



CARA MEMPERBAIKI BANGUNAN SEDERHANA YANG RUSAK AKIBAT GEMPA BUMI



TEDDY BOEN & REKAN



Dicetak oleh:

Bekerjasama dengan:



HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH
UNDANG-UNDANG.

DILARANG MENGUTIP, MEMPERBANYAK, ATAU
MENTERJEMAHKAN SEBAGIAN ATAU SELURUH
ISI BUKU PANDUAN INI DALAM BENTUK APAPUN
JUGA (ELEKTRONIK, PHOTO COPY, DLL) TANPA
IZIN TERTULIS DARI PENGARANG.

Cetakan Kedua
Januari 2010

Cetakan Pertama November 2009



WORLD SEISMIC SAFETY INITIATIVE
TEDDY BOEN



Dicetak oleh:



AUSTRALIA-INDONESIA
FACILITY FOR
DISASTER REDUCTION



Bekerjasama dengan:



PRAKATA CETAKAN KEDUA

JANUARI 2010

PADA AWALNYA, BUKU MANUAL "CARA MEMPERBAIKI BANGUNAN SEDER HANA YANG RUSAK AKIBAT GEMPA BUMI" MERUPAK AN KUMPULAN TULISAN DAN KULIAH-KULIAH IR. TEDDY BOEN SEPER TI DAPAT DILIHAT DI KEPUSTAK AAN.

CETAKAN PER TAMA TELAH DITERBITK AN BULAN NOVEMBER 2009 SEGERA SETELAH GEMPA SUMATERA BARAT, 30 SEPT EMBER 2009. KARENA BANYAK SARAN-SARAN YANG DITERIMA, CETAKAN KEDUA BUKU MANUAL INI TELAH DISUNTING KEMBALI OLEH SATU TIM TERDIRI DARI:

1. IR. TEDDY BOEN, WORLD SEISMIC SAFETY INITIATIVE
2. JODI FIRMANSJAH, PH.D., INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
3. DR. FEBRIN A. ISMAIL, UNIVER SITAS ANDALAS, PADANG
4. DYAH KUSUMASTUTI, PH.D., INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
5. DR. IR. YUSKAR LASE, UNIVER SITAS INDONESIA
6. DR. KRISHNA PRIBADI, INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
7. PROF. IR. H. SAR WIDI, MSCE, PH.D., IP-U, UNIVER SITAS ISLAM INDONESIA, YOGYAKARTA
8. PROF. DR. IR. IMAN SATYARNO, M.E., UNIVER SITAS GADJAH MADA, YOGYAKARTA
9. PROF. IR. H. WIDODO, MSCE, PH.D., UNIVER SITAS ISLAM INDONESIA, YOGYAKARTA
10. LENNY, S.T., M.T., PT. TEDDY BOEN KONSULTAN

JAKARTA, JANUARI 2010



Dicetak oleh:

Bekerjasama dengan:



PRAKATA

PADA AKHIR-AKHIR INI BANYAK GEMPA BUMI YANG MERUSAK TERJADI DI BERBAGAI NEGARA DI DUNIA, TERMASUK DI INDONESIA. GEMPA-GEMPA TERMAKSUD TELAH MENYEBABKAN BANYAK KORBAN JIWA MAUPUN KERUGIAN HARTA. BESARNYA KERUSAKAN DAN KERUGIAN AKIBAT GEMPA BUMI CENDERUNG UNTUK BERTAMBAH DI MASA YANG AKAN DATANG. HAL INI DISEBABKAN OLEH KENYATAAN BAHWA PENDUDUK DUNIA SEMAKIN BERTAMBAH DAN DAERAH PEMUKIMAN SEMAKIN BANYAK DIBANGUN DI DAERAH YANG RAWAN GEMPA.

BANYAK BANGUNAN YANG DIBANGUN TIDAK MENGIKUTI PRINSIP-PRINSIP DASAR BANGUNAN TAHAN GEMPA. BAHKAN DI BANYAK TEMPAT DI DUNIA, MUTU BAHAN DAN MUTU Pengerjaannya sedemikian rendahnya sehingga kemungkinan rusaknya dan ambruknya bangunan-bangunan tersebut sangat besar walaupun gempa bumi yang terjadi tidak tergolong besar.

SUATU HAL YANG KURANG MENGUNTUNGKAN ADALAH KENYATAAN BAHWA YANG TERBANYAK MENGALAMI KERUGIAN ADALAH NEGARA-NEGARA YANG BELUM ATAU SEDANG BERKEMBANG. JADI MAYORITAS BANGUNAN-BANGUNAN YANG MENGALAMI KERUSAKAN TERMASUK DALAM KONSTRUKSI "NON-ENGINEERED".

SEGERA SETELAH TERJADI SUATU GEMPA, BIASANYA TERJADI KERAGUAN UNTUK MENENTUKAN BANGUNAN MANA YANG HARUS DIBONGKAR, BANGUNAN MANA YANG MASIH DAPAT DIPERBAIKI, DAN BANGUNAN MANA YANG HARUS DIPERKUAT SERTA BAGAIMANA MELAKUKANNYA.

MANUAL INI DITULIS UNTUK MENCOBA MENJAWAB HAL TERSEBUT DAN MEMBERIKAN GAMBARAN TENTANG APA YANG DAPAT DILAKUKAN SECARA MUDAH, PRAKTIS, SEDERHANA DAN RELATIF MURAH.

CARA-CARA YANG DIANJURKAN DAN DETAIL-DETAIL YANG DIGAMBARKAN DALAM MANUAL INI KHUSUS UNTUK BANGUNAN TEMBOKAN TANPA PERKUATAN, BANGUNAN TEMBOKAN DENGAN PERKUATAN DAN BANGUNAN BETON BERTULANG YANG SEDERHANA. DETAIL-DETAIL TERSEBUT MERUPAKAN PRINSIP DASAR DAN SYARAT MINIMUM UNTUK DAPAT MEMBERIKAN KETAHANAN TERHADAP GEMPA.

WALAUPUN DERAJAT KEGEMPAAN TIDAK SAMA DI SEMUA DAERAH TETAPI PRINSIP-PRINSIP TETAP DAPAT DIPAKAI DENGAN SEDIKIT PENYESUAIAN.

JAKARTA, DESEMBER 1992
TEDDY BOEN

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------|
| PRAKATA | -i- |
| DAFTAR ISI | -iii- |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| II. PENGARUH GEMPA BUMI TERHADAP STRUKTUR | 3 |
| III. KERUSAKAN TIPIKAL BANGUNAN NON-ENGINEERED | 14 |
| IV. SEBAB-SEBAB KERUSAKAN BANGUNAN NON-ENGINEERED | 17 |
| V. KATEGORI KERUSAKAN | 20 |
| VI. RETROFITTING (PERBAIKAN, RESTORASI, PERKUATAN) | 22 |
| VII. LANGKAH-LANGKAH RETROFITTING | 24 |
| VIII. STRATEGI & SISTIM RETROFITTING | 26 |
| IX. CARA PERBAIKAN & PERKUATAN BANGUNAN | 34 |
| 9.1. PERBAIKAN DINDING RETAK | 34 |
| 9.2. PERBAIKAN DINDING ROBOH DAN PENAMBAHAN KOLOM PRAKTIS .. | 38 |
| 9.3. PERBAIKAN KOLOM & BALOK BETON YANG RUSAK | 41 |
| 9.4. PERBAIKAN KOLOM BAGIAN ATAS & KOLOM BAGIAN BAWAH YANG RUSAK DAN PENAMBAHAN SENGGANG KOLOM & BALOK | 45 |
| 9.5. PERBAIKAN KOLOM YANG MIRING DAN RUSAK DI BAGIAN ATAS | 49 |
| 9.6. CONTOH PERBAIKAN RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM & BALOK BETON BERTULANG | 54 |
| 9.7. CONTOH PERBAIKAN RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN DENGAN MENGGUNAKAN KAWAT ANYAMAN YANG DIPLESTER DENGAN ADUKAN PASIR & SEMEN | 55 |
| 9.8. PERBAIKAN RUKO BETON BERTULANG | 59 |
| 9.9. PERBAIKAN DINDING YANG ROBOH DI SUDUT RUANGAN | 65 |
| 9.10. PERBAIKAN RANGKA ATAP LEPAS DARI DUDUKANNYA | 66 |
| 9.11. PENGAMANAN KOMPONEN NON-STRUKTUR SEBELUM TERJADI GEMPA | 68 |
| 9.12. PERBAIKAN RANGKA PLAFOND YANG LEPAS DARI DUDUKANNYA | 70 |
| KEPUSTAKAAN | -R1- |

I. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG DAN PERMASALAHAN

SEBAGIAN BESAR KORBAN JIWA DAN KERUGIAN MATERIAL YANG TERJADI PADA SETIAP GEMPA BUMI DISEBABKAN OLEH RUSAK/RUNTUHNYA BANGUNAN-BANGUNAN "NON-ENGINEERED". BANGUNAN "NON-ENGINEERED" ADALAH BANGUNAN RUMAH TINGGAL DAN BANGUNAN KOMERSIL SAMPAI 2 LANTAI YANG DIBANGUN OLEH PEMILIK, MENGGUNAKAN TUKANG SETEMPAT, MENGGUNAKAN BAHAN BANGUNAN YANG DIDAPAT SETEMPAT, TANPA BANTUAN ARSITEK MAUPUN AHLI STRUKTUR.

SALAH SATU UPAYA UNTUK MENGURANGI RISIKO GEMPA DI MASA YANG AKAN DATANG ADALAH MEMPERKENALKAN UNSUR-UNSUR KETAHANAN GEMPA PADA BANGUNAN "NON-ENGINEERED" SELAMA KEGIATAN REKONSTRUKSI BANGUNAN YANG RUSAK PASCA GEMPA.

1.2. PERTIMBANGAN SOSIAL EKONOMI PADA KEGIATAN REKONSTRUKSI BANGUNAN YANG RUSAK

1.2.1. PERSYARATAN DALAM MENENTUKAN CARA-CARA PERBAIKAN

1. PERUBAHAN REVOLUSIONER TERHADAP POLA KONSTRUKSI YANG BIASA DIPAKAI. TIDAK COCOK, JADI TIDAK PRAKTIS .
2. PERUBAHAN-PERUBAHAN TERHADAP POLA KONSTRUKSI YANG BIASA DIPAKAI HARUS SESEDERHANA MUNGKIN, YAITU YANG DAPAT DIMENGERTI DAN DITIRU OLEH TUKANG-TUKANG SETEMPAT.
3. TEKNIK-TEKNIK YANG DIPERKENALKAN HARUS SEDEMIKIAN SEHINGGA DAPAT DITIRU DENGAN MUDAH OLEH TUKANG-TUKANG SETEMPAT DAN SEBAGIAN BESAR PEKERJAAN DAPAT DILAKSANAKAN DENGAN TANPA PERLU PENGAWASAN YANG BERLEBIHAN.
4. BAHAN-BAHAN LOKAL HARUS DIUTAMAKAN PEMAKAIANNYA, BAHAN-BAHAN YANG SULIT DIDAPAT SEDAPAT MUNGKIN DIHINDARI.
5. BAHAN-BAHAN YANG AKAN DIPAKAI HARUS BISA DIPEROLEH DENGAN MURAH, SAMA MURAHNYA SEPERTI PADA WAKTU MEMBANGUN RUMAH ASALNYA.
6. JUMLAH PENAMBAHAN BIAYA HARUS PRAKTIS DAPAT DIABAIKAN.

1.2.2. HAMBATAN-HAMBATAN SOSIAL EKONOMI TERHADAP PERUBAHAN

1. KURANG PEDULI TERHADAP KESELAMATAN AKIBAT GEMPA KARENA GEMPA JARANG TERJADI.

2. KETIDAKTAHUAN BAHWA BANGUNAN DAPAT DIBUAT TAHAN GEMPA DENGAN BIAYA TAMBAHAN YANG KECIL. JADI KURANG MEMILIKI MOTIVASI.
3. TIDAK ADANYA SUMBER-SUMBER KEUANGAN UNTUK BIAYA TAMBAHAN AGAR BANGUNAN TAHAN TERHADAP GEMPA.
4. KEMISKINAN YANG SANGAT PARAH. DI NEGARA-NEGARA YANG SEDANG BERKEMBANG, SEBAGIAN BESAR PENDUDUKNYA HIDUP DI BAWAH GARIS KELAYAKAN.
5. KURANGNYA KEAHLIAN DALAM TEKNIK-TEKNIK PERENCANAAN SERTA PEMBANGUNAN TAHAN GEMPA DAN KURANG TERATURNYA SEKTOR PEMBANGUNAN.

1.2.3. HAMBATAN-HAMBATAN TERHADAP ALIH TEKNOLOGI

1. ADANYA BERMACAM-MACAM KONDISI IKLIM DAN TOPOGRAFI YANG BERBEDA.
2. LUASNYA DAERAH YANG HARUS DIJELAJAH.
3. JUMLAH DESA-DESA YANG HARUS DIJANGKAU SANGAT BANYAK.
4. KETIDAKTAHUAN DAN KETIDAKADAAN PENGETAHUAN TEKNIK SERTA KETERAMPILAN.
5. TIDAK ADANYA DANA DAN BANTUAN YANG TERORGANISIR.

1.3. OBJEK DAN RUANG LINGKUP

PENULISAN MANUAL INI BERTUJUAN UNTUK MEMBERIKAN PRINSIP DASAR DAN SYARAT MINIMUM CARA-CARA PENENTUAN DAN PELAKSANAAN PERBAIKAN BANGUNAN "NON-ENGINEERED" YANG RUSAK AKIBAT GEMPA BUMI AGAR MEMPUNYAI KETAHANAN TERHADAP GEMPA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN HAL-HAL YANG DISEBUTKAN PADA SUB BAB 1.2.

BANGUNAN-BANGUNAN "NON-ENGINEERED" YANG DIBAHAS MENCAKUP :

- BANGUNAN TEMBOKAN (BATA DAN BATAKO) TANPA PERKUATAN (UNCONFINED MASONRY BUILDINGS)
- BANGUNAN TEMBOKAN (BATA DAN BATAKO) DENGAN PERKUATAN (CONFINED MASONRY BUILDINGS)
- BANGUNAN BETON BERTULANG YANG SEDERHANA (SIMPLE R.C. BUILDINGS)

PRINSIP DAN DETAIL PEMBANGUNAN KEMBALI BANGUNAN YANG SELURUHNYA RUSAK ATAU RUNTUH, SEHINGGA HARUS DIBONGKAR SELURUHNYA, TIDAK TERMASUK DALAM RUANG LINGKUP PENULISAN INI.

PETUNJUK UNTUK MENDIRIKAN BANGUNAN BARU DAPAT DILIHAT PADA "MANUAL BANGUNAN TAHAN GEMPA (RUMAH TINGGAL)" OLEH IR. TEDDY BOEN [46].

II. PENGARUH GEMPA BUMI TERHADAP STRUKTUR

2.1. UMUM

GEMPA BUMI ADALAH SUATU KEJADIAN ALAM YANG DAPAT MENIMBULKAN BAHAYA DAN BENCANA YANG PADA UMUMNYA TERJADI AKIBAT RUSAK ATAU RUNTUHNYA GEDUNG-GEDUNG DAN BANGUNAN-BANGUNAN BUATAN MANUSIA LAINNYA. SAMPAI SAAT INI MANUSIA BELUM DAPAT BERBUAT BANYAK UNTUK MENCEGAH TERJADINYA GEMPA BUMI. WALAUPUN DEMIKIAN MANUSIA DAPAT MENGURANGI AKIBAT BURUK YANG DITIMBULKAN OLEH GEMPA DENGAN MERENCANAKAN DAN MEMBANGUN BANGUNAN TAHAN GEMPA ATAU MEMPERKUAT BANGUNAN BUATANNYA.

KERUSAKAN YANG DITIMBULKAN GEMPA BERGANTUNG PADA BEBERAPA PARAMETER, YAITU:

1. KARAKTERISTIK GONCANGAN GEMPA:
INTENSITAS, LAMANYA, DAN MUATAN FREKUENSI GETARAN TANAH
2. KARAKTERISTIK TANAH:
KEADAAN TOPOGRAFI, GEOLOGI, DAN KONDISI TANAH SETEMPAT
3. KARAKTERISTIK BANGUNAN:
KEKAKUAN, KEKUATAN, DAKTILITAS, DAN KESATUAN BANGUNAN

SELAIN ITU KORBAN AKIBAT GEMPA BUMI BERGANTUNG PADA BEBERAPA FAKTOR SOSIOLOGI YANG PENTING. YAITU:

1. KEPADATAN PENDUDUK
2. JAM PADA SAAT GEMPA BUMI TERJADI
3. KESIAPAN PENDUDUK

2.2. PENYEBAB UTAMA KERUSAKAN AKIBAT GEMPA BUMI

1. GONCANGAN TANAH (GROUND SHAKING)
GONCANGAN TANAH MERUPAKAN PENYEBAB UTAMA KERUSAKAN YANG DITIMBULKAN OLEH GEMPA BUMI .
2. KEGAGALAN TANAH (GROUND FAILURE)
KEGAGALAN TANAH DAPAT TERJADI DALAM BENTUK:
 - TANAH LONGSOR,
 - PENURUNAN TANAH, DAN
 - LIKUIFAKSI.

