerus. Bila pondasi terdiri dari batukali maka perlu dipasang balok pengikat/sloof sepanjang pondasi tersebut.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

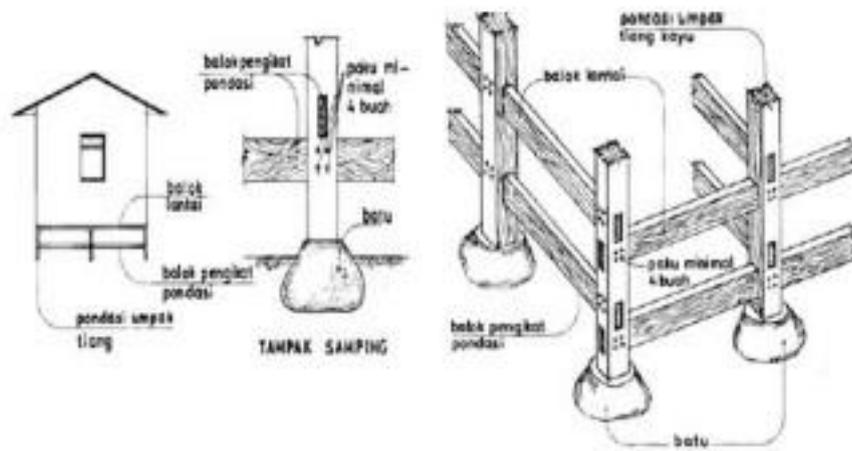
Pondasi setempat perlu diikat kuat satu sama lain dengan memakai balok pondasi.

- **Pondasi umpak**



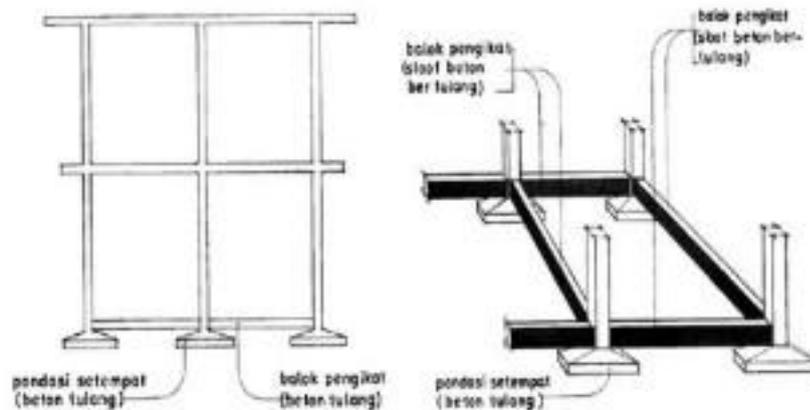
Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

- **Pondasi Umpak Tiang Kayu**



Sumber : SNI 1726:2019

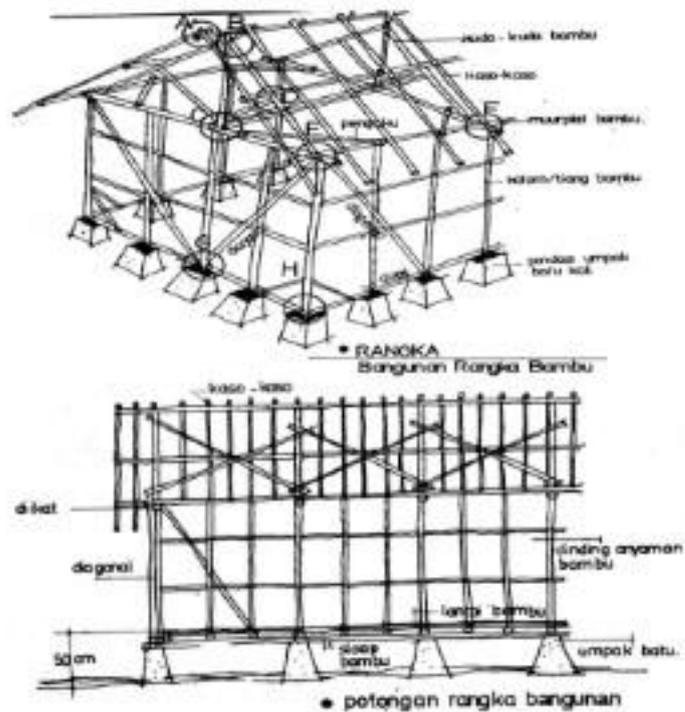
- **Pondasi Setempat Beton Bertulang**



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

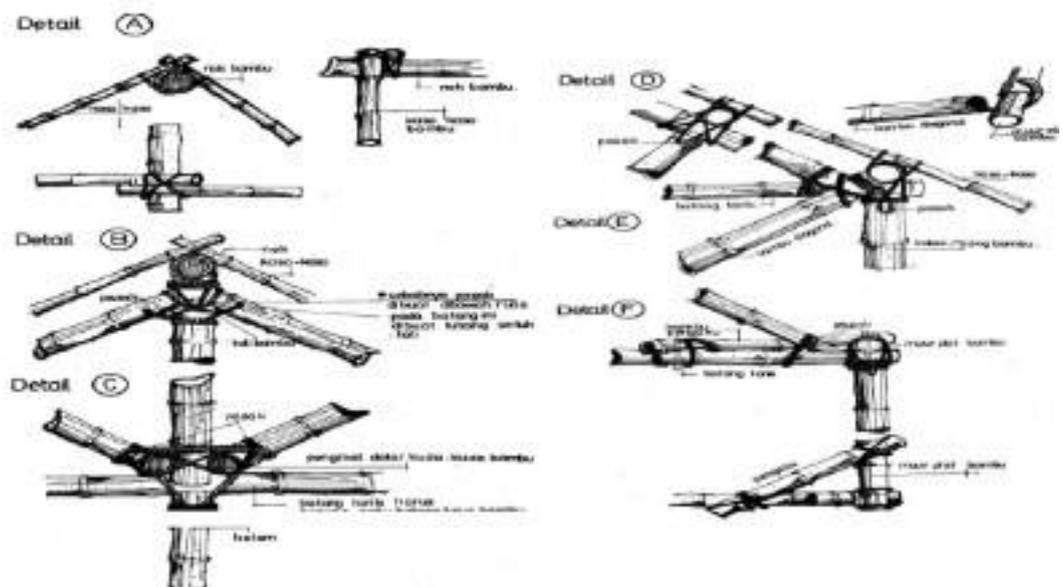
a. Bangunan Rangka Bambu

- Dengan dinding gedek atau anyaman bambu



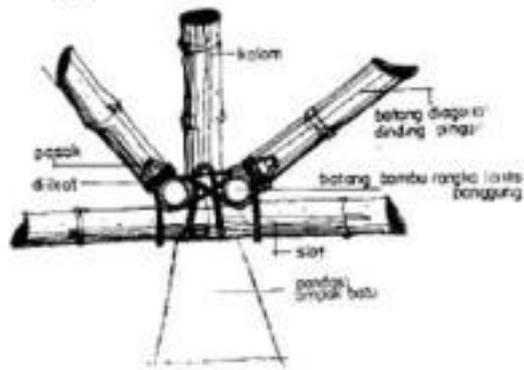
b. Potongan rangka bangunan

- Ikatan Detail Titik Buhul

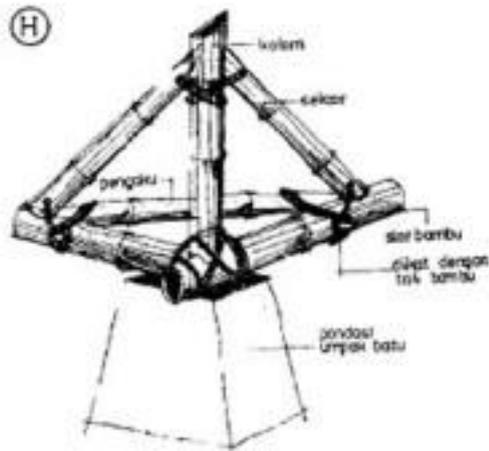


Sumber Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

Detail ⑥

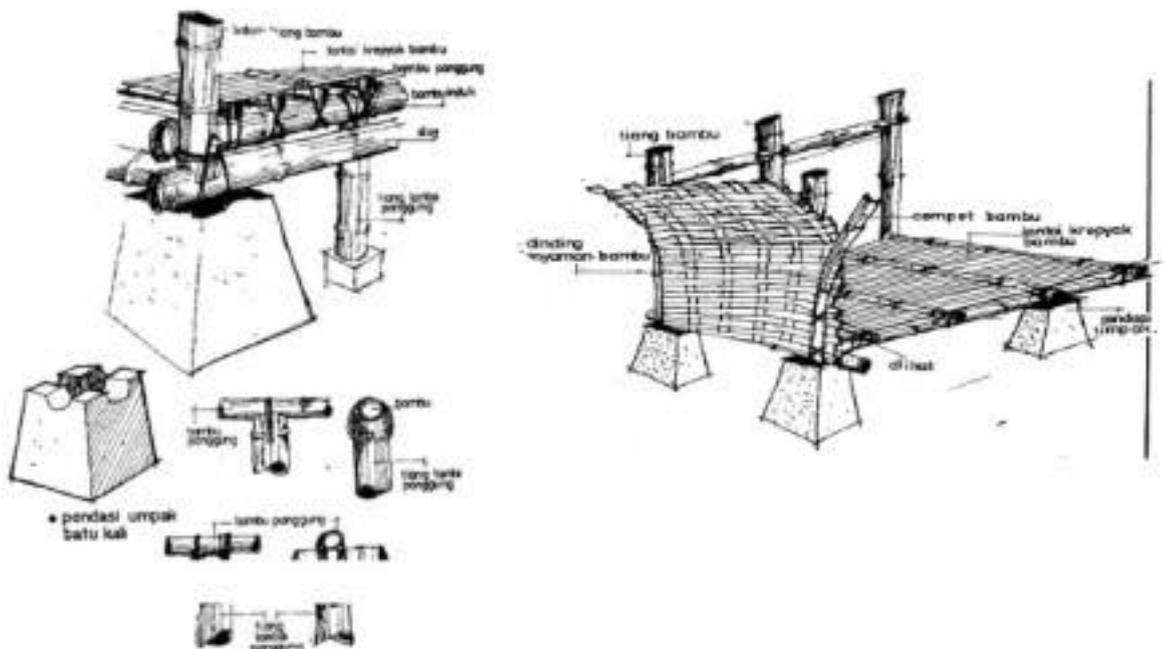


Detail ⑦

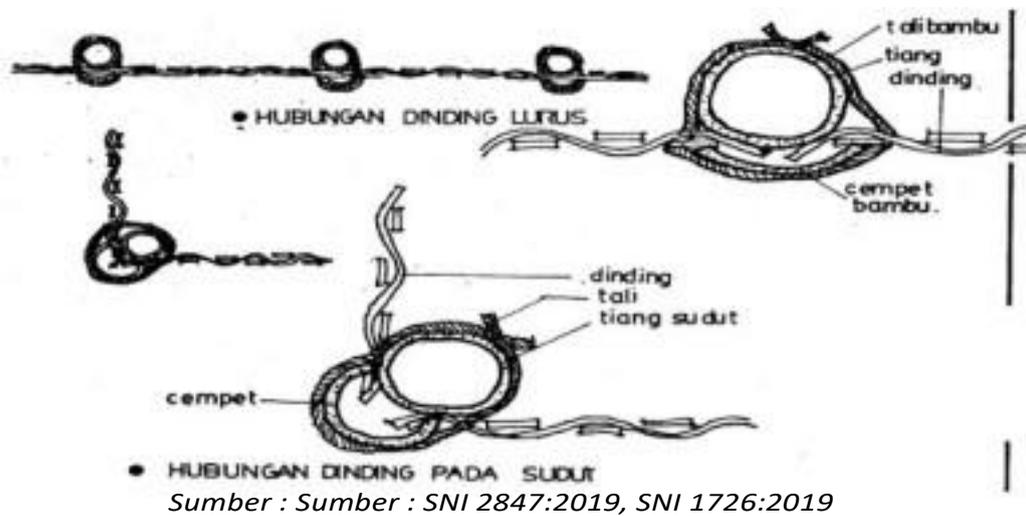


Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

c. Konstruksi Lantai Panggung



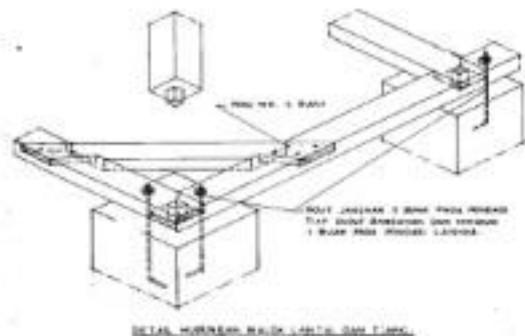
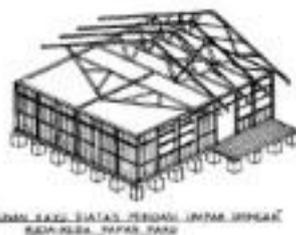
Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019



Pemakaian bahan bambu untuk untuk bangunan ini sebaiknya diawetkan terlebih dahulu dengan cara diberi bahan pengawet (misalnya garam wolman) atau direndam dalam air. Bambu yang dipakai harus tua dsan kering.

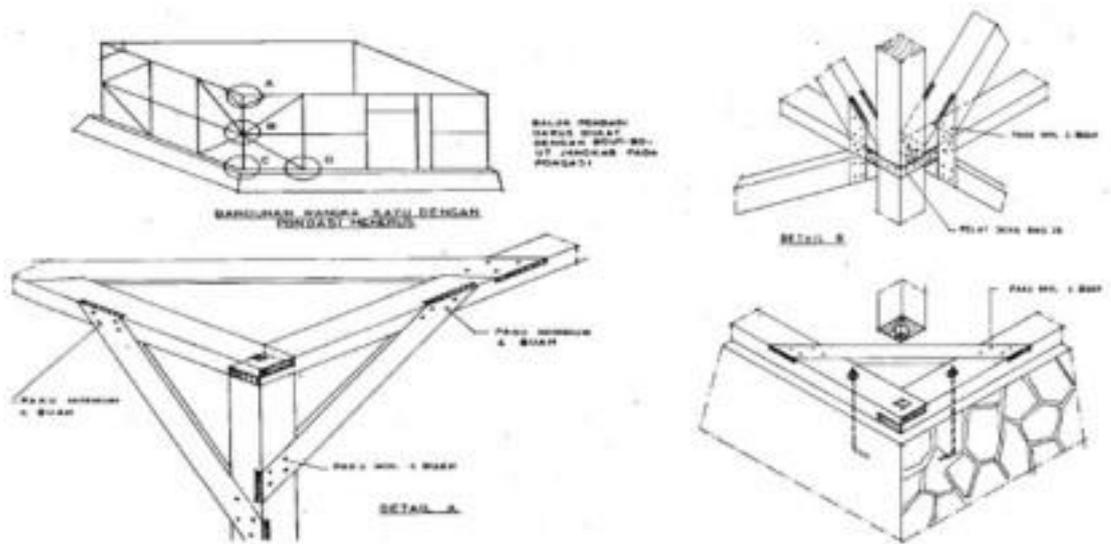
a. Bangunan Rangka Kayu

- Menggunakan pondasi umpak



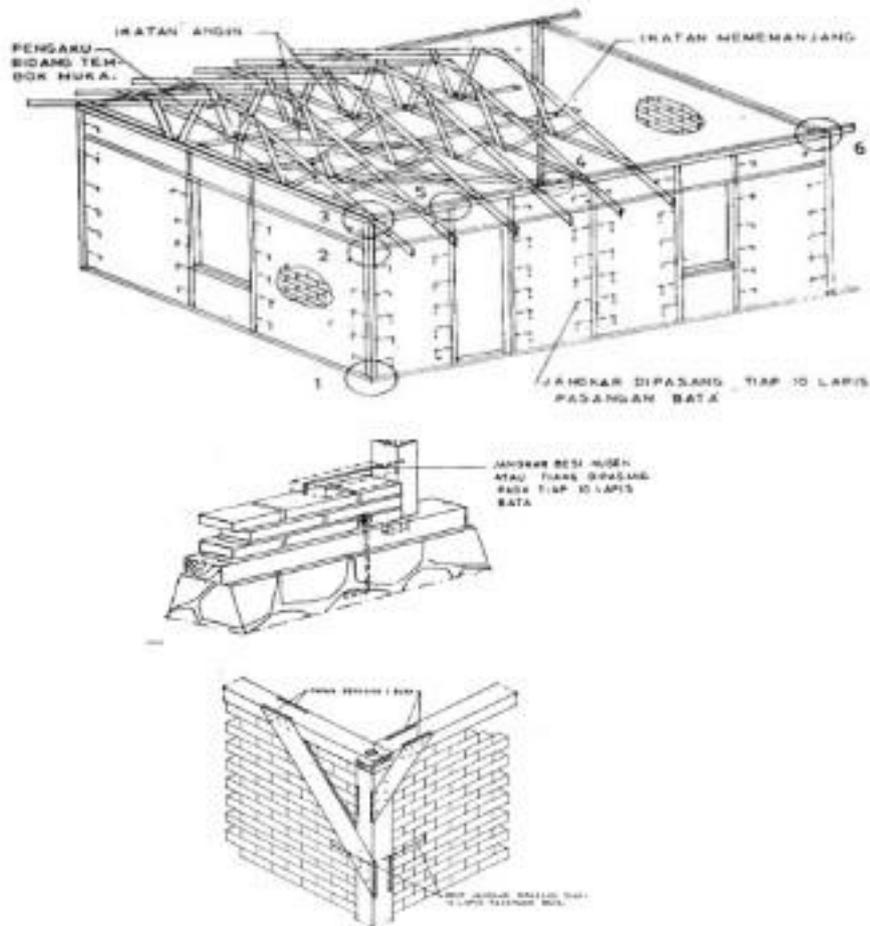
Menggunakan pondasi menerus

Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

- Sistem rangka pemikul kayu dengan dinding pengisi bata



Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

❖ Adukan untuk Tembok Bata Merah atau Batako

- Untuk Dinding

1 PC : ½ KP : 5 Pasir (baik sekali)
1 Kapur : 1 Semen merah : 3 Pasir
1 Kapur : 5 Trass

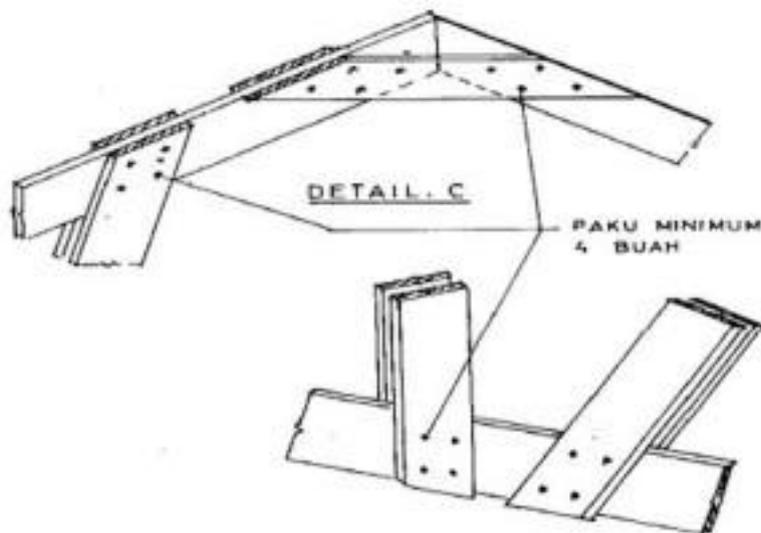
- Pondasi

1 Kapur : 4 trass
1 PC : ½ Kapur : 5 Pasir
1 Kapur : 1 Semen merah : 3 Pasir

❖ Semua kayu yang dipergunakan harus kering dan diawetkan menurut persyaratan pengawetan kayu.

❖ Panjang paku yang dipergunakan harus minimum 2.5 kali tebal kayu yang terkecil.

❖ Kuda – kuda Papan Paku



Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

Bangunan Pasangan Bata (Dinding Tembok)

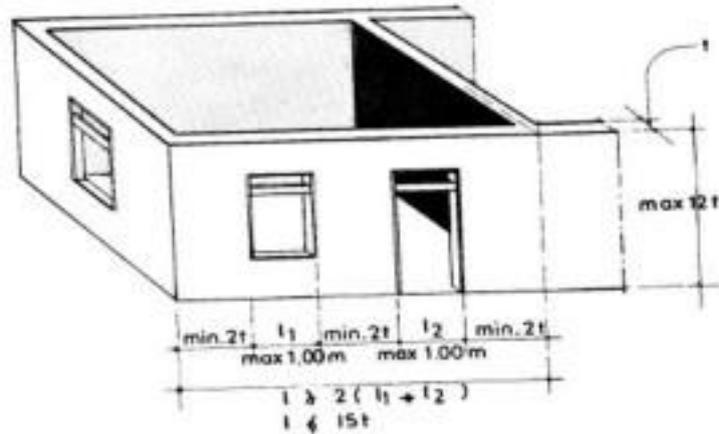
1. Dinding

o Sistem dinding pemikul

Bangunan sebaiknya tidak dibuat bertingkat

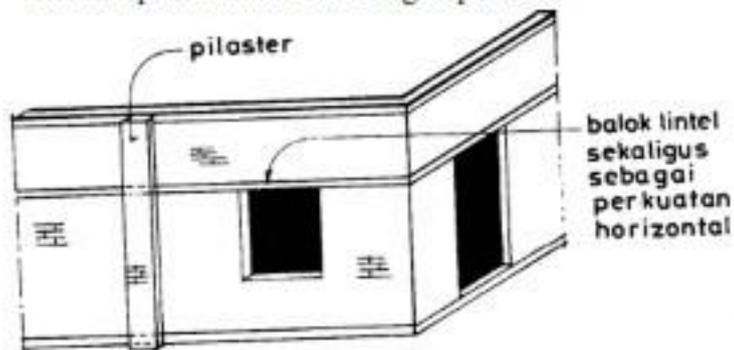
Besar lubang pintu dan jendela dibatasi. Jumlah lebar lubang lubang dalam satu bidang dinding tidak melebihi ½ panjang dinding itu. Letak lubang pintu/jendela tidak terlalu dekat dengan sudut-sudut dinding, misalnya minimum 2 kali tebal dinding. Jarak antara dua lubang sebaiknya tidak kurang dari 2 kali tebal dinding. Ukuran bidang dinding juga dibatasi, misalnya tinggi maksimum 12 kali tebal dinding.

dan panjangnya diantara dinding-dinding penyekat tidak melebihi 15 kali tebalnya.



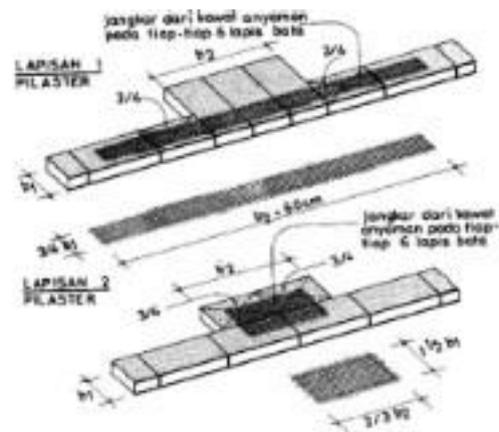
Sumber Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

- a). Apabila bidang dinding diantara dinding-dinding penyekat lebih besar daripada itu maka dipasang pilaster / tiang tembok. Balok lintel dibuat menerus keliling bangunan dan sekaligus berfungsi sebagai pengaku horizontal. Balok lintel tersebut perlu diikat kuat dengan pilaster.

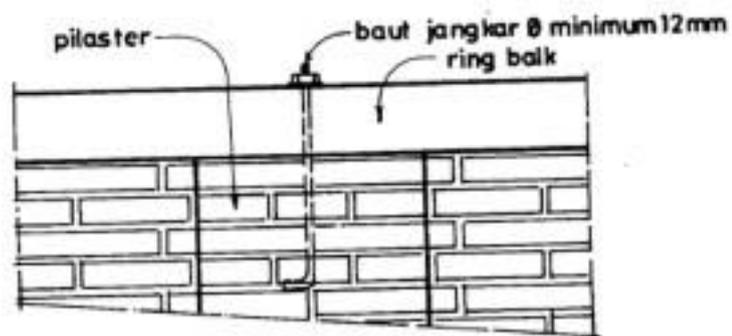


Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

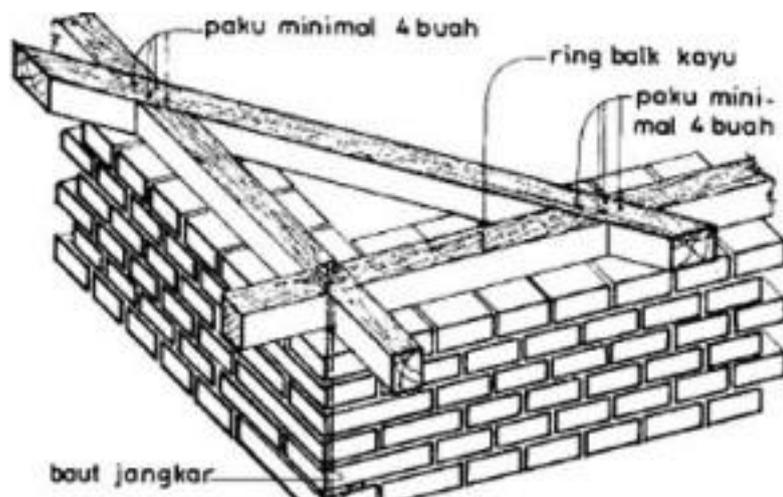
- b). Pilaster diperkuat dengan jangkar. Jangkar dapat terdiri dari kawat anyaman ataupun seng tebal yang diberi lubang-lubang paku seperti parutan.



c). Pada bagian atas dinding dipasang balok pengikat keliling/ring balok. Ring balok dijangkarkan dengan baik kepada pilaster.