3. TSUNAMI

PADA UMUMNYA TSUNAMI TERJADI KARENA ADANYA GERAKAN MENDADAK PADA DASAR SAMUDERA.

SYARAT-SYARAT TERJADINYA TSUNAMI:

- GEMPA BUMI TERJADI DI DASAR LAUT
- GEMPA BUMI DANGKAL
- MAGNITUDE HARUS LEBIH BESAR DARI 6.5
- PADA PANTAI YANG LANDAI, DAYA RUSAK TSUNAMI LEBIH BESAR

4. KEBAKARAN

KEBAKARAN BIASANYA SULIT UNTUK MEMADAMKANNYA KARENA SUMBER AIR TIDAK ADA DAN LALU LINTAS TERPUTUS.

PENYEBAB UTAMA KERUSAKAN ADALAH GONCANGAN TANAH (NO. 1). PENYEBAB LAINNYA, YAITU KEGAGALAN TANAH, TSUNAMI DAN KEBAKARAN (NO. 2, 3, 4) ADALAH BENCANA IKUTAN. JADI YANG HARUS DIUTAMAKAN ADALAH MEMBUAT BANGUNAN TAHAN GONCANGAN GEMPA BUMI.



GEMPA ACEH, 26 DESEMBER 2004



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT GONCANGAN TANAH



GEMPA JABAR, 2 SEPTEMBER 2009



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KEGAGALAN TANAH - LONGSOR



GEMPA KERINCI, 7 OKTOBER 1995



GEMPA NIAS/SIMEULUE, 28 MARET 2005

CONTOH KEGAGALAN TANAH - LONGSOR



GEMPA FLORES, 12 DESEMBER 1992



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KEGAGALAN TANAH - LIKUIFAKSI



GEMPA ACEH, 26 DESEMBER 2004



GEMPA PANGANDARAN, 17 JULI 2006

CONTOH KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT TSUNAMI



GEMPA NIAS/SIMEULUE, 28 MARET



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN BANGUNAN AKIBAT KEBAKARAN

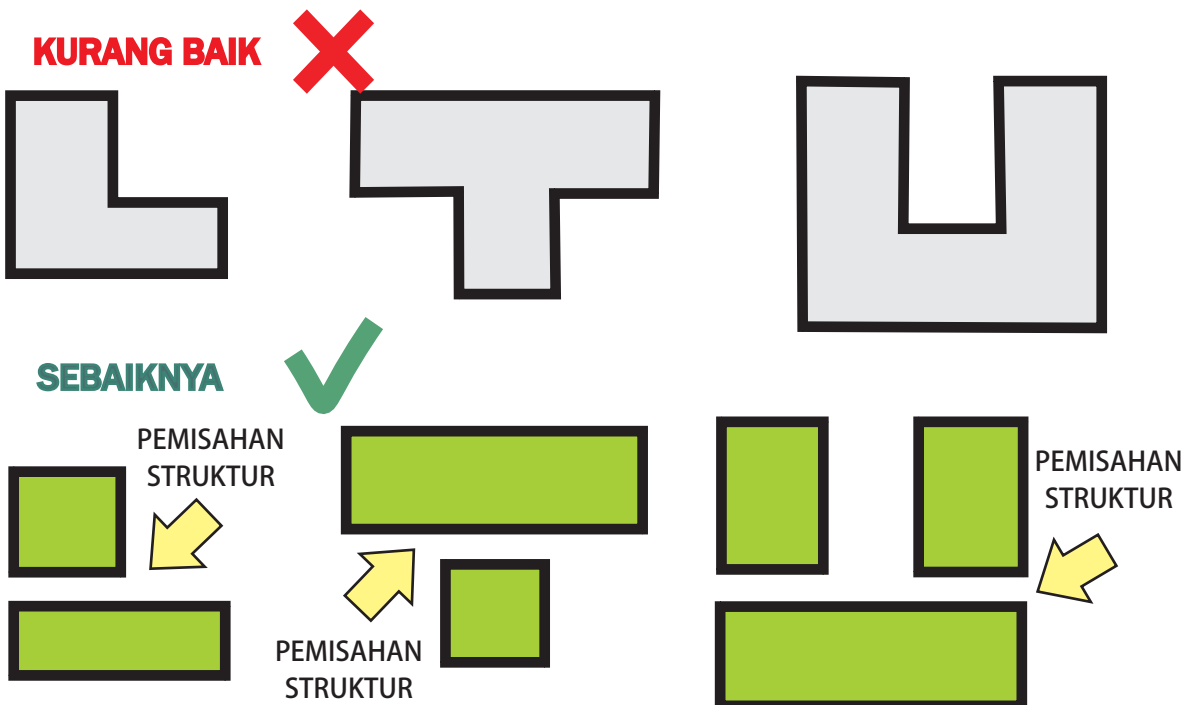
2.3. FAKTOR-FAKTOR YANG MENYEBABKAN KERUSAKAN PADA STRUKTUR

2.3.1. KONDISI TANAH

- KONDISI TANAH SANGAT MEMPENGARUHI KERUSAKAN PADA BANGUNAN
- KARAKTERISTIK GONCANGAN DIPENGARUHI OLEH JENIS LAPISAN TANAH YANG MENDUKUNG BANGUNAN.

2.3.2. KONFIGURASI BANGUNAN TAHAN GEMPA YANG DIANJURKAN

- KETERATURAN
- KESIMETRISAN → PADA SELURUH BAGIAN DARI SUATU BANGUNAN



KONFIGURASI VERTIKAL YANG TIDAK DISARANKAN ❌



2.3.3. UKURAN BUKAAN

- BUKAAN-BUKAAN PADA DINDING CENDERUNG UNTUK MEMPERLEMAH DINDING.
- SEMAKIN SEDIKIT BUKAAN PADA DINDING, SEMAKIN BERKURANG KERUSAKAN YANG AKAN TERJADI.



GEMPA FLORES, 12 DESEMBER 1992



GEMPA SUMBAR, 6 MARET 2007

CONTOH KERUSAKAN YANG TERJADI AKIBAT GEMPA
DI SUDUT-SUDUT BUKAAN DINDING

2.3.4. DISTRIBUSI KEKAKUAN

- KEKAKUAN SUATU BANGUNAN DALAM ARAH VERTIKAL DAN HORIZONTAL HARUS TERDISTRIBUSI SECARA MERATA.
- PERBEDAAN KEKAKUAN SUATU BANGUNAN DARI SATU LANTAI KE LANTAI BERIKUTNYA MENINGKATKAN KECENDERUNGAN RUSAKNYA BANGUNAN JIKA DI GONCANG GEMPA.
- JARAK PUSAT MASSA DAN PUSAT KEKAKUAN YANG BERJAUHAN JUGA MENINGKATKAN KECENDERUNGAN RUSAKNYA BANGUNAN TERSEBUT JIKA DIGONCANG GEMPA.

2.3.5. KEKUATAN BANGUNAN

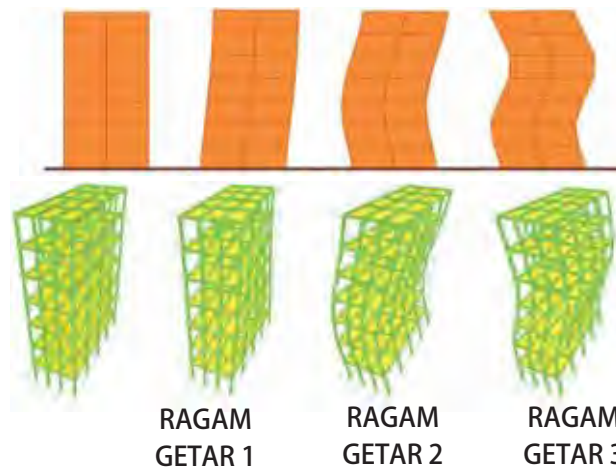
- STRUKTUR HARUS MEMILIKI KEKUATAN UNTUK MENAHAN GONCANGAN GEMPA DAN TERUTAMA PENGARUH "ROCKING". "ROCKING" UMUMNYA TERJADI PADA BANGUNAN RUMAH RAKYAT YANG KAKU.
- SEMUA KOMPONEN BANGUNAN, PONDASI, KOLOM, BALOK, DINDING, RANGKA ATAP, ATAP **HARUS DISAMBUNG SATU DENGAN LAINNYA** AGAR KALAU DIGONCANG GEMPA BANGUNAN BERGETAR SEBAGAI SATU KESATUAN.



BANGUNAN KAKU

"ROCKING" KETIKA DIGONCANG GEMPA

BANGUNAN
TINGKAT TINGGI



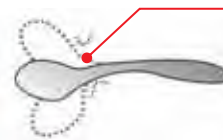
2.3.6. DAKTILITAS

- SECARA UMUM, DAKTILITAS BERARTI KEMAMPUAN STRUKTUR UNTUK MENGALAMI LENDUTAN YANG BESAR TANPA MENGALAMI KERUNTUHAN. SECARA TEKNIK, DAKTILITAS ADALAH PERBANDINGAN ANTARA LENDUTAN SEBELUM RUNTUH DENGAN LENDUTAN SAAT MULAI RUSAK.
- SUATU STRUKTUR DIKATAKAN TAHAN GEMPA BILA SECARA KESELURUHAN STRUKTUR TERSEBUT MEMPUNYAI DAKTILITAS YANG TINGGI. UNTUK ITU, BAHAN YANG MEMPUNYAI DAKTILITAS TINGGI DAPAT DIGABUNGGAN DENGAN BAHAN YANG MEMPUNYAI DAKTILITAS RENDAH DENGAN PROPORSI DAN PENEMPATAN YANG TEPAT SEHINGGA SECARA KESELURUHAN STRUKTUR TERSEBUT MEMILIKI DAKTILITAS TINGGI.
- DAKTILITAS TERUTAMA DIPERLUKAN UNTUK BANGUNAN YANG AKAN MENGALAMI LENDUTAN BESAR KALAU DIGONCANG GEMPA, UMUMNYA BANGUNAN DENGAN TINGKAT BANYAK.
- JADI PADA BANGUNAN DENGAN TINGKAT BANYAK SELAIN KEKUATAN DIPERLUKAN DAKTILITAS, TETAPI UNTUK BANGUNAN RUMAH RAKYAT YANG RELATIF KAKU, PENGARUH KEKUATAN LEBIH DOMINAN.

SENDOK PLASTIK
(GETAS / BRITTLE)



SENDOK METAL
(DAKTAIL / DUCTILE)



CONTOH ILUSTRASI DAKTILITAS

2.3.7. PONDASI

- BANGUNAN YANG KUAT PADA BAGIAN ATAS KADANG-KADANG MENGALAMI KEGAGALAN KARENA PONDASINYA TIDAK KUAT.
- LIKUIFIKASI DAN PERBEDAAN PENURUNAN PONDASI DAPAT MENYEBABKAN BANGUNAN MIRING, RETAK, BAHKAN KEHANCURAN PADA STRUKTUR BAGIAN ATAS.

2.3.8. MUTU KONSTRUKSI

PADA UMUMNYA KERUSAKAN BANGUNAN DISEBABKAN OLEH :

- **MUTU BAHAN YANG RENDAH**
- **MUTU Pengerjaan yang Rendah**



**REKONSTRUKSI RUMAH PASCA GEMPA & TSUNAMI ACEH, 26 DESEMBER 2004
CONTOH MUTU BAHAN YANG RENDAH**



REKONSTRUKSI RUMAH PASCA GEMPA & TSUNAMI ACEH, 26 DESEMBER 2004



**REKONSTRUKSI SEKOLAH PASCA GEMPA YOGYAKARTA, 27 MEI 2006
CONTOH MUTU Pengerjaan yang Rendah**

2.4. KECOCOKAN SISTIM STRUKTUR BANGUNAN NON-ENGINEERED TERHADAP GEMPA

| | SISTIM STRUKTUR | KARAKTERISTIK |
|--------------|--|--|
| SANGAT COCOK | <ul style="list-style-type: none"> • RANGKA BAJA YANG KAKU • RANGKA BETON BERTULANG YANG KAKU • RANGKA KAYU DENGAN PERKUATAN SILANG | <ul style="list-style-type: none"> • BERAT MINIMUM • DAYA TAHAN TINGGI TERHADAP BEBAN HORIZONTAL |
| CUKUP COCOK | <ul style="list-style-type: none"> • TEMBOKAN BATA DENGAN PERKUATAN • TEMBOKAN BATAKO DENGAN PERKUATAN • RANGKA KAYU DENGAN PENGISI BATA • RANGKA KAYU DENGAN PENGISI BATAKO | <ul style="list-style-type: none"> • BERAT SEDANG • DAYA TAHAN TERHADAP BEBAN HORIZONTAL • DAKTILITAS SEDANG |
| KURANG COCOK | <ul style="list-style-type: none"> • TEMBOKAN BATA TANPA TULANGAN, TETAPI MEMAKAI ROLLAAG HORIZONTAL • TEMBOKAN BATAKO TANPA TULANGAN, TETAPI MEMAKAI ROLLAAG HORIZONTAL • TEMBOKAN BATU KALI DENGAN ROLLAAG HORIZONTAL | <ul style="list-style-type: none"> • BERAT SEKALI • HANYA MEMILIKI SEDIKIT DAYA TAHAN TERHADAP GAYA HORIZONTAL • DAKTILITAS KECIL |
| TIDAK COCOK | <ul style="list-style-type: none"> • TEMBOKAN BATA TANPA PERKUATAN • TEMBOKAN BATAKO TANPA PERKUATAN • TEMBOKAN BATU KALI TANPA PERKUATAN • ADOBE/GUBUK-GUBUK DARI LUMPUR | <ul style="list-style-type: none"> • BERAT SEKALI, HAMPIR TIDAK MEMILIKI DAYA TAHAN TERHADAP BEBAN HORIZONTAL • HAMPIR TIDAK MEMILIKI DAKTILITAS |

2.5. TARAF KEAMANAN UNTUK BANGUNAN YANG DIRENCANAKAN TAHAN GEMPA

PERENCANAAN SUATU BANGUNAN UNTUK MENAHAN GEMPA TERBESAR YANG MUNGKIN TERJADI DI SUATU WILAYAH GEMPA TANPA MENGALAMI KERUSAKAN ADALAH TIDAK EKONOMIS KARENA GEMPA YANG SANGAT KUAT TERSEBUT TIDAK SERING TERJADINYA.

PRIORITAS UTAMA SUATU PERENCANAAN BANGUNAN NON-ENGINEERED TAHAN GEMPA ADALAH UNTUK MENCEGAH TERJADINYA KORBAN JIWA. PRIORITAS KEDUA ADALAH UNTUK MENCEGAH KERUGIAN HARTA BENDA.

TARAF KEAMANAN MINIMUM SUATU BANGUNAN NON-ENGINEERED AGAR DAPAT DIKATAGORIKAN SEBAGAI BANGUNAN TAHAN GEMPA ADALAH SEBAGAI BERIKUT

1. UNTUK MENAHAN BEBAN GRAVITASI (BEBAN MATI DAN BEBAN HIDUP) DAN BEBAN LATERAL ANGIN, BANGUNAN TIDAK BOLEH MENGALAMI KERUSAKAN KOMPONEN STRUKTUR MAUPUN KOMPONEN NON-STRUKTUR (KOMPONEN OPERASIONAL DAN FUNGSIONAL).
2. BILA TERKENA GEMPA BUMI YANG LEMAH (DENGAN PERIODE ULANG 43 TAHUN), BANGUNAN TERSEBUT TIDAK MENGALAMI KERUSAKAN SAMA SEKALI.
3. BILA TERKENA GEMPA BUMI YANG SEDANG (DENGAN PERIODE ULANG 72 TAHUN), BANGUNAN TERSEBUT BOLEH RUSAK PADA ELEMEN-ELEMEN NON-STRUKTUR, TETAPI TIDAK BOLEH RUSAK PADA ELEMEN-ELEMEN STRUKTUR.
4. BILA TERKENA GEMPA BUMI YANG SANGAT KUAT (DENGAN PERIODE ULANG 500 TAHUN):
 - BANGUNAN TIDAK BOLEH RUNTUH SEBAGIAN MAUPUN SELURUHNYA.
 - BANGUNAN TIDAK BOLEH MENGALAMI KERUSAKAN YANG TIDAK DAPAT DIPERBAIKI. DENGAN KATA LAIN BANGUNAN TERSEBUT TIDAK BOLEH DALAM KEADAAN SANGAT RUSAK SEHINGGA HARUS DIBONGKAR DAN DIBANGUN KEMBALI.
 - BANGUNAN BOLEH MENGALAMI KERUSAKAN STRUKTURAL MAUPUN NON-STRUKTURAL, TETAPI KERUSAKAN YANG TERJADI HARUS DAPAT DIPERBAIKI DENGAN CEPAT SEHINGGA DAPAT BERFUNGSI KEMBALI DAN BIAYA PERBAIKANNYA TIDAK LEBIH MAHAL DARI BIAYA MEMBANGUN BARU.
 - BANGUNAN-BANGUNAN YANG PENTING, SEPERTI RUMAH SAKIT, SEKOLAH, BANGUNAN PENYIMPANAN BAHAN PANGAN, BANGUNAN PENYIMPANAN AIR, BANGUNAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK, BANGUNAN KOMUNIKASI, DLL TIDAK BOLEH MENGALAMI KERUSAKAN YANG BERAT SEHINGGA TIDAK DAPAT BERFUNGSI.

2.6. DASAR PERENCANAAN BANGUNAN TAHAN GEMPA

2.6.1. DENAH BANGUNAN

- **SIMETRIS**
 - DENAH BANGUNAN SECARA KESELURUHAN SEBAIKNYA SIMETRIS TERHADAP KEDUA SUMBU BANGUNANNYA.
 - KETIDAKSIMETRISAN AKAN MENYEBABKAN TORSI.
- **KETERATURAN**
 - DENAH BANGUNAN YANG MEMPUNYAI BENTUK PERSEGI SEDERHANA AKAN LEBIH TAHAN TERHADAP GEMPA.
 - BENTUK DENAH BLOK PERSEGI SANGAT PANJANG HARUS DIHINDARI KARENA MENYEBABKAN EFEK TORSI.

- PEMISAHAN BLOK BANGUNAN

- PADA BANGUNAN YANG LUAS, JIKA PERLU DIADAKAN PEMISAHAN MENJADI BEBERAPA BLOK AGAR MENJADI SIMETRIS DAN TERATUR.

- SEDERHANA

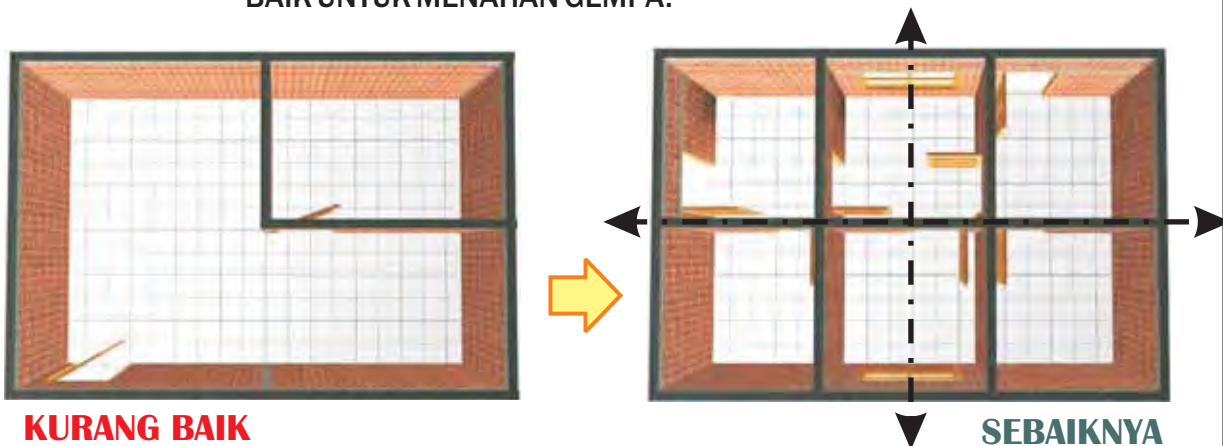
- ORNAMEN SEPerti KORNIS YANG BESAR, PROYEKSI KANTILEVER VERTIKAL / HORIZONTAL SEBAIKNYA DIHINDARI.



BENTUK DENAH BANGUNAN SEBAIKNYA SEDERHANA DAN SIMETRIS

- RUANG YANG BERUPA KOTAK

- BANGUNAN KECIL DENGAN DINDING-DINDING YANG DIHUBUNGKAN SATU DENGAN LAINYA SEPerti SEBUAH KOTAK YANG KAKU, SANGAT BAIK UNTUK MENAHAN GEMPA.



KURANG BAIK

SEBAIKNYA

PENEMPATAN DINDING-DINDING PENYEKAT DAN LUBANG-LUBANG PINTU/JENDELA DIUSAHAKAN SEDAPAT MUNGKIN SIMETRIS TERHADAP SUMBU-SUMBU DENAH BANGUNAN

CATATAN: DENGAN PERANGKAT LUNAK YANG ADA SAAT INI, DIMUNGKINKAN UNTUK MENGANALISA DAN MENDESAIN BANGUNAN YANG KOMPLEKS DAN TIDAK SIMETRIS. NAMUN DEMIKIAN TETAP DIANJURKAN AGAR BANGUNAN DIDESAIN DENGAN SYARAT-SYARAT TSB DI ATAS.

2.6.2. PEMILIHAN LOKASI BANGUNAN

- JENIS TANAH

PASIR YANG SANGAT HALUS DAN TANAH LIAT YANG SENSITIF DAN JENUH AIR HARUS DIHINDARI KARENA LIKUIFAKSI DAN MUNGKIN KEHILANGAN KEKUATANNYA SEHINGGA MENYEBABKAN KERUSAKAN PADA BANGUNAN JIKA DIGONCANG OLEH GEMPA BUMI.

- **KESTABILAN LERENG**
LERENG BUKIT HARUS DIPILIH YANG STABIL AGAR TIDAK LONGSOR PADA SAAT GEMPA BUMI.

2.6.3. DESAIN STRUKTUR

- **KEKUATAN**
 - KEKUATAN ADALAH KEMAMPUAN STRUKTUR UNTUK MENAHAN GONCANGAN GEMPA DAN PENGARUH “ROCKING”.
 - SEMUA KOMPONEN BANGUNAN HARUS DISAMBUNG SATU DENGAN LAINNYA AGAR KALAU DIGONCANG GEMPA BANGUNAN BERGETAR SEBAGAI SATU KESATUAN.
- **KEKAKUAN**
 - KEKAKUAN ADALAH KEMAMPUAN STRUKTUR BERDEFORMASI UNTUK MENAHAN GAYA YANG BEKERJA.
 - KEKAKUAN HANYA MENYANGKUT STRUKTUR.
- **DAKTILITAS**
 - DAKTILITAS ADALAH PERBANDINGAN LENDUTAN SAAT RUNTUH TERHADAP LENDUTAN SAAT MULAI RUSAK ATAU LELEH.
 - DAKTILITAS BAHAN MAUPUN STRUKTUR HARUS DIPERHATIKAN.

2.6.4. KETAHANAN TERHADAP KEBAKARAN

KEBAKARAN YANG TERJADI SETELAH GEMPA BUMI DAPAT MENYEBABKAN KERUSAKAN YANG LEBIH PARAH DARIPADA AKIBAT GEMPANYA SENDIRI. KEBAKARAN DAPAT DISEBABKAN OLEH HUBUNGAN SINGKAT INSTALASI LISTRIK, TERGULINGNYA LAMPU MINYAK ATAU KEBAKARAN AKIBAT TERGULINGNYA KOMPOR DI DAPUR.

2.7. SISTIM STRUKTUR UNTUK BANGUNAN ”NON-ENGINEERED ”

BIASANYA BANGUNAN ”NON-ENGINEERED” MEMAKAI DUA SISTIM STRUKTUR:

1. KONSTRUKSI DINDING PEMIKUL: MEMIKUL BEBAN VERTIKAL & BEBAN LATERAL (UNCONFINED MASONRY)
2. KONSTRUKSI DINDING DENGAN RANGKA:
 - DINDING DENGAN BINGKAI RANGKA SEDERHANA UNTUK MENAHAN BEBAN VERTIKAL DAN BEBAN LATERAL (CONFINED MASONRY).
 - RANGKA BALOK DAN KOLOM KAKU UNTUK MENAHAN BEBAN VERTIKAL DAN BEBAN LATERAL SERTA DIBERI DINDING PENGISI.

III. KERUSAKAN TIPIKAL BANGUNAN NON-ENGINEERED

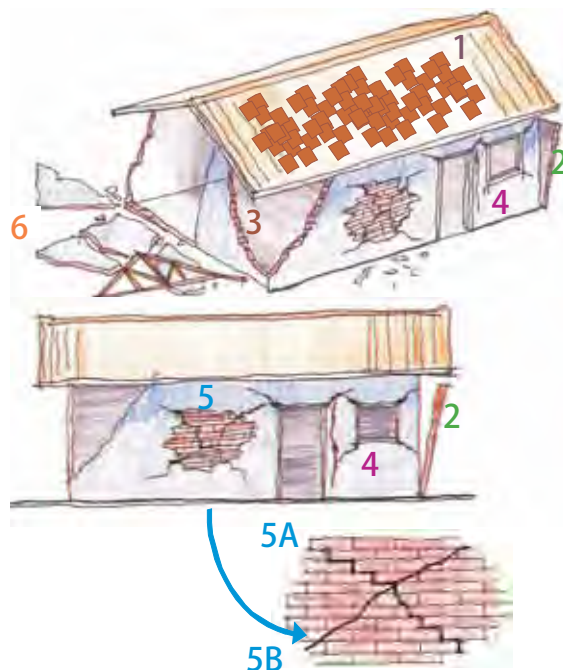
SEJAUH INI, HASIL PENGAMATAN KERUSAKAN AKIBAT GEMPA ADALAH CARA YANG PALING EFEKTIF UNTUK MEMPEROLEH INFORMASI.

KERUSAKAN GEMPA ADALAH SUATU SIMULASI SESUNGGUHNYA, TINGKAH LAKU SESUNGGUHNYA AKIBAT BEBAN SESUNGGUHNYA.

KERUSAKAN DAN/ATAU ROBOH DISEBABKAN BEBAN TEGAK LURUS BIDANG DINDING DAN BEBAN SEJAJAR BIDANG DINDING. NAMUN DEMIKIAN, PENYEBAB UTAMA KERUSAKAN ADALAH AKIBAT BEBAN TEGAK LURUS BIDANG DINDING.

KERUSAKAN TIPIKAL BANGUNAN NON-ENGINEERED DI INDONESIA BERDASARKAN HASIL PENGAMATAN SELAMA KURANG LEBIH 35 TAHUN ADALAH SEBAGAI BERIKUT:

1. GENTENG MELOROT
2. DINDING BERPISAH PADA PERTEMUAN 2 DINDING
3. KEHANCURAN PADA POJOK-POJOK DINDING
4. DINDING RETAK DI SUDUT-SUDUT BUKAAN
5. DINDING RETAK DIAGONAL
6. DINDING ROBOH
7. KEGAGALAN SAMBUNGAN BALOK-KOLOM
8. BANGUNAN ROBOH



- 1 GENTENG MELOROT
- 2 DINDING BERPISAH PADA PERTEMUAN 2 DINDING
- 3 KEHANCURAN PADA POJOK-POJOK DINDING
- 4 DINDING RETAK DI SUDUT-SUDUT BUKAAN
- 5 DINDING RETAK DIAGONAL
- 5A RETAK DIAGONAL DINDING MELALUI SIAR
- 5B RETAK DIAGONAL DINDING MELALUI BATA
- 6 DINDING ROBOH



GEMPA KARANGASEM, 1 JANUARI 2004



GEMPA YOGYAKARTA, 27 MEI 2006

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - GENTENG MELOROT



GEMPA PADANG PANJANG, 16 FEBRUARI 2004



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - DINDING BERPISAH PADA PERTEMUAN 2 DINDING



GEMPA HALMAHERA, 21 JANUARI 1994



GEMPA BENGKULU, 12 SEPTEMBER 2007

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - KEHANCURAN PADA POJOK-POJOK DINDING



GEMPA SUKABUMI, 1982



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - DINDING RETAK DI SUDUT-SUDUT BUKAAN



GEMPA LIWA, 16 FEBRUARI 1994



GEMPA JABAR, 2 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - DINDING RETAK DIAGONAL



GEMPA BALI, JULI 1976



GEMPA SUMBAWA, 25 NOVEMBER 2007

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - DINDING ROBOH



GEMPA NIAS, 28 MARET 2005



GEMPA SIMEULUE, 20 FEBRUARI 2008

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - KEGAGALAN SAMBUNGAN BALOK-KOLOM



GEMPA MANOKWARI, 4 JANUARI 2009



GEMPA SUMBAR, 30 SEPTEMBER 2009

CONTOH KERUSAKAN TIPIKAL - BANGUNAN ROBOH

IV. SEBAB-SEBAB KERUSAKAN BANGUNAN NON-ENGINEERED

PADA UMUMNYA, KERUSAKAN DAN/ATAU ROBOHNYA DINDING DISEBABKAN BEBAN TEGAK LURUS BIDANG DINDING DAN BEBAN SEJAJAR BIDANG DINDING. NAMUN DEMIKIAN, PENYEBAB UTAMA KERUSAKAN ADALAH AKIBAT BEBAN TEGAK LURUS BIDANG DINDING. DI SAMPING ITU, KERUSAKAN JUGA DISEBABKAN OLEH MUTU BAHAN YANG RENDAH, MUTU Pengerjaan yang rendah, dan kurangnya pemeliharaan.

4.1. BANGUNAN TEMBOKAN TANPA PERKUATAN

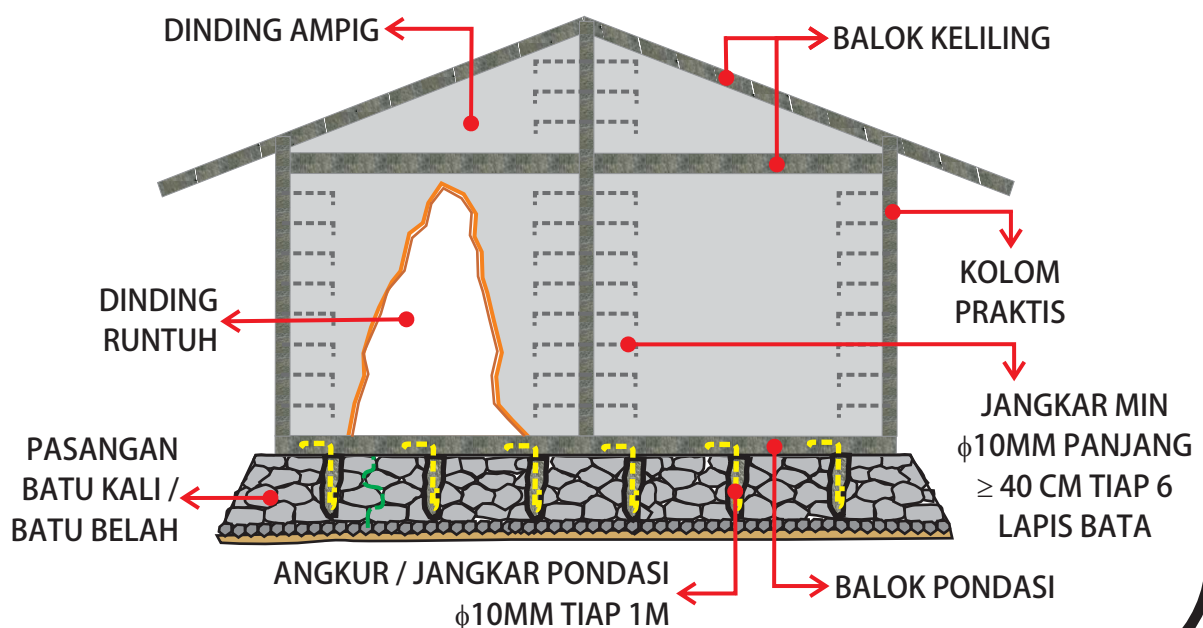
SEBAB-SEBAB KERUSAKAN ANTARA LAIN:

1. RELATIF BERAT
2. GETAS (TIDAK DAKTAIL)
3. TIDAK KUAT MENAHAN TARIKAN YANG TERJADI AKIBAT GAYA GEMPA YANG BEKERJA DI ARAH TEGAK LURUS BIDANG DINDING.