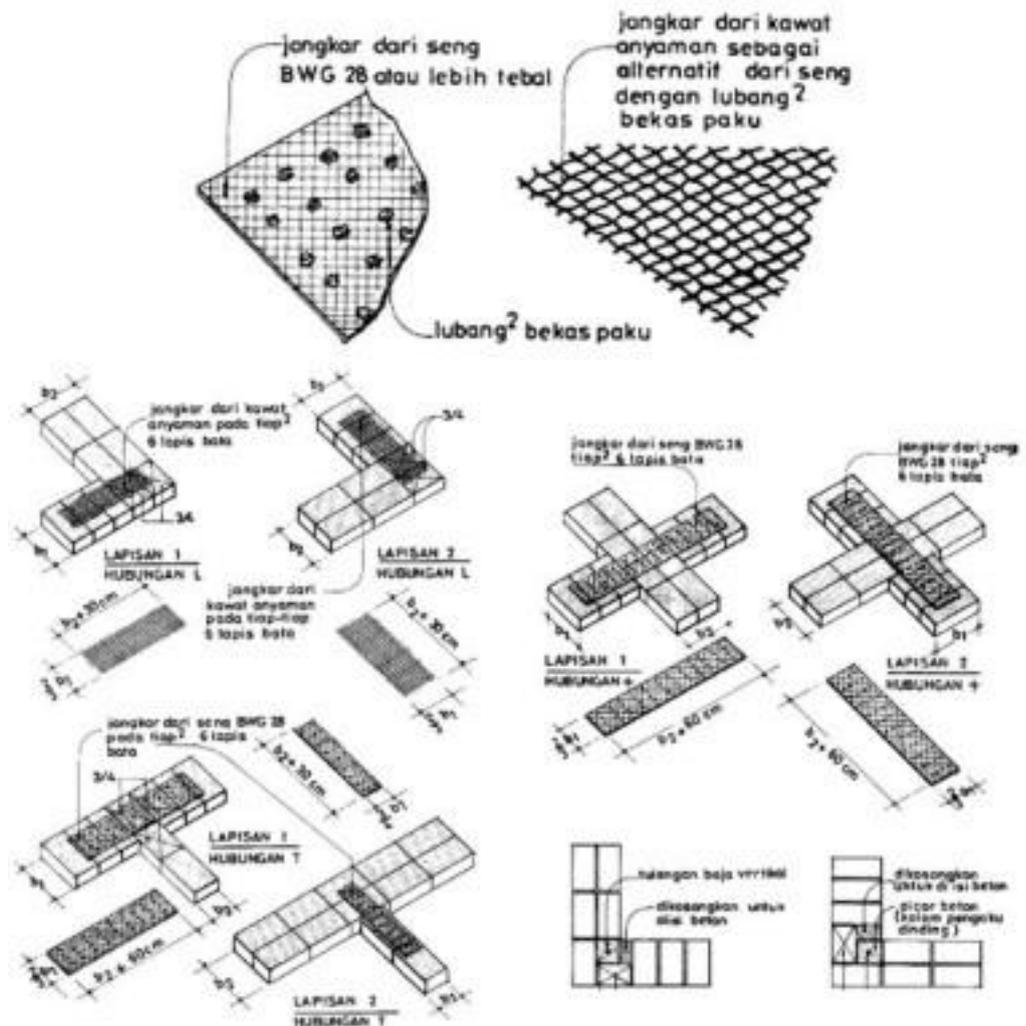


d). Pada sudut-sudut pertemuan dinding, hubungan antara balok-balok pengikat keliling (ring balok) perlu dibuat kokoh.



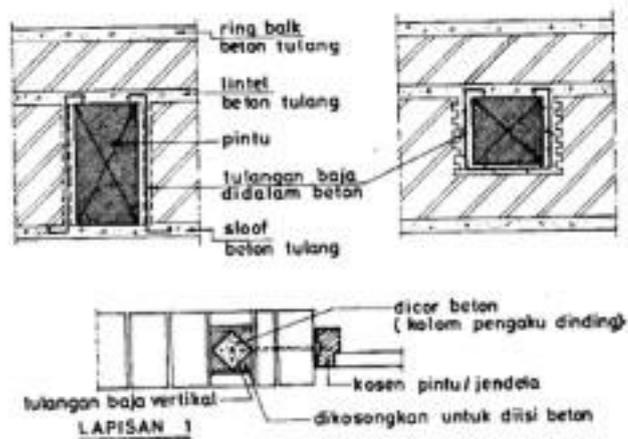
e). Hubungan antara bidang-bidang dinding pada pertemuan dan sudut sudut dinding perlu diperkuat dengan jangkar-

jangkar. Jangkar dapat berupa seng tebal dengan lubang-lubang bekas paku atau berupa kawat anyaman.



Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

f). Disekeliling lubang pintu dan jendela dapat dipasang perkuatan ekstra



Sumber : Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

B. PERSYARATAN BAHAN DAN Pengerjaan

- Bata merah

Ukuran bentuk bata harus benar, tidak mudah patah atau pecah, sudutnya-sudutnya siku-siku, bebas dari debu dan kotoran yang menempel, bila diketuk ringan dengan benda keras berbunyi nyaring. Sesaat sebelum dipakai, bata harus dibasahi dulu dengan air bersih. Hasil produksi bata merah tidak lazim di uji. Kualitas bata merah yang rendah disebut "bata rakyat" dan kualitas yang menengah dan baik disebut "bata pabrik".

- Semen Portland

Harus memenuhi Standar Industri Indonesia (SII) dan dihasilkan dari pabrik yang mempunyai riwayat kualitas yang baik. Tempat penyimpanan semen harus terlindung dari kelembaban atau terlindung dari keadaan cuaca yang merusak, jarak minimal dasar penyimpanan 30 cm dari permukaan tanah.

- Pasir

Tempat penimbunan pasir harus dibersihkan, pasir harus bersih dan bebas dari gumpalan tanah liat, zat alkali, bahan organik dan kotoran lain yang merusak. Pasir tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, apabila kadar lumpur melampaui 5 %, maka pasir tersebut harus dicuci.

- Adukan pasangan tembok

Komposisi campuran untuk adukan yaitu 1 PC : 5 Pasir : dan 1 PC : 6 Pasir memenuhi persyaratan teknis pasangan bata.

- Bentuk dan ukuran

Bentuk bata yang prismatis dan mempunyai sudut siku sangat membantu dalam kemudahan pemasangan dan menambah produktivitas pekerjaan.

- Penyerapan (absorpsi)

Daya serap yang rendah nilainya dapat mengurangi penggunaan air pada adukan yang akan digunakan untuk pemasangan.

- Kuat tekan

Nilai kuat tekan ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut

:

$$\sigma_k = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

P = beban tekan (kg)
 A = luas permukaan yang ditekan (cm^2)

> Kuat geser

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

P = beban (kg)
 A = luas bidang geser (cm^2)

- Pekerjaan Pemasangan

Adukan diletakan, cukup untuk satu buah, bata diletakkan dengan cara seolah-olah pesawat udara mendarat. Dengan cara ini kita meletakkannya pada posisi yang dituju sekaligus ujungnya menggaruk/mendorong sedikit adukan, untuk penyesuaian posisi cukup digeser kedepan dan kebelakang secara mendatar. Pasangan harus tetap datar dan tegak lurus dan gunakan tali pelurus.

Tebal adukan siar ± 1 cm, dengan variasi 3 mm. Sebagai penutup pasangan tembok diberikan plesteran dengan tebal 2 cm, yang gunanya sebagai pelindung dari pengaruh cuaca, mekanik dan untuk meratakan permukaan pasangan.

- Kecakapan pekerjaan

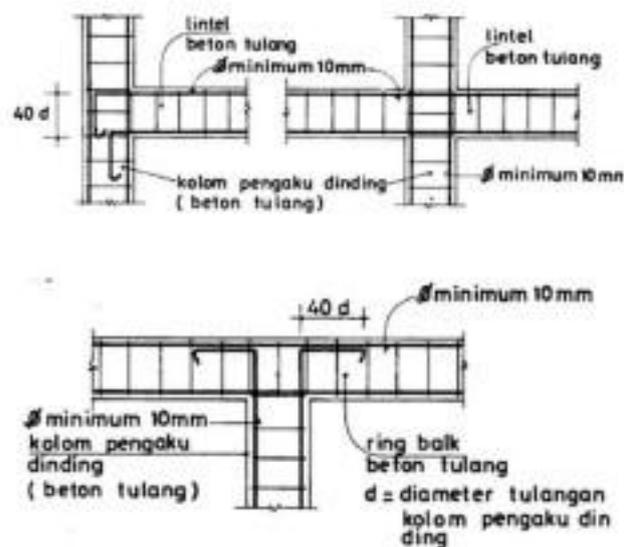
Ketrampilan kerja atau kecakapan tukang yang melaksanakan pekerjaan pasangan adalah sangat penting karena merupakan penentu terhadap kualitas pekerjaan pasangan.

Ketentuan untuk Rangka Pemikul Beton

- Perkuatan dengan Rangka

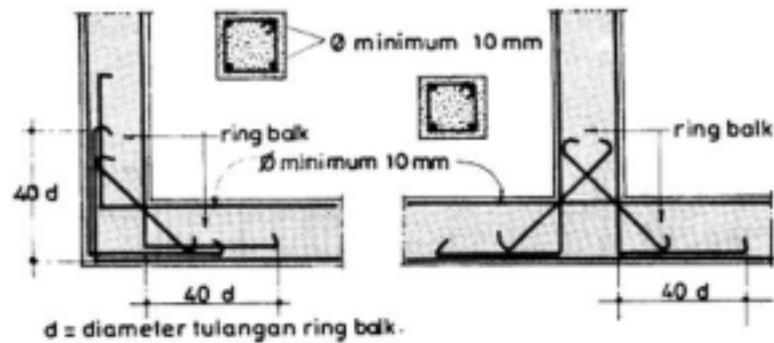
Balok Pondasi, Kolom Praktis dan Balok Pengikat (Ring Balok) Bangunan tembok dengan perkuatan sangat dianjurkan untuk daerah rawan gempa. Untuk dinding tembok sebaiknya memakai kolom praktis, balok pondasi, dan balok pengikat (ring balok) ini biasanya disebut rangka bangunan yang dapat dibuat dari beton bertulang maupun kayu.

- Ikatan Kolom Struktur dengan Pondasi
- Ikatan Kolom Struktur dan Balok, Ring Balok



Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

- Ikatan Ring Balok pada Sudut Pertemuan Dinding



Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

a). Tingkat Pembebanan Gempa

Pada tahun 1981, studi untuk menentukan besarnya “beban gempa rencana” Sudah dilakukan. Studi ini adalah proyek kerja sama antara pemerintah Indonesia New Zealand yang menghasilkan. Peraturan muatan gempa Indonesia. Pada konsep peraturan tersebut ada 2 (dua) langkah pendekatan untuk menghitung pembebanan gempa yang dapat digunakan.

Kriteria pertama, bahwa perencanaan pembebanan gempa sedemikian rupa sehingga tidak terjadi kerusakan struktur atau kerusakan arsitektural setiap kali terjadi gempa. Kriteria kedua meskipun terjadi gempa yang hebat bangunan tidak boleh runtuh tetapi hanya boleh kerusakan-kerusakan pada bagian struktur yang tidak utama atau kerusakan arsitektur saja.

Telah diketahui bahwa adalah tidak ekonomis merencanakan bangunan tahan gempa cara elastis. Jadi untuk gempa yang besar dimana kemungkinan terjadinya kira-kira 15% dari umur bangunan tersebut, dipakai harga perencanaan yang rendah dan perencanaan khusus serta ukuran detail-detail diambil sedemikian sehingga menjamin beberapa bagian tertentu dari struktur akan leleh (berubah bentuk dalam keadaan plastis) untuk menyerap sebagian enersi gempa (yang berlaku untuk keadaan kenyal).

Besarnya harga beban rencana yang terjadi berhubungan dengan beberapa faktor yang selengkapnya terdapat pada referensi, yang disimpulkan sebagai berikut:

- Faktor Lapangan (site)

- Faktor Bangunan

Beban yang terjadi pada suatu bangunan juga tergantung pada keadaan (features) dari bangunan tersebut, yakni fleksibilitasnya, beratnya dan beban bangunan untuk konstruksinya. Biasanya suatu bangunan yang fleksibel akan menerima beban gempa yang lebih kecil dibandingkan bangunan yang lebih kaku. Bangunan yang lebih ringan akan menerima beban gempa yang lebih kecil dari pada bangun yang berat dan bangunan yang kenyal akan menyerap beban gempa yang lebih kecil dari pada bangunan yang getas yang mana dalam keadaan pengaruh gempa akan tetap elastis atau runtuh secara mendadak.

Bangunan dari kayu digolongkan sebagai bangunan yang kenyal. Untuk struktur kayu harus direncanakan dengan menggunakan Peraturan Muatan Indonesia yang baru. Beban rencana adalah 33% - 50% dari gaya yang menyebabkan struktur belum mulai leleh atau masih dalam keadaan elastis.

Reduksi ini tidaklah sama besarnya untuk bahan bangunan yang lain, misalnya baja yang mempunyai kekenyalan yang lebih besar dari kayu. Meskipun demikian kekenyalan dapat diciptakan dalam struktur kayu dengan menggunakan alat penyambung yang kenyal pada tiap-tiap hubungan elemen struktur kayu tersebut. Pada umumnya, sambungan dengan paku memberikan kekenyalan yang cukup.

b). Tingkat Pembebanan Gempa untuk Bangunan Kayu

Dengan memperhatikan faktor lapangan dan faktor bangunan, struktur kayu harus tetap mampu berdiri untuk menahan beban-beban sebagai berikut : (Jakarta, tanah lunak)

- Rangka kayu kenyal : $0,05 *) \times 1,7 = 0,085$
- Dinding geser kayu : $0,05 *) \times 2,5 = 0,125$
- Konstruksi rangka kayu yang diperkuat dengan batang pengaku diagonal: $0,05 *) \times 3 = 0,15$

Keterangan :

Faktor ini mempunyai harga maksimum 0,13 pada zone I dan 0 pada zone 6.

Hal ini berarti, misalnya suatu dinding geser yang terbuat dari plywood atau particle board, harus dapat menerima gaya horisontal sebesar $0,125 \times$ berat total dari bagian struktur yang membebani dinding tersebut.

Meskipun suatu bangunan direncanakan dengan harga pembebanan yang benar, mungkin bangunan tersebut mengalami kerusakan akibat gempa jika sebagian dari prinsip-prinsip utamanya tidak dipenuhi.

a). Prinsip-prinsip utama konstruksi tahan gempa

Denah yang sederhana dan simetris

Penyelidikan kerusakan akibat gempa menunjukkan pentingnya denah bangunan yang sederhana dan elemen-elemen struktur penahan gaya horisontal yang simetris. Struktur seperti ini dapat menahan gaya gempa lebih baik karena kurangnya efek torsi dan kekuatannya yang lebih merata.

Bahan bangunan harus seringan mungkin

Seringkali, oleh karena ketersedianya bahan bangunan tertentu. Arsitek dan Sarjana Sipil harus menggunakan bahan bangunan yang berat, tapi jika mungkin sebaiknya dipakai bahan bangunan yang ringan. Hal ini dikarenakan besarnya beban inersia gempa adalah sebanding dengan berat bahan bangunan.

Sebagai contoh penutup atap genteng diatas kuda-kuda kayu menghasilkan beban gempa horisontal sebesar 3x beban gempa yang dihasilkan oleh penutup atap seng diatas kuda-kuda kayu. Sama halnya dengan pasangan dinding bata menghasilkan beban gempa sebesar 15x beban gempa yang dihasilkan oleh dinding kayu.

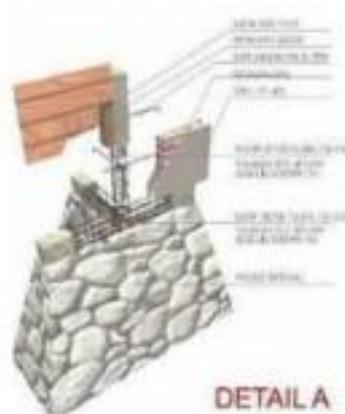
Perlunya sistem konstruksi penahan beban yang memadai

Supaya suatu bangunan dapat menahan gempa, gaya inersia gempa harus dapat disalurkan dari tiap-tiap elemen struktur kepada struktur utama gaya horisontal yang kemudian memindahkan gaya-gaya ini ke pondasi dan ke tanah. Adalah sangat penting bahwa struktur utama penahan gaya horizontal itu bersifat kenyal. Karena, jika kekuatan elastis dilampaui, keruntuhan getas yang tiba-tiba tidak akan terjadi, tetapi pada beberapa tempat tertentu terjadi leleh terlebih dulu.

Suatu contoh misalnya deformasi paku pada batang kayu terjadi sebelum keruntuhan akibat momen lentur pada batangnya. Cara dimana gaya

tiap bangunan harus mempunyai jalur lintasan gaya yang cukup untuk dapat menahan gaya gempa horisontal.

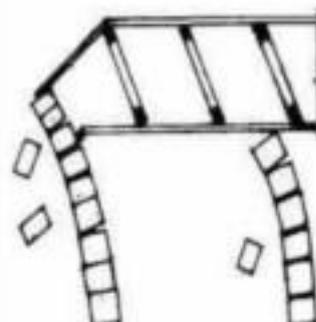
Untuk memberikan gambaran yang jelas, Gambar 2 merepresentasikan suatu contoh rumah sederhana dengan tiga hal utama yang akan dibahas yaitu struktur atap, struktur dinding dan pondasi.



Sumber : Sphere Association (2018). Sphere Handbook

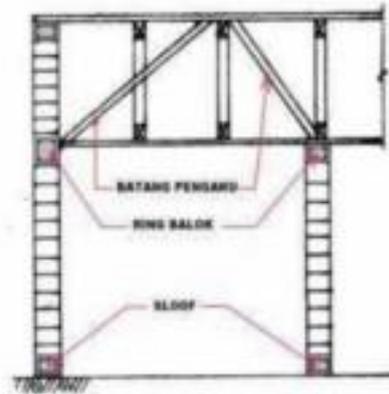
1. Struktur atap

Jika tidak terdapat batang pengaku (bracing) pada struktur atap yang menahan beban gempa dalam arah X maka keruntuhan akan terjadi seperti diperlihatkan pada Gambar berikut ini:



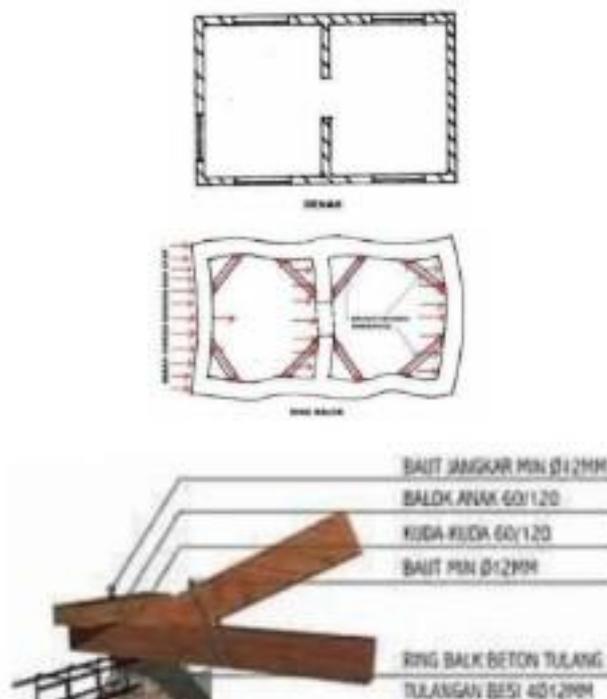
Sumber : Sphere Association (2018). Sphere Handbook

Sistem batang pengaku yang diperlukan diperlihatkan pada Gambar berikut :



Sumber : Sphere Association (2018). Sphere Handbook

Jika lebar bangunan lebih besar dari lebar bangunan di mungkin diperlukan 2 atau 3 batang pengaku pada tiap-tiap ujungnya. Dengan catatan bahwa pengaku ini harus merupakan sistem menerus sehingga semua gaya dapat dialirkan melalui batang-batang pengaku tersebut. Gaya-gaya tersebut kemudian dialirkan ke ring balok pada ketinggian langit-langit. Gaya-gaya dari batang pengaku dan beban tegak lurus bidang pada dinding menghasilkan momen lentur pada ring balok seperti terlihat pada Gambar berikut :



Sumber SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

Jika panjang dinding pada arah lebar (arah pendek) lebih besar dari 4 meter maka diperlukan batang pengaku horisontal pada sudut untuk memindahkan beban dari batang pengaku pada bidang tegak dinding dalam arah X dimana elemen- elemen struktur yang menahan beban gempa utama.

Sekali lagi ring balok juga harus menerus sepanjang dinding dalam arah X dan arah Y. Sebagai pengganti penggunaan batang pengaku diagonal pada sudut, ada 2 (dua) alternatif yang dapat dipilih oleh perencana.

Ukuran ring balok dapat diperbesar dalam arah horisontal, misalnya 15 cm menjadi 30 cm atau sesuai dengan yang dibutuhkan dalam perhitungan. Ring balok ini dipasang diatas dinding dalam arah X. Dipakai langit-langit sebagai diafragma, misalnya plywood. Untuk beban gempa arah Y, sistem struktur dibuat untuk mencegah ragam keruntuhan. Untuk mengalirkan gaya dari atap kepada dinding dalam arah Y, salah satu alternatif diatas dapat dipilih yaitu penggunaan batang pengaku horisontal ring balok atau memakai langit-langit sebagai diafragma.

1. Struktur dinding

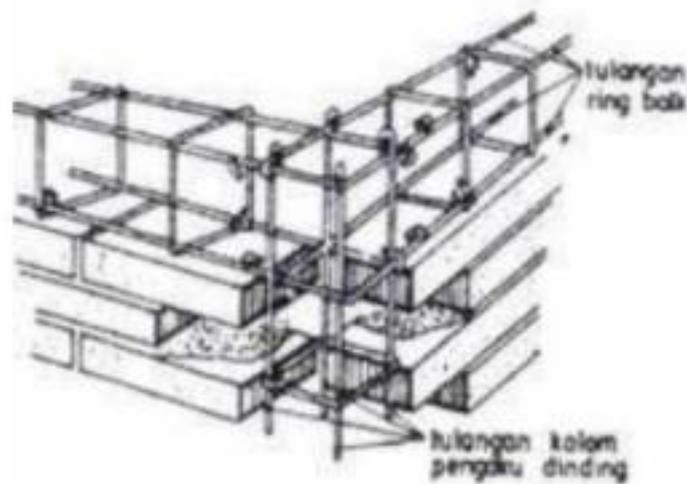
Gaya-gaya aksial dalam ring balok harus ditahan oleh dinding. Pada dinding bata gaya-gaya tersebut ditahan oleh gaya tekan diagonal yang diuraikan menjadi gaya tekan dan gaya tarik. Gaya aksial yang bekerja pada ring balok juga dapat menimbulkan gerakan berputar pada dinding. Putaran ini ditahan oleh berat sendiri dinding, berat atap yang bekerja diatasnya dan ikatan sloof ke pondasi. Jika momen guling lebih besar dari momen penahannya maka panjang dinding harus diperbesar.

Kemungkinan lain untuk memperkaku dinding adalah sistem diafragma dengan menggunakan plywood, particle board atau sejenisnya, atau pengaku diagonal kayu untuk dinding bilik. Penggunaan dinding diafragma lebih dianjurkan karena sering terjadi kesulitan untuk memperoleh sambungan ujung yang lebih pada sistem

pengaku diagonal.

Beban gempa yang bekerja pada arah Y ditahan dengan cara yang sama dengan arah X. Sebagai sistem struktur utama yang mana dinding harus mampu menahan beban gempa yang searah dengan bidang dinding, dinding juga harus mampu menahan gempa dalam arah yang tegak lurus bidang dinding.

Dengan alasan ini maka dinding bata (tanpa tulangan) harus diperkuat dengan kolom praktis dengan jarak yang cukup dekat. Sebagai pengganti kolom praktis ini dapat dipakai tiang kayu.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

BAB V ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA

A. ARSITEKTUR TANGGAP BENCANA

a. Pengertian Arsitektur Tanggap Bencana

Arsitektur Tanggap Bencana adalah Sebuah konsep perancangan atau perencanaan bangunan yang dilakukan untuk menangani dampak dari bencana alam dan tahan terhadap bencana, untuk penyelamatan serta evakuasi korban jiwa, dengan menerapkan konsep perancangan Arsitektur yang sadar.

Bencana Menurut The United National Disaster Management Training Program, bencana merupakan kejadian yang datang tiba-tiba dan mengacaukan fungsi normal masyarakat atau komunitas. Bencana merupakan peristiwa atau rangkaian kejadian yang menimbulkan korban jiwa, kerusakan atau kerugian infrastruktur, pelayanan umum, dan kehidupan masyarakat.



Sumber : Sphere (2018)

a. Karakter Bencana

Bencana itu:

- Merubah pola kehidupan dari kondisi normal
- Merugikan harta benda & jiwa
- Merusak struktur sosial Masyarakat
- Memunculkan lonjakan kebutuhan



Sumber : Sphere (2018)

Penanganan Bencana Penanganan bencana adalah serangkaian upaya yang dilakukan oleh pemerintah, lembaga kemanusiaan, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat umum untuk mengurangi dampak buruk yang disebabkan oleh bencana alam atau bencana yang disebabkan oleh manusia.

Pendekatan penanganan

Pemberdayaan Masyarakat

Penguatan masyarakat dalam kesiapsiagaan, sistem peringatan dini, tindakan tanggap darurat, evakuasi, manajemen barak

Penanganan sumber ancaman

Pembuatan teras, gorong-gorong, saluran buangan, waduk, tanggul, reboisasi.

B. Kerentanan komunitas

Kerentanan komunitas adalah kemampuan suatu kelompok atau masyarakat untuk bertahan dan pulih dari dampak buruk bencana atau stres eksternal lainnya.



Sumber : Sphere (2018)



Sumber : UNDRR (2015). Sendai Framework

C. Penanganan Bencana

Penanganan bencana adalah serangkaian tindakan yang dilakukan oleh pemerintah, lembaga kemanusiaan, sukarelawan, dan masyarakat secara umum untuk merespons, mengurangi dampak, dan memulihkan situasi setelah terjadinya bencana alam atau bencana yang diakibatkan oleh aktivitas manusia.

EKSTERNAL

- Peran pihak eksternal dominan
- Masyarakat sebagai obyek
- Masyarakat tidak terlibat dalam tahapan program

INTERNAL

- Peran komunitas (pihak internal) dominan
- Masyarakat sebagai subyek
- Masyarakat terlibat dalam setiap tahapan program



Sumber : UNDRR (2015). Sendai Framework



Sumber Sphere (2018)

Penanganan Bencana Penanganan bencana adalah serangkaian upaya yang dilakukan oleh pemerintah, lembaga kemanusiaan, organisasi non-pemerintah, dan masyarakat umum untuk mengurangi dampak buruk yang disebabkan oleh bencana alam atau bencana yang disebabkan oleh manusia.

Pendekatan penanganan

Pemberdayaan Masyarakat

Penguatan masyarakat dalam kesiapsiagaan, sistem peringatan dini, tindakan tanggap darurat, evakuasi, manajemen barak

Penanganan sumber ancaman

Pembuatan teras, gorong-gorong, saluran buangan, waduk, tanggul, reboisasi.

B. Kerentanan komunitas

Kerentanan komunitas adalah kemampuan suatu kelompok atau masyarakat untuk bertahan dan pulih dari dampak buruk bencana atau stres eksternal lainnya.