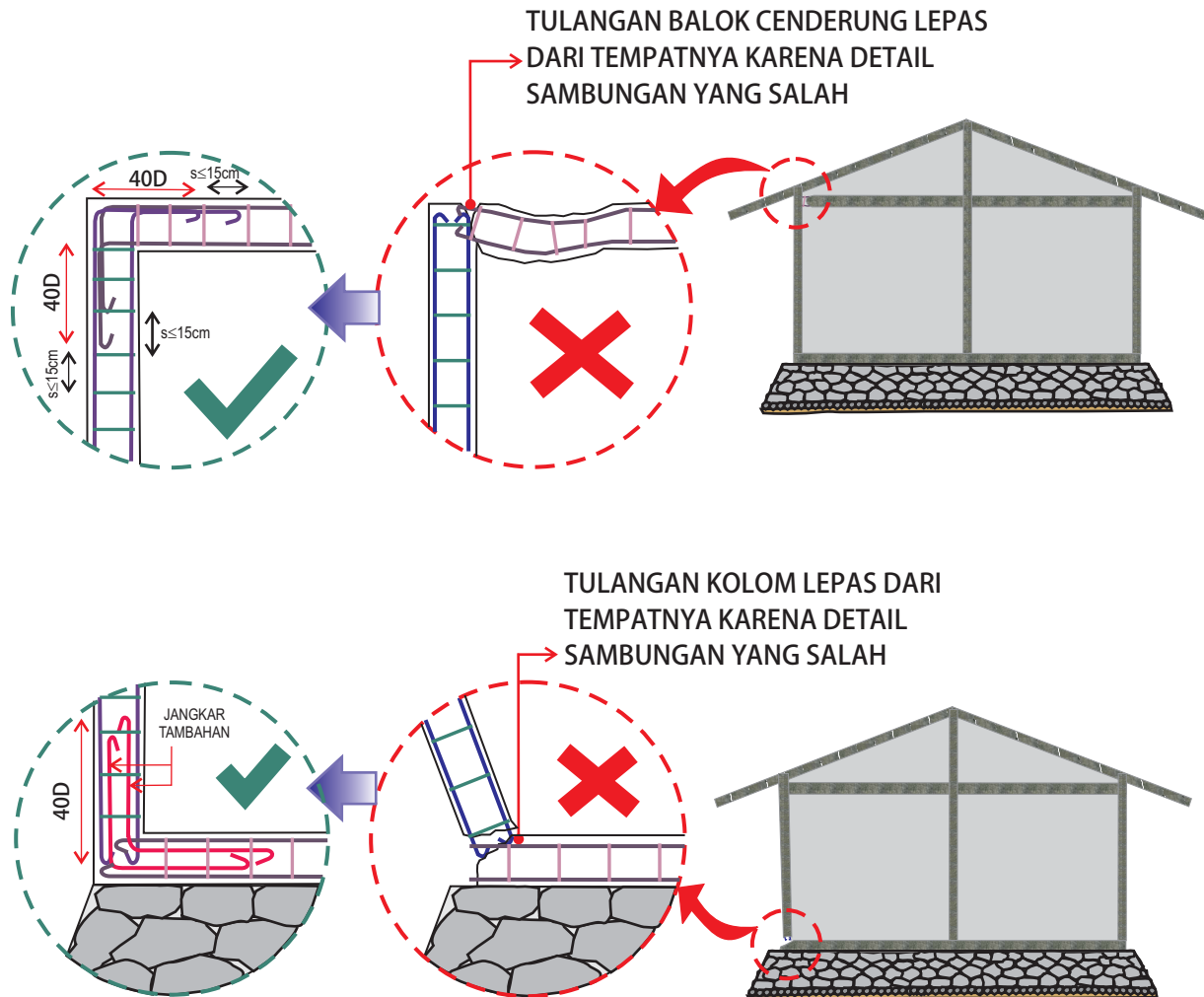
4.2. BANGUNAN TEMBOKAN DENGAN PERKUATAN

SEBAB-SEBAB KERUSAKAN ANTARA LAIN:

1. TIDAK ADA JANGKAR UNTUK MENGIKAT DINDING DENGAN UNSUR-UNSUR PERKUATAN.
2. TIDAK ADA UNSUR-UNSUR PERKUATAN UNTUK BIDANG DINDING YANG LUASNYA $\geq 6 \text{ M}^2$.



3. DETAIL PENULANGAN YANG TIDAK BENAR PADA PERTEMUAN UNSUR-UNSUR PERKUATAN.



4. MUTU BETON KOLOM PRAKTIS, BALOK KELILING, DAN BALOK PONDASI SANGAT RENDAH.

- PERBANDINGAN CAMPURAN BETON YANG DIANJURKAN MINIMUM ADALAH 1 SEMEN : 2 PASIR : 3 KERIKIL.
- BAHAN PASIR DAN KERIKIL HARUS BERSIH DAN PENCAMPURAN HARUS DENGAN AIR SECUKUPNYA (1 SEMEN : 2 PASIR : 3 KERIKIL : ½ AIR). AIR TIDAK BOLEH MENGANDUNG LUMPUR.
- PENGECORAN KOLOM PRAKTIS, BALOK KELILING, DAN BALOK PONDASI AGAR DILAKSANAKAN SECARA BERKESINAMBUNGAN (DILARANG BERHENTI MENGECOR SEPOTONG-SEPOTONG)



½ EMBER AIR

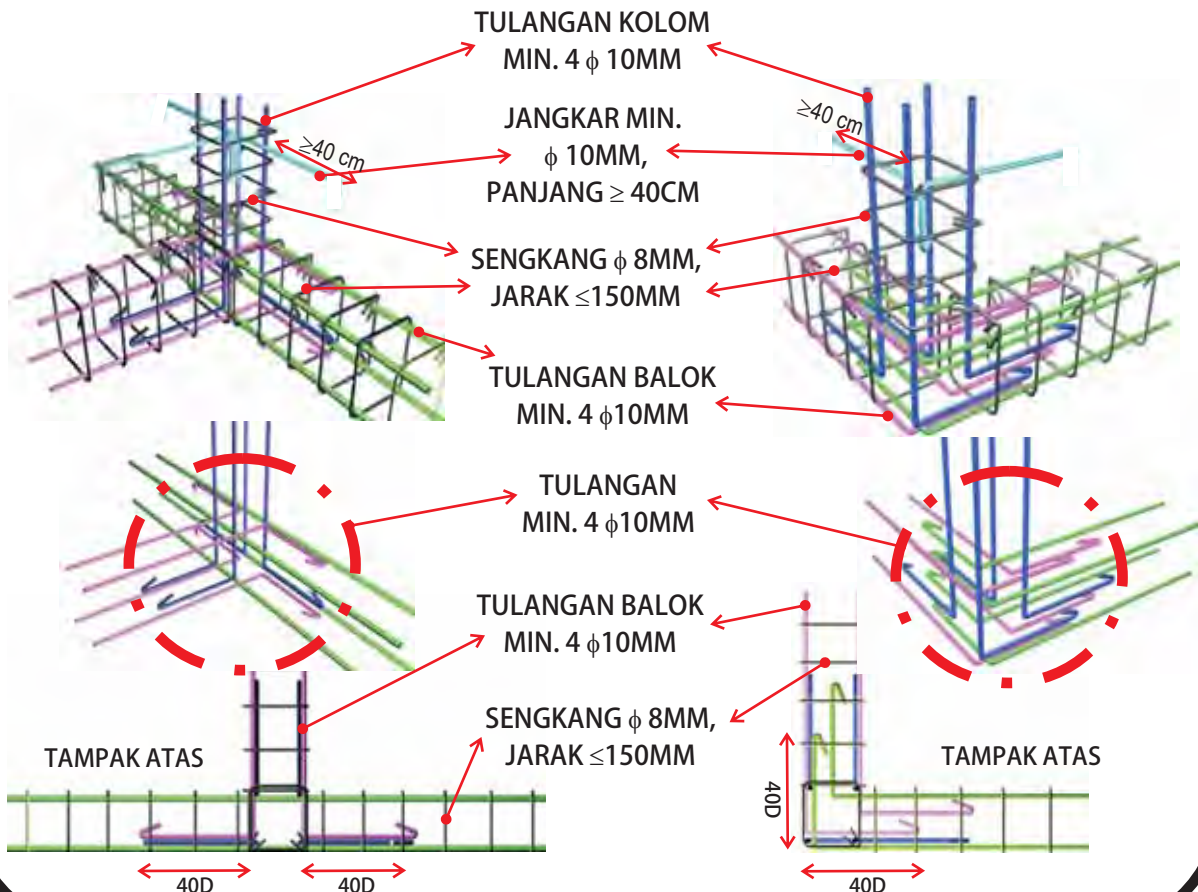


CAMPURAN BETON MINIMUM

5. DIAMETER DAN TOTAL LUAS PENAMPANG TULANGAN YANG DIPASANG TERLALU KECIL. JARAK SENGGANG YANG DIPASANG TERLALU BESAR.

YANG DIANJURKAN ADALAH:

- **UNTUK BALOK:** TULANGAN ATAS DAN TULANGAN BAWAH MEMANJANG MINIMUM MASING-MASING $2\phi 10$ MM. SENGGANG TERPASANG MINIMUM $\phi 8$ - 150 MM.
- **UNTUK KOLOM:** TULANGAN UTAMA MINIMUM $4\phi 10$ MM. SENGGANG TERPASANG MINIMUM $\phi 8$ - 150 MM.



V. KATEGORI KERUSAKAN

KATEGORI 0: TIDAK RUSAK (T)



KERUSAKAN:

TIDAK ADA KERUSAKAN.

TINDAKAN:

TIDAK PERLU ADA TINDAKAN.

KATEGORI I: RINGAN - NON STRUKTUR (R)



KERUSAKAN:

RETAK HALUS PADA PLESTERAN
SERPIHAN PLESTERAN BERJATUHAN
MENCAKUP LUAS YANG TERBATAS.
RETAK HALUS ADALAH RETAK DENGAN
LEBAR CELAH LEBIH KECIL DARI 0.075
CM.

TINDAKAN:

BANGUNAN TIDAK PERLU
DIKOSONGKAN, HANYA DIPERLUKAN
PERBAIKAN (REPAIR) SECARA
ARSITEKTUR.

KATEGORI II: RINGAN - STRUKTUR (R)



KERUSAKAN:

RETAK KECIL PADA DINDING,
PLESTERAN BERJATUHAN MENCAKUP
LUAS BAGIAN-BAGIAN NONSTRUKTUR,
SEPERTI: LISPLANK, DSB. KEMAMPUAN
MEMIKUL BEBAN TIDAK BANYAK
BERKURANG.
RETAK KECIL ADALAH RETAK DENGAN
LEBAR CELAH TIDAK LEBIH DARI 0.5
CM.

TINDAKAN:

BANGUNAN TIDAK PERLU
DIKOSONGKAN, DIPERLUKAN
PERBAIKAN (REPAIR) YANG BERSIFAT
ARSITEKTUR AGAR DAYA TAHAN
BANGUNAN TETAP TERPELIHARA.

KATEGORI III: SEDANG (S)



KERUSAKAN:

RETAK BESAR PADA DINDING; RETAK MENYEBAR LUAS DI BANYAK TEMPAT, SEPERTI: PADA DINDING PEMIKUL BEBAN DAN KOLOM. KEMAMPUAN STRUKTUR UNTUK MEMIKUL BEBAN SUDAH SEBAGIAN BERKURANG. RETAK BESAR ADALAH RETAK DENGAN LEBAR CELAH LEBIH BESAR DARI 0.5 CM.

TINDAKAN:

BANGUNAN PERLU DIKOSONGKAN DAN BOLEH DIHUNI KEMBALI SETELAH DILAKUKAN RESTORASI (RESTORATION) DAN PERKUATAN (STRENGTHENING). LAKSANAKAN RESTORASI KOMPONEN STRUKTUR YANG RUSAK DAN KALAU PERLU DILAKUKAN PERKUATAN UNTUK MENAHAN BEBAN GEMPA. SETELAH ITU BARU DILAKUKAN PERBAIKAN (REPAIR) SECARA ARSITEKTUR.

KATEGORI IV: BERAT (B)



KERUSAKAN:

DINDING PEMIKUL BEBAN TERBELAH DAN ROBOH, KEGAGALAN KOMPONEN-KOMPONEN PENGIKAT MENYEBABKAN BANGUNAN TERPISAH. KIRA-KIRA LEBIH DARI 40% KOMPONEN STRUKTUR UTAMA MENGALAMI KERUSAKAN. BANGUNAN MENJADI SANGAT BERBAHAYA.

TINDAKAN:

BANGUNAN HARUS DIKOSONGKAN. BANGUNAN DAPAT DIROBOHKAN ATAU DILAKUKAN RESTORASI DAN PERKUATAN SECARA MENYELURUH SEBELUM DIHUNI KEMBALI.

KATEGORI V: ROBOH



KERUSAKAN:

SEBAGIAN BESAR ATAU SELURUH BANGUNAN ROBOH.

TINDAKAN:

BERSIHKAN LOKASI, KUMPULKAN BAHAN YANG MASIH DAPAT DIPAKAI DAN BANGUN KEMBALI.

VI. RETROFITTING (PERBAIKAN, RESTORASI, PERKUATAN)

KLASIFIKASI PERMASALAHAN

1. SEBELUM TERJADI GEMPA:

BANGUNAN YANG LEMAH HARUS DIPERKUAT AGAR TAHAN GEMPA. SURVEY DILAKUKAN DAN KEMUDIAN DIBUAT ANALISANYA.

2. SESAAT SETELAH TERJADI GEMPA YANG MERUSAK:

SEGERA PASANG PENYANGGAH SEMENTARA UNTUK MENOPANG KOMPONEN YANG RUSAK BERAT DAN MUNGKIN DAPAT ROBOH. SETELAH ITU SEGERA LAKSANAKAN PERBAIKAN DARURAT.

TINDAKAN TERSEBUT PERLU AGAR BANGUNAN DAPAT BERFUNGSI KEMBALI DAN TIDAK ROBOH AKIBAT GEMPA SUSULAN.

3. SETELAH KEADAAN TERKENDALI:

PADA TAHAP INI HARUS DIBEDAKAN TINDAKAN-TINDAKAN RETROFITTING YANG AKAN DILAKUKAN, YAITU:

- . PERBAIKAN (REPAIR)
- . RESTORASI (RESTORATION)
- . PERKUATAN (STRENGTHENING)

PENGERTIAN PERBAIKAN, RESTORASI & PERKUATAN

1. PERBAIKAN

TUJUAN UTAMANYA ADALAH UNTUK MENGEMBALIKAN BENTUK ARSITEKTUR BANGUNAN AGAR SEMUA PERLENGKAPAN / PERALATAN DAPAT BERFUNGSI KEMBALI. PERBAIKAN TIDAK ADA KAITAN DENGAN KEKUATAN STRUKTUR.

TINDAKAN-TINDAKAN YANG TERMASUK KATEGORI INI MELIPUTI:

- A. MENAMBAL RETAK-RETAK PADA TEMBOK, PLESTERAN, DLL.
- B. MEMPERBAIKI PINTU-PINTU, JENDELA-JENDELA, MENGGANTI KACA, DLL.
- C. MEMPERBAIKI KABEL-KABEL LISTRIK.
- D. MEMPERBAIKI PIPA AIR, PIPA GAS, SALURAN PEMBUANGAN.
- E. MEMBANGUN KEMBALI DINDING-DINDING PEMISAH, PAGAR.
- F. MEMPLESTER KEMBALI DINDING-DINDING.

2. RESTORASI

TUJUANNYA ADALAH UNTUK MELAKUKAN PERBAIKAN PADA KOMPONEN-KOMPONEN STRUKTUR PENAHAN BEBAN DAN MENGEMBALIKAN KEKUATAN SEMULA.

TINDAKAN-TINDAKAN YANG TERMASUK JENIS INI:

- A. MENGINJEKSIKAN AIR SEMEN ATAU BAHAN-BAHAN EPOXY (BILA ADA) KE DALAM RETAK-RETAK KECIL YANG TERJADI PADA DINDING PEMIKUL BEBAN, BALOK MAUPUN KOLOM.**
- B. PENAMBAHAN JARINGAN TULANGAN PADA DINDING PEMIKUL, BALOK, MAUPUN KOLOM YANG MENGALAMI RETAK BESAR KEMUDIAN DIPLESTER KEMBALI.**
- C. MEMBONGKAR BAGIAN-BAGIAN DINDING YANG TERBELAH DAN MENGGANTIKANNYA DENGAN DINDING BARU DENGAN SPESI YANG LEBIH KUAT DAN DIJANGKAR PADA PORTAL.**
- D. MEMBONGKAR BAGIAN KOLOM / BALOK YANG RUSAK, MEMPERBAIKI TULANGANNYA, LALU DICOR KEMBALI.**

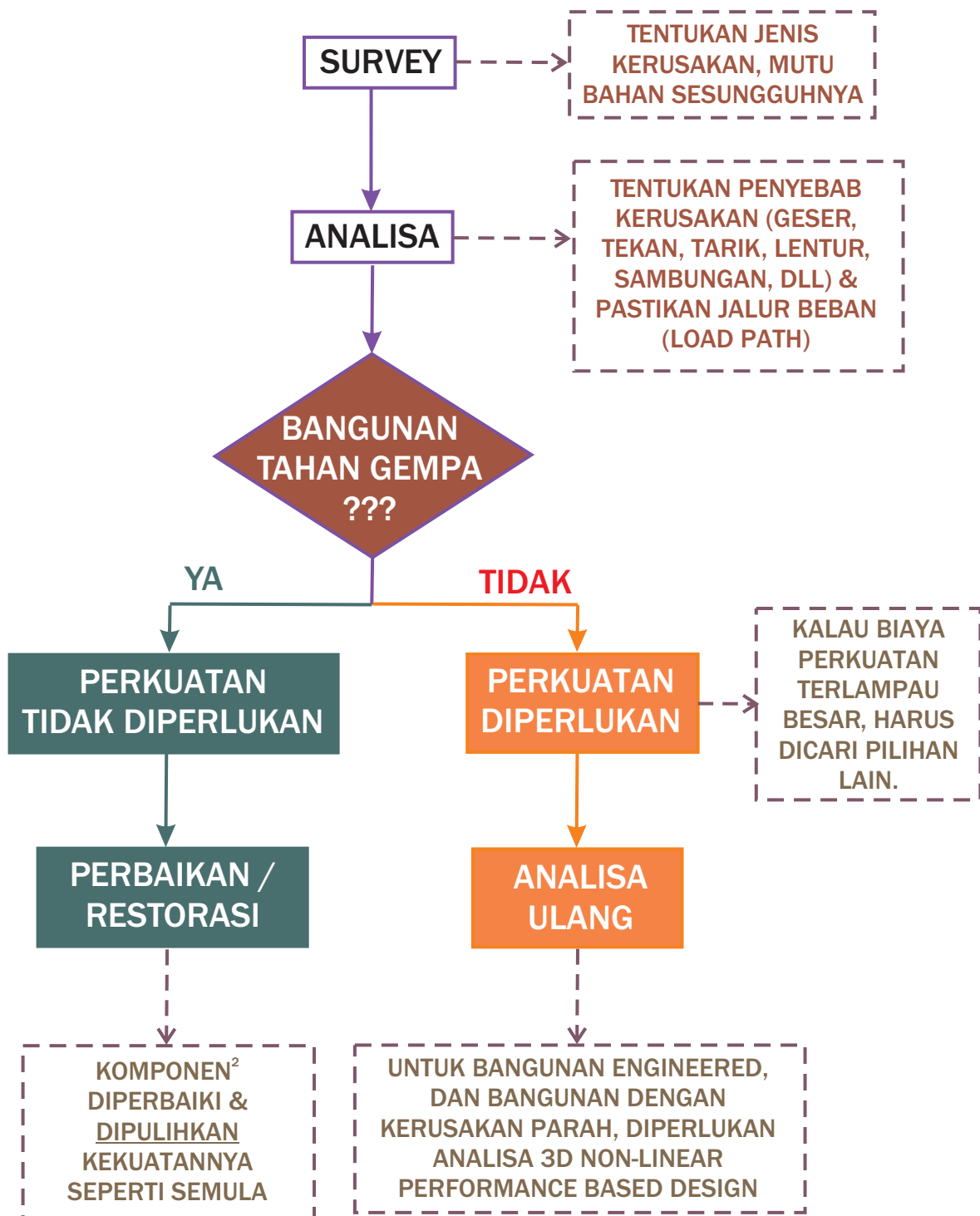
3. PERKUATAN

TUJUANNYA ADALAH MEMBUAT BANGUNAN MENJADI LEBIH KUAT DARI KEKUATAN SEMULA.

TINDAKAN-TINDAKAN YANG TERMASUK JENIS INI:

- A. MENGHILANGKAN SUMBER-SUMBER KELEMAHAN ATAU YANG DAPAT MENYEBABKAN TERJADINYA KONSENTRASI TEGANGAN DI BAGIAN-BAGIAN TERTENTU ANTARA LAIN:**
 - PENYEBARAN LETAK KOLOM YANG TIDAK SIMETRIS**
 - PENYEBARAN LETAK DINDING YANG TIDAK SIMETRIS**
 - BEDA KEKAKUAN YANG BESAR ANTARA LANTAI YANG SATU DENGAN YANG LAINNYA**
 - BUKAAN-BUKAAN YANG BERLEBIHAN**
- B. MENJADIKAN BANGUNAN SEBAGAI SATU KESATUAN DENGAN JALAN MENGIKAT SEMUA KOMPONEN-KOMPONEN PENAHAN BEBAN SATU DENGAN LAINNYA.**
- C. MENGHINDARKAN TERJADINYA KEHANCURAN GETAS DENGAN CARA MEMPERBAIKI, MENAMBAH, DAN MEMASANG TULANGAN SESUAI DENGAN DETAIL-DETAIL UNTUK MENCAPAI DAKTILITAS YANG CUKUP.**
- D. MENAMBAH DAYA TAHAN TERHADAP BEBAN LATERAL, DENGAN JALAN MENAMBAH DINDING, MENAMBAH KOLOM, DAN LAIN-LAIN.**

VII. LANGKAH-LANGKAH RETROFITTING



LANGKAH-LANGKAH RETROFITTING:

1. MENENTUKAN SECARA SEPASTI MUNGKIN BAGAIMANA PRILAKU BANGUNAN KALAU TERKENA GEMPA.
 - BANGUNAN HARUS DIPERIKSA DENGAN SEKSAMA.
 - MUTU BAHAN YANG DIGUNAKAN HARUS DIPERIKSA.
 - KOMPONEN-KOMPONEN / BAGIAN-BAGIAN BANGUNAN YANG RUSAK HARUS DIINVENTARISASI.
2. BUAT ANALISA STRUKTUR TERSEBUT DAN BUAT PERKIRAAN SEBAB-SEBAB TERJADINYA KERUSAKAN DAN SELANJUTNYA MEMASTIKAN JALUR-JALUR GAYA (*LOAD PATH*) PADA WAKTU MENAHAN GONCANGAN GEMPA.
3. PASTIKAN APAKAH SUATU KOMPONEN RUSAK KARENA GESER, TEKAN, TARIK, LENTUR, PENJANGKARAN, DLL.
4. SEGERA SETELAH JENIS KERUSAKAN DAPAT DITENTUKAN, PERBAIKAN DAN RESTORASI KOMPONEN SECARA TERPISAH DAPAT DILAKSANAKAN AGAR KEKUATAN SEMULA DAPAT DIPULIHKAN.
5. JIKA HASIL ANALISA MENGINDIKASIKAN BANGUNAN DAPAT MENAHAN GEMPA YANG MUNGKIN TERJADI BERDASARKAN PERATURAN MUTAKHIR YANG BERLAKU DI DAERAH TERSEBUT, PERKUATAN TIDAK DIPERLUKAN.
6. NAMUN JIKA BANGUNAN TIDAK DIHITUNG ATAU DIHITUNG DENGAN KEKUATAN GEMPA YANG LEBIH RENDAH DARI YANG DITENTUKAN OLEH PERATURAN MUTAKHIR, PERKUATAN DIPERLUKAN.
 - BANGUNAN YANG AKAN DIPERKUAT HARUS DIANALISA ULANG UNTUK MENGIDENTIFIKASIKAN KOMPONEN-KOMPONEN / BAGIAN-BAGIAN MANA YANG HARUS DIPERKUAT.
 - UNTUK BANGUNAN ENGINEERED, KALAU KERUSAKAN YANG TERJADI CUKUP PARAH DAN BANGUNAN PERLU DIPERKUAT, HARUS DILAKUKAN ANALISA 3D *NON-LINEAR PERFORMANCE BASED DESIGN*.
 - KALAU BIAYA UNTUK MEMPERKUAT BANGUNAN SESUAI PERUNTUKANNYA TERLAMPAU BESAR, MAKA SALAH SATU PILIHAN ADALAH MERUBAH PERUNTUKAN BANGUNAN AGAR PERSYARATAN BANGUNAN TAHAN GEMPA TIDAK TERLAMPAU KETAT. JADI BIAYA RETROFITNYA LEBIH KECIL.
7. SETELAH PELAKSANAAN PERKUATAN SELESAI, BANGUNAN HARUS DIANALISA ULANG UTUK MEMASTIKAN BANGUNAN TAHAN GEMPA SESUAI PERKUATAN YANG DIBUAT.

VIII. STRATEGI & SISTIM RETROFITTING

BAGIAN INI MEMBAHAS SECARA UMUM STRATEGI DAN SISTIM RETROFITTING YANG BERLAKU BAIK UNTUK BANGUNAN NON-ENGINEERED MAUPUN BANGUNAN ENGINEERED.

RETROFIT DILAKUKAN UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN BANGUNAN YANG SUDAH BERDIRI TERHADAP GEMPA, YAITU:

- RETROFIT BANGUNAN YANG RUSAK AKIBAT GEMPA
- RETROFIT UNTUK MEMENUHI PERATURAN BARU

PENDEKATAN RETROFIT SECARA SISTIMATIK:

8.1. STRATEGI RETROFIT

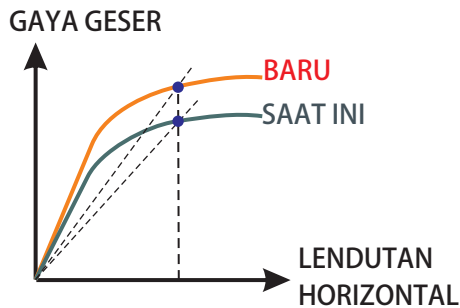
- 8.1.A. MENINGKATKAN KEKAKUAN DAN/ATAU KEKUATAN
- 8.1.B. MENINGKATKAN DAKTILITAS
- 8.1.C. MENINGKATKAN ENERGI DISIPASI
- 8.1.D. MERUBAH KARAKTER GERAKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION.
- 8.1.E. MERUBAH PERUNTUKAN BANGUNAN

8.2. SISTIM RETROFIT

- 8.2.A. MENINGKATKAN KEKAKUAN DAN/ATAU KEKUATAN
 - 8.2.A.I. MENAMBAH DINDING BARU
 - 8.2.A.II. MENAMBAH BRACING
 - 8.2.A.III. MEMPERTEBAL DINDING GESER
 - 8.2.A.IV. CARBON FIBER REINFORCED PLASTIC (CFRP)
 - 8.2.A.V. PEMASANGAN BANDAGE
 - 8.2.A.VI. JACKETING
 - 8.2.A.VII. KOMBINASI KEENAM CARA YANG DISEBUT DI ATAS
- 8.2.B. MENINGKATKAN DAKTILITAS
- 8.2.C. MENINGKATKAN ENERGI DISIPASI
- 8.2.D. MERUBAH KARAKTER GERAKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN BASE-ISOLATION
- 8.2.E. KOMPONEN NON-STRUKTUR
- 8.2.F. MERUBAH PERUNTUKAN BANGUNAN

8.1. STRATEGI RETROFIT

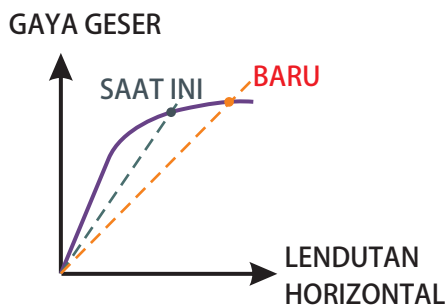
8.1.A. MENINGKATKAN KEKAKUAN DAN/ATAU KEKUATAN



- PERKIRAKAN KURVA PUSHOVER YANG BARU.
- ASUMSIKAN LENDUTAN HORIZONTAL YANG BARU SAMA DENGAN SEBELUMNYA.
- DAPATKAN **KAPASITAS GAYA GESER DASAR** YANG BARU.
- DAPATKAN **KEKAKUAN** DAN **WAKTU GETAR** YANG BARU.
- DAPATKAN **DEMAND GAYA GESER DASAR** YANG BARU.

PENINGKATAN KEKUATAN BANGUNAN TANPA MERUBAH DAKTILITAS DAN REDAMAN MENYAKITKAN MENINGKATNYA GAYA GESER DASAR TANPA MEMPERBESAR LENDUTAN HORIZONTAL.

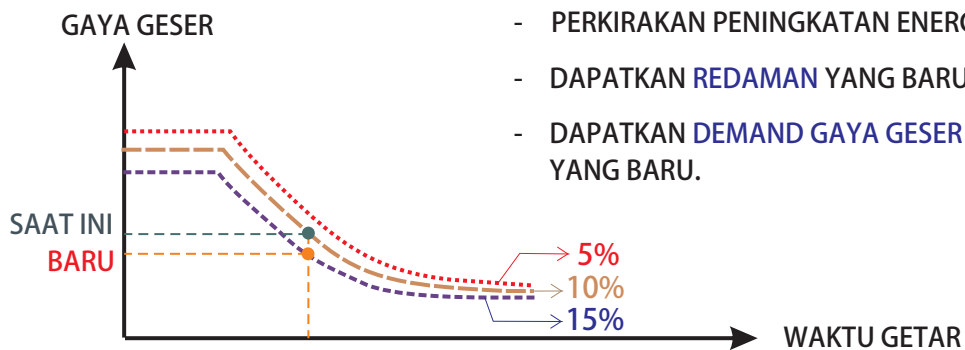
8.1.B. MENINGKATKAN DAKTILITAS



- PERKIRAKAN LENDUTAN HORIZONTAL DAN GAYA GESER DASAR YANG BARU.
- DAPATKAN **KAPASITAS GAYA GESER DASAR** YANG BARU.
- DAPATKAN **KEKAKUAN** DAN **WAKTU GETAR** YANG BARU.
- DAPATKAN **DEMAND GAYA GESER DASAR** YANG BARU.

PENINGKATAN DAKTILITAS BANGUNAN TANPA MERUBAH KEKUATAN DAN REDAMAN.

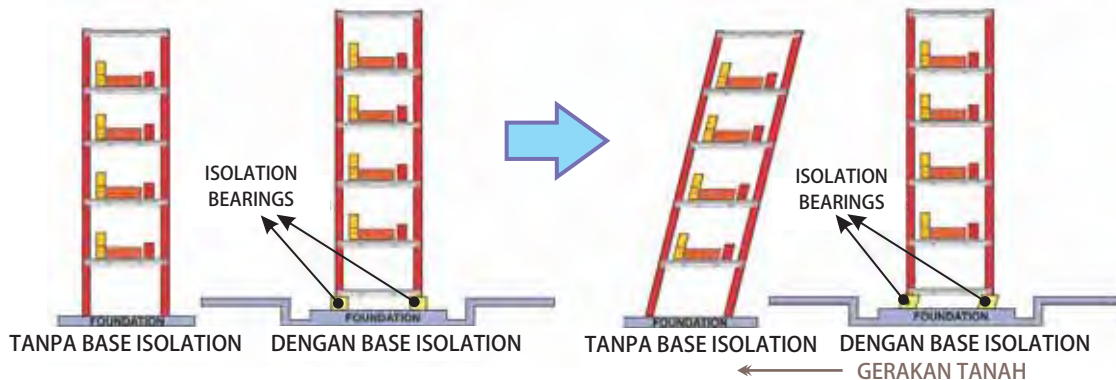
8.1.C. MENINGKATKAN ENERGI DISIPASI



DENGAN WAKTU GETAR BANGUNAN YANG SAMA, GAYA GESER DASAR BERKURANG AKIBAT MENINGKATNYA REDAMAN TANPA MERUBAH KEKUATAN DAN DAKTILITAS.

8.1.D. MERUBAH KARAKTER GERAKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN BASE ISOLATION.

GAYA GEMPA YANG DITERUSKAN KE BANGUNAN AKAN DIREDUKSI SEHINGGA AKAN MENGURANGI LENDUTAN PADA STRUKTUR BANGUNAN. BASE-ISOLATION BANYAK DIGUNAKAN PADA BANGUNAN PENTING SEPERTI RUMAH SAKIT, GEDUNG-GEDUNG PENTING, YANG HARUS TETAP BERFUNGSI SEGERA SETELAH TERJADI GEMPA DAN JUGA BANGUNAN BERSEJARAH YANG HARUS DILINDUNGI.