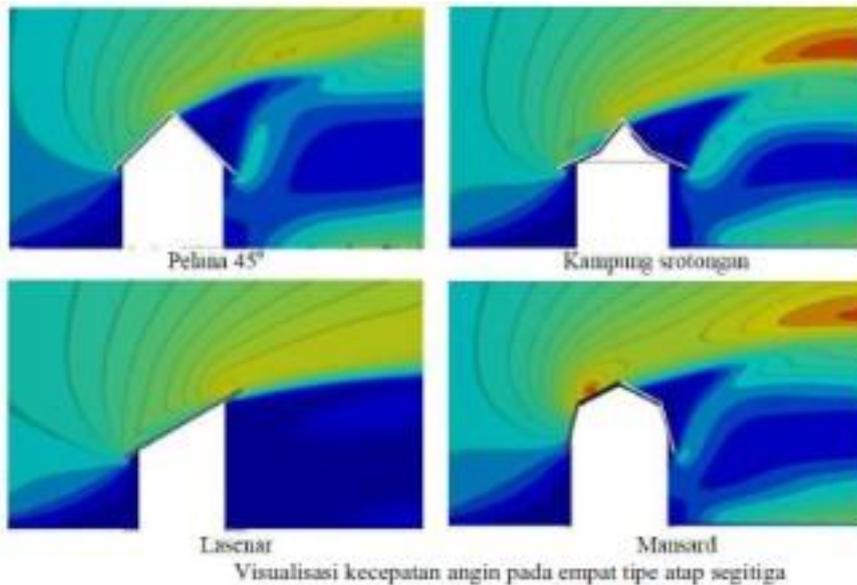
Sumber : Sphere (2018)

D. Desain Tahan Puting Beliung

Puting beliung merupakan angin kencang yang muncul secara tiba-tiba, bergerak melingkar seperti spiral hingga menyentuh permukaan bumi, dan mempunyai pusat (Fitriani, 2016). Puting beliung merupakan bencana alam paling sering terjadi di Indonesia dan semakin meningkat intensitasnya akibat pemanasan global. Salah satu faktor utama dari kejadian puting beliung adalah cuaca ekstrim yang ditimbulkan oleh pemanasan global. Kejadian puting beliung umum terjadi pada saat hujan intensitas tinggi. Puting beliung bersifat lokal dengan cakupan wilayah 5-10 km dan durasi singkat sekitar 3-5 menit. Pada umumnya, puting beliung memberikan dampak pada atap rumah sehingga mengakibatkan kerusakan dengan melepaskan bagian atap dari rumah.

Desain tahan puting beliung pada umumnya diarahkan dengan memastikan struktur bangunan kuat agar dapat tahan terhadap gaya angin, desain yang memerhitungkan beban angin, penempatan bangunan pada lokasi yang terlindung, dan penghijauan sebagai peredam gaya angin (Triana, Hadi, & Husain, 2017).

Desain vernakular di Indonesia relatif aman terhadap puting beliung. Hal ini disebabkan karena secara umum, atap rumah tradisional di Indonesia mengambil bentuk segitiga setidaknya pada sisi depan dan belakang (Zain, 2012). Bentuk segitiga lebih tahan terhadap angin puting beliung karena dapat mengurai angin dengan baik. Kajian yang lebih lengkap dilakukan oleh Amri, Ode, Syukur, & Amsyar (2017) pada empat tipe atap rumah yang umum ditemukan di Indonesia yaitu tipe pelana 45 derajat, tipe kampung srotongan, tipe lasenar, dan tipe mansard (Gambar 1). Atap tipe mansard merupakan atap segitiga dengan sudut landai dengan luasan bidang landai lebih kecil dan membentuk lekukan. Dari hasil simulasi, diketahui bahwa atap tipe mansard merupakan atap dengan kemampuan paling baik dalam menghadapi angin dibandingkan ketiga jenis atap lainnya, dilihat dari *drag coefficient* dan *drag force*.



Gambar
6

Bentuk atap tipe mansard merupakan bentuk yang jarang ditemukan pada hunian vernakuler di Indonesia. Rumah jengki merupakan rumah yang diidentifikasi dengan bentuk atap mansard. Hal ini karena atap mansard merupakan atap yang dimodifikasi dari rumah tradisional Belanda, bukannya atap asli Indonesia. Tipe atap mansard mulai muncul pada abad ke-17 ketika Belanda mulai membangun hunian dengan karakteristik budaya mereka di Indonesia (Madiasworo, 2009). Pada era modern, rumah-rumah dengan atap mansard dapat ditemukan di kawasan-kawasan yang memiliki rumah model kolonial seperti kawasan Kampung Melayu di Semarang.



Contoh rumah dengan atap mansard (Madiasworo, 2009)

Sungguh demikian, padanan dari rumah jengki masih dapat ditemukan pada bentuk atap rumah Sasak dari Nusa Tenggara Barat. Rumah tradisional

Sasak memiliki desain atap yang lebih tumpul dari atap mansard dan ditutupi oleh daun. Kesamaan rumah Sasak dan rumah Jengki dapat disebabkan karena kesamaan geografi. Baik Belanda maupun Sasak berada pada lingkungan pesisir yang berangin kuat dan karenanya, bentuk adaptasi yang dimunculkan baik di Belanda maupun di Sasak dapat sama.



Contoh rumah tradisional Sasak

Keunggulan hunian Sasak selain memiliki desain atap paling aerodinamis di Indonesia terletak pula pada tata ruang hunian. Pola hunian Sasak bersifat tidak rapat sehingga membantu pergerakan angin sebagai ventilasi alami (Sukawi & Zulfikri, 2010). Hal ini relatif umum pada hunian di lingkungan tropis di Indonesia sama umumnya dengan bentuk panggung yang memungkinkan angin untuk masuk ke dalam kolong bangunan dan mengurai kemungkinan terjadinya puting beliung. Dari paparan di atas, dapat disimpulkan dua karakteristik penting hunian vernakuler Indonesia yang tahap bencana angin puting beliung yaitu bentuk atap mansard khas Sasak dan bentuk panggung. Sementara bentuk panggung adalah bentuk yang sangat umum ditemukan di Indonesia, bentuk atap mansard tergolong sangat langka. Kalaupun ada, rumah dengan tipe mansard tidak menggunakan bentuk panggung.

Hal ini menimbulkan pertanyaan mengapa kedua hal ini tidak berjalan seiringan. Kenapa rumah panggung umumnya menggunakan tipe pelana sementara rumah dengan atap mansard umumnya tidak menggunakan panggung. Hal ini berkaitan dengan kondisi lingkungan di masa lalu. Rumah

panggung umumnya dibangun dengan tujuan bukan untuk mitigasi angin tetapi lebih pada mitigasi banjir. Akibatnya perhatian lebih diarahkan pada bagian bawah, bukannya atap bangunan. Hal ini sesuai dengan adaptasi pada lingkungan rawa pada masyarakat di Sumatera dan Kalimantan. Risiko angin puting beliung kurang dilakukan karena lingkungan luar rumah telah menjalankan fungsi ini. Ekosistem rawa merupakan ekosistem yang kaya dengan pohon besar yang berfungsi sebagai pengurai angin. Pepohonan yang berada di sekitar rumah panggung membantu mengurai angin yang berpotensi merusak atap rumah.

Sementara itu, rumah dapat menggunakan tipe pelana untuk memfasilitasi curahan air hujan sehingga tidak membebani atap. Di sisi lain, rumah-rumah Belanda beradaptasi dengan lahan di Jawa yang rentan gempa, sehingga tidak menggunakan dasar panggung. Angin menjadi ancaman karena lingkungan yang relatif lebih gersang di kawasan perkotaan. Akibatnya, rumah Belanda menggunakan atap mansard tetapi tidak berbentuk panggung. Dari tinjauan di atas, dapat disimpulkan bahwa kapasitas kearifan lokal masyarakat tradisional di Indonesia telah cukup adaptif untuk memenuhi kebutuhan masa kini di wilayahnya masing-masing. Masa kini yang dimaksud disini adalah masa ketika rumah-rumah tersebut dibangun dan dihuni secara luas. Walau begitu, kapasitas kearifan lokal masyarakat masih belum mengantisipasi perubahan di masa datang, misalnya ketika pepohonan telah tidak ada lagi atau kehidupan masyarakat bergeser dari kawasan rawa menjadi pantai terbuka. Solusi antisipatif memang tidak dapat diambil karena walaubagaimanapun, ada masalah yang akan timbul jika solusi antisipatif seperti atap mansard diterapkan pada lingkungan lokal yang berawa dan penuh dengan pohon besar. Dengan cara ini, maka sebenarnya kapasitas kearifan lokal masyarakat khususnya di Sumatera, Kalimantan, dan Lombok, telah sangat besar.

Walaupun arsitektur Sasak memiliki kemampuan yang baik dalam merespon angin puting beliung, kawasan Sasak merupakan kawasan rawan gempa. Tampak bahwa masyarakat Sasak lebih memilih untuk beradaptasi pada lingkungan angin ketimbang gempa dengan memilih rumah dengan atap mansard dan bentuk panggung. Bentuk panggung dalam hal ini

merupakan sebuah bentuk yang sangat berisiko pada gempa, tetapi di sisi lain, sangat tahan terhadap bencana angin. Akibatnya, pilihan antara bentuk panggung dan bentuk menempel harus memperhatikan risiko bencana lokal. Jika kawasan tersebut rentan gempa, maka bentuk panggung tidak dapat dipilih. Sebaliknya, jika kawasan tersebut rentan angin puting beliung, bentuk panggung lebih dapat dipilih. Bagaimana kemudian jika kedua risiko tersebut muncul beriringan? Menariknya, masyarakat vernakuler memiliki solusi alternatif, yaitu menggunakan pondasi fleksibel. Hal ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian desain tahan gempa.

E. Desain Tahan Banjir

Banjir merupakan peristiwa dimana luaran air melebihi suatu ambang batas yang dianggap normal dalam kehidupan sehari-hari (Bradley & Potter, 1992). Efek banjir pada bangunan dapat berupa perendaman yang pada gilirannya melemahkan struktur baik secara biologis, fisik, ataupun kimia, mengakibatkan kerusakan struktur, atau jika struktur pondasi jauh lebih lemah dari struktur badan bangunan, membuat bangunan menjadi hanyut.

Desain tahan banjir sangat bervariasi mulai dari peninggian pondasi, peningkatan rumah, penggunaan bahan kedap air, penyediaan tanggul, penempatan drainase, penguatan pondasi, dan sebagainya (Triana et al, 2017). Pada prinsipnya, desain tahan banjir berusaha mencegah air masuk ke dalam rumah atau membiarkan air masuk tetapi tidak menetap di dalam bangunan dan tidak memberikan efek pada bangunan secara keseluruhan. Hunian vernakuler di Indonesia mengadaptasi situasi banjir dengan berbagai cara. Rumah tradisional Bugis di Danau Tempe mengadaptasi banjir dengan sepenuhnya menghilangkan pondasi yang menancap ke tanah (Asti, 2012). Sebagai gantinya, bagian bawah rumah berbentuk rakit dari bambu. Dengan cara ini, ketika terjadi banjir, hunian dapat mengapung dengan mudah dan tidak merusak isi rumah. Alternatifnya, sebagian penduduk Bugis membangun hunian dengan bentuk panggung. Tinggi dari panggung disesuaikan dengan tinggi kenaikan muka air ketika terjadi banjir. Dengan cara ini, air tidak dapat mencapai bagian

rumah. Sebagai antisipasi lebih lanjut, barang- barang disimpan di bagian kepala (atas) rumah, yang disebut sebagai rakkeang. Dibandingkan dengan rumah apung, rumah panggung merupakan bentuk yang lebih umum ditemukan di Indonesia, terlebih karena sifat panggung yang multifungsi. Selain menjauhkan rumah dari banjir dan memungkinkan penguraian puing beliung, kolong panggung menyediakan pendingin alami bagi rumah dan mencegah ancaman hewan liar. Sementara itu, konstruksi apung hanya terbatas pada WC yang diapungkan di permukaan sungai dan dipisah dari rumah utama. Hal ini umum ditemukan pada hunian-hunian tradisional di tepi sungai besar di Kalimantan.

Sementara itu, rumah vernakular Kutai menggunakan pendekatan yang lebih lengkap lagi (Hidayati dan Octavia, 2013). Selain menggunakan model panggung, rumah juga dibarikade pada sisi tertentu atau seluruh sisi rumah. Barikade ini merupakan sebuah pagar dari kayu yang tersusun vertikal dan rapat (lihat Gambar 4). Barikade ini ditujukan untuk mencegah masuknya sedimentasi ke dalam rumah ketika banjir surut. Air masih dapat masuk dan lolos karena struktur kolong tetapi endapan seperti tanah, pasir, atau batu yang terbawa banjir tertahan pada barikade di sekitar rumah. Hal ini menyediakan solusi yang lebih baik dari sekedar panggung biasa karena pada bentuk biasa, walaupun air dapat lewat dan tidak menyentuh rumah, sampah dan bahan lain yang terbawa air dapat menatap dan menjadi sampah di bawah kolong.



Sumber : Sphere Association (2018)

Masih banyak bentuk adaptasi lain yang ditunjukkan oleh rumah Kutai terhadap banjir. Bagian dinding yang berpotensi terkena hempasan air disusun secara horizontal sehingga tidak langsung rubuh ketika terkena banjir. Bahan kayu yang digunakan, sayangnya, adalah kayu ulin yang saat ini sudah langka dan dilindungi. Kayu ulin dikenal memiliki kemampuan tahan air yang sangat kuat, yang membuatnya dianggap sangat bernilai dalam konstruksi di kawasan basah dan lembab. Bentuk-bentuk adaptasi lain yang ditemukan mencakup pemancangan kayu dengan tumbukan yang sama di setiap titik kolom, konstruksi kalang sunduk sebagai pondasi, dan penambahan balok suai (balok diagonal antar tiang panggung). Tiga bentuk adaptasi ini diarahkan untuk menjaga keseimbangan dan kekokohan



bangunan panggung ketika terkena banjir.

Berbagai desain di atas merupakan respon masyarakat lokal dengan menerapkan kearifan guna meningkatkan pengalaman hidup yang tenang di dalam hunian mereka. Kearifan lokal di Kalimantan dan Sulawesi khususnya, menggunakan prinsip-prinsip anti banjir yang bijak. Perlu dipertimbangkan apakah prinsip-prinsip konstruksi rumah di daerah-daerah rawan banjir di Indonesia saat ini perlu dimodifikasi atau digantikan dengan kearifan lokal dari masyarakat tradisional di daerah bersangkutan atau meminjam dari daerah lain.

F. Desain Tahan Gempa

Gempa merupakan gerakan tanah yang terjadi dalam skala besar. Ia merupakan gerakan kerak bumi yang durasinya terjadi dalam satuan detik

dan terjadi dalam wujud sobekan tanah atau pengelupasan energi yang tersimpan di dalam magma dari bagian lemah bumi (Aydın & Coskun, 2010). Gempa dicirikan oleh getaran dan ayunan tanah. Getaran, gerakan, dan ayunan ini dapat disebabkan oleh faktor tektonik, vulkanik, atau longsor.

Desain tahan gempa yang baik menekankan prinsip kekuatan yang cukup, duktilitas yang tinggi, serta tetap sebagai satu kesatuan integral ketika berhadapan pada gempa (Arya et al, 2014). Duktilitas adalah rasio perpindahan bangunan sebelum perpindahan puncak atau keruntuhan terhadap perpindahan pada kerusakan pertama. Lawan dari duktilitas adalah kerapuhan. Artinya, duktilitas rendah tidak lain merupakan bahan dengan kerapuhan tinggi. Bahan dengan kerapuhan tinggi dapat dibuat memiliki duktilitas tinggi dengan menambahkan bahan duktilitas tinggi. Contoh bahan duktilitas tinggi adalah baja dan kayu, sementara bahan dengan duktilitas rendah adalah besi tempa, batu, bata, dan semen. Ciri-ciri bahan rapuh adalah dapat patah secara mendadak, berbeda dengan bahan duktilitas tinggi yang patah secara perlahan-lahan.

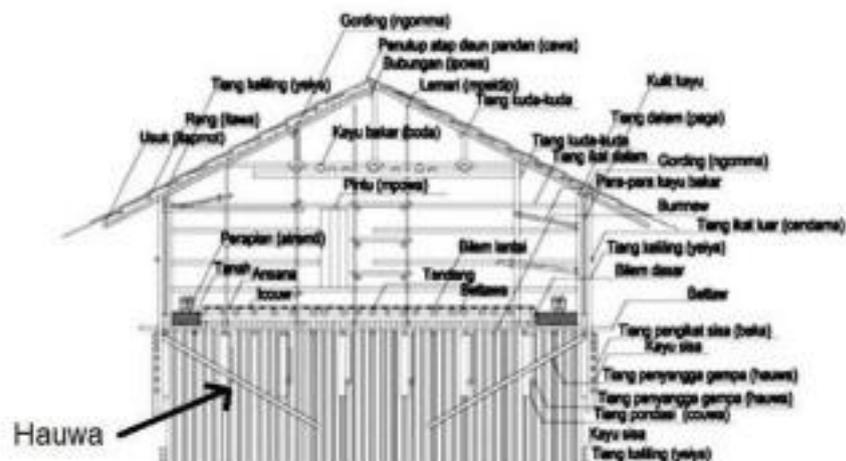
Pada rumah, bagian atap merupakan bagian yang paling bertanggungjawab terhadap kerusakan (Amri et al, 2017). Atas alasan ini, sangat penting kalau bagian atap bangunan memiliki material yang ringan dan berat material semakin tinggi ke arah tanah. Sedapat mungkin material atap tidak berbeda jauh dari material bagian tengah dan tiang sehingga robekan dapat berjalan secara berkelanjutan dari pondasi ke atap tanpa terhalang oleh perubahan bahan (Arya et al, 2014).

Sepanjang 2009-2018, di Indonesia telah terjadi sebanyak 23 kali gempa dan satu kali gempadisertai tsunami, dengan rata-rata korban 25 orang hilang dan meninggal untuk setiap gempa dan rata-rata 3.475 orang hilang untuk setiap gempa bumi disertai tsunami (BNPB, 2019). Rata-rata sekali gempa merusak 9.905 bangunan sementara rata-rata setiap gempa disertai tsunami merusak 2.752 bangunan. Bentuk-bentuk kerusakan bangunan yang disebabkan oleh gempa mencakup terlepasnya tutupan atap, terlepasnya atap dari penopangnya, tersobeknya dinding, retak dinding

secara diagonal, kegagalan sudut dinding, keruntuhan dinding, pelemahan sambungan (dinding ke dinding, atap ke dinding, dan dinding ke pondasi), rusaknya bagian yang tidak simetris dari bangunan, kegagalan sudut bukaan, tubrukan antar bangunan, kegagalan pada titik perubahan massa atau kekakuan, serta kerusakan kualitas konstruksi (Boen, 2001).

Di Indonesia saat ini telah terdapat panduan untuk konstruksi bangunan tahan gempa. Panduan ini disediakan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) lewat SNI 1726:2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (BSNI, 2012) yang merupakan revisi dari SNI-1726-2002 tentang Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (Kementerian Pekerjaan Umum, 2002). SNI 1726:2012 menentukan apakah suatu komponen desain tergolong diizinkan atau tidak diizinkan dengan merujuk pada koefisien modifikasi respons, faktor kuat-lebih sistem, faktor pembesaran defleksi, serta batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur. Sementara itu, Idham (2011) telah berhasil merumuskan pula metode pengamatan cepat untuk mengidentifikasi apakah suatu rumah rentan gempa atau tahan gempa berdasarkan hanya pada ketidakberaturan struktur utama dan atap serta penampakan bahan dan konstruksi.

Sejumlah masyarakat tradisional di Indonesia telah menghasilkan kearifan lokal yang mengandung elemen-elemen tahan gempa sebagai bentuk adaptasi kehidupan di daerah rawan gempa. Rumah tradisional Ibeiya dari Papua Barat diketahui memiliki konstruksi balok suai yang



Sumber : BNPB (2017), Kementerian PUPR (2015)

disebut sebagai *hauwa*. Karena berada di pegunungan, konstruksi ini tidak ditujukan untuk menahan banjir tetapi secara khusus untuk mencegah agar tiang panggung rumah tidak bergeser dan patah karena gempa (Hematang et al, 2014).

Rumah joglo di Jawa juga diketahui memiliki ketahanan terhadap gempa sedang karena menggunakan struktur kayu rong-rongan dengan sistem tumpuan bersifat sendi dan atau rol, sistem sambungan lidah alur, pola konfigurasi khas soko-soko emper terhadap soko guru, dan kekakuan soko guru oleh tumpang sari/brunjung (Prihatmaji, 2007). Lebih lanjut, kajian pada rumah Aceh juga menunjukkan ketahanan gempa karena struktur yang saling kunci dan kaku (Widosari, 2010). Kajian lain di rumah Nias menunjukkan kalau rumah ini stabil dan terbukti pada kejadian gempa Nias (Pudjisuryadi, Lumantarna, & Lase, 2007). Arsitektur lain di kawasan Papua yang diketahui tahan gempa adalah arsitektur Nabire (Purwanto & Gayatri, 2007). Sementara itu, penelitian pada rumah Besemah di Kota Pagaralam, Sumatera Selatan, menunjukkan pula kalau rumah ini tahan terhadap gempa karena struktur atas yang lebih ringan dari struktur tengah dan lebih ringan lagi dibandingkan struktur bawah dan struktur bawah yang dicirikan oleh *umpak batu* dan *kitau*. Umpak batu adalah pondasi menggunakan batu pecah atau batu bulat yang disusun dan sedikit dibenamkan di dalam tanah. *Kitau* merupakan sebuah tumpuan rol yang mereduksi gaya gempa karena meningkatkan elastisitas pondasi. Lebih dari itu, sistem sambungan bersifat jepit, ketimbang menggunakan pasak, sehingga ketika terjadi gempa, masing-masing sambungan saling jepit, menjadikan bangunan menjadi satu kesatuan yang tegar (Rinaldi et al, 2015). Rumah tradisional Rurukan dan Tonselama dari Minahasa juga diketahui memiliki ketahanan gempa yang baik lewat bentuk yang simetris, struktur bangunan yang tegar, sistem sambungan ikat dengan bahan kayu dengan dimensi yang relatif tepat dalam menghadapi gempa (Triyadi & Harapan, 2011).

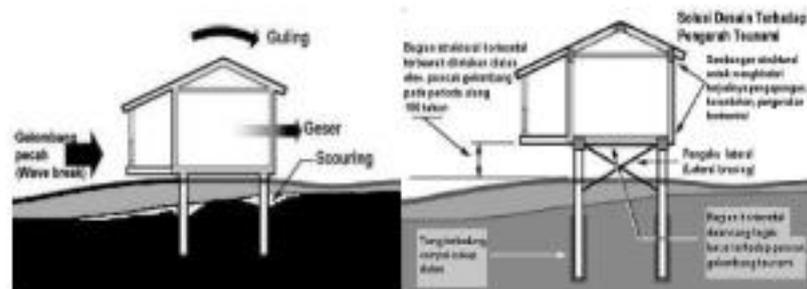
G. Desain Tahan Tsunami

Tsunami merupakan gelombang laut yang terjadi akibat deformasi dasar laut secara tiba-tiba, baik karena gempa, letusan gunung api, atau longsoran dasar laut (Permen PU No 6 2009 tentang Pedoman Perencanaan Umum Pembangunan Infrastruktur di Kawasan Rawan Tsunami). Terdapat tiga hal penting dari gelombang tsunami yang perlu diperhatikan dalam kaitannya dengan desain vertikal tahan tsunami. Pertama, elevasi air pada garis pantai. Hal ini menandai seberapa tinggi capaian tsunami pada garis pantai atau setidaknya, titik posisi permukiman paling dekat ke laut. Panggung permukiman pada posisi ini harus lebih tinggi dari elevasi air. Kedua, elevasi air maksimum, yaitu capaian tertinggi air secara keseluruhan. Ketiga, tinggi rayapan, yaitu seberapa jauh tsunami dapat masuk ke dalam daratan (Permen PU No 6 2009).

Desain tahan tsunami yang paling ideal tentunya adalah desain dimana rumah tidak terjangkau oleh tinggi rayapan. Tetapi sering kali hal ini tidak dimungkinkan karena banyak sekali rumah dan bangunan didirikan pada wilayah antara bibir pantai dan batas rayapan. Lagi pula, batas rayapan berbeda-beda untuk setiap tsunami, tergantung dari kekuatan tsunami yang terjadi. Pada satu tsunami, mungkin satu rumah dapat lolos karena tidak terjangkau tinggi rayapan. Tetapi pada tsunami selanjutnya yang lebih besar, gelombang dapat merayap lebih tinggi dan menjangkaunya.

Akibatnya, bangunan yang berada di zona gelombang harus menerapkan sejumlah solusi desain khusus untuk menghadapi gelombang tsunami. Ada empat kekuatan yang muncul dari gelombang tsunami yang dapat menyerang suatu bangunan: gelombang pecah, gaya guling gelombang, gaya geser gelombang, dan gaya gosok pada pondasi (Gambar 8). Solusi yang direkomendasikan oleh Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No . 6 Tahun 2009 antara lain penaikan bagian struktural horizontal terbawah setiap 100 tahun berdasarkan elevasi puncak gelombang, penanaman pondasi sedalam mungkin untuk melindungi tiang pancang, desain tegak lurus bagian horizontal bangunan relatif terhadap puncak gelombang tsunami, pemasangan pengaku lateral (balok suai), dan desain sambungan struktural yang mampu menahan beban geser.

dan pergerakan horizontal.



Sumber : BNPB (2017), Kementerian PUPR (2015)

Karena tsunami dalam bentuk tenangnya memiliki karakter mirip banjir, maka mitigasi tradisional yang dirancang oleh kearifan lokal untuk mitigasi banjir dapat berlaku pula pada mitigasi tsunami. Kajian oleh Siddiq (2008) pada kasus-kasus keruntuhan rumah tradisional akibat gempa dan tsunami di sejumlah tempat di Indonesia menunjukkan sejumlah fakta penting. Pada kasus Gempa Liwa, 16 Februari 1994, rumah-rumah tradisional yang runtuh disebabkan oleh massabesar terpusat di lantai atas, struktur rangka bawah lemah dan tidak kaku, tidak ada ikatan antarakaki kolom dan pondasi umpak, serta sistem sambungan kolom dan balok tidak kaku dan lemah. Akibatnya, direkomendasikan agar rumah-rumah ini mengkakukan kolom-kolom di tingkat bawah dengan memasang balok suai (batang pengaku silang), memperbaiki teknik sambungan kolombawah dengan kolom atas, menggunakan kayu yang tidak mudah lapuk untuk struktur vertikal dengan berat jenis minimal 0,55, memperbaiki hubungan kaki kolom dengan pondasi, mengikat kaki kolom dua arah, dan memperbaiki hubungan kaki kolom dengan pondasi umpak dengan memasang pelat baja disertai baut sebagai jangkar pengikat.

Secara umum, disimpulkan bahwa rumah-rumah tradisional yang lemah terhadap gempa dan tsunami adalah karena mutu kayu yang rendah (lunak, tua, lapuk), lemahnya sistem sambungan antar batang-komponen, dan salah konfigurasi dinding struktural seperti

H. Teori Konstruksi Rumah Tahan Bencana

Tinjauan di atas menunjukkan bahwa suatu rumah tahan bencana tidak dapat dibuat secara universal. Sejumlah solusi ketahanan pada satu jenis bencana, dapat menjadi sumber masalah ketika dihadapkan pada bencana lainnya. Tabel berikut menunjukkan apa saja keunggulan serta kelemahan dari masing-masing solusi terhadap jenis bencana tertentu. Sebagai akibat dari solusi parsial ini, pembangunan rumah tahan bencana harus difokuskan pada satu bencana tertentu saja. Agar optimal, setiap daerah harus disurvei mengenai apa saja potensi bencana yang dapat terjadi dan desain diarahkan pada bencana dengan potensi terbesar. Jika potensi dari semua bencana besar, solusi dari rumah-rumah tradisional tidak dapat diterapkan dan harus menggunakan solusi yang lebih modern.

Tabel . Solusi Vernakular terhadap bencana

Bencana	Solusi	Kelemahan	Prototipe
Puting beliung	Atap tipe mansard	Belum teridentifikasi	Rumah Sasak, Lombok
	Desain panggung	Rentan rubuh karena gempa dan tsunami (kecuali menggunakan baloksuai)	Rumah-rumah di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi
Banjir	Desain panggung	Rentan rubuh karena gempa dan tsunami (kecuali menggunakan baloksuai)	Rumah-rumah di Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi
	Rumah apung	Bangunan tidak terkendali ketika terjadi gempa atau tsunami karena mudah hanyut dan menabrak bangunan lain	Rumah Bugis, Danau Tempe
	Barikade	Pelemahan barikade dapat longsor kecuali dilakukan	Rumah Kutai, Tenggarong

	pembersihansegera pasca banjir					
WC apung	WC tidak terkendali ketika terjadi gempa atau tsunami karena hanyut dan menabrak bangunan lain					Rumah-rumah tradisional di tepi sungai besar
Susunan horizontal dinding	kayu Kualitas kayu harus sangat diperhatikan					Umum ditemukan pada rumah-rumah kayu tradisional
Pancangan dengan tumbukan sama pada setiap kolom	Kualitas kayu harus sangat diperhatikan					Umum ditemukan pada rumah-rumah kayu tradisional
Penggunaan tahanair	kayu Sudah semakin langka				ditemukan	Umum ditemukan pada rumah-rumah kayu tradisional yang ideal
Konstruksi kalang sunduk	Belum diketahui					Rumah Kutai, Tenggarong
Balok suai	Belum diketahui					Rumah Kuta, Tenggarong; Ibeiya, Pegunungan Arfak;
Gempa	Massa bagian atas paling ringan	Risiko tertiuap ringan	angin	jika	terlalu	Rumah Basemah, Pagaralam
Balok suai	Belum diketahui					Rumah Kutai, Tenggarong; Ibeiya, Pegunungan Arfak;
Sistem tumpuan rol	Kualitas kayu harus sangat diperhatikan					Rumah Joglo, Jawa; Rumah Basemah, Pagaralam
Sambungan alur,	lidah	Belum diketahui				Rumah Joglo, Jawa

Konfigurasi soko-soko	Kontroversial; Siddiq (2008) menganggap ini justru sebagai emper terhadap soko	Rumah Joglo, Jawa
-----------------------	--	-------------------

Berdasarkan gambaran di atas, dapat dibuat sebuah panduan tentang bagaimana seharusnya mitigasi bencana berbasis struktural dilakukan dengan menerapkan pengetahuan lokal. Panduan ini ditunjukkan pada Tabel berikut. Rumah tahan bencana dengan model ini mungkin memiliki kinerja yang lebih rendah atau justru lebih baik dari rumah tahan bencana modern berbasis beton. Untuk itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan simulasi untuk memeriksa kemampuan dari panduan rumah tahan bencana tradisional ini dibandingkan dengan model rumah tahan bencana modern.

Panduan mitigasi bencana berbasis struktural dengan penerapan pengetahuan lokal

Struktur	Solusi	Modifikasi pada bangunan lokal	Ketahanan Bencana
Atap	Atap tipe mansard	Pelandaian kemiringan atap dan pemanjangan sisi bawah atap	Puting beliung
	Massa bagian atas paling ringan	Redistribusi massa bangunan	Gempa
Tengah	Susunan kayu horizontal pada dinding	Redesain pola penyusunan kayu dan penggantian kayu dengan kayu tahan air	Banjir
	Sambungan paku dengan rotan	Tidak perlu desain ulang jika sudah diikat dengan kekuatan pasak harus diperiksa ulang	Gempa

	Simetri	Periksa desain keseluruhan rumah dan lakukan modifikasi dengan penambahan atau penghilangan atau reduksi pada bagian-bagian yang merusak simetri	Gempa
Bawah	Desain panggung dikombinasi dengan balok suai	Pemasangan balok suai pada tiang panggung	Banjir, puting beliung, gempa, tsunami
	Rumah apung	Pemasangan struktur rakit bambu di bawah rumah yang bertindak sebagai semacam perahu penyelamat ketika struktur panggung gagal menahan air	Banjir, tsunami
	Barikade	Pemasangan barikade di sekitar rumah	Banjir
	Pancang tumbukan pada setiap kolom	Uji kekuatan dan penyesuaian sama	Banjir
	Konstruksi kalang sunduk, batu, dan sistem tumpuan rol	Pemasangan ulang tiang panggung dengan meningkatkan kualitas kayu	Banjir, gempa, tsunami

I. Manajemen Bencana

UU No. 24 tahun 2007 mendefinisikan bencana sebagai “peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor non alam maupun faktor manusia sehingga

mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis”.

Definisi bencana seperti dipaparkan diatas mengandung tiga aspek dasar, yaitu:

- Terjadinya peristiwa atau gangguan yang mengancam dan merusak (hazard).
- Peristiwa atau gangguan tersebut mengancam kehidupan, penghidupan, dan fungsi dari masyarakat.
- Ancaman tersebut mengakibatkan korban dan melampaui kemampuan masyarakat untuk mengatasi dengan sumber daya mereka.

Bencana dapat terjadi, karena ada dua kondisi yaitu adanya peristiwa atau gangguan yang mengancam dan merusak (hazard) dan kerentanan (vulnerability) masyarakat. Bila terjadi hazard, tetapi masyarakat tidak rentan, maka berarti masyarakat dapat mengatasi sendiri peristiwa yang mengganggu, sementara bila kondisi masyarakat rentan, tetapi tidak terjadi peristiwa yang mengancam maka tidak akan terjadi bencana. Suatu bencana dapat dirumuskan sebagai berikut:

Bencana = Bahaya x Kerentanan Dimana:

- Bencana (Disasters) adalah kerusakan yang serius akibat fenomena alam luar biasa dan/atau disebabkan oleh ulah manusia yang menyebabkan timbulnya korban jiwa, kerugian material dan kerusakan lingkungan yang dampaknya melampaui kemampuan masyarakat setempat untuk mengatasinya dan membutuhkan bantuan dari luar. Disaster terdiri dari 2(dua) komponen yaitu Hazard dan Vulnerability;
- Bahaya (Hazards) adalah fenomena alam yang luar biasa yang berpotensi merusak atau mengancam kehidupan manusia, kehilangan harta-benda, kehilangan mata pencaharian, kerusakan lingkungan. Misal : tanah longsor, banjir, gempa bumi, letusan gunung api

kebakaran dll.

- Kerentanan (Vulnerability) adalah keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri untuk menghadapi bahaya atau ancaman bencana;
- Risiko (Kerentanan) adalah kemungkinan dampak yang merugikan yang diakibatkan oleh hazard dan/atau vulnerability.

J. Model Manajemen Bencana

Bencana adalah hasil dari munculnya kejadian luar biasa (hazard) pada komunitas yang rentan (vulnerable) sehingga masyarakat tidak dapat mengatasi berbagai implikasi dari kejadian luar biasa tersebut. Manajemen bencana pada dasarnya berupaya untuk menghindarkan masyarakat dari bencana baik dengan mengurangi kemungkinan munculnya hazard maupun mengatasi kerentanan. Terdapat lima model manajemen bencana yaitu:

- **Disaster management continuum model.** Model ini mungkin merupakan model yang paling populer karena terdiri dari tahap-tahap yang jelas sehingga lebih mudah diimplementasikan. Tahap-tahap manajemen bencana di dalam model ini meliputi emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning.
- **Pre-during-post disaster model.** Model manajemen bencana ini membagi tahap kegiatan di sekitar bencana. Terdapat kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan sebelum bencana, selama bencana terjadi, dan setelah bencana. Model ini seringkali digabungkan dengan disaster management continuum model.
- **Contract-expand model.** Model ini berasumsi bahwa seluruh tahap-tahap yang ada pada manajemen bencana (emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning) semestinya tetap dilaksanakan pada daerah yang rawan bencana. Perbedaan pada kondisi bencana dan tidak bencana adalah

kebakaran dll.

- Kerentanan (Vulnerability) adalah keadaan atau kondisi yang dapat mengurangi kemampuan masyarakat untuk mempersiapkan diri untuk menghadapi bahaya atau ancaman bencana;
- Risiko (Kerentanan) adalah kemungkinan dampak yang merugikan yang diakibatkan oleh hazard dan/atau vulnerability.

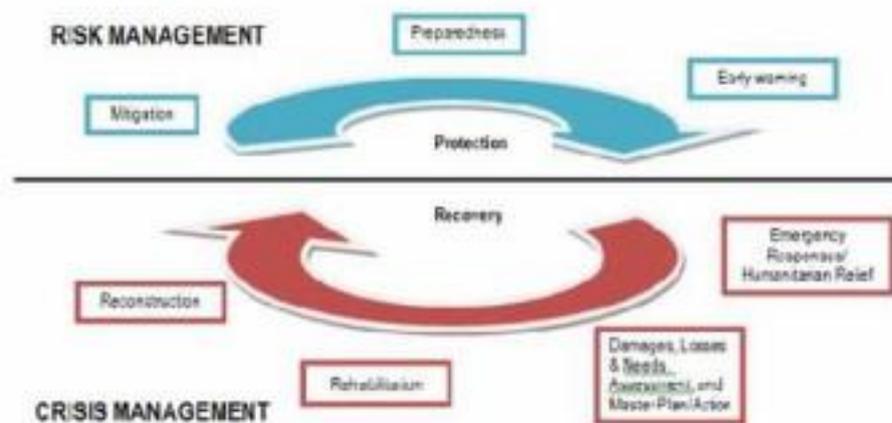
J. Model Manajemen Bencana

Bencana adalah hasil dari munculnya kejadian luar biasa (hazard) pada komunitas yang rentan (vulnerable) sehingga masyarakat tidak dapat mengatasi berbagai implikasi dari kejadian luar biasa tersebut. Manajemen bencana pada dasarnya berupaya untuk menghindarkan masyarakat dari bencana baik dengan mengurangi kemungkinan munculnya hazard maupun mengatasi kerentanan. Terdapat lima model manajemen bencana yaitu:

- **Disaster management continuum model.** Model ini mungkin merupakan model yang paling populer karena terdiri dari tahap-tahap yang jelas sehingga lebih mudah diimplementasikan. Tahap-tahap manajemen bencana di dalam model ini meliputi emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning.
- **Pre-during-post disaster model.** Model manajemen bencana ini membagi tahap kegiatan di sekitar bencana. Terdapat kegiatan-kegiatan yang perlu dilakukan sebelum bencana, selama bencana terjadi, dan setelah bencana. Model ini seringkali digabungkan dengan disaster management continuum model.
- **Contract-expand model.** Model ini berasumsi bahwa seluruh tahap-tahap yang ada pada manajemen bencana (emergency, relief, rehabilitation, reconstruction, mitigation, preparedness, dan early warning) semestinya tetap dilaksanakan pada daerah yang rawan bencana. Perbedaan pada kondisi bencana dan tidak bencana adalah

pada saat bencana tahap tertentu lebih dikembangkan (emergency dan relief) 5 sementara tahap yang lain seperti rehabilitation, reconstruction, dan mitigation kurang ditekankan.

- **The crunch and release model.** Manajemen bencana ini menekankan upaya mengurangi kerentanan untuk mengatasi bencana. Bila masyarakat tidak rentan maka bencana akan juga kecil kemungkinannya terjadi meski hazard tetap terjadi.
- **Disaster risk reduction framework.** Model ini menekankan upaya manajemen bencana pada identifikasi risiko bencana baik dalam bentuk kerentanan maupun hazard dan mengembangkan kapasitas untuk mengurangi risiko tersebut.



Sumber : UNDRR (2015). Sendai Framework

Terkait dengan manajemen penanggulangan bencana, maka UU No. 24 tahun 2007 menyatakan “Penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi”. Rumusan penanggulangan bencana dari UU tersebut mengandung dua pengertian dasar yaitu:

- Penanggulangan bencana sebagai sebuah rangkaian atau siklus.
- Penanggulangan bencana dimulai dari penetapan kebijakan pembangunan yang didasari risiko bencana dan diikuti tahap kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi.

Penanggulangan bencana sebagaimana dimaksud dalam UU No. 24 tahun 2007 ser...



Sumber : UNDRR (2015). Sendai Framework

- **Tanggap Darurat Bencana** : Serangkaian tindakan yang diambil secara cepat menyusul terjadinya suatu peristiwa bencana, termasuk penilaian kerusakan, kebutuhan (damage and needs assessment), penyaluran bantuan darurat, upaya pertolongan, dan pembersihan lokasi bencana.

Tujuan :

- Menyelamatkan kelangsungan kehidupan manusia;
- Mengurangi penderitaan korban bencana;
- Meminimalkan kerugian material
- **Rehabilitasi** : Serangkaian kegiatan yang dapat membantu korban bencana untuk kembali pada kehidupan normal yang kemudian diintegrasikan kembali pada fungsi-fungsi yang ada di dalam masyarakat. Termasuk didalamnya adalah penanganan korban bencana yang mengalami trauma psikologis. Misalnya : renovasi atau perbaikan sarana-sarana umum, perumahan dan tempat penampungan sampai dengan penyediaan lapangan kegiatan untuk memulai hidup baru
- **Rekonstruksi** : Serangkaian kegiatan untuk mengembalikan situasi seperti sebelum terjadinya bencana, termasuk pembangunan infrastruktur, menghidupkan akses sumber- sumber ekonomi, perbaikan lingkungan, pemberdayaan masyarakat; Berorientasi pada pembangunan – tujuan : mengurangi dampak bencana, dan di lain sisi memberikan manfaat secara ekonomis pada masyarakat

K. Kebijakan Manajemen Bencana

Dalam beberapa tahun terakhir, kebijakan manajemen bencana mengalami beberapa perubahan kecenderungan seperti dapat dilihat dalam tabel. Beberapa kecenderungan yang perlu diperhatikan adalah:

- Konteks politik yang semakin mendorong kebijakan manajemen bencana menjadi tanggung jawab legal.
- Penekanan yang semakin besar pada peningkatan ketahanan masyarakat atau pengurangan kerentanan.
- Solusi manajemen bencana ditekankan pada pengorganisasian masyarakat dan proses pembangunan.

Dalam penetapan sebuah kebijakan manajemen bencana, proses yang pada umumnya terjadi terdiri dari beberapa tahap, yaitu penetapan agenda, pengambilan keputusan, formulasi kebijakan, implementasi kebijakan, dan evaluasi kebijakan. Di dalam kasus Indonesia, Pemerintah Pusat saat ini berada pada tahap formulasi kebijakan (proses penyusunan beberapa Peraturan Pemerintah sedang berlangsung) dan implementasi kebijakan (BNPB telah dibentuk dan sedang mendorong proses pembentukan BPBD di daerah). Sementara Pemerintah Daerah sedang berada pada tahap penetapan agenda dan pengambilan keputusan. Beberapa daerah yang mengalami bencana besar sudah melangkah lebih jauh pada tahap formulasi kebijakan dan implementasi kebijakan. Kebijakan manajemen bencana yang ideal selain harus dikembangkan melalui proses yang benar, juga perlu secara jelas menetapkan hal-hal sebagai berikut:

- Pembagian tanggung jawab antara Pemerintah Pusat dan Daerah.
- Alokasi sumberdaya yang tepat antara Pemerintah Pusat dan Daerah, serta antara berbagai fungsi yang terkait.
- Perubahan peraturan dan kelembagaan yang jelas dan tegas.
- Mekanisme kerja dan pengaturan antara berbagai portofolio lembaga yang terkait dengan bencana.

Sistem kelembagaan penanggulangan bencana yang dikembangkan di

Indonesia dan menjadi salah satu fokus studi bersifat kontekstual. Di daerah terdapat beberapa lembaga dan mekanisme yang sebelumnya sudah ada dan berjalan. Kebijakan kelembagaan yang didesain dari Pemerintah Pusat akan berinteraksi dengan lembaga dan mekanisme yang ada serta 10 secara khusus dengan orang-orang yang selama ini terlibat di dalam kegiatan penanggulangan bencana.



Sumber : UNDRR (2015). Sendai Framework



BAB VI

BAGUANAN

TAHAN

GEMPA

A. Pengertian Gempa Dan Respon Bangunan Terhadap Gempa

Gempa bumi terjadi karena gesekan lempeng–lempeng tektonik yang selalu bergerak karena adanya gaya di bawah permukaan bumi, seperti pada Gambar 1. Pengesekan ini mengeluarkan energi yang luar biasa yang menyebabkan guncangan di permukaan tanah. Gempa yang dirasakan pada permukaan tanah merupakan gelombang getaran yang disebarkan dari pusat gempa melalui tanah yang sangat beragam seperti diilustrasikan dalam Gambar 4 dan Gambar 5, sehingga besar kecil pengaruh gempa tersebut tergantung dari jenis tanah yang dilaluinya. Indonesia merupakan kawasan rawan gempa karena secara geografis berada di pertemuan tiga lempeng tektonik yang aktif dan saling berhubungan satu sama lainnya.

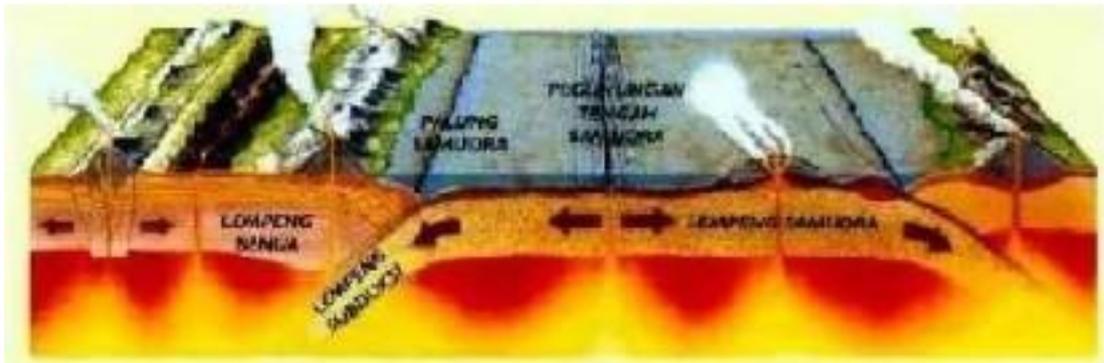


Sumber : BNPB (2010)

Pertemuan dua lempeng tektonik mengakibatkan terjadinya tiga macam kondisi dengan akibat yang berbeda. Pada kondisi dua lempeng yang saling menjauh akan mengakibatkan terbentuknya jurang di darat atau palung di laut, pada kondisi ini tidak terjadi gempa bumi. Pada kondisi kedua lempeng bertemu dan bergerak ke atas menimbulkan dataran tinggi atau gunung–gunung tinggi. Sedangkan pada kondisi salah satu lempeng masuk ke bawah lempeng yang lain (subduksi) maka pergerakannya akan mengakibatkan gempa yang besar, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6. Pergerakan lempeng tektonik yang patah

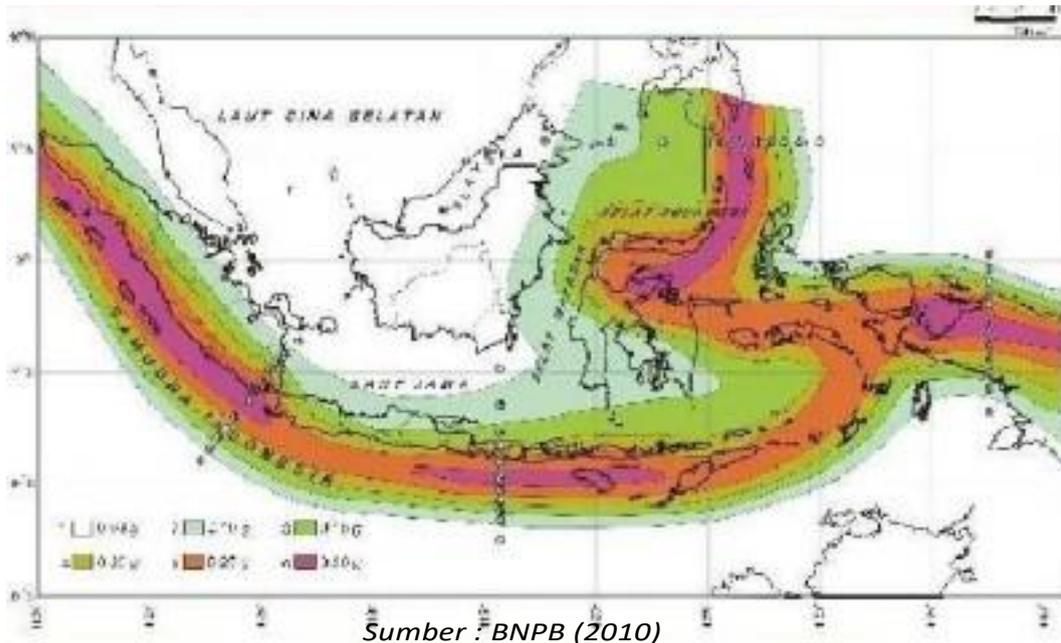
dapat berupa patahan normal, patahan membalik dan patahan horisontal, seperti terlihat pada gambar.

Pergerakan subduksi lempeng



*Sumber : BNPB (2010)
Beberapa kondisi pertemuan dua lempeng tektonik di permukaan bumi*

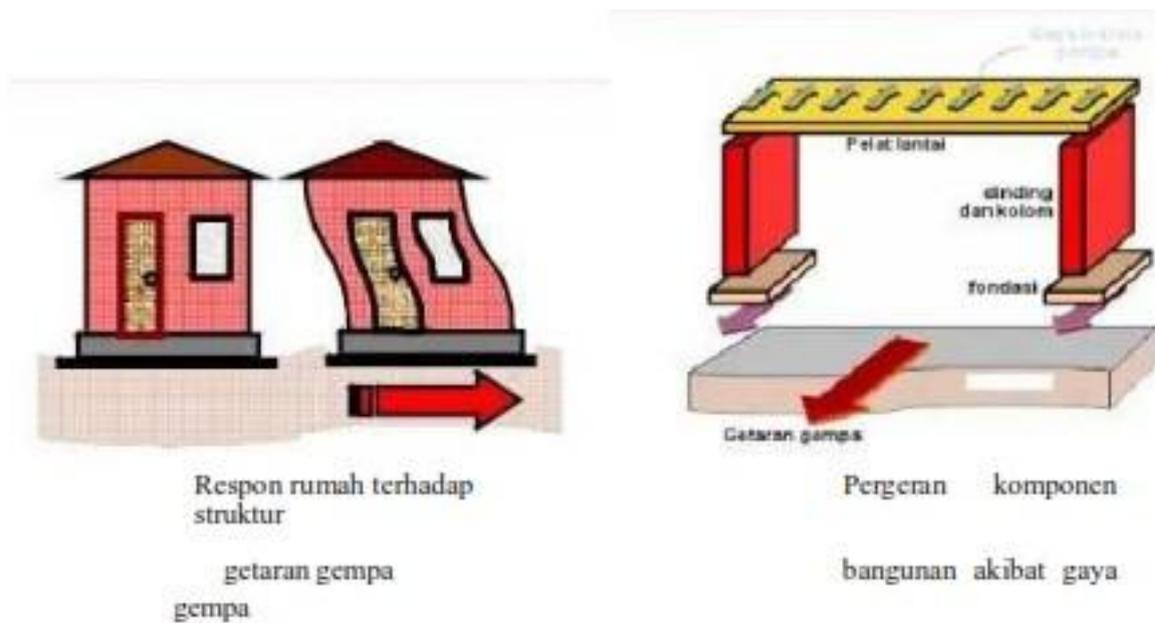
Potensi gempa di wilayah Indonesia berbeda-beda tergantung pada potensi kebencanaannya, sehingga dalam SNI 03-1726-2002 peta bahaya gempa dikelompokkan menjadi 6 (enam) wilayah gempa seperti pada Gambar 8, sehingga masyarakat dapat lebih waspada dan mempersiapkan diri membangun rumah tahan gempa.



Sumber :BNPB (2010)
 Peta wilayah gempa Indonesia menurut SNI 03-1726-2002

Gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan bangunan, tanah longsor dan tsunami. Sampai saat ini manusia belum dapat berbuat banyak untuk mencegah terjadinya gempa bumi. Upaya yang paling mungkin dilakukan adalah mengurangi korban dan kerusakan bangunan yang ditimbulkan oleh gempa dengan merencanakan dan mendirikan bangunan sebaik mungkin.

Selama terjadi gempa, getaran yang terjadi pada suatu lokasi sangat rumit dan menjalar dalam segala arah. Pada saat gempa terjadi, setiap bangunan yang terletak diatas tanah akan memberikan tanggapan yang berbeda-beda besarnya terhadap getaran tersebut. Respon bangunan terhadap getaran gempa pada saat awal meski dasar bangunan bergerak, atap cenderung bertahap pada posisinya. Kemudian atap akan ikut tertarik akibat ikatan dengan dinding dan kolom. Rambatan getaran yang terjadi di dalam rumah ketika getaran sampai di lapisan tanah di bawah konstruksi rumah, kemudian menjalar pada konstruksi fondasi, seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 6 dan Gambar 7.



Sumber : UN-Habitat (2014), Sphere (2018)

Dengan melihat respon bangunan yang mengalami getaran gempa maka di dalam merancang rumah tahan gempa terdapat beberapa syarat yang harus dipenuhi.

B. Lingkup Pemahaman Rumah Tinggal

Dalam Undang-Undang No 2 tahun 2002 pasal 5 rumah tinggal termasuk kelompok bangunan gedung hunian yang meliputi rumah tinggal tunggal, rumah tinggal deret, rumah susun dan rumah tinggal sementara. Pemahaman rumah tinggal yang dimaksud dalam modul ini adalah dua kategori yakni rumah tinggal tunggal dan rumah tinggal deret. Pemahaman lebih difokuskan lagi pada rumah berdiri langsung di atas permukaan tanah.

Persyaratan Kualitas Bahan Bangunan

- Beton :SNI 03-2847-1992, butir 4, sub butir 1):
 - i. Beton pada komponen struktur yang menahan gaya yang timbul akibat gempa tidak boleh kurang dari 20 MPa.
 - ii. Kuat tekan dari beton agegrat ringan yang digunakan dalam perencanaan tidak boleh melampaui 30 MPa. Beton agegrat ringan dengan kuat tekan rencana yang lebih tinggi boleh digunakan bila dapat dibuktikan

dengan percobaan bahwa komponen struktur yang dibuat dari agegrat ringan tersebut mempunyai kekuatan dan ketegaran yang sama atau lebih dari komponen struktur yang dibuat dari beton agegrat normal dengan kekuatan yang sama.