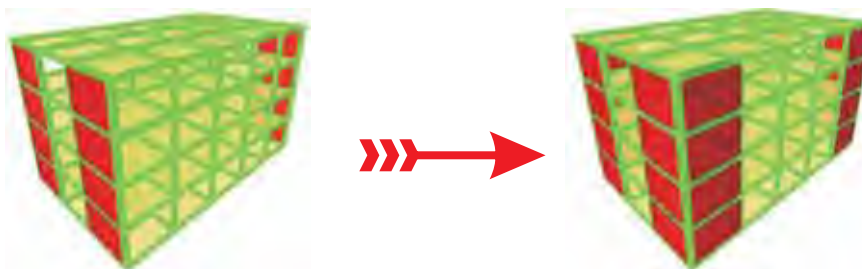
8.1.E. MERUBAH PERUNTUKAN BANGUNAN

MISAL: BANGUNAN PERKANTORAN YANG RUSAK DAN KALAU DIRETROFIT SESUAI PERUNTUKANNYA BIAYANYA TERLAMPAU BESAR, MAKA BANGUNAN DIRETROFIT UNTUK PERUNTUKAN GUDANG BAHAN YANG TIDAK BERBAHAYA, YANG PERSYARATANNYA TIDAK TERLAMPAU KETAT, JADI BIAYA RETROFITNYA LEBIH KECIL.

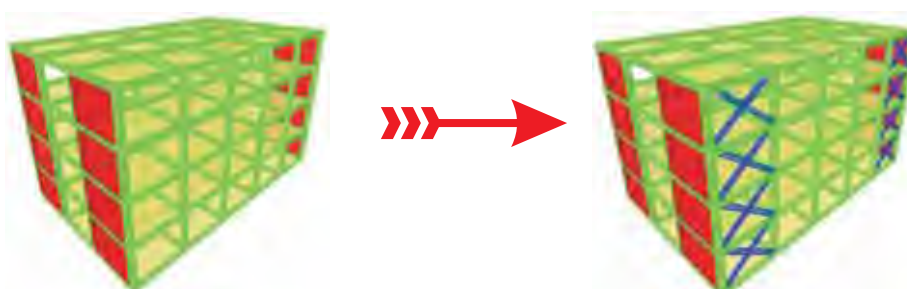
8.2. SISTIM RETROFIT

8.2.A. MENINGKATKAN KEKAKUAN DAN/ATAU KEKUATAN

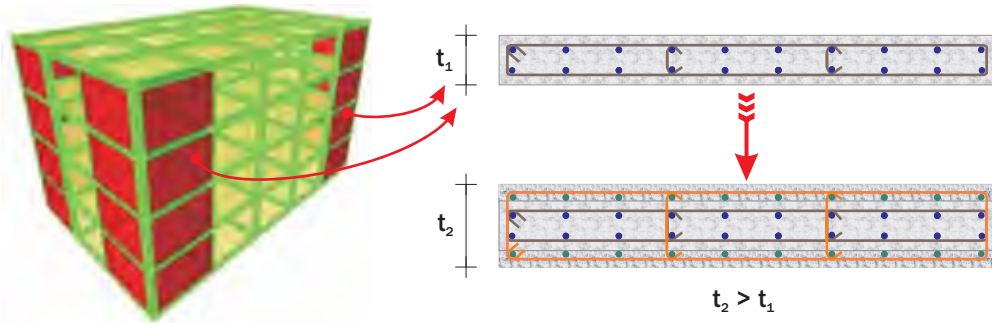
8.2.A.I. MENAMBAH DINDING BARU



8.2.A.II. MENAMBAH BRACING



8.2.A.III. MEMPERTEBAL DINDING GESER



8.2.A.IV. CARBON FIBER REINFORCED PLASTIC (CFRP)



**FIBER-WRAPPED
SHORT COLUMNS**
Courtesy Saif Hussain,
Coffman Engineers

8.2.A.V. PEMASANGAN BANDAGE

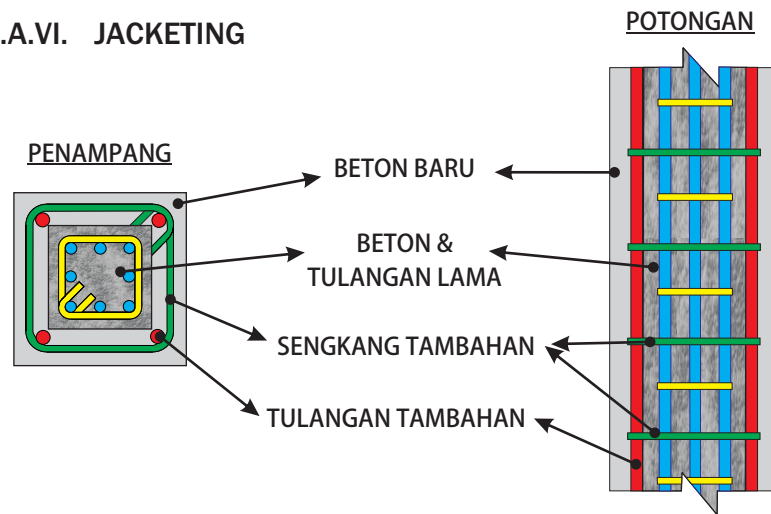


**PELAKSANAAN PERKUATAN
SEKOLAH DI SOREANG
DENGAN MENGGUNAKAN
KAWAT ANYAM**



**BANDAGING DENGAN MENGGUNAKAN
KAWAT ANYAM**

8.2.A.VI. JACKETING



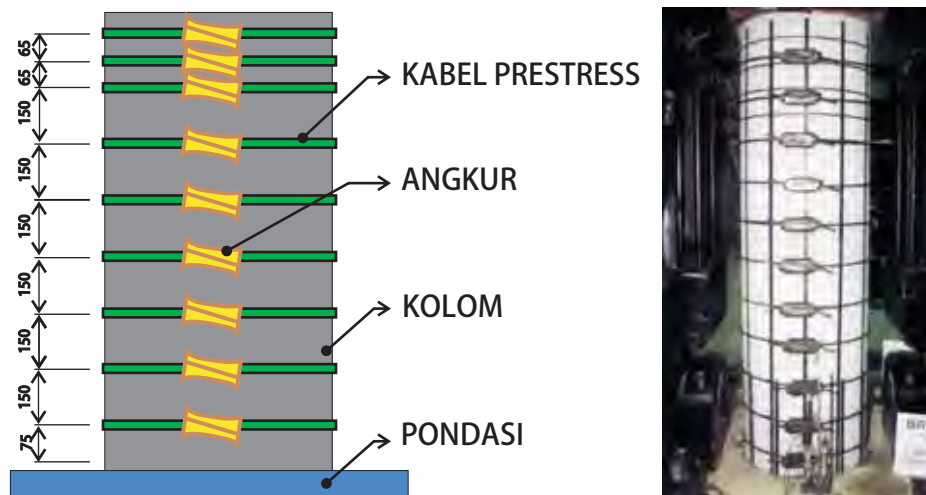
8.2.A.VII. KOMBINASI KEENAM CARA YANG DISEBUT DI ATAS



8.2.B. MENINGKATKAN DAKTILITAS

SELAIN DAPAT MENINGKATKAN KEKUATAN KOMPONEN STRUKTUR, PEMASANGAN BANDAGE, CARBON FIBER REINFORCED PLASTIC (CFRP) DAN JACKETING DAPAT JUGA MENINGKATKAN DAKTILITAS.

EXTERNAL PRE-STRESSING JUGA DAPAT DIGUNAKAN UNTUK MENINGKATKAN DAKTILITAS KOMPONEN STRUKTUR.



PENGGUNAAN EXTERNAL PRE-STRESSING UNTUK MENINGKATKAN DAKTILITAS.

8.2.C. MENINGKATKAN ENERGI DISIPASI



VISCOUS FLUID DAMPERS



BUCKLING RESTRAINED BRACED FRAME

Pictures Courtesy Saif Hussain, Coffman Engineers

8.2.D. MERUBAH KARAKTER GERAKAN TANAH DENGAN MENGGUNAKAN BASE-ISOLATION



LOS ANGELES REGIONAL TRANSPORTATION
MANAGEMENT CENTER



LOS ANGELES CITY HALL

Pictures Courtesy Saif Hussain, Coffman Engineers

CONTOH BANGUNAN YANG MENGGUNAKAN BASE-ISOLATION.

8.2.E. KOMPONEN NON-STRUKTUR

TUJUAN RETROFIT KOMPONEN NON-STRUKTUR ADALAH AGAR BANGUNAN DAPAT TETAP BERFUNGSI SEGERA SETELAH TERJADI GEMPA.

DARI HASIL PENGAMATAN TERHADAP KERUSAKAN GEMPA SELAMA KURANG LEBIH 35 TAHUN, BANYAK BANGUNAN YANG MASIH UTUH STRUKTURNYA, TETAPI BANGUNAN TIDAK DAPAT DIGUNAKAN KARENA KOMPONEN NON-STRUKTUR MENGALAMI KERUSAKAN AKIBAT GEMPA.

YANG DIMAKSUD DENGAN KOMPONEN NON-STRUKTUR MELIPUTI:

- I. KOMPONEN ARSITEKTUR, CONTOH: DINDING PARTISI, DINDING PENGISI, LANGIT-LANGIT, KACA, PINTU, DLL.
- II. KOMPONEN LAYANAN BANGUNAN, CONTOH: PIPA AIR, PANEL LISTRIK, TANGKI, POMPA, PERALATAN PENERANGAN, DLL.
- III. ISI BANGUNAN, CONTOH: LEMARI, MEJA, KURSI, PERALATAN ELEKTRONIK, ARSIP KABINET, DLL.



CONTOH KOMPONEN NON-STRUKTUR DI BANGUNAN NON-ENGINEERED



CONTOH KOMPONEN NON-STRUKTUR DI BANGUNAN ENGINEERED

CONTOH KOMPONEN NON-STRUKTUR YANG HARUS DIPERIKSA DAN DI-RETROFIT AGAR DAPAT TETAP BERFUNGSI SETELAH TERJADI GEMPA.



CONTOH KOMPONEN NON-STRUKTUR YANG MENGALAMI KERUSAKAN AKIBAT GEMPA.

8.2.F. MERUBAH PERUNTUKAN BANGUNAN

MISAL: BANGUNAN PERKANTORAN YANG RUSAK DAN KALAU DIRETROFIT SESUAI PERUNTUKANNYA BIAYANYA TERLAMPAU BESAR, MAKA BANGUNAN DIRETROFIT UNTUK PERUNTUKAN GUDANG BAHAN YANG TIDAK BERBAHAYA, YANG PERSYARATANNYA TIDAK TERLAMPAU KETAT, JADI BIAYA RETROFITNYA LEBIH KECIL.

8.3. BAHAN YANG BIASANYA DIGUNAKAN UNTUK RETROFITTING

- **BAHAN YANG UMUMNYA DIGUNAKAN UNTUK PEKERJAAN PERBAIKAN:**
 - SEMEN, BAJA
 - FRP
- **BAHAN YANG UMUMNYA DIGUNAKAN UNTUK PENUNJANG SEMENTARA :**
 - BAMBU
 - KAYU
- **BAHAN KHUSUS DAN TEKNIK PERBAIKAN, RESTORASI, DAN PERKUATAN :**
 - SHOTCRETE
 - EPOXY RESIN & EPOXY MORTAR
 - GYPSUM CEMENT MORTAR
 - QUICK SETTING CEMENT MORTAR
 - MECHANICAL ANCHORS
 - FIBRE REINFORCED POLIMER (FRP)

IX. CARA PERBAIKAN & PERKUATAN BANGUNAN

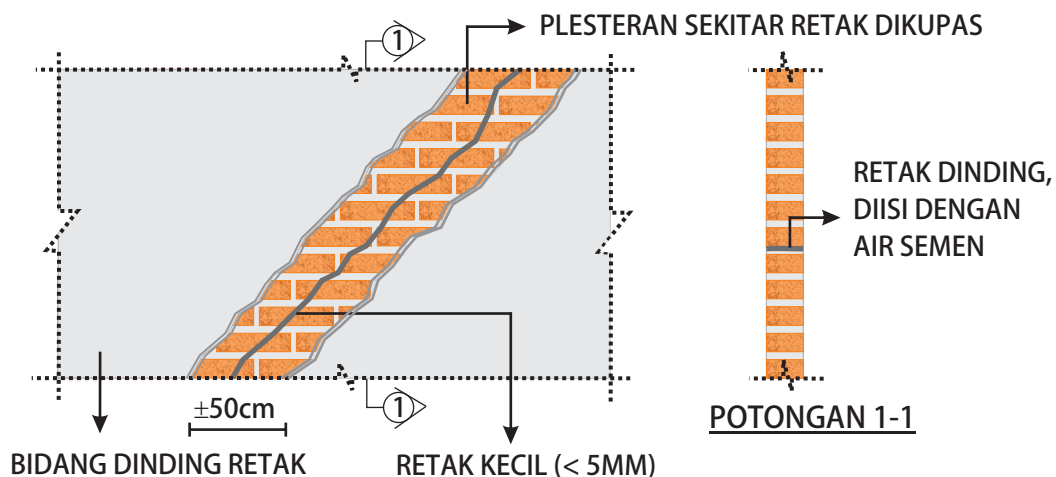
9.1. PERBAIKAN DINDING RETAK



CONTOH DINDING RETAK DI SUDUT-SUDUT BUKAAN DAN RETAK DIAGONAL.

9.1.A. UNTUK RETAK KECIL (RETAH YANG MEMPUNYAI LEBAR CELAH KURANG DARI 5 MM):

- I. PLESTERAN LAMA DI SEKITAR RETAK DIKUPAS ± 50 CM , LALU RETAK DIISI DENGAN AIR SEMEN ATAU BAHAN KIMIA (EPOXY).
- II. SETELAH CELAH RAPAT, DINDING DIPLESTER KEMBALI DENGAN CAMPURAN SPESI 1 SEMEN : 3 PASIR.

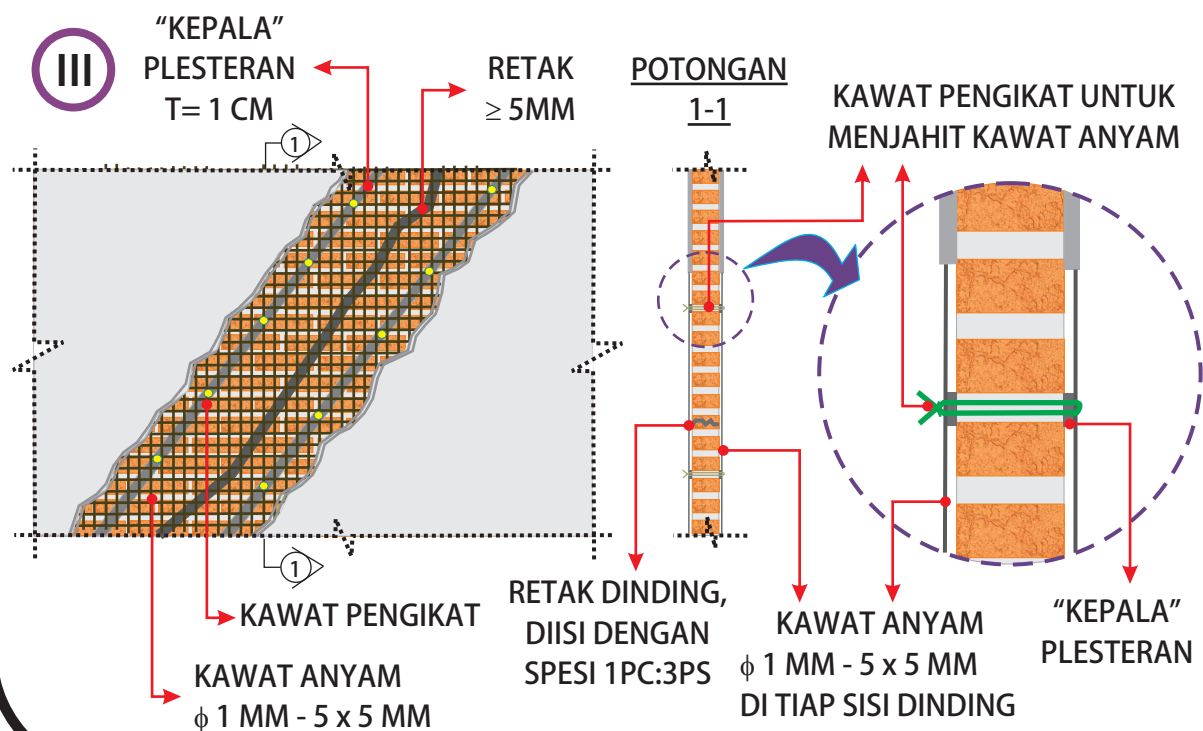
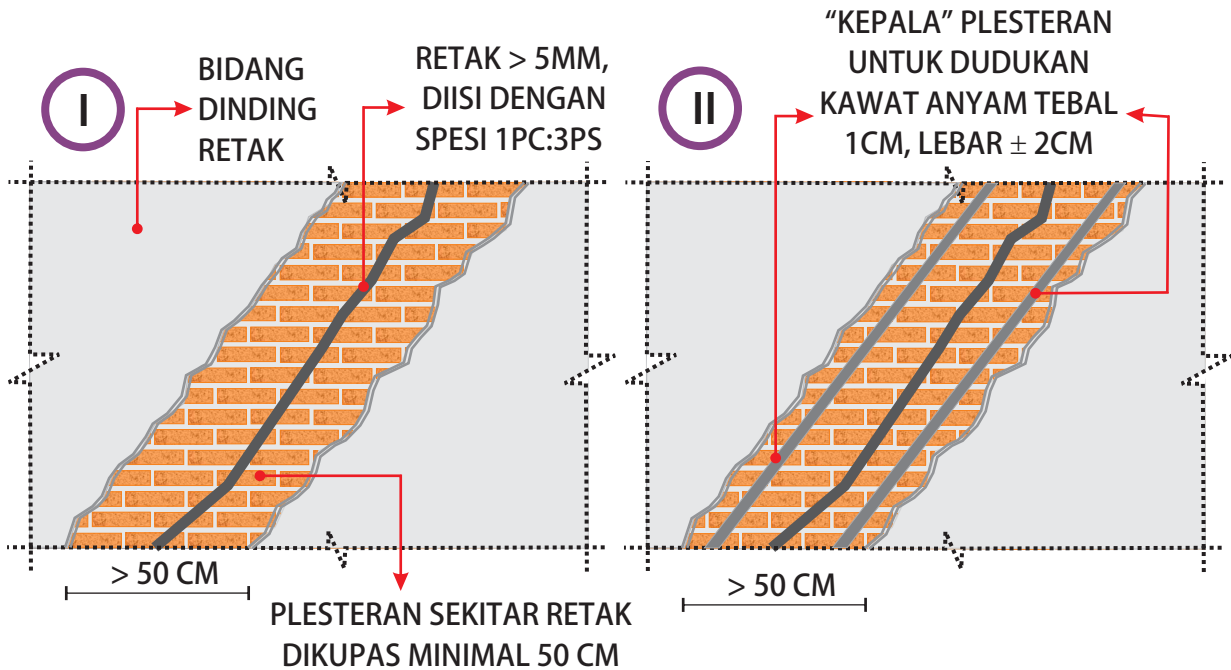