- **Baja tulangan**

Ketentuan untuk baja tulangan mengikuti SNI 03-2847-1992, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung,

2. pasal 3.14.2, butir 5 : Tulangan penahan gaya lentur dan aksial akibat gempa yang digunakan dalam komponen struktur rangka dan komponen dinding batas harus memenuhi ketentuan ASTM A706. Tulangan yang memenuhi ASTM A 615M mutu 300 dan 400 boleh digunakan dalam komponen struktur di atas bila:

- a). kuat leleh actual berdasarkan pengujian di pabrik tidak melampaui kuat leleh yang ditentukan lebih dari 120 MPa (uji ulang tidak boleh memberikan hasil yang mempunyai harga ini lebih dari 20 MPa), dan (b) rasio dari tulangan tarik batas actual terhadap kuat leleh tarik actual tidak kurang dari 1,25.

3. Pasal 3.5 Penyaluran dan Penyambungan, Tarikan dan tekanan yang telah dihitung dalam tulangan pada tiap penampang dari komponen strukturbeton bertulang harus disalurkan pada setiap sisi dari penampang tersebut dengan panjangkaran, kait atau alat mekanis, atau kombinasidari cara-cara tersebut. Kait hanya dapat dipakai pada penyaluran batang-batang tarik saja.

4. Pasal 3.16.1 Detail Penulangan, kait standar,

Pembengkokan tulangan harus memenuhi ketentuan berikut:

- a). Bengkokan 180–derajat ditambah bagian yang lurus sepanjang 4db dengan minimum 60 mm pada ujungbatang bebas;
- b). Bengkokan 90–derajat ditambah bagian yang lurus sepanjang 12db pada ujung batang bebas
- c). Untuk sengkang dan kait pengikat ; Batang D–25 dan yang lebih kecil, bengkokan 135–derajat ditambah bagian yang lurus 6db pada ujung batang bebas

5. Pasal 3.16.2 Diameter bengkokan minimum harus memenuhi:

- a). Diameter bengkokan yang diukur pada bagian dalam tulangan tidak boleh kurang dari harga dalam Tabel 3.16.2. Ketentuan ini tidak berlaku untuk sengkang dan kait dengan ukuran D–10 hingga D–16.
- b). Diameter–dalam dari bengkokan untuk sengkang dan kait tidak boleh kurang dari 4db untuk batang D–16 dan yang lebih kecil. Untuk batang yang lebih besar dari pada D–16, diameter bengkokan harus memenuhi Tabel 3.16.2.

Tabel. Diameter diameter minimum

UKURAN TULANGAN	DIAMETER MINIMUM
D–10 sampai dengan D–25	6 db
D–29 dan D–36	8 db
D–44 an D–56	10 db

6. Pasal 3.16.3 Batang tulangan harus memenuhi:

ketentuan berikut:

- a. Semua tulangan harus dibengkokkan dalam keadaan dingin, kecuali bila 5dijinkanoleh tenaga ahli.
 - b. Tulangan yang sudah tertanam di dalam beton tidak boleh dibengkokkan di lapangan, kecuali seperti yang ditentukanpada gambar rencana, atau diijinkanoleh tenaga ahli.
7. Pasal 3.16.4 Permukaan baja tulangan harus memenuhi ketentuan berikut: Pada saat beton dicor, tulanga harus bebas dari lumpur, minyak, atau segala zat pelapis bukan logam, yang dapat mengurangi kapasitas lekatan;
8. Pasal 3.16.5 penempatan tulangan sesuai dengan ketentuan berikut:
- a. Tulangan, tendon pratekan, dan selongsong pratekan harus ditempatkan secara akurat dan didukung secukupnya sebelumbeton dicor, dan harus dijaga agar tidak tergeser melebihi toleransi yang diijinkan dalam ayat 3.16.5 butir 2);
 - b. Bila tidak ditentukan oleh tenaga ahli, tulangan, tendon pratekan, dan selongsong pratekanharus ditempatkan dengan toleransi berikut:
 - a. Toleransi untuk tinggi d , dan selimut beton minimum dalam komponen struktural lentur, dinding dan komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan berikut:

	TOLERANSI UNTUK d	TOLERANSI UNTUK SELIMUT BETON MINIMUM
$d \leq 200 \text{ mm}$	$\pm 10 \text{ mm}$	- 10 mm
$d > 200 \text{ mm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	- 12 mm

Kecuali ketentuan bahwa toleransi untuk jarak bersih terhadap formedsoffits harus sebesar minus 6 mm dan toleransi untuk selimut beton tidak boleh melampaui minus 1/3 selimut beton minimum yang diperlukan dalam gambar rencana atau spesifikasi.

1. Toleransi untuk lokasi longitudinal dari bengkokan dan ujung akhir tulangan harus sebesar + 50 mm kecuali pada ujung tidak menerus dari komponen struktur dimana toleransinya harus sebesar + 12 mm
9. Pasal 3.16.6 Spasi Tulangan, larak bersih antar tulangan sejajar yang selapis tidak boleh kurang dari db ataupun 25 mm;
10. Pasal 3.16.7 Pelindung beton untuk tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut; Pada beton cor setempat (non-pratekan), tebal selimut beton minimum yang harus disediakan untuk tulangan harus memenuhi ketentuan berikut :

	Tebal selimut minimum (mm)
1) Beton yang langsung dicor diatas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	70
2) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56	50
3) Beton yang tidak berhubungan dengan tanah atau Batang D-16, kawat W31 atau D31 dan yang lebih kecil	40

cuaca: Pelat, dinding, pelat berusuk: Batang D-44 dan D-56	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
Balok, Kolom: Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral	40

11. Pasal 3.16.9 Sambungan harus memenuhi ketentuan berikut:

Pada pertemuan dari komponen-komponen rangka utama (misalnya pertemuan balok dan kolom), sambungan lewatan dari tulangan yang menerus dan penjangkaran dari tulangan yang berakhir pada pertemuan itu harus dilindungi dengan suatu sistem penguat yang baik;

12. Pasal 3.16.10 Tulangan Lateral untuk Komponen Struktur Tekan harus memenuhi ketentuan berikut; Sengkang dan kait-kait untuk komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan berikut;

- a. Semua batang tulangan non-pratekan harus dilingkup dengan sengkang dan kait ikat lateral paling sedikit ukuran $D-10$.
- b. Spasi vertikal dari sengkang dan kait ikat tidak boleh melebihi 16 kali diameter tulangan longitudinal, 48 kali diameter batang atau kawat sengkangnya
- c. Sengkang dan kait ikat harus diikat sedemikina rupa setiap tulangan longitudinal sudut dan tulangan longitudinal yang berselang harus mempunyai dukungan lateral yang didapat dari sudut sebuah sengkang dan ikat-ikat yang sudut dalamnya tidak lebih dari 135 derajat, dan tidak boleh ada tulangan yang jarak bersihnya 150 mm pada sepanjang sengkang dan kait ikat tulangan yang didukung secara lateral.

- Dinding pasangan
 1. Dinding bata merah
 - a. Bata merah tidak boleh kurang dari 9 cm lebarnya dan harus dicuci hingga bebas dari debu permukaan yang lepas dan harus jenuh air, serta kering muka pada waktu dipasang. Kekuatan tekan dari bata tidak boleh kurang dari 30 kg/cm².
 - b. Plesteran dan adukan harus terbuat dari paling sedikit satu bagian semen dan 6 bagian pasir dan harus mempunyai kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari 30 kg/cm², bila diuji dengan menekan benda uji kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm.
 - c. Bata merah harus dipasang pada hamparan adukan yang penuh dan semua siar vertical dan siar-siar antara dinding dan portal beton bertulang yang mengelilinginya harus terisi penuh. Tebal siar minimum harus 1 cm. Tali pelurus harus dipakai pada pemasangan bata merah. Dinding harus terpasang vertical dan terletak didalam bidang yang sejajar dengan bidang portal beton bertulang yang mengelilinginya.
 - d. Dinding harus diplester dengan plesteran setebal minimal 1 cm pada kedua belah pihak yang memberikan tebal dinding seluruhnya minimum 11 cm.
 2. Dinding batako
 - a. Batako harus bersih dan jenuh air serta kering muka pada waktu dipasang. Kekuatan tekan dari batako, diuji pada luas brutonya, tidak boleh kurang dari 15 kg/cm² (luas bruto adalah panjang x lebar tanpa dikurangi luas rongga).
 - b. Adukan harus terbuat dari paling sedikit 1 bagian kapur dan 5 bagian tras dan harus memiliki kekuatan tekan minimum pada umur 28 hari 15 kg/cm², bila diuji dengan menekan benda uji berupa kubus berukuran 5 x

5 x 5 cm.

- c. Batako harus dipasang dengan cara yang sama seperti untuk bata merah.

- Kayu untuk kuda-kuda

SNI 03-2449-1991, Spesifikasi kuda-kuda balok paku tipe 15/16, pasal 2 persyaratan teknis.

1. Mutu kayu yang boleh digunakan untuk kuda-kuda adalah kayu yang mempunyai tegangan serat tidak kurang dari TS 10 dan TS 15.
2. Ukuran penampang kayu adalah 60 mm x 120 mm untuk batang tunggal dan 30 mm x 120 mm untuk batang ganda.
3. Batang pengikat diagonal harus dipasang diantara dua kuda-kuda, agar kuda-kuda berdiri kokoh dan stabil.

C. Perencanaan Denah Bangunan Dan Perletakan Bukaannya

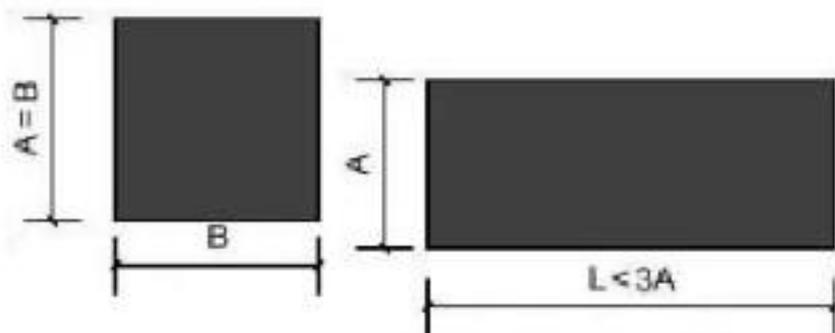
Denah yang baik untuk rumah yang dibangun didaerah gempa adalah sebagai berikut:

- a. Denah bangunan sebaiknya sederhana, simetris terhadap kedua sumbu bangunan dan tidak terlalu panjang, lihat Gambar 11.
- b. Bila dikehendaki denah bangunan yang tidak simetris, maka denah bangunan tersebut harus dipisahkan dengan alur pemisah sedemikian rupa sehingga denah bangunan merupakan rangkaian dari denah yang simetris.

Dalam SNI 03-1734-1989 butir 3.1.12 mengenai pemisahan gedung bahwa bagian-bagian dari gedung atau beberapa gedung di tempat yang sama yang tidak direncanakan untuk bekerja sama sebagai satu kesatuan, harus dipisahkan yang satu terhadap yang lainnya dan terhadap gedung-gedung yang berbatasan dengan suatu jarak pemisah sebesar paling sedikit 0,004 kali tinggi gedung atau 7,5 cm,

bergantung yang mana yang terbesar. Apabila struktur-strukturnya aalah dari jenis yang berbeda, pemisahan tersebut harus memenuhi syarat-syarat untuk jenis struktur yang memberikan jarak pemisah yang paling besar. Secara sederhana lihat pada Gambar.

Sela-sela pemisah harus direncanakan detailnya dan dilaksanakan sedemikian rupa sehingga tetap bebas dari kotoran atau benda-benda penghalang. Lebar sela-sela tersebut harus memenuhi semua toleransi pelaksanaan.

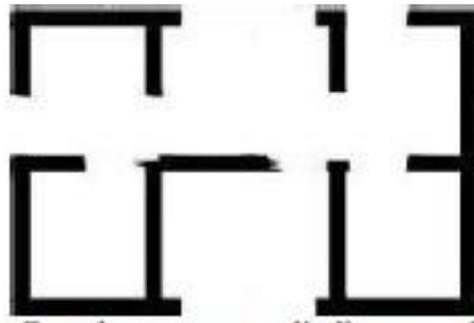


Bentuk denah bangunan simetris dan sederhana
larak pemisah antar gedung



Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

- a. Penempatan dinding-dinding penyekat dan bukaan pintu/ jendela harus dibuat simetris terhadap sumbu denah bangunan sebagai contoh lihat Gambar dibawah.

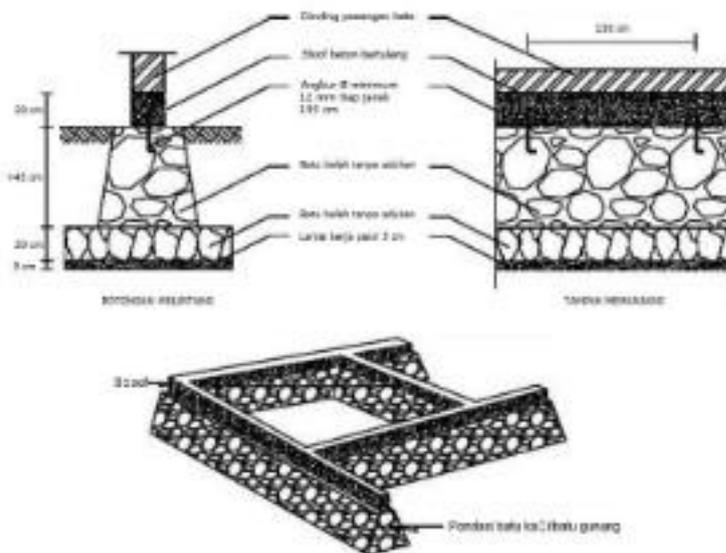


Contoh penempatan dinding penyekat

Sumber : SNI 1727:2020 – Beban Minimum

1. Komponen Fondasi dan sloof

Perencanaan fondasi dan sloof rumah tahan gempa harus mengikuti pada SPM berikut ini : Pd-T-14-2004-C Pendetailan Konstruksi Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Berbasis Pasangan butir 5.1 Tanah dasar pondasi harus tanah padat dan merata kekerasannya. Kedalaman pondasi lebih dalam dari 45 cm. Fondasi dibuat menerus sekeliling bangunan termasuk dinding penyekat.

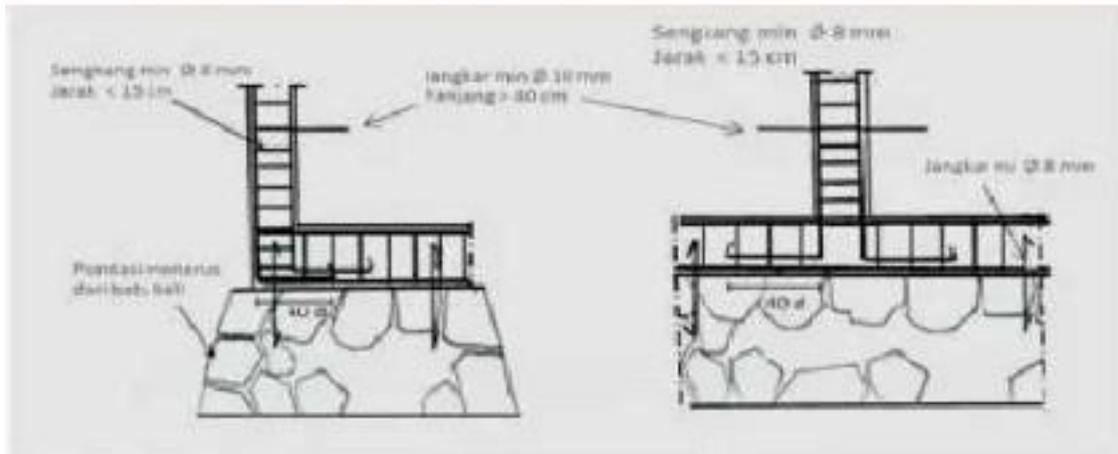


Sumber : SNI 1727:2020 – Beban Minimum

2. Kolom

Perencanaan kolom beton bertulang rangka rumah tahan gempa harus mengikuti ketentuan SPM berikut ini.

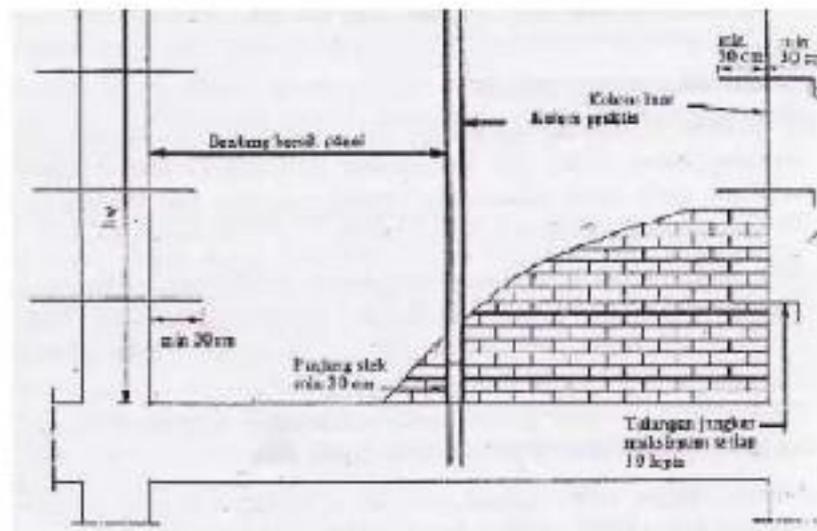
- a. Dalam Pt-T-02-2000-C Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa, kolom-kolom praktis diikat ke fondasi.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

3. Dinding pasangan

Perencanaan dinding pasangan rumah tahan gempa harus mengikuti SPM berikut ini. Menurut SNI 03-1734-1989 Tata Cara Perencanaan Beton Bertulang dan Struktur Dinding Bertulang untuk Rumah dan Gedung, agar dinding pengisi mempunyai ketahanan terhadap beban yang timbul akibat pergerakan rangka struktur, maka harus diadakan tulangan jangkar.

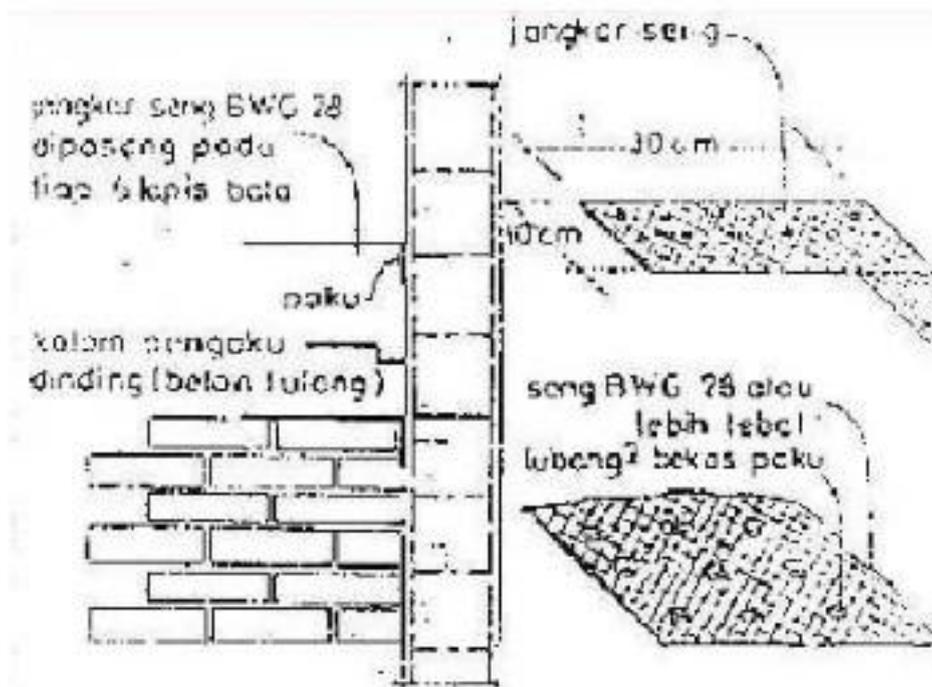


Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

Gambar Persyaratan minimum dinding bata merah tanpa lubang

Pt-T-02-2000-C Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa,

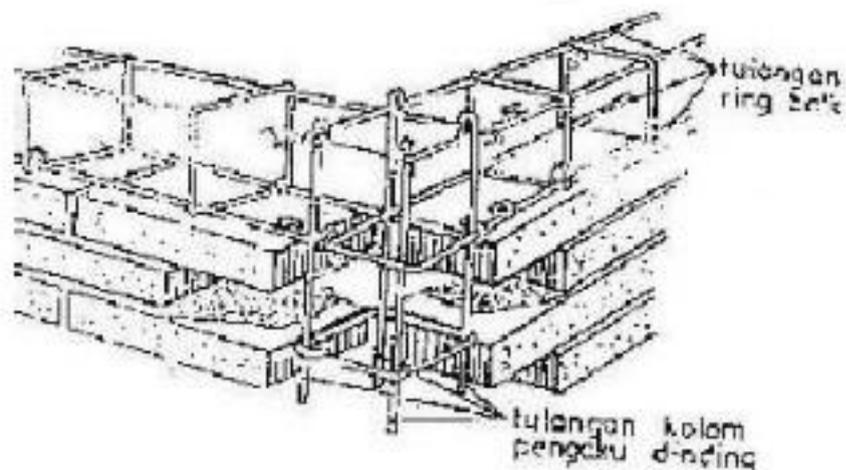
antara pasangan tembok dengan kolom diberi angker setiap 6 lapis bata atau diberi jangkar seng.



Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

4. Ring Balok

Perencanaan konstruksi balok rumah tahan gempa harus mengikuti SPM berikut ini Pt-T-02-2000-C Perencanaan Rumah Sederhana Tahan Gempa: Ring balok diikat ke kolom-kolom pengaku dinding dan pada sudut-sudut pertemuan terikat kuat antara masing-masing ring balok dan kolom.

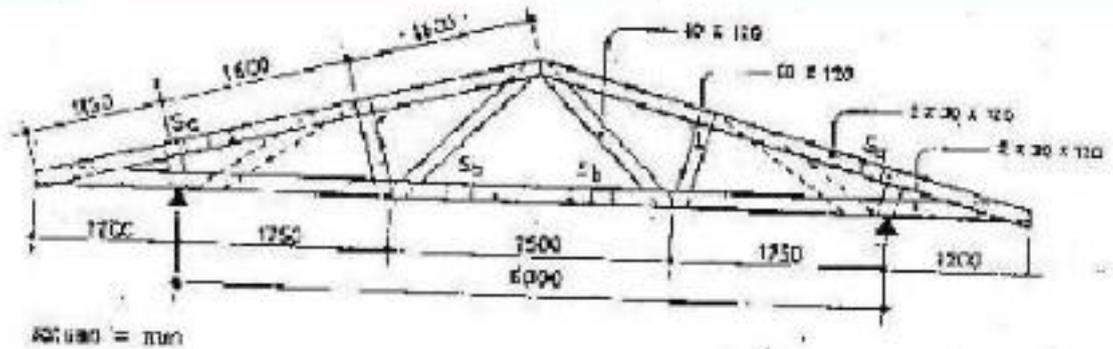


Sumber : SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

5. Rangka Atap

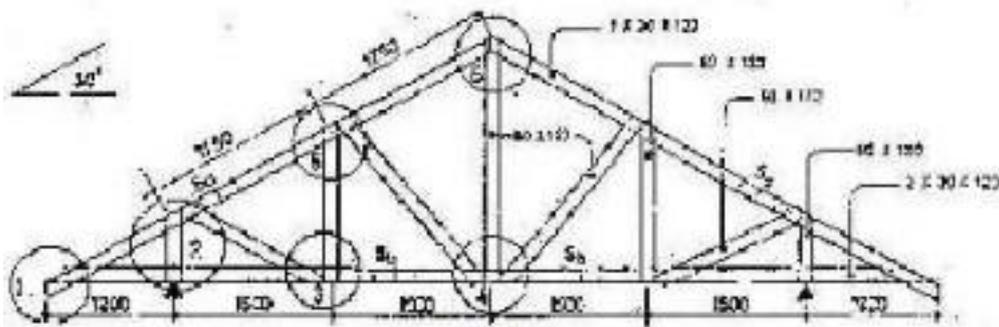
1. Kuda-kuda kayu dengan konstruksi papan paku

Bilamana konstruksi kuda-kuda kayu menggunakan balok paku, dalam SNI 03-2449-1991 Spesifikasi Kuda-kuda Balok Paku Tipe 15/6, Tipe kuda-kuda bentang 6 m, jarak antar kuda-kuda 3 m, sudut kemiringan atap 15°, dan jenis penutup atap lembaran.



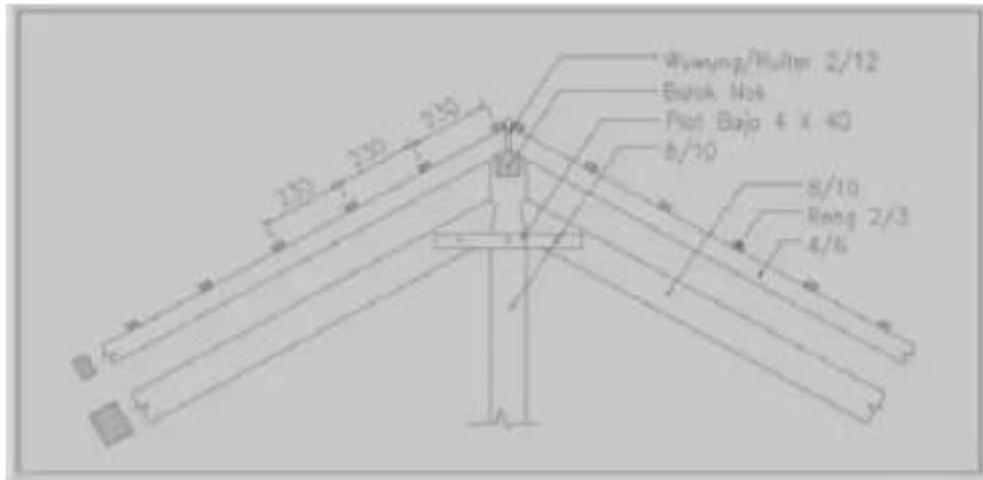
Sumber : BNPB, Kementerian PUPR

SNI 03-2450-1991 Spesifikasi Kuda-kuda Kayu Balok Paku Tipe 30/6, tipe kuda-kuda bentang 6 m, jarak antar kuda-kuda 3 m, sudut kemiringan atap 30°, dan jenis penutup atap genteng.



2. Kuda-kuda dengan konstruksi balok kayu

Dalam Pd-T-14-2004-C Pendetailan Konstruksi Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Berbasis Pasangan, beberapa hal yang perlu dicermati tarikan dari setiap detail sambungan perlu diperhatikan.

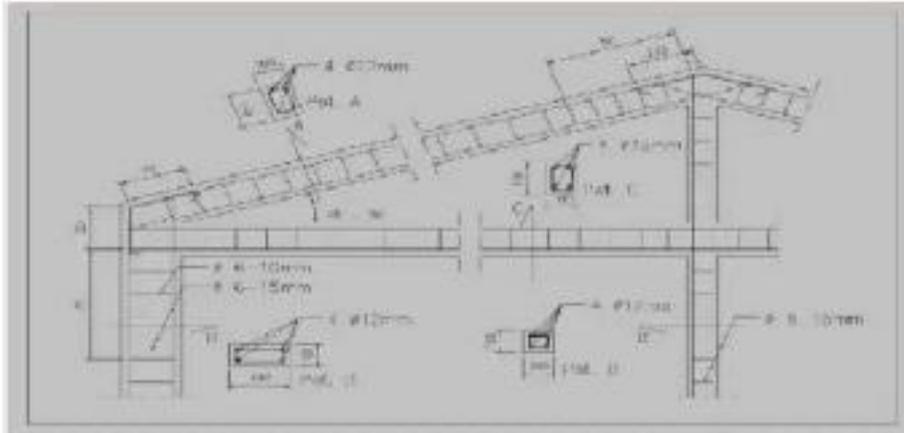


Detail Sambungan pada Bubungan

Sambungan pada balok tarik harus ditempatkan bagian tengah dari bentang dan harus menggunakan baut dengan jumlah yang cukup.

3. Kuda-kuda ampig dengan konstruksi beton bertulang

Kuda-kuda dari beton bertulang digunakan pada bangunan dengan atap pelana atau pada dinding ampig. Bagian pendetailan penulangan perlu mendapat pengawasan khusus.



Sumber SNI 2847:2019, SNI 1726:2019

D. BANGUNAN TAHAN GEMPA

A. Umum

Kerusakan bangunan yang terjadi akibat gempa bumi yang terjadi umumnya bersumber dari dua (2) hal utama yaitu yang pertama adalah kesalahan dalam perencanaan atau desain yang seringkali tidak sesuai dengan peraturan bangunan tahan gempa pada daerah dimana peristiwa gempa itu terjadi dan yang ke dua adalah buruknya aspek pendetailan elemen struktur beton bertulang pada bangunan yang mengalami keruntuhan. Kesalahan dalam perencanaan dapat terjadi karena sering dalam perencanaan, perencana berupa seorang arsitektur atau insinyur mengabaikan akibat-akibat fatal yang dapat timbul akibat gempa ketika merancang atau mendesain suatu bangunan. Sedangkan buruknya aspek pendetailan tulangan dapat disebabkan oleh mutu pekerjaan dilapangan yang tidak baik dan juga tidak sesuai standar yang ditetapkan sehingga bangunan tidak akan dapat mengembangkan kekuatan pikulnya sampai dengan batas maksimum secara duktail.

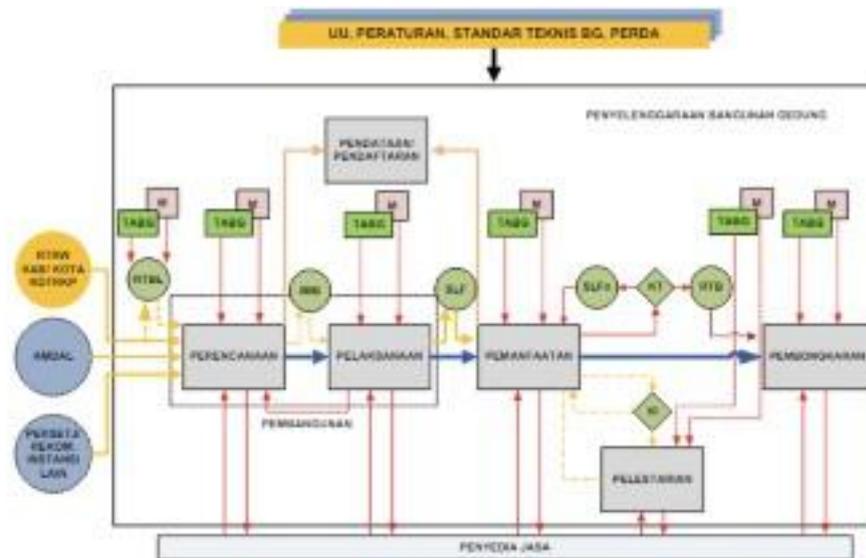
Pada tahun 1960 sampai 1970, negara-negara dengan resiko gempa yang

tinggi mulai mengadopsi peraturan bangunan tahan gempa tersebut dalam peraturan bangunan mereka. Pada periode yang sama, dengan semakin meningkatnya pemahaman yang lebih baik dari perilaku dinamis tanah seperti halnya perilaku in-elastic struktur, hal ini membawa perkembangan yang lebih maju pada peraturan seismik.

Dalam kenyataannya, di era modern sekarang, peraturan-peraturan desain bangunan tahan gempa yang telah ada tidak sepenuhnya dijadikan pedoman dalam mendesain bangunan tahan gempa maupun menjadi pedoman pekerjaan dilapangan. Hal ini tentu saja merupakan masalah yang serius terhadap kondisi bangunan-bangunan yang semakin kompleks dari hari- ke hari. Oleh karena itu, bertolak belakang dari fakta yang terjadi bahwa kesalahan dalam desain bangunan dan buruknya pendetailan tulangan mengakibatkan bangunan rentan terhadap gempa bumi maka hendaknya kita belajar mendesain bangunan dan melakukan proses konstruksi (pembangunan) dengan belajar dari peristiwa gempa yang telah terjadi tersebut dengan melihat kesalahan-kesalahan yang terdapat pada bangunan-bangunan yang mengalami keruntuhan di timpa bencana gempa bumi di masa silam.

B. Tahap-Tahap Proses Penyelenggaraan Bangunan Gedung

Proses penyelenggaraan bangunan merupakan kegiatan pembangunan yang meliputi proses perencanaan teknis dan pelaksanaan konstruksi, serta kegiatan pemanfaatan, pelestarian dan pembongkaran bangunan gedung. Bagan alir tahapan proses penyelenggaraan bangunan gedung menurut PERMENPU No. 24 Tahun 2007 adalah sebagai berikut:



Proses Penyelenggaraan Bangunan Gedung
Sumber: PERMENPU No. 24 Tahun 2007

KETERANGAN:

M = Masyarakat

KT = Kajian Teknis

KI = Kajian Identifikasi

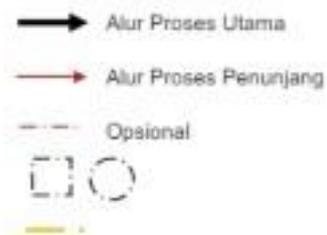
RTB = Rencana Teknis Pembongkaran

TABG = Tim Ahli Bangunan Gedung

SLF = Sertifikat Laik Fungsi

SLFn = Perpanjangan Sertifikat Laik Fungsi

Sumber : BNPB, Kementerian PUPR



Uraian proses penyelenggaraan proyek sesuai dengan gambar diatas adalah sebagai berikut:

Dalam proses penerbitan IMB, dokumen rencana teknis:

1. Wajib mengikuti persyaratan dalam RTRW Nasional untuk bangunan gedung, RTRW provinsi, RTRW kabupaten/ kota, RDTRKP, dan/ atau RTBL.
2. Disusun dengan mengacu pada rekomendasi/ hasil Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) yang diwajibkan untuk bangunan gedung tertentu, atau Upaya Pemantauan Lingkungan (UPL), dan Upaya Pengelolaan Lingkungan (UKL).
3. P

penyelenggaraan prasarana dan sarana atau pelayanan kepentingan umum harus mendapat persetujuan/ rekomendasi dari instansi terkait atau Pembina penyelenggara prasarana dan sarana yang dimaksud.

4. Dokumen rencana teknis melalui proses:
 - a. Dokumen rencana teknis untuk bangunan gedung umum, diperiksa (dicatat dan diteliti) oleh pemerintah daerah melalui/cq. Instansi teknis Pembina penyelenggaraan bangunan gedung, dan dikaji oleh Tim Ahli Bangunan Gedung untuk disampaikan dalam dengar pendapat publik.
 - b. Pertimbangan teknis oleh Tim Ahli Bangunan Gedung untuk dokumen rencana teknis yang telah disetujui dalam dengar pendapat publik:
 - c. Dokumen rencana teknis bangunan gedung untuk kepentingan umum, dinilai/dievaluasi dan disetujui oleh pemerintah kabupaten/ kota, kecuali Provinsi DKI Jakarta adalah pemerintah provinsi.
 - d. Dokumen rencana teknis bangunan gedung tertentu fungsi khusus, dinilai/ dievaluasi dan disetujui oleh Pemerintah cq. Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Penataan Bangunan dan Lingkungan berkoordinasi dengan pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang menjadi lokasi pembangunan bangunan gedung tertentu fungsi khusus.
 - e. Pemeriksaan permohonan Izin Mendirikan Bangunan:
 - a. Pencatatan dan penelitian kelengkapan dan kebenaran dokumen administratif.
 - b. Pencatatan dan penelitian kelengkapan dokumen rencana teknis.
 - c. Penelitian kebenaran rencana teknis.
 - d. Pengkajian oleh Tim Ahli Bangunan Gedung.
 - e. Penilaian/ evaluasi.
 - f. Persetujuan dan pengesahan.

f. Tahap Pelaksanaan

Setelah sebuah bangunan gedung telah mendapat Izin Mendirikan Bangunan maka tahap selanjutnya adalah tahap pelaksanaan. Dalam tahap pelaksanaan tersebut hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Pelaksanaan harus sesuai dengan rencana teknis yang telah disetujui dengan diberikannya IMB.
- b. Pelaksanaan bangunan gedung yang menimbulkan dampak penting terhadap lingkungan, Tim Ahli Bangunan Gedung menerima pendapat dan pertimbangan dari masyarakat, serta memberi masukan dan pertimbangan dalam penyelesaian masalah secara langsung kepada pemerintah daerah, dan/ atau melalui forum dengan pendapat publik.
- c. Tim Ahli Bangunan Gedung juga dapat memberikan pertimbangan teknis untuk membantu proses peradilan dan menjaga objektivitas serta nilai keadilan dan pemutusan perkara tentang pelanggaran dan penyelenggaraan bangunan gedung.

Bangunan yang telah selesai dilaksanakan harus mendapat sertifikat laik fungsi. Syarat sebuah bangunan dapat diberikan sertifikat laik fungsi adalah sebagai berikut

1. Bangunan yang memenuhi syarat administrative.
2. Bangunan yang memenuhi persyaratan teknisnya.

g. Tahap Pemanfaatan, Pelestarian dan Pembongkaran

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada fase pemanfaatan suatu bangunan adalah sebagai berikut:

1. Setelah bangunan dimanfaatkan 20 tahun, maka

bangunan tersebut harus diperpanjang sertifikat laik fungsinya (SLFn).

2. Pelaksanaan bangunan gedung yang menimbulkan dampak penting terhadap lingkungan, Tim Ahli Bangunan Gedung menerima pendapat dan pertimbangan dari masyarakat, serta memberi masukan dan pertimbangan dalam penyelesaian masalah secara langsung kepada pemerintah daerah, dan/ atau melalui forum dengan pendapat publik.
3. Tim Ahli Bangunan Gedung juga dapat memberikan pertimbangan teknis untuk membantu proses peradilan dan menjaga objektivitas serta nilai keadilan dan pemutusan perkara tentang pelanggaran dan penyelenggaraan bangunan gedung.
4. Ketika suatu bangunan ingin di lakukan pembongkaran maka Tim Ahli Bangunan Gedung mempunyai fungsi melakukan Rencana Teknis Pembongkaran (RTB) serta melakukan kajian teknis dan memberikan pertimbangan –pertimbangan teknis dan menerima pendapat dari masyarakat serta memberi masukan dan penyelesaian masalah tersebut secara langsung maupun dalam forum dengar pendapat publik.

1. Konsep Umum Bangunan Tahan Gempa

Konsep umum bangunan tahan gempa ditentukan berdasarkan level kinerja dari struktur yang ditentukan berdasarkan pemahaman terhadap aspek resiko keselamatan (safety), kesiapan pakai (occupancy), dan resiko kerugian

finansial yang timbul akibat gempa (economic loss) selama umur rencana bangunan. FEMA 356 (2000), menetapkan level kinerja untuk perancangan struktur tahan gempa sebagai berikut :

Level Kinerja	Probabilitas Gempa Rencana	Keterangan
Operasional	50% / 50 tahun	Tidak ada kerusakan structural dan non structural yang berarti bangunan dapat tetap berfungsi
Immediate occupancy (IO)	20% / 50 tahun	Tidak terjadi kerusakan structural, komponen non struktural masih berada ditempatnya dan bangunan masih tetap berfungsi tanpa terganggu masalah perbaikan
Life safety (LS)	10% / 50 tahun	Terjadi kerusakan structural akan tetapi tidak terjadi keruntuhan, komponen non struktur tidak dapat berfungsi akan tetapi bangunan dapat digunakan setelah perbaikan
Collapse Prevention (CP)	2% / 50 tahun	Kerusakan terjadi pada komponen structural dan non structural, bangunan hampir runtuh, dan kecelakaan akibat kejatuhan material sangat mungkin terjadi

Sumber : FEMA 356 2000

Level Kinerja Struktur Berdasarkan FEMA 356

Secara umum aplikasi konsep bangunan tahan gempa diatas dapat dicapai melalui : (1) pengaturan konfigurasi bangunan; (2) pengaturan level beban gempa; (3) pemilihan sistem struktur; dan (4) pendetailan elemen struktur bangunan.

1. Kriteria Dasar Desain Bangunan Tahan Gempa

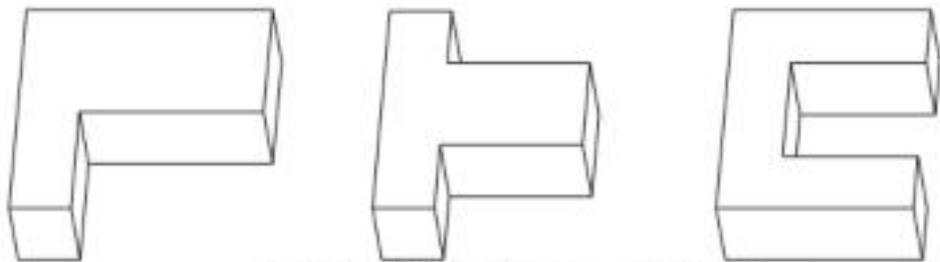
Pengaturan Konfigurasi Bangunan

1. Denah Bangunan Sederhana dan Simetris (Konfigurasi Horizontal)

Denah dari struktur bangunan gedung harus diusahakan mempunyai bentuk yang sederhana, kompak, dan simetris, agar mempunyai perilaku dan kinerja yang baik pada saat terjadi gempa, serta mempunyai kekuatan yang besar terhadap pengaruh momen puntir akibat gempa. Pengalaman dari banyak gempa diwaktu yang lalu menunjukkan bahwa, struktur-struktur bangunan dengan bentuk yang sederhana dan simetris seperti bujursangkar, persegi panjang, atau lingkaran, mempunyai ketahanan yang paling baik terhadap pengaruh gempa. Sebab utama dari hal ini adalah, pada bangunan berbentuk simetris, perilaku dan respon dinamik struktur akibat pengaruh gempa dapat diperkirakan dengan lebih baik serta lebih rendahnya tingkat daktilitas struktur yang diperlukan. Dibandingkan dengan struktur yang tidak simetris, yang pada

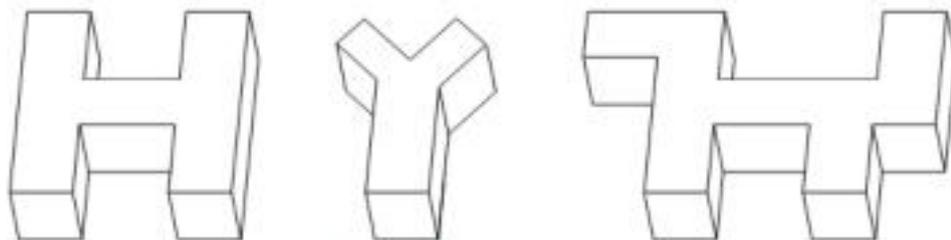
umumnya menerima pengaruh momen puntir yang cukup besar pada saat terjadi gempa. Berhubungan dengan hal ini, maka hendaknya denah dari bangunan dibuat sesimetris mungkin dalam kedua arah sumbu utama bangunan.

Pada struktur-struktur dengan bentuk denah yang tidak simetris, serta pada struktur yang mempunyai bagian-bagian yang menonjol seperti bentuk L, T, U, H, Y serta bentuk-bentuk lain (gambar 2.2), akibat pengaruh gempa, pada bagian-bagian ini kadang-kadang akan runtuh terlebih dahulu diakibatkan adanya konsentrasi tegangan didaerah ini.



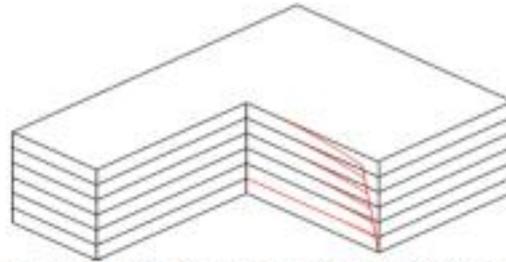
Bentuk-Bentuk Struktur Bangunan yang Tidak Beraturan

Sumber : BNPB, Kementerian PUPR



Bentuk-Bentuk Struktur Bangunan yang Tidak Beraturan

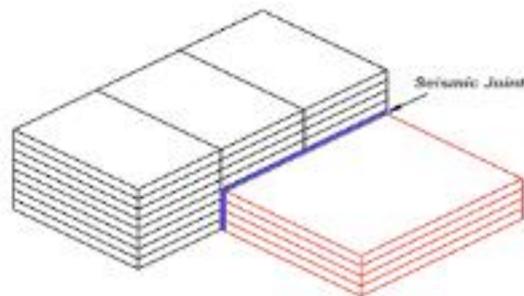
Sumber : BNPB, Kementerian PUPR



Keruntuhan Pada Struktur dengan Bentuk Tidak Beraturan

Sumber : Sphere Association (2018)

Pada struktur-struktur bangunan dengan konfigurasi denah seperti ini, perlu adanya dilatasi gempa (seismic joint) untuk memisahkan bagian struktur yang menonjol dengan struktur utamanya (Gambar 2.4). Dilatasi gempa harus mempunyai jarak yang cukup (minimal 10 cm), agar bagian-bagian dari struktur yang dipisahkan tidak saling berbenturan pada saat berlangsungnya gempa. Pada struktur dengan bentuk denah yang panjang, mekanisme gaya gempa yang rumit dapat terjadi didalam struktur. Untuk mengatasi hal ini maka diperlukan juga adanya dilatasi gempa yang dipasang pada tempat-tempat yang tepat.



Dilatasi Gempa Pada Struktur Dengan Denah yang Panjang

Sumber : Sphere Association (2018)

Respon dari sayap-sayap pada struktur bangunan gedung dengan tonjolan-tonjolan, dapat berbeda dari respon gedung tersebut secara keseluruhan, sehingga dapat menimbulkan gaya-gaya setempat yang besar. Hal ini mungkin tidak dapat terungkap dengan baik jika bangunan ini dianalisis dengan prosedur analisis static. Karena itu dalam peraturan disyaratkan dilakukannya prosedur analisis dinamik untuk bangunan gedung dengan konfigurasi denah yang tidak simetris.

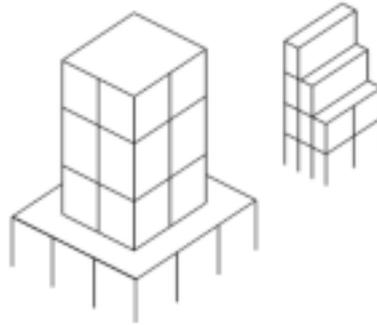
2. Konfig

Pada arah vertikal dari struktur bangunan gedung, perlu dihindari adanya bentuk yang tidak menerus, seperti loncatan bidang muka akibat denah lantai tingkat yang tidak sama, atau perubahan kekakuan dan kekuatan akibat perubahan dimensi kolom yang mendadak dari suatu tingkat ke tingkat lainnya. Jika konfigurasi struktur dalam arah vertikal tidak seragam dan menerus (Gambar 2.6), maka suatu gerakan yang besar akan terjadi pada tempat-tempat tertentu pada struktur. Pada kasus seperti ini, perlu dilakukan prosedur analisis dinamis untuk mengetahui respon dari struktur.

Suatu struktur bangunan gedung yang mempunyai rasio antar tinggi (H) dan lebar (B) yang besar ($H/B > 4$), akan mengalami simpangan horizontal yang besar akibat pengaruh beban gempa, karena struktur bangunan tidak mempunyai kekuatan lateral yang cukup besar untuk menahan gaya horizontal akibat gempa. Meskipun dapat dikurangi dengan memasang dinding geser (shear wall), tetapi momen guling yang terjadi pada struktur akibat beban gempa, tetap akan berpengaruh pada stabilitas struktur.

Beban gempa dapat mengakibatkan momen guling yang besar pada struktur bangunan. Akibat momen guling ini, maka pada kolom-kolom luar dan pondasi-pondasi dari struktur bangunan akan bekerja gaya aksial tekan dan tarik yang cukup besar. Gaya tarik yang besar ini dapat mengakibatkan tertariknya pondasi bangunan.

Kearah tinggi dari bangunan, sebaiknya kelangsingan dari bangunan gedung dibatasi dengan perbandingan antara tinggi dan lebar bangunan, lebih kecil dari 4. Makin langsing konfigurasi dari struktur bangunan, maka akan semakin besar tegangan-tegangan yang terjadi pada kolom-kolom luar struktur, serta akan semakin besar gaya-gaya aksial dan momen lentur yang harus didukung oleh pondasi. Hal ini perlu kiranya menjadi perhatian bagi seorang perencana struktur



Perubahan Bentuk Struktur Bangunan Pada Arah Vertikal

Sumber : Sphere Association (2018)

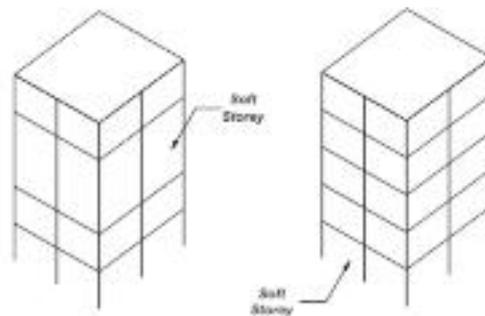
1. Menghindari Soft Storey

Jika pada struktur bangunan gedung terdapat suatu tingkat yang lemah (*soft storey*), dimana kekakuan dan kekuatan dari suatu tingkat lebih rendah dibandingkan dengan tingkat-tingkat yang berada di atas atau dibawahnya seperti diperlihatkan pada Gambar 2.7, maka pada saat terjadi

Gempa kuat, tegangan dan deformasi plastis akan terkonsentrasi pada tingkat ini, dan hal ini dapat mengakibatkan keruntuhan dari struktur. Lantai tingkat yang lemah pada bangunan gedung bertingkat banyak, dapat disebabkan karena tidak seragamnya tinggi kolom tingkat dari bangunan.

Lantai tingkat yang lemah terdapat juga pada bangunan gedung dengan lantai dasar yang terbuka tanpa dinding penyekat, sedangkan lantai-lantai di atasnya tertutup penuh oleh dinding-dinding penyekat.

Pada bangunan ini, lantai dasar yang terbuka umumnya digunakan sebagai tempat parkir, karena terbatasnya lahan yang tersedia. Struktur bangunan dengan lantai tingkat yang lemah sejauh keadaan memungkinkan harus dihindari, karena hal ini dapat menyebabkan keruntuhan dari struktur pada tingkat ini akibat terbentuknya sendi-sendi plastis di kolom.



Lantai Tingkat yang Lemah (Soft Storey)

Untuk mendapatkan respon yang baik dari struktur, distribusi dari kekakuan sepanjang tinggi bangunan harus dengan seragam dan menerus. Konsep ini sangat berkaitan dengan prinsip kesederhanaan dan kesimetrisan. Struktur bangunan akan sangat tahan terhadap pengaruh gempa, jika persyaratan-persyaratan dibawah ini terpenuhi:

- a. Distribusi kekakuan dan kekuatan sepanjang tinggi bangunan harus seragam dan menerus.
- b. Semua kolom struktur dan dinding geser (jika ada), harus menerus dan tanpa pemutusan dari atap sampai pondasi.
- c. Semua balok struktur harus berhubungan secara menerus.
- d. Balok-balok dan kolom-kolom struktur diusahakan mempunyai sumbu yang sama.
- e. Penampang dari elemen-elemen struktur penahan gempa, tidak boleh berubah bentuk secara tiba-tiba.
- f. Elemen-elemen struktur sedapat mungkin harus berhubungan secara mololit.

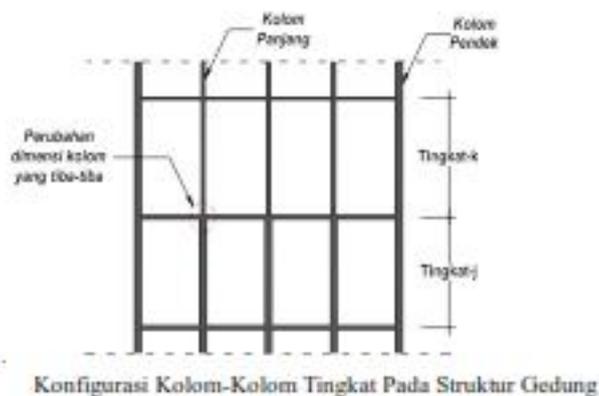
2. Menghindari Short Column Effect

Dimensi dari kolom-kolom struktur yang terdapat pada suatu tingkat, sebaiknya mempunyai ukuran yang sama dan seragam. Jika pada suatu tingkat terdapat kolom-kolom struktur dengan beberapa ukuran yang tidak seragam (kolom pendek dan kolom panjang), maka gaya geser akibat gempa yang bekerja pada tingkat tersebut akan terkonsentrasi pada kolom-kolom yang lebih kaku, yaitu kolom-kolom

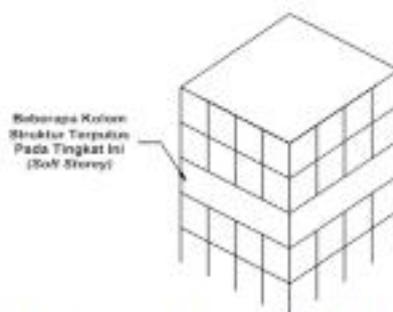
pendek. Konsentrasi gaya geser dapat menyebabkan runtuhnya kolom pendek terlebih dahulu sebelum keruntuhan dari kolom panjang terjadi.