9.1.B. UNTUK RETAK YANG BESAR (RETAH YANG MEMPUNYAI LEBAR CELAH LEBIH BESAR DARI 5 MM):

- I. PLESTERAN LAMA DI SEKITAR RETAK DIKUPAS (MINIMUM 50 CM), LALU RETAK DIISI DENGAN ADUKAN 1 SEMEN : 3 PASIR ATAU BAHAN KIMIA.

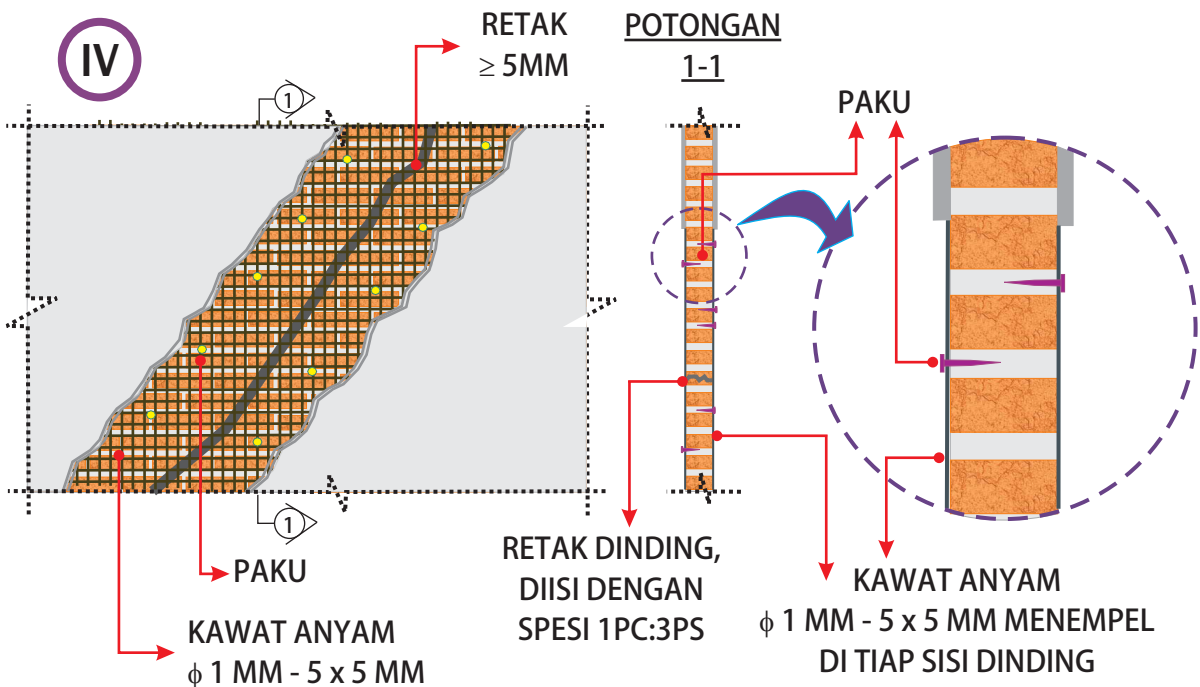
CATATAN: SEMUA UKURAN PONDASI, BALOK, KOLOM, DAN TULANGAN BETON BERTULANG YANG DITULIS DALAM BAB INI ADALAH MINIMUM. UKURAN SESUNGGUHNYA HARUS DISESUAIKAN DENGAN DERAJAT KEGEMPAAN SETEMPAT.

- II. SETELAH RETAK TERTUTUP, BUAT "KEPALA" PLESTERAN SETEBAL 1CM, LEBAR \pm 2CM. "KEPALA" PLESTERAN BERFUNGSI SEBAGAI TEMPAT DUDUKAN KAWAT ANYAM.
- III. PASANG KAWAT ANYAM DI KEDUA SISI DINDING DENGAN CARA DIIKAT SATU DENGAN YANG LAIN.
- IV. DINDING DIPLESTER KEMBALI DENGAN CAMPURAN SPESI 1 PC : 3 PS (1 SEMEN : 3 PASIR).



CATATAN:

- KALAU DINDING DIPERKUAT DENGAN BALOK DAN KOLOM BETON, MAKA KAWAT ANYAM UNTUK MEMPERBAIKI DINDING YANG RETAK BOLEH MENEMPEL DI PASANGAN BATA. KAWAT ANYAM DI MASING-MASING SISI DINDING BOLEH DIPAKU DENGAN PAKU BETON (LIHAT GAMBAR IV). YANG TERBAIK ADALAH SEPERTI DIURAIKAN DI BAWAH INI.
- KALAU DINDING TIDAK DIPERKUAT DENGAN BALOK DAN KOLOM BETON, MAKA KAWAT ANYAM UNTUK MEMPERKUAT DINDING TIDAK BOLEH MENEMPEL DI PASANGAN BATA. “KEPALA” PLESTERAN SEBAGAI DUDUKAN KAWAT ANYAMAN HARUS DIBUAT DAN KEDUA KAWAT ANYAM DI MASING-MASING SISI DINDING HARUS “DIJAHIT” (LIHAT GAMBAR III). DALAM HAL INI KEDUA KAWAT ANYAM DENGAN PLESTERANNYA BESERTA DINDING BATA BEKERJA SEBAGAI KONSTRUKSI “SANDWICH”.



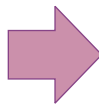
PEMBUATAN “KEPALA” PLESTERAN UNTUK DUDUKAN KAWAT ANYAM KALAU DINDING TIDAK DIPERKUAT DENGAN BALOK DAN KOLOM BETON



KAWAT ANYAM BOLEH MENEMPEL PADA PASANGAN BATA & CUKUP DIPAKU KALAU DINDING DIPERKUAT DENGAN BALOK DAN KOLOM BETON



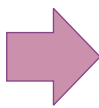
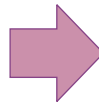
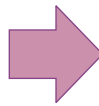
CONTOH RETROFITTING SEKOLAH DI BENGKULU YANG RUSAK AKIBAT GEMPA 4 JUNI 2000



RUSAK AKIBAT GEMPA 4 JUNI 2000

SETELAH DIPERBAIKI (TAHUN 2007)

CONTOH RETROFITTING BANGUNAN DI BANDA ACEH YANG RUSAK AKIBAT GEMPA 26 DESEMBER 2004



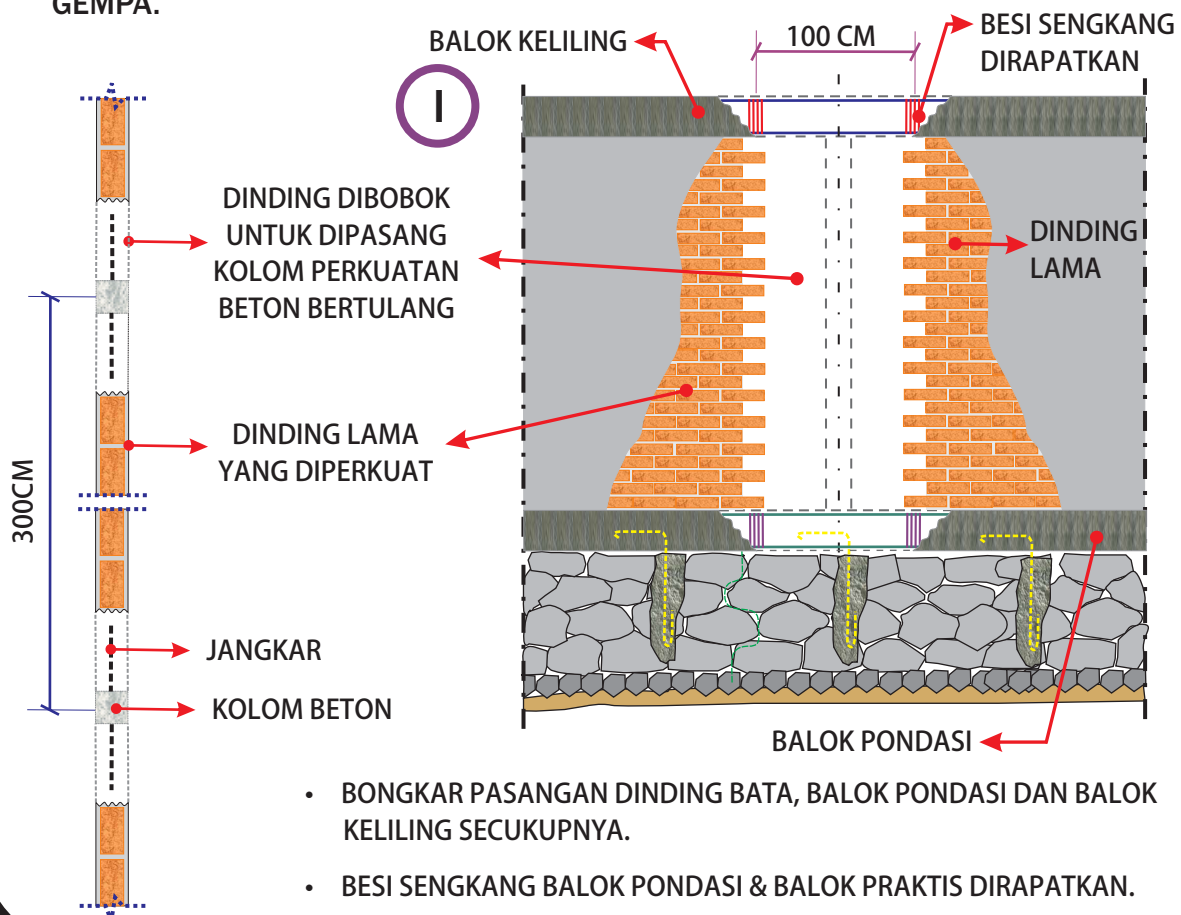
9.2. PERBAIKAN DINDING ROBOH DAN PENAMBAHAN KOLOM PRAKTIS



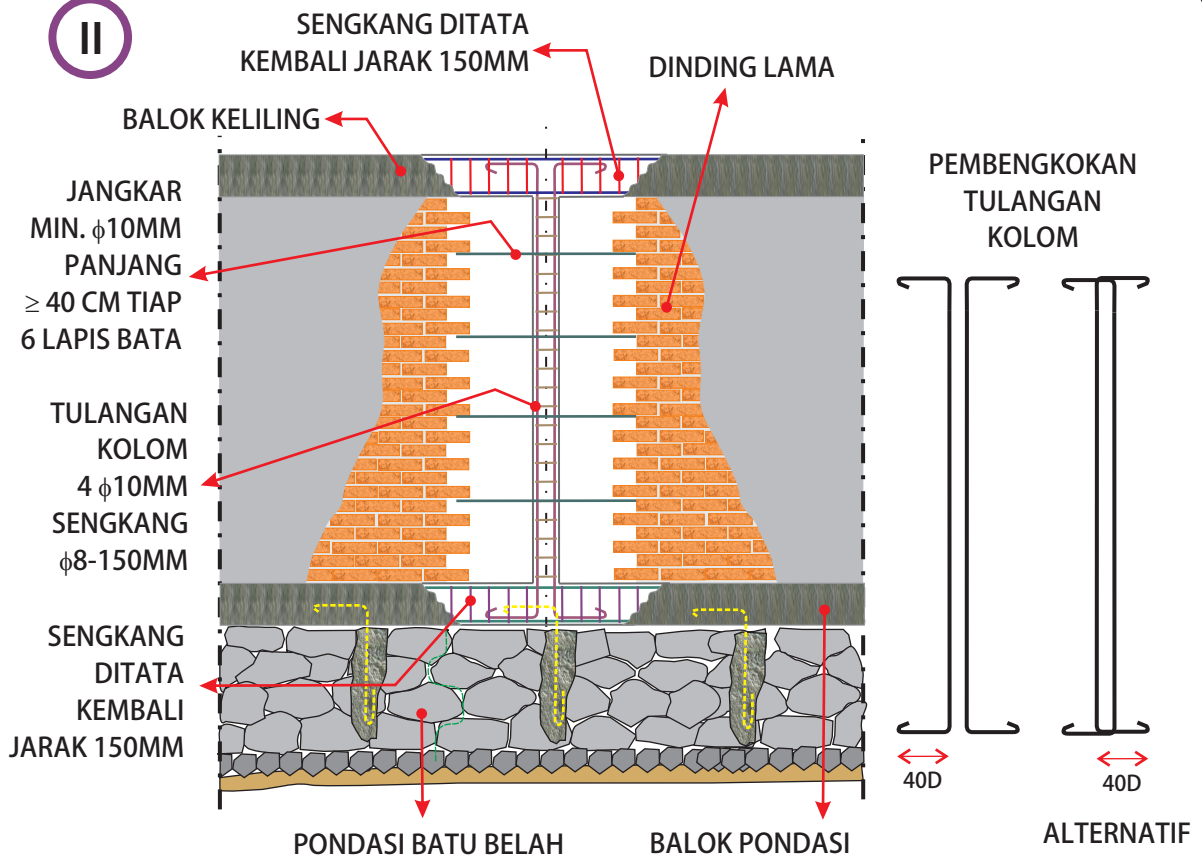
CONTOH DINDING ROBOH

CATATAN:

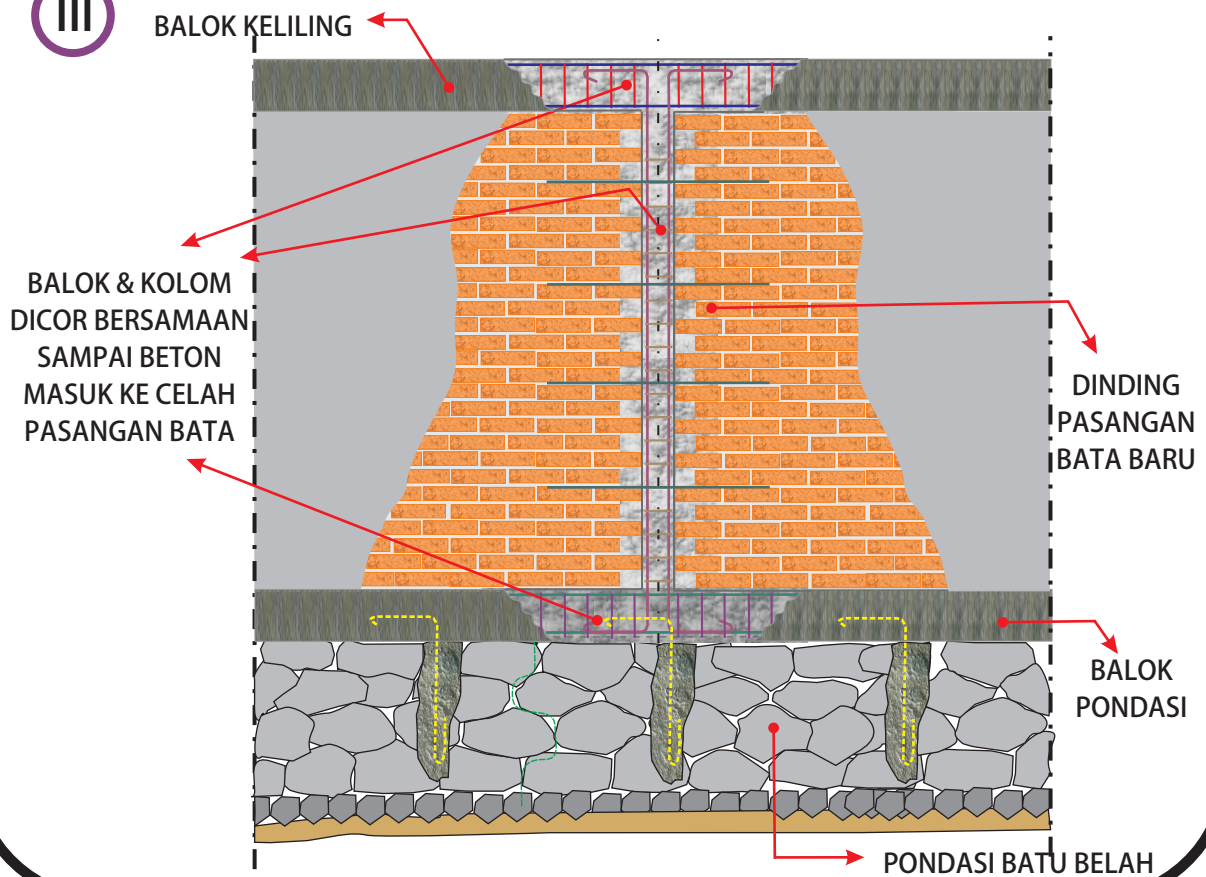
- BALOK & KOLOM YANG MUDAH DIBOBOK MENGIKANDIKASIKAN MUTU BETON YANG RENDAH.
SELURUH BALOK & KOLOM DENGAN BETON MUTU RENDAH HARUS DIBUANG DAN DIGANTI DENGAN MUTU BETON YANG MEMADAI.
- SENGGANG BALOK & KOLOM HARUS DITAMBAH JIKA ADA INDIKASI JARAK SENGGANG YANG LAMA LEBIH DARI 150 MM ATAU BAHKAN TIDAK ADA.
- DETAIL TULANGAN PADA SAMBUNGAN HARUS MEMENUHI PERSYARATAN TAHAN GEMPA.



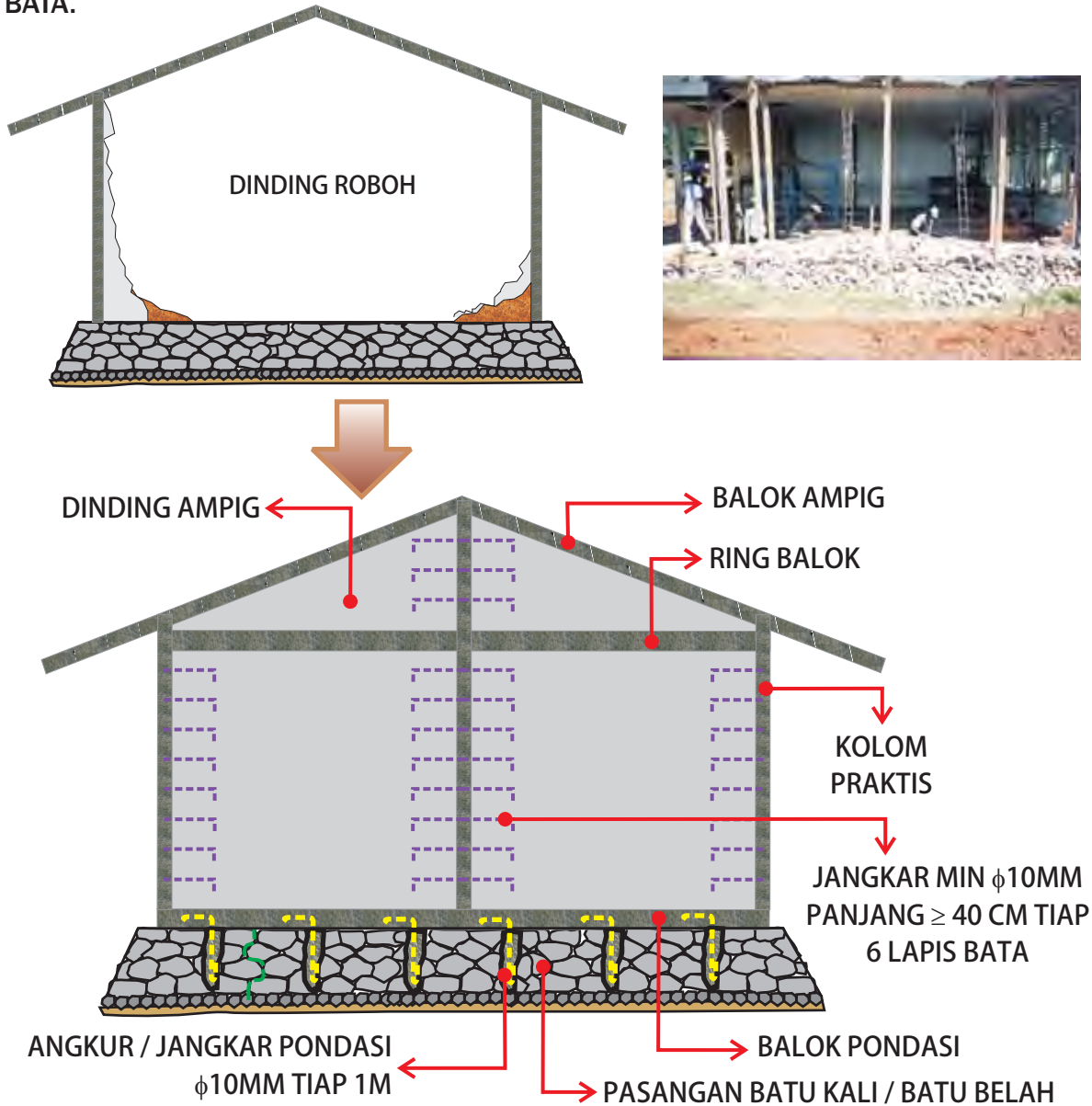
II



III



KALAU SELURUH BIDANG DINDING ROBOH, MAKA DIBUAT DINDING BARU DAN DIANJURKAN AGAR DIBUAT PERKUATAN BALOK PONDASI, RING BALOK DAN KOLOM PRAKTIS LENGKAP DENGAN JANGKAR MIN $\phi 10\text{MM}$ PANJANG $> 40\text{ CM}$ SETIAP 6 LAPIS BATA.



CONTOH PERBAIKAN DINDING ROBOH

9.3. PERBAIKAN KOLOM & BALOK BETON YANG RUSAK

RETAK PADA BETON:

1. RETAK RAMBUT PADA BETON (KURANG DARI 0.2 MM) ATAU RETAK TIDAK TERLIHAT MENGINDIKASIKAN KERUSAKAN YANG TIDAK BERARTI.
2. UMUMNYA, RETAK PADA KOMPONEN BETON DENGAN LEBAR SAMPAI DENGAN 2 MM TIDAK DIANGGAP SEBAGAI SESUATU YANG BERBAHAYA (DAN MENGINDIKASIKAN KERUSAKAN YANG RINGAN).
3. RETAK PADA KOMPONEN BETON DENGAN LEBAR SAMPAI DENGAN 5 MM MENGINDIKASIKAN KERUSAKAN YANG SEDANG.
4. RETAK DALAM KOMPONEN BETON DENGAN LEBAR LEBIH BESAR DARI 5 MM MENGINDIKASIKAN KERUSAKAN YANG BERAT (DENGAN PENGURANGAN KEKUATAN YANG BERARTI).
5. TERTEKUKNYA TULANGAN PADA KOMPONEN BETON MENGINDIKASIKAN TERJADINYA KERUSAKAN YANG BERAT, DENGAN TIDAK MEMPERHATIKAN LEBAR RETAK BETON.

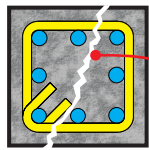
UMUMNYA, TEKNIK UNTUK MEMPERKUAT KOLOM / BALOK BETON ADALAH SEBAGAI BERIKUT:

1. MENAMBAH JUMLAH TULANGAN DAN SENGGANG DI LUAR KOLOM / BALOK BETON, KEMUDIAN DITUTUP KEMBALI DENGAN CORAN BETON.
2. MENYELIMUTI KOLOM / BALOK BETON DENGAN TULANGAN YANG SUDAH DIFABRIKASI (WELDED WIRE FABRIC) DAN KEMUDIAN TUTUP DENGAN MORTAR.
3. MENYELUBUNGI KOLOM BETON DENGAN PROFIL BAJA PERSEGI ATAU PIPA, DAN KEMUDIAN GROUTING CELAH-CELAH ANTARA BETON DAN BAJA.
4. MEMASANG BANDAGE DARI PELAT BAJA YANG DILAS KE PROFIL BAJA SIKU YANG DIPASANG DI SETIAP SUDUT KOLOM, DAN KEMUDIAN GROUTING CELAH YANG ADA.

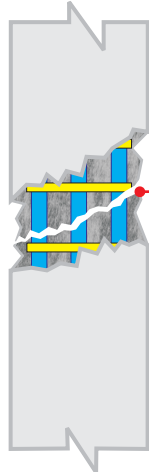
UNTUK MENAMBAH KEKUATAN GESER KOLOM TANPA MENINGKATKAN KAPASITAS LENTUR KOLOM, BUAT CELAH DI UJUNG ATAS DAN DI UJUNG BAWAH KOLOM YANG AKAN DIPERKUAT SEHINGGA PENAMBAHAN PERKUATAN DENGAN TEKNIK-TEKNIK TSB DI ATAS TIDAK PERLU DIJANGKAR MASUK KE BALOK SEKITARNYA.

UNTUK KOLOM YANG MENGALAMI RETAK SEDANG, BAGIAN YANG RUSAK DIBOBOK DAN DIBERSIHKAN, SETELAH ITU DICOR KEMBALI. SEBELUM DIBOBOK KOLOM HARUS DISANGGA TERLEBIH DAHULU. (LIHAT PENJELASAN NOMOR 9.4.).

UNTUK KOLOM YANG RUSAK BERAT, YAITU KOLOM YANG BERKURANG KEKUATANNYA BERDASARKAN PENGAMATAN DAN PERHITUNGAN, BAGIAN YANG RUSAK DIBOBOK DAN SETELAH ITU JIKA DARI HASIL PERHITUNGAN DIPERLUKAN PENAMBAHAN TULANGAN, MAKA DAPAT DIGUNAKAN SALAH SATU DARI TEKNIK-TEKNIK UNTUK MEMPERKUAT KOLOM SEPERTI TERSEBUT DI ATAS. SEBELUM DIBOBOK, BALOK DAN PELAT SEKELILING KOLOM HARUS DISANGGA.

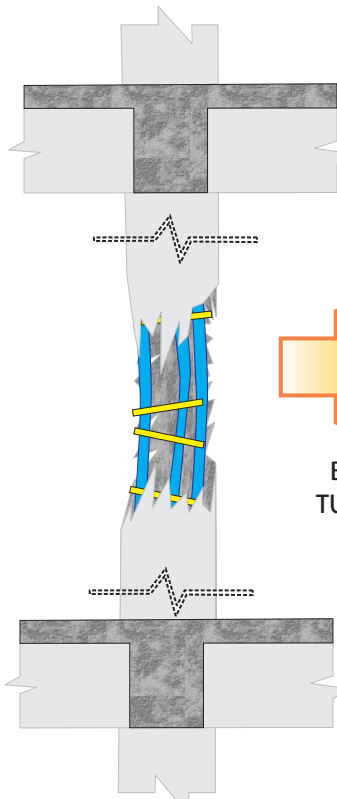


BAGIAN
RETAK KOLOM
DIBOBOK DAN
DIBERSIHKAN,
KEMUDIAN
DICOR
KEMBALI

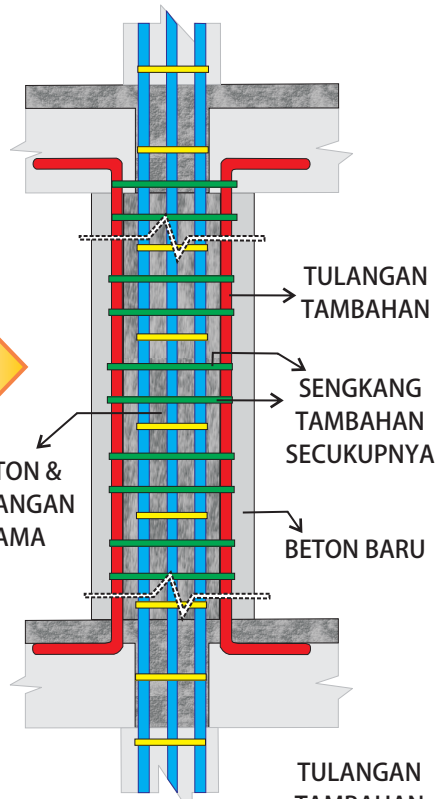


KOLOM
RETAK
SEDANG

KOLOM YANG RUSAK



MENAMBAH KEKUATAN
LENTUR & GESER



TULANGAN
TAMBAHAN

SENGKANG
TAMBAHAN
SECUKUPNYA

BETON &
TULANGAN
LAMA

BETON BARU

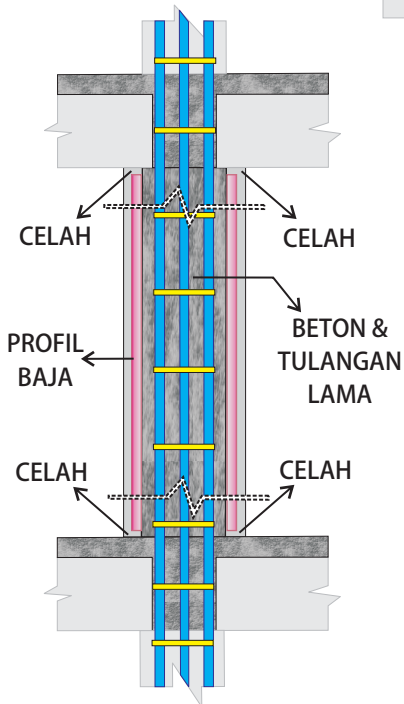
KOLOM
RUSAK
BERAT

BETON &
TULANGAN
LAMA

BETON BARU

TULANGAN
TAMBAHAN

SENGKANG
TAMBAHAN
SECUKUPNYA



CELAH

PROFIL
BAJA

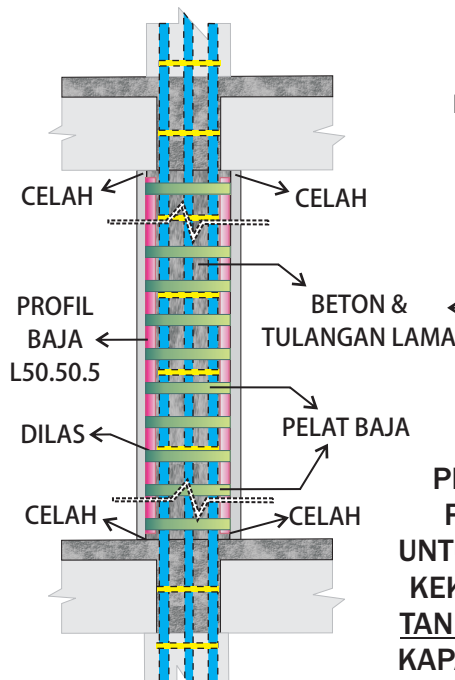
BETON &
TULANGAN
LAMA

CELAH

PROFIL
BAJA

BETON &
TULANGAN
LAMA

PENAMBAHAN PROFIL BAJA
UNTUK MENAMBAH KEKUATAN
GESER TANPA MENAMBAH
KAPASITAS LENTUR KOLOM



CELAH

PROFIL
BAJA
L50.50.5

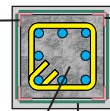
BETON &
TULANGAN
LAMA

DILAS

PELAT BAJA

CELAH