Gambar dibawah ini menunjukkan kolom-kolom dari suatu tingkat dengan ukuran yang seragam (Tingkat-j), serta kolom-kolom dengan ukuran yang tidak seragam (Tingkat-k) yang terdapat pada suatu sistem struktur bangunan, serta perubahan yang mendadak dari ukuran kolom dari suatu tingkat ke tingkat yang lain di atasnya.

Masalah lainnya dalam perencanaan struktur adalah terputusnya elemen-elemen vertikal (kolom dan/ atau dinding geser) penahan gempa (Gambar). Bila hal ini terjadi maka meskipun analisis dan desain struktur menggunakan perhitungan dengan komputer, tegangan-tegangan yang terjadi pada elemen-elemen struktur tidak dapat dihitung secara akurat.



Sumber : SNI 2847:2019 – Beton Bertulang



Soft Storey Pada struktur Bangunan Akibat Terputusnya Kolom

Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

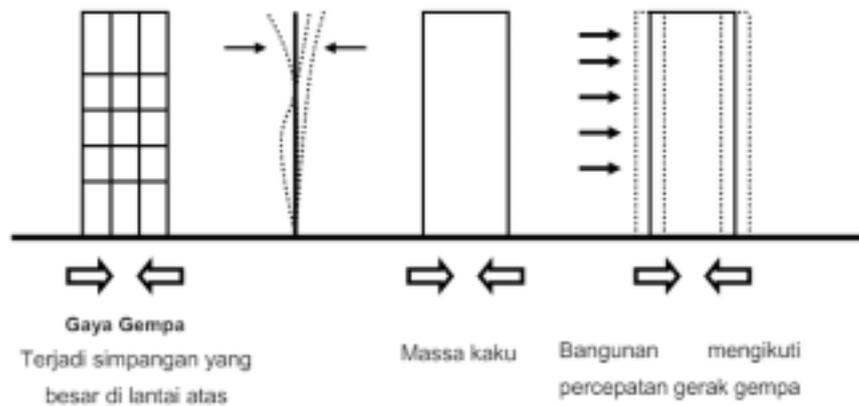
3. Kekakuan Yang Cukup

Suatu struktur harus memiliki kekakuan yang cukup sehingga pergerakannya dapat dibatasi. Kekakuan struktur dapat diukur dari besarnya simpangan antar lantai (drift) bangunan. Semakin kecil simpangan struktur maka bangunan tersebut akan semakin kaku (Smith dan Coull, 1991). Ada perbedaan antara displacement dan drift, displacement adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai sedangkan drift adalah simpangan suatu lantai diukur dari dasar lantai dibawahnya. Kekakuan bahan itu sendiri dipengaruhi oleh modulus elastisitas bahan dan ukuran elemen tersebut. Dan modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan bahan, maka semakin kuat bahan maka bahan tersebut juga semakin kaku. Namun bahan yang terlalu kaku bisa menjadi getas (patah seketika).

Kekakuan struktur adalah gaya yang diperlukan oleh struktur untuk mengalami deformasi sebesar satu satuan. Nilai kekakuan struktur ditentukan oleh property material, dimensi elemen struktur, persentase penulangan, kondisi batas, tegangan dan nilai deformasi struktur. Bangunan harus diberikan kekakuan secukupnya, sehingga $F = m \cdot a$ yang terjadi tidak besar dan lendutan atau simpangan (deviasi/sway-drift) antar tingkat bangunan/ lantai bangunan masih terletak pada batas yang diizinkan.

Apabila kekakuan bangunan sangat kecil, maka pada saat tanah bergerak akibat gempa, bangunan praktis tidak mengalami percepatan atau tidak terbawa untuk bergerak. Bangunan terasa mengayun secara fleksibel atau dengan istilah bangunan lebih elastic. Bangunan yang demikian dikatakan memiliki respon yang kecil terhadap gempa. Apabila kekakuan bangunan-bangunan sangat besar, maka massa bangunan akan dipaksa untuk Beberapa Kolom Struktur Terputus Pada Tingkat Ini (Soft Storey) II - 13 mengikuti sepenuhnya gerakan tanah, sehingga percepatan yang dialami bangunan akan praktis sama percepatan tanah. Bangunan yang demikian dikatakan mempunyai respon yang besar terhadap gempa.

Optimasi yang ideal adalah gabungan komposisi kedua prinsip diatas dalam batas yang diizinkan dengan tidak terlalu kaku dan tidak terlalu lentur. Dalam hal ini material struktur, sistim sambungan struktur sangat berpengaruh terhadap pergerakan massa bangunan.



Pola Kekakuan Bangunan Gedung

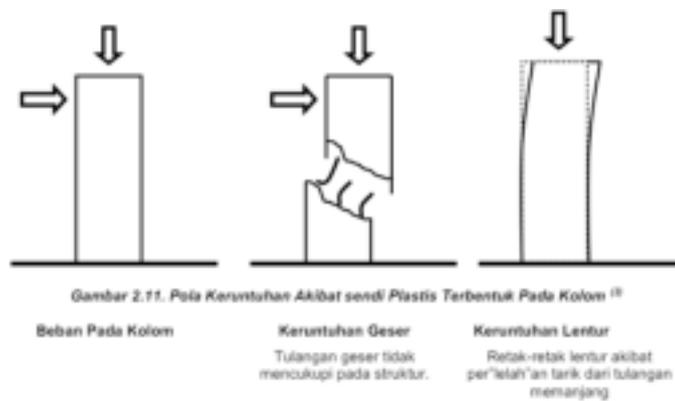
Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

4. Kekuatan Yang Cukup

Pada prinsipnya struktur diberi kekuatan secukupnya, sehingga akibat gempa berkekuatan sedang, struktur tersebut tetap elastic tanpa mengalami kerusakan struktur tetapi kerusakan elemen non-struktural dapat diterima misalnya untuk gempa bumi dengan periode waktu ulang 20 tahun.

Akibat gempa kuat, struktur bangunan secara keseluruhan harus masih dapat bertahan tanpa runtuh walaupun sudah terjadi kerusakan pada bagian struktur maupun non-struktur. Misalnya untuk gempa besar dengan periode ulangan 500 tahun.

Sendi-sendi plastis sebaiknya terbentuk pada balok dan bukan pada kolom sehingga keruntuhan balok bisa diterima akan tetapi keruntuhan total struktur bangunan seperti kolom/ pilar dapat dihindari.



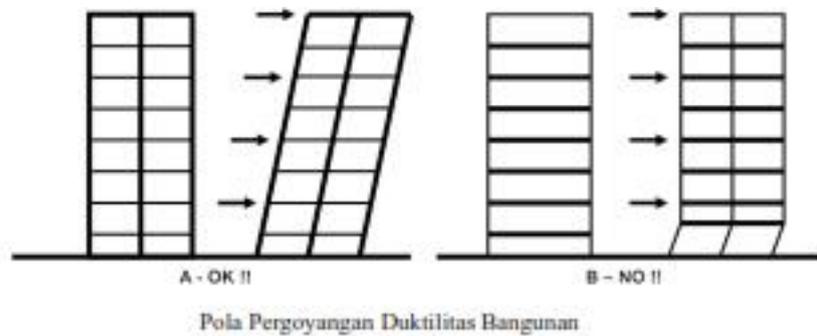
Sumber : Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

5. Memiliki Duktilitas Yang Cukup

Duktilitas suatu struktur merupakan kemampuan suatu struktur untuk mengalami simpangan pasca-elastik yang besar secara berulang kali dan bolak-balik akibat beban gempa yang menyebabkan terjadinya pelepasan pertama. Besar kecilnya duktilitas didalam struktur bangunan sangat bergantung pada detail unsur-unsur bangunan terutama didalam sambungan-sambungannya.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada agar duktilitas pada suatu bangunan dapat tercapai adalah sebagai berikut:

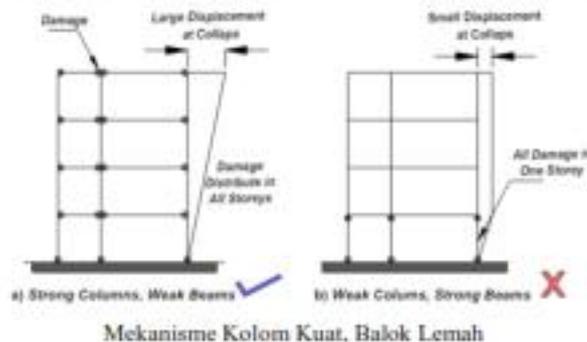
- a. Sistem sambungan pada elemen struktur vertical maupun horizontal sangat menentukan faktor duktilitas.
- b. Salah satu syarat mutlak untuk tercapainya duktilitas yang tinggi adalah kolom-kolom harus lebih kuat dari pada balok-balok sehingga sendi plastis selalu akan terjadi dalam balok dan tidak pada kolom struktur.
- c. Kemungkinan terjadinya sendi plastisitas pada portal-portal terbuka adalah lebih besar dari pada dinding geser. Hal ini dimungkinkan sistem portal mempunyai duktilitas yang lebih tinggi dari pada dinding geser.



Sumber : Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

Perilaku struktur diatas bisa diterima sebagai pemecahan sistem portal bangunan, dimanan kolom lebih kuat dari sistem balok. Gambar B. Elemen kolom lebih lemah dari balok atau sistem plat sehingga sendi plastis terjadi pada kolom. Perilaku struktur seperti ini dapat lebih dikenal dengan istilah “Lantai Lemah” atau “Soft Storey”. Kerusakan yang terjadi dapat meruntuhkan bangunan.

Pemecahannya adalah dengan mendisain kekuatan kolom lebih besar dari kekuatan balok. Jika dalam segi arsitektural balok-balok tinggi dibutuhkan sebaiknya rencanakan sistem balok tersebut dengan pra-cetak. Hal ini dimungkinkan sambungan pra-cetak tidak terlalu kaku atau “rigid” sehingga dapat berfungsi sebagai sambungan sendi.

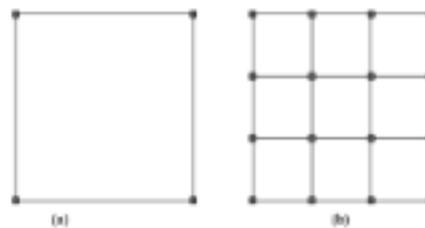


Sumber : Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

6. Bangunan Memiliki Redudancy yang Tinggi

Faktor redudansi berfungsi untuk meningkatkan gaya geser dasar pada struktur. SNI 03-1726-2012 pasal 7.3.4 menetapkan bahwa faktor redudansi, ρ harus ditetapkan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah orthogonal untuk semua sistem struktur.

Sebagai contoh, untuk kedua denah dibawah ini keduanya simetris dan tidak mempunyai "re-entrant corner". Denah struktur (b) lebih "redundant" dibandingkan dengan struktur (a). Dengan demikian struktur (b) berperilaku lebih baik dibandingkan dengan (a) bila dibebani beban gempa. Logikanya adalah bila pada suatu struktur dengan elemen lebih banya, bila salah satu runtuh maka masih banyak elemen lain yang dapat membantu memberikan ketahanan terhadap gempa.



Redudancy Pada Struktur

7. Sistem Struktur Bangunan Gedung Harus Jelas

Dalam mendesain suatu struktur bangunan gedung, aplikasi sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan sistem struktur yang telah direncanakan. Keseragaman antara sistem struktur yang direncanakan dan yang digunakan di lapangan sangat menentukan respon struktur terhadap beban gempa yang dikenai pada struktur.

Ada dua jenis sistem struktur yang sering digunakan yaitu sistem rangka pemikul momen dan sistem rangka dengan diafragma vertikal. Sistem rangka yang berbentuk rangka II - 17 pemikul momen (momen resisting frame), merupakan sistem rangka yang paling banyak digunakan dari pada sistem dengan diafragma vertical.



BAB VII

PERANCANGAN

BANGUNAN

TAHAN GEMPA

Bangunan tahan gempa mempunyai tiga filosofi. Pertama, apabila terjadi gempa ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun strukturnya. Kedua, apabila terjadi gempa sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non-strukturalnya, akan tetapi komponen struktur tidak boleh rusak. Ketiga, apabila terjadi gempa besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non-struktural maupun strukturalnya, akan tetapi sebelum bangunan runtuh masih ada waktu bagi penghuni bangunan untuk mengungsi ke tempat aman. (Tular, 1984).

Bangunan yang dikatakan tahan gempa adalah bangunan yang merespon gempa dengan sifat daktilitas yang mampu bertahan dari keruntuhan, fleksibilitas dalam meredam getaran gempa.

Prinsip-prinsip bangunan tahan gempa: (Tular, 1984).

1. Daktilitas

Perencanaan secara daktilitas atas desain struktur rumah, Gedung, serta semua unsur penahan gempa sesuai dengan pedoman sehingga berperilaku secara daktilitas atau ulet.

2. Konfigurasi bentuk bangunan

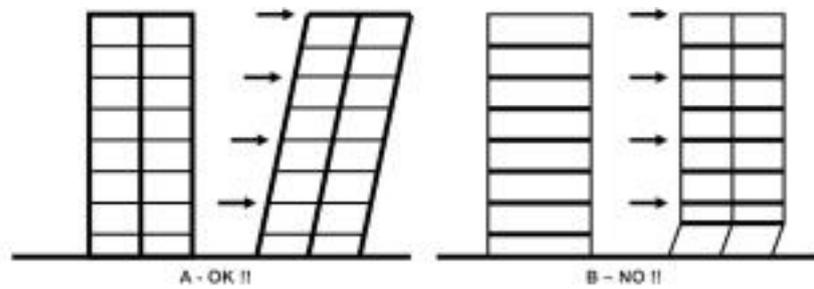
Baik konfigurasi secara mendatar (horizontal) maupun ke atas (vertikal) harus diletakkan sesimetris mungkin terhadap pusat massa dari bangunan tersebut untuk menghindari terjadinya pemusatan gaya gempa di titik-titik tertentu pada struktur bangunan.

Diafragma dan ikatan lantai

3. Diperlukan perencanaan yang tepat demi membagi beban-beban tingkat akibat gempa kepada unsur-unsur penahan gempa dalam tingkat itu sebanding dengan kekakuan lateral masing-masing.

4. Hubungan dinding antar lantai dan atap

Dinding beton dan dinding pasangan harus dijangkarkan kepada semua lantai dan atap yang diperlukan untuk menghasilkan dukungan

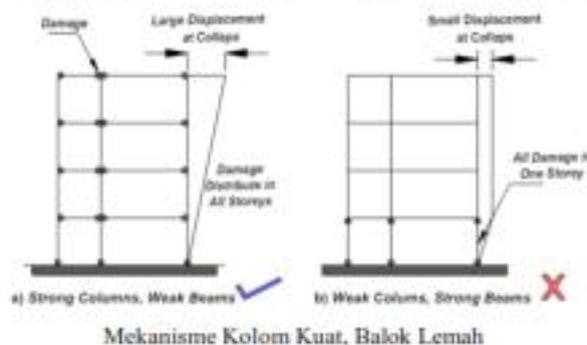


Pola Pergoyangan Duktilitas Bangunan

Sumber : Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

Perilaku struktur diatas bisa diterima sebagai pemecahan sistem portal bangunan, dimanan kolom lebih kuat dari sistem balok. Gambar B. Elemen kolom lebih lemah dari balok atau sistem plat sehingga sendi plastis terjadi pada kolom. Perilaku struktur seperti ini dapat lebih dikenal dengan istilah “Lantai Lemah” atau “Soft Storey”. Kerusakan yang terjadi dapat meruntuhkan bangunan.

Pemecahannya adalah dengan mendisain kekuatan kolom lebih besar dari kekuatan balok. Jika dalam segi arsitektural balok-balok tinggi dibutuhkan sebaiknya rencanakan sistem balok tersebut dengan pra-cetak. Hal ini dimungkinkan sambungan pra-cetak tidak terlalu kaku atau “rigid” sehingga dapat berfungsi sebagai sambungan sendi.



Mekanisme Kolom Kuat, Balok Lemah

Sumber : Sumber : BNPB (2017). Pedoman Teknis Bangunan Tahan Gempa

5. Hubungan antar pondasi

Pondasi-pondasi harus saling berhubungan dalam dua arah yang pada umumnya saling tegak lurus oleh unsur-unsur penghubung yang direncanakan terhadap gaya aksial Tarik dan tekan sebesar 10 persen dari beban vertikal maksimum pada pembebanan dengan gempa pada salah satu pondasi yang dihubungkan.

6. Bobot yang ringan

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa dikenal istilah bahwa semakin ringan bobot bangunan, maka gaya gempa yang diterima bangunan akan jauh berkurang. Hal ini terjadi karena besarnya gaya gempa yang diterima suatu bangunan tergantung dari besarnya percepatan gempa dan berat total bangunan itu sendiri. Semakin berat suatu bangunan maka semakin besar pula gaya gempa yang akan terjadi pada bangunan tersebut.

7. Ketahanan terhadap kebakaran Gempa bumi sering kali diikuti oleh terjadinya bahaya kebakaran yang terjadi karena besarnya kemungkinan terjatuhnya kompor, lilin, atau lampu penerangan, sambungan arus pendek pada instalasi listrik dan lain sebagainya. Oleh karena itu, struktur bangunan harus tahan terhadap kebakaran, supaya tidak terjadi bahaya yang lebih besar.

Tujuan dari struktur Gedung yang direncanakan tahan gempa adalah:

- d. Sedikit mungkin menghindari korban jiwa manusia yang diakibatkan runtuhnya Gedung tersebut.
- e. Mengizinkan Gedung mengalami sedikit kerusakan akibat gempa kecil dan sedang sehingga bias diatasi.
- f. Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni Gedung ketika terjadi gempa ringan sampai sedang.
- g. Mempertahankan setiap layanan vital dari fungsi Gedung.

A. Struktur Baja

a. Umum

Baja merupakan perpaduan antar logam dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utama. Karbon dalam baja berfungsi sebagai unsur pengerasan pada kisi kristal atom besi. Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 1,7%, sedangkan besi mengandung karbon dengan persentasi lebih besar dari 1,7%.

Baja merupakan bahan konstruksi yang memiliki kekuatan tinggi dibandingkan bahan lain. Salah satu sifat baja adalah keliatan (ductility) dimana baja mampu untuk berdeformasi baik dalam tegangan maupun kompresi sebelum terjadi patah. Selain itu, baja juga memiliki daya tahan (durability) khususnya terhadap cuaca yang merupakan pertimbangan penting untuk menggunakan baja selain penyediaan secara luas yang dapat dilakukan dengan mudah. Dibandingkan dengan beton, baja memiliki keunggulan ditinjau dari berat material dan waktu pelaksanaannya dimana baja relatif lebih ringan dan waktu pelaksanaannya lebih singkat. Jika ditinjau dari segi kekuatan, kekakuan, dan daktilitas, maka baja sangat baik digunakan untuk mengevaluasi struktur yang diberi pembebanan. Namun, selain kondisi tadi akan ada pengaruh lingkungan bagi kelangsungan struktur bangunannya. Jadi, pada kondisi tertentu, suatu bangunan bahkan dapat mengalami kerusakan meskipun tidak dibebani sehingga perlu adanya antisipasi.

b. Kelebihan Struktur Baja

Sebagai bahan struktur, baja mempunyai kontrol mutu yang baik karena merupakan buatan pabrik. Oleh sebab itu, kualitas material baja yang dihasilkan relatif homogen dan konsisten dibanding material lain. Berikut adalah beberapa kelebihan dari baja sebagai bahan struktur.

- Kekuatan tinggi

Baja memiliki kekuatan Tarik lebih besar dibandingkan kekuatan tekannya. Kekuatan baja yang tinggi membuat baja mempunyai ukuran penampang yang relatif kecil. Hal ini menjadikan baja struktur yang cukup ringan sekalipun berat jenis baja tinggi.

- Keseragaman
Sifat baja tidak banyak berubah terhadap waktu tidak seperti halnya dengan struktur beton.
- Elastisitas
Momen inersia untuk penampang baja dapat ditentukan dengan pasti dibandingkan dengan penampang beton bertulang.
- Daktilitas
Daktilitas didefinisikan sebagai sifat material untuk menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik. Suatu elemen baja yang diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan. Sifat daktil baja memungkinkan terjadinya leleh local pada titik-titik tersebut sehingga dapat mencegah keruntuhan prematur.
- Dapat dibongkar
Struktur baja umumnya dapat dibongkar dan dapat dipasang kembali sesuai kebutuhan, sehingga struktur baja ini dapat dipakai berulang-ulang dalam berbagai bentuk struktur.

c. Kekurangan Struktur Baja

Secara umum baja mempunyai kekurangan sebagai berikut.

- Biaya pemeliharaan
Umumnya pemeliharaan struktur baja membutuhkan biaya yang cukup besar.
- Biaya perlindungan terhadap kebakaran
Baja merupakan bahan yang mudah terpengaruh oleh temperatur sehingga bila terjadi perubahan temperatur secara drastis seperti adanya kebakaran, maka kekuatan baja akan menurun dengan sangat mudah sehingga menyebabkan bangunan runtuh meskipun belum mencapai tegangan ijin.
- Rentan terhadap bahaya tekuk (buckling)

Baja memiliki kekuatan yang tinggi maka banyak ditemui batang struktur yang langsing. Semakin langsing suatu elemen tekan, semakin besar pula bahaya tekuk (buckling).

B. Pembebanan

a. Umum

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Umumnya penentuan besarnya suatu beban hanya berupa estimasi. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi, maka yang perlukan selanjutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut.

a. Beban Mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian suatu bangunan yang bersifat tetap selama masa layan struktur, termasuk unsur-unsur tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari bangunan tersebut. Termasuk dalam beban ini adalah berat struktur, pipa-pipa, saluran listrik, AC, lampu-lampu, penutup lantai, dan plafon.

b. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban gravitasi yang bekerja pada struktur dalam masa layannya, dan timbul akibat penggunaan suatu gedung. Termasuk beban ini adalah berat manusia, perabotan yang dapat dipindah-pindah, kendaraan, dan barang-barang lain.

c. Kombinasi Beban Terfaktor

Kombinasi beban untuk metode ultimit berdasarkan SNI 2847-2013 adalah sebagai berikut.

1 1 4 D

(2.2.a)

2. $1,2 D + 1,6 L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$

(2.2.b)

3. $1,2 D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5 W)$

(2.2.c)

4. $1,2 D + 1,0 W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R)$

(2.2.d)

5. $1,2 D + 1,0 E + L$

(2.2.e)

6. $0,9 D + 1,0 W$

(2.2.f)

7. $0,9 D + 1,0 E$

(2.2.g)

Keterangan:

D = beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen.

L = beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung.

Lr = beban hidup yang diakibatkan oleh beban atap.

R = beban hujan.

W = beban angin.

G = beban gempa.

b. Analisis Beban Gempa Berdasarkan SNI 1726-2012

a. Wilayah Gempa

Parameter percepatan gempa ditentukan berdasarkan 2 hal, yaitu parameter percepatan terpetakan dan kelas situs. Parameter S_s (percepatan batuan dasar pada periode pendek) dan S_1 (percepatan batuan dasar pada perioda 1 detik) harus ditetapkan masing-masing dari respons spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam peta gerak tanah seismik pada pasal 14 dengan kemungkinan 2 persen terlampaui dalam 50 tahun (MCER, 2 persen dalam 50 tahun), dan dinyatakan dalam bidang decimal terhadap percepatan gravitasi. Bila $S_1 \leq 0,04 g$

kategori desain seismik A. (SNI 1762- 2012 Pasal 6.1.1)

Sedangkan kelas situs mengatur klasifikasi berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs SA, SB, SC, SD, SE, atau SF. Bila sifatsifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bias ditentukan kelas situsnya, maka kelas situs SE dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs SF. (SNI 1762-2012 Pasal 6.1.2)

b. Kategori Gedung

Pada SNI 1762-2012 Pasal 4.1.2, berdasarkan fungsinya Gedung akan diklasifikasikan sebagai berikut.

Tabel 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: <ul style="list-style-type: none">- Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan.- Fasilitas sementara- Gudang penyimpanan	I

<ul style="list-style-type: none"> - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat <p>Fasilitas penitipan anak</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk dalam 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi 	III

Gedung dan non gedung yang tidak termasuk kategori risiko IV, (termasuk, tapi 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 dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahay bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.

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 public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat
- Struktur tambahan (termasuk Menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, Menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau mineral 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 gempa

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

c. Metode Analisa dan Desain

a. Analisa Struktur

Analisis struktur menurut cara-cara mekanika teknik yang baku merupakan praperencanaan bagi desain struktur. Bentuk dan besarnya ukuran penampang akibat pembebanan akan menentukan desain. Analisis dengan bantuan komputer menggunakan aplikasi analisis struktur dalam mendapatkan bentuk dan besarnya sistem struktur berupa gaya-gaya dalam harus dilakukan dengan model matematik yang mensimulasikan keadaan struktur yang sesungguhnya dilihat dari bahan dan kekakuan unsur-usurnya. Dengan menggunakan bantuan aplikasi komputer akan mempermudah perhitungan analisis struktur, struktur statis tak tentu.

Struktur statis tak tentu mempunyai beberapa kelebihan dibanding struktur statis tertentu. Kelebihan-kelebihan tersebut di antaranya, yaitu momen lentur lebih kecil sehingga defleksinya berkurang dan penampang juga menjadi lebih kecil. Perbedaan yang signifikan pada struktur statis tertentu dan struktur statis tak tentu adalah adanya aksi tahanan yang berkembang pada struktur statis tak tentu akibat adanya perubahan bentuk yang ada padanya. Reaksi yang dihasilkan oleh tumpuan akibat aksi prategang disebut reaksi sekunder. Reaksi sekunder ini menghasilkan momen dan geser sekunder.

b. Analisis Portal Tiga Dimensi

Struktur terbentuk dari elemen-elemen batang lurus (lazimnya) prismatic yang dirangkai dalam ruang tiga dimensi, dengan sambungan antar ujung-ujung batang diasumsikan kaku sempurna.

Namun, dapat dipindah tempat dan berputar dalam ruang tiga dimensi. Beban luar yang bekerja boleh berada pada titik-titik buhul maupun pada titik-titik di sepanjang batang dengan arah sembarang. Posisi tumpuan yang berupa jepit atau sendi harus berada pada titiktitik buhul. Mengingat sambungan antar ujung-ujung batang adalah kaku sempurna yang dapat menjamin stabilitas elemen, maka sistem portal tiga dimensi ini meskipun lazim mendekati bentuk-bentuk segiempat, namun, pada prinsipnya diperbolehkan berbentuk sembarang. Elemen-elemen pembentuk portal tiga dimensi (space frame system) tersebut akan mengalami gaya-gaya dalam (internal forces) berupa: momen lentur (bending moment) dalam dua sumbu putar, momen torsi (torsional moment), gaya geser dalam dua arah, dan gaya aksial. Berbagai contoh struktur di lapangan yang dapat diidealisasikan menjadi sistem portal tiga dimensi antara lain adalah struktur portal gedung bertingkat banyak, struktur bangunan industri/pabrik, struktur jembatan berbentang panjang, struktur dermaga, dan sejenisnya, yang ditinjau secara tiga dimensi. (Nasution, 2000)

Portal ruang mempunyai enam komponen reaksi disetiap tumpuan. Tiga komponen x,y,z serta tiga kopel M_x, M_y, M_z . Pada titik kumpul kaku mempunyai tiga persamaan momen, resultan tegangan disetiap bisa enam dari 12 gaya diketahui sehingga setiap batang memberi enam gaya yang tak diketahui. (Nasution, 2000)

d. Analisis Penampang Komponen Baja

a. Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Keruntuhan dari suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga keruntuhan total (total collapse) pada seluruh struktur. Oleh sebab itu, kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan.

Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Selain itu, kolom sendiri termasuk struktur utama yang

meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (beban pengguna suatu bangunan dan juga barang-barang yang dapat berpindah) serta beban angin.

Persyaratan desain kolom dalam spesifikasi LRFD dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$h. \quad Nu \leq \phi N_n$$

.....
 (2.9)

Dimana:

N_u = Gaya tekan terfaktor.

ϕ = Faktor reduksi kekuatan.

N_n = Kuat tekan nominal komponen struktur.

(SNI butir 7.6.2 dan 9.2)

a) Perbandingan kelangsingan

1) Kelangsingan elemen penampang $\lambda_{elemen} \leq \lambda_r$.

2) Kelangsingan komponen struktur tekan, $\lambda_{batang} = L k r < 200$.

Dimana:

λ_{elemen} = Kelangsingan elemen batas (SNI, Tabel 7.5-1)

λ_r = Kelangsingan batas (kritis)

λ_{batang} = Kelangsingan batang desak.

L = Panjang kritis/skematis batang.

Jika $\lambda_{elemen} = b t < \lambda_r$ (Kompak), maka berlaku:

$$N_n = A_g \cdot f_c r$$

$$= A_g \cdot \phi \cdot f_y \cdot \omega$$

.....
 (2.10)

Nilai ω (koefisien tekuk) diambil sebesar 3 kemungkinan

- 1) Untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1,0$
- 2) Untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = 1,43 - 0,67 \lambda_c$
- 3) Untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25$.

$$\lambda_c = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{L_k}{r_y} \cdot \left(\sqrt{\frac{f_y}{E}} \right) \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

A_g = Luas tampang bruto/gross, mm².

f_{cr} = Tegangan kritis tampang, Mpa.

f_y = Tegangan leleh baja, Mpa.

r_y = jari-jari girasi komponen struktur terhadap sumbu y-y, mm.

L_k = Panjang tekuk komponen struktur tersusun pada arah tegak lurus sumbu, mm.

- b) Komponen struktur tekan yang elemen penampangnya mempunyai perbandingan lebar terhadap tebal lebih besar daripada nilai λ_r yang ditentukan dalam Tabel 1 (SNI, Tabel 7.5-1) harus direncanakan dengan analisis rasional yang dapat diterima.

Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal untuk elemen tertekan (f_y

Jenis Elemen	Perbandingan terhadap tebal (λ)	Perbandingan maksimum lebar terhadap tebal	
		λ_r (kompak)	λ_c (kompak)
Pelat sayap balok-I dan kanal dalam lentur	b/t	$170 / \sqrt{f_y} [c]$	$370 / \sqrt{f_y - f_y} [c]$
Pelat sayap balok-I hibrida atau balok tersusun yang dilas dalam lentur	b/t	-	$\frac{420}{\sqrt{f_y - E/k_c}} [c][f]$
Pelat sayap dari komponen-komponen struktur tersusun dalam tekan	b/t	-	$290 / \sqrt{f_y/k_c} [f]$

dinyatakan dalam MPA)

menurut butir 7.4, N.mm.
 ϕ = Faktor reduksi(0,9).
 M_{nx} = Kuat nominal dari momen lentur penampang. M_n diambil nilai yang lebih kecil dari kuat nominal penampang, untuk momen lentur terhadap sumbu x yang ditentukan oleh butir 8.2, atau kuat nominal

komponen struktur untuk momen lentur terhadap sumbu x yang ditentukan oleh butir 8.3 pada balok baja, atau butir 8.4 khusus untuk balok pelat berdingding penuh, N.mm.

1.1.2 Tegangan Lentur dan Momen Plastis

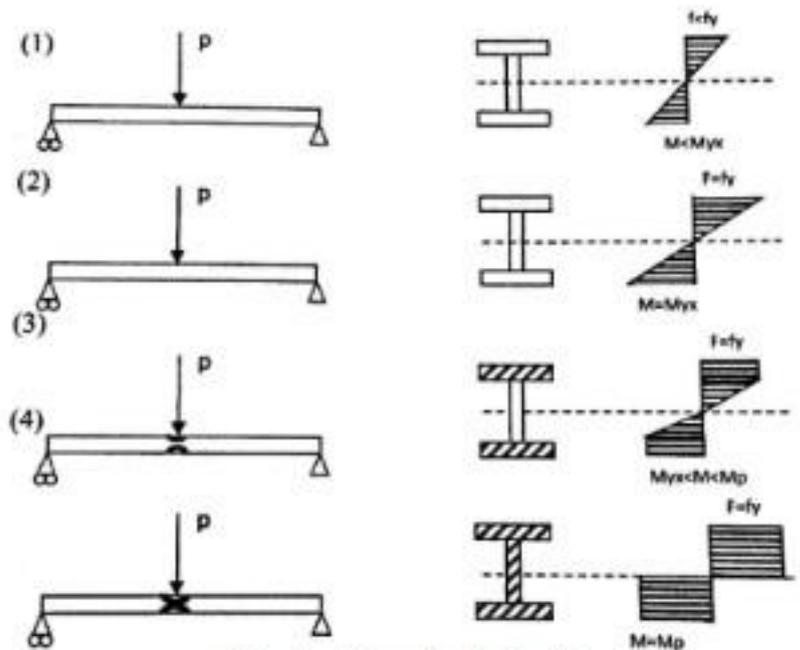
Distribusi tegangan pada sebuah penampang akibat momen lentur, diperlihatkan pada gambar 3. Pada daerah beban layan, penampang masih elastis kondisi elastik berlangsung hingga tegangan pada serat terluar mencapai kuat lelehnya (f_y). Setelah mencapai tegangan leleh (ϵ_y), tegangan akan terus naik.

Ketika kuat leleh tercapai pada serat terluar tahanan momen nominal sama dengan momen leleh M_{yx} , dan besarnya adalah:

$$M_{ny} = M_{yx} = S_x \cdot f_y \dots\dots\dots (2.12)$$

Dan pada saat kondisi plastis (gambar 3.4) tercapai, semua serat dalam penampang melampaui regangan lelehnya. Tahanan momen nominal dalam kondisi ini dinamakan momen plastis M_p , dan besarnya adalah:

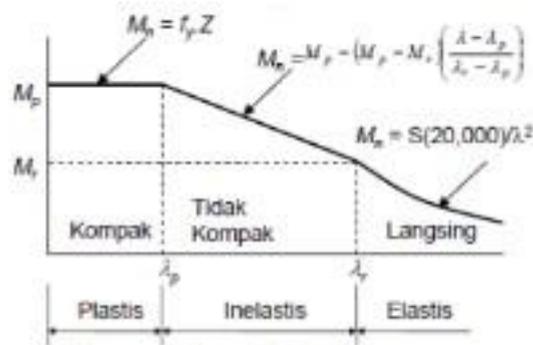
$$M_p = f_y \cdot Z \dots\dots\dots (2.13)$$



Mekanisme Keruntuhan Struktur Baja

2. Kontrol Penampang

2.1 Tekuk Lokal Sayap (Flange Local Buckling)



Flange Local Buckling

Grafik Batas Tekuk Lokal Sayap

Kelangsingan dari sayap untuk penampang I adalah:

$$\lambda = \frac{b}{t_f} = \frac{b_f}{2t_f} \dots \dots \dots (2.14)$$

Dapat dilihat pada gambar di atas, terdapat 3 zona dengan 3 tipe penampang, yaitu plastis (penampang kompak), inelastis (penampang tidak kompak), dan elastis (penampang langsing). Untuk penampang I, batas antara kompak dan non

$$\lambda_p = \frac{170}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

(SNI 03-1729 – 2002 tabel 7.5-1)

$$\lambda_p = \frac{65}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{ksi}$$

Dan batas antara non kompak dan balok langsing adalah:

$$\lambda_p = \frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}} \rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

(SNI 03-1729 – 2002 tabel 7.5-1)

$$\lambda_p = \frac{141}{\sqrt{f_y - f_r}} \rightarrow f_y = \text{ksi}$$

kompak adalah:

dimana f_r = tegangan tekan residual rata-rata pada pelat sayap = 70 Mpa (10ksi) untuk penampang di rol = 115Mpa (16.5 ksi) untuk penampang di las. Untuk memberikan kontrol

tambahan pada penampang non kompak di daerah gempa, direkomendasikan untuk λ_p direduksi menjadi $\lambda_p = 52/\sqrt{f_y}$

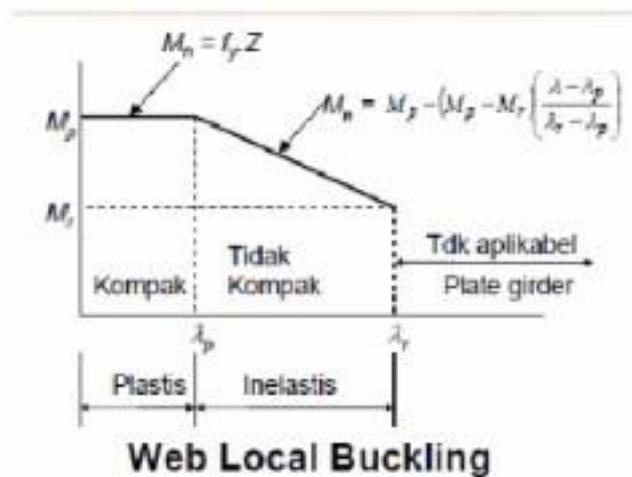
Di dalam zona plastis, momen nominal adalah:

$$M_n = M_p = f_y \cdot Z \quad (2.15)$$

Di batas antara zona non kompak dan langsing, momen adalah:

$$M_r = S \cdot (f_y - f_r) \quad (2.16)$$

2.2 Tekuk Lokal Badan (Web Local Buckling)



Grafik Batas Tekuk Lokal Badan

Untuk penampang I, batas dari plastis (penampang kompak) adalah:

$$\lambda_p = \frac{1680}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

(SNI 03-1729 – 2002 tabel 7.5-1)

$$\lambda_p = \frac{640}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{ksi}$$

dan untuk daerah inelastis (penampang non kompak):

$$\lambda_p = \frac{2550}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{Mpa}$$

(SNI 03-1729 – 2002 tabel 7.5-1)

$$\lambda_p = \frac{970}{\sqrt{f_y}} \rightarrow f_y = \text{ksi}$$

Di batas antara inelastis dan perilaku elastis, momen nominal adalah

:

$$M_n = M_r = S \cdot f_y \dots\dots\dots (2.17)$$

Baik untuk tekuk sayap maupun tekuk badan, hubunga antara λ dan M_n dalam daerah inelastis adalah linear, sehingga M_n dapat dengan mudah dikalkulasi sebagai berikut.

$$\lambda_p < \lambda < \lambda_r$$

$$M_n = M_p - (M_p - M_r) \left(\frac{\lambda - \lambda_p}{\lambda_r - \lambda_p} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

3. Persamaan Interaksi Balok – Kolom

Dalam perencanaan komponen struktur balok-kolom yang diatur dalam SNI 03-1729- 2002 pasal 11.3 yang menyatakan bahwa suatu komponen struktur yang mengalami momen lentur dan gaya aksial harus direncanakan untuk memenuhi ketentuan sebagai berikut:

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} < 0,2 \text{ maka } \frac{N_u}{\phi N_n} + \left(\frac{M_{ux}}{2\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.19)$$

$$\text{Untuk } \frac{N_u}{\phi N_n} \geq 0,2 \text{ maka } \frac{N_u}{\phi N_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{2\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan,

- Nu = gaya tekan aksial terfaktor, N.
- ϕN_n = kuat nominal penampang, N.
- ϕ = faktor reduksi tahanan tekan (0,85).
- Mux, Muy = momen lentur terfaktor sumbu x, sumbu y.
- Mnx, Mny = momen nominal untuk lentur sumbu x, sumbu y.
- ϕ_b = faktor reduksi tahanan lentur (0,9).

4. Tekuk Lokal Web Pada Komponen Struktur Balok – Kolom

Untuk menentukan tahanan lentur rencana dari suatu profil, maka kekompakan dari penampang tersebut harus diperiksa terlebih dahulu. Syarat kelangsingan badan atau kekompakan badan sebagai berikut:

C. Poin Penting Konstruksi Rumah Tahan Gempa

Pondasi Konstruksi Rumah Tahan Gempa

Pondasi adalah komponen penting dari struktur bangunan. Terletak rendah, pondasi mendistribusikan beban ke tanah. Oleh karena itu, diperlukan persiapan tanah yang tepat untuk pemasangan pondasi.

Kedalaman minimum yang disarankan untuk membangun pondasi biasanya antara 60 dan 80 cm. Untuk menilai kedalaman atau jenis pondasi yang diperlukan, disarankan untuk melakukan uji sondir tanah di lokasi proyek. Setelah mendapatkan rasio yang tepat, ahli sipil/konstruksi akan menghitung kedalaman dan komponen penguat struktur bangunan.

Berikut adalah beberapa jenis pondasi bangunan, yaitu:

1. Pondasi Batu Kali

Salah satu jenis pondasi yang umum digunakan adalah batu kali dan dapat dibangun dengan mudah. Prosesnya melibatkan penumpukan batu kali di sisi bangunan dan menggabungkannya dengan semen.

Keuntungan menggunakan pondasi batu kali adalah biaya konstruksi yang lebih murah. Hal ini karena pengerjaan yang sederhana dan tidak membutuhkan banyak komponen. Jenis pondasi ini dikenal dengan kemampuannya sebagai konstruksi rumah tahan gempa dan banjir.

Tantangan pondasi batu kali yaitu sulit ditemukan, terutama di daerah dataran rendah yang terpencil. Jenis pondasi ini tidak cocok digunakan untuk membangun rumah bertingkat.

2. Pondasi Telapak

Jenis pondasi konstruksi rumah tahan gempa berikutnya yaitu pondasi rumah telapak yang memanfaatkan beton bertulang dengan dasar persegi empat atau persegi panjang. Pondasi ini ideal digunakan untuk membangun rumah bertingkat.

Kelebihan dari pondasi telapak yaitu proses yang cepat karena tidak perlu menggali tanah terlalu dalam. Namun, proses pembuatannya cukup rumit dan tidak banyak yang memahaminya.

3. Pondasi Plat Beton Lajur

Jenis pondasi ini menggunakan beton bertulang dalam konstruksinya, yang meningkatkan sifat-sifatnya. Lebar pelat beton strip biasanya berkisar antara 70 hingga 120 sentimeter. Karena ukurannya yang sebanding, pondasi lempengan beton strip kadang-kadang digunakan sebagai alternatif ketika pasokan batu untuk pondasi batu sumbing langka.

Keuntungan dari pondasi ini adalah tidak mahal dan membutuhkan lebih sedikit penggalian, karena hanya dibangun di tempat-tempat tertentu untuk membuat kolom. Pondasi ini cocok untuk konstruksi rumah tahan gempa karena memberikan kekuatan ekstra menahan guncangan yang disebabkan oleh gempa bumi atau angin kencang.

Salah satu kekurangannya adalah proses pembuatan yang memakan waktu, terutama pembuatan cetakan, bekisting, dan pengeringan. Selain itu, kebutuhan untuk membangun kembali struktur besi secara menyeluruh telah menambah tantangan yang terkait dengan masalah ini.

4. Sumur Pondasi

Pondasi sumur adalah jenis lain yang dibangun di lokasi dengan menggunakan batu belah dan beton. Ini melibatkan penggalian tanah hingga kedalaman delapan meter dan diameter 60 hingga 80 cm.

Pondasi ini digunakan dalam konstruksi bangunan bertingkat di atas tanah kavling yang diikat. Keuntungan dari pondasi yaitu tidak memerlukan alat berat, yang membantu mengurangi biaya.

Namun, ada beberapa kekurangan seperti pengelolaan kualitas pondasi dapat menjadi tantangan karena terkubur dan tidak cocok untuk tanah berlumpur.

5. Pondasi Bored Pile

Pondasi tiang bor dibuat dengan menuangkan beton bertulang ke dalam lubang bor. Jenis pondasi ini cocok untuk bangunan bertingkat dan biaya pembuatan tidak mahal, karena membutuhkan lebih sedikit beton daripada jenis lainnya.

Namun pondasi jenis ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan peralatan yang cukup banyak, seperti mesin bor misalnya. Selain itu, teknik konstruksi pondasi ini harus tepat, karena ketidakakuratan apapun dapat menyebabkan peningkatan porositas pondasi.

6. Pondasi Cakar Ayam

Pondasi cakar ayam adalah salah satu pondasi yang umum digunakan dan terlihat seperti cakar ayam. Bentuk beton bertulang terpasang kuat di tanah. Penggunaan jenis pondasi ini ideal untuk tanah lunak, seperti yang ditemukan di sawah tua atau rawa.

Jenis pondasi ini memiliki keunggulan konstruksi yang kokoh dan sangat baik untuk jenis tanah yang banyak kandungan air dan kelembutannya. Selain itu, tidak ada bukaan untuk masuknya air karena pondasi jenis ini terbuat dari beton yang kuat dan kokoh. Kekurangan dari pondasi cakar ayam adalah tingginya biaya pembuatan. Hal ini dikarenakan rumitnya proses pembuatan dan peralatan.

b. Beton

Beton adalah bagian yang umum digunakan dalam bangunan. Konstruksi rumah tahan gempa harus menggunakan beton yang dibuat

dengan standar tertentu agar kokoh dibangun. Beton merupakan campuran antara semen portland dan hidrolis, pasir, kerikil, serta air.

Beton normal merupakan salah satu jenis yang paling umum digunakan. Material ini memiliki kelebihan yaitu kuat dengan tekanan yang tinggi, namun kuat tariknya rendah. Oleh karena itu, beton banyak digabungkan dengan baja tulangan agar menciptakan kuat tarik.

c. Beton Bertulang

Konstruksi rumah tahan gempa harus menggunakan beton bertulang. Gunakan alat vibrator ketika membuat beton bertulang untuk menghasilkan beton berkualitas. Konsep beton bertulang menggunakan elemen baja tulangan dan kawat baja.

Terdapat dua jenis baja tulangan yaitu polos dan ulir atau deform. Jenis baja tulangan polos digunakan sebagai tulangan geser, dan baja tulangan ulir sebagai tulangan memanjang.

Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Terbaru

Saat ini, Badan Standardisasi Nasional (BSN) sudah menetapkan tata cara perencanaan gempa terbaru, yaitu SNI 1726:2019. Secara garis besar, SNI terbaru ini membahas Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung maupun Non Gedung. Aturan ini adalah revisi dari SNI 1726:2012.

Berikut adalah sedikit rangkuman dari SNI 1726:2019.

Kombinasi Beban

Suatu sistem struktur harus bisa menahan beban-beban yang bekerja. Beban yang dimaksud adalah beban terfaktor yang mempunyai peluang bekerja secara bersamaan (kombinasi).

Metode Analisis Beban Gempa

Ada beberapa metode analisis beban gempa yang dapat dilakukan sesuai dengan kriteria struktur, seperti metode statis ekuivalen (beban lateral ekuivalen), metode spektrum respon, dan metode riwayat waktu.

Simpangan Antartingkat

Simpangan antartingkat adalah jarak besar simpangan dari lantai tinjauan terhadap lantai di bawahnya. Pada SNI 1726:2019, terdapat nilai maksimum simpangan antartingkat yang diizinkan. Nilainya tergantung dari kategori risiko bangunan serta tipe strukturnya.

Struktur Atas dan Struktur Bawah

Struktur atas adalah semua elemen yang berada di atas muka tanah, seperti balok, pelat, serta kolom. Sedangkan struktur bawah adalah seluruh elemen yang terletak di bawah muka tanah, seperti basement dan fondasi.

Kesimpulan

Bangunan yang sudah menerapkan struktur bangunan tahan gempa bukan berarti tidak bisa mengalami kerusakan. Tetapi, bangunan yang sudah menerapkan struktur ketahanan gempa bisa mengalami kerusakan dengan catatan, kerusakan masih dalam batas ketentuan yang berlaku.

D. Ciri-Ciri Bangunan yang Tahan Gempa

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang dirancang dan diperhitungkan dengan sangat matang, seperti merancang dan memperhitungkan kombinasi beban, penggunaan material, dan penempatan massa struktur yang terpisah tapi tetap saling berhubungan satu sama lain.

Berikut adalah ciri-ciri bangunan yang tahan gempa:

Desain Bangunan Simetris

Ciri pertama yaitu bangunan memiliki desain yang simetris. Desain bangunan yang simetris sangat baik untuk memperkuat struktur bangunan. Bangunan yang simetris mampu menahan beban gempa yang lebih baik, karena kekuatan struktur yang merata serta kurangnya efek torsi.

Fleksibel

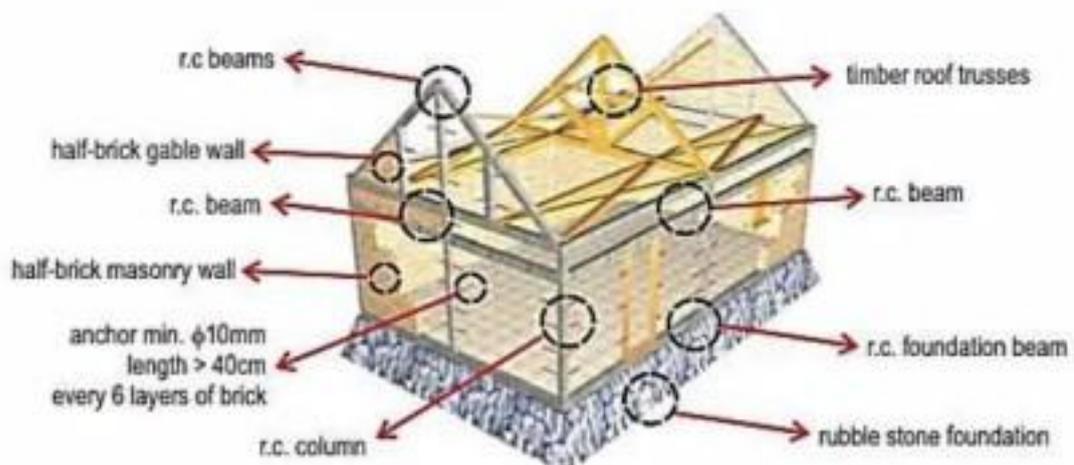
Ciri kedua yaitu bangunan memiliki struktur yang fleksibel atau tidak kaku. Struktur bangunan yang kaku cenderung lebih rentan mengalami keretakan apabila terjadi gempa. Berbeda dengan struktur bangunan yang fleksibel, bangunan akan menjadi lebih kuat.

Komponen Struktur Saling Mengikat

Ciri terakhir bangunan tahan gempa yaitu bisa diketahui dari komponen struktur yang saling mengikat. Komponen struktur yang saling mengikat satu sama lain bisa memperkuat bangunan karena beban gempa akan disalurkan secara lebih merata

PRINSIP MEMBANGUN RUMAH TAHAN GEMPA

1. Good quality materials.
2. Good workmanship.
3. All building components (foundation, columns, beams, walls, roof trusses, roofing) **MUST** be **TIED** to each other, so that when **SHAKEN BY EARTHQUAKES**, the building will act as **ONE INTEGRAL UNIT**.



Sumber : UN-Habitat (2014), Sphere (2018)

Syarat Minimum Bangunan Tahan Gempa

Bangunan Tembokan Bata atau Batako dengan Perkuatan Beton Bertulang

Sengkiang



Sengkiang minimal diameter 8 mm jarak = 15 cm



Jangkar minimal diameter 10 mm panjang >40 cm tiap 6 lapis bata

Sumber: Takky Bism dan rekan, DR Ir Husein Lata

Perhatikan

1. Mutu bahan bangunan
2. Detail sambungan
3. Mutu pengerjaan
4. Kayu harus di anti rayap



Kuda-kuda kayu

Diperkuat plat baja 4,40 mm dan baut minimal 10 mm

Bata

Bata/batako direndam sampai jenuh sebelum dipasang

Campuran Adukan Spesi

1 PC (semen) 4 Pasir

Campuran Adukan Beton

1 PC (semen) 2 Pasir 3 Kerikil

Sumber UN-Habitat (2014), Sphere (2018)

DAFTAR PUSTAKA

- Pusat Kajian Anggaran Badan Keahlian DPR RI. (2018). Buletin APBN : *Kelemahan-Kelemahan Penanggulangan Bencana Alam di Indonesia (p.03). Vol. III, Edisi 18*, September 2018. ISO 9001:2015, Certificate No. IR/QMS/00138
- Aminudin. (2013). *Mitigasi dan Kesiapsiagaan Bencana Alama*. Bandung: Angkasa Bandung
- Arsip Nasional Republik Indonesia. (2011). *Prosedur Pengelolaan, Perlindungan, dan Pengamanan Arsip Vital*. Jakarta : Arsip Nasional Republik Indonesia.
- Kurniawan, R., Habibie, M. N., & Suratno, S. (2011). *Variasi bulanan gelombang laut di Indonesia*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 12 (3). doi: <http://dx.doi.org/10.31172/jmg.v12i3.104>
- Mulyanto, dkk. (2012). *Petunjuk Tindakan dan Sistem Mitigasi Banjir Bandang*. Jakarta: JICA
- Nisa, F. (2014). *Manajemen Penanggulangan Bencana Banjir, Puting Beliung, dan Tanah Longsor di Kabupaten Jombang*. *JKMP (Jurnal Kebijakan dan Manajemen Publik)*, 2(2), 103-116.
- Pratiwi, D. I. (2019). *Partisipasi Masyarakat dalam Program Desa Tangguh Bencana (Destana) di Desa Pilangsari Kabupaten Bojonegoro*. *Publika*, 7 (7).
- Pusat Data Informasi dan Humas BNPB. *Buku Data Bencana Indonesia 2009 (2010)*. Jakarta.
- Nugroho, S. P (2010). *Karakteristik Fluks Karbondan Kesehatan DAS dari Aliran Sungai Sungai Utama di Jawa*. Bogor: InstitutPertanian Bogor Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan dan Kawasan. Year Book Mitigasi Bencana 2003
- (2004). Jakarta: BPPT Plate, E.J. 2002. Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology* 267 : 2–11. Prosiding Identifikasi Dampak Perubahan Iklim Pada Sumber Daya Air di Indonesia (2009). Kedeputan Bidang Pemberdayaan dan <http://dibi.bnpb.go.id/DesInventar/dashboard.jsp> Pemasarakatan IPTEK. Jakarta:

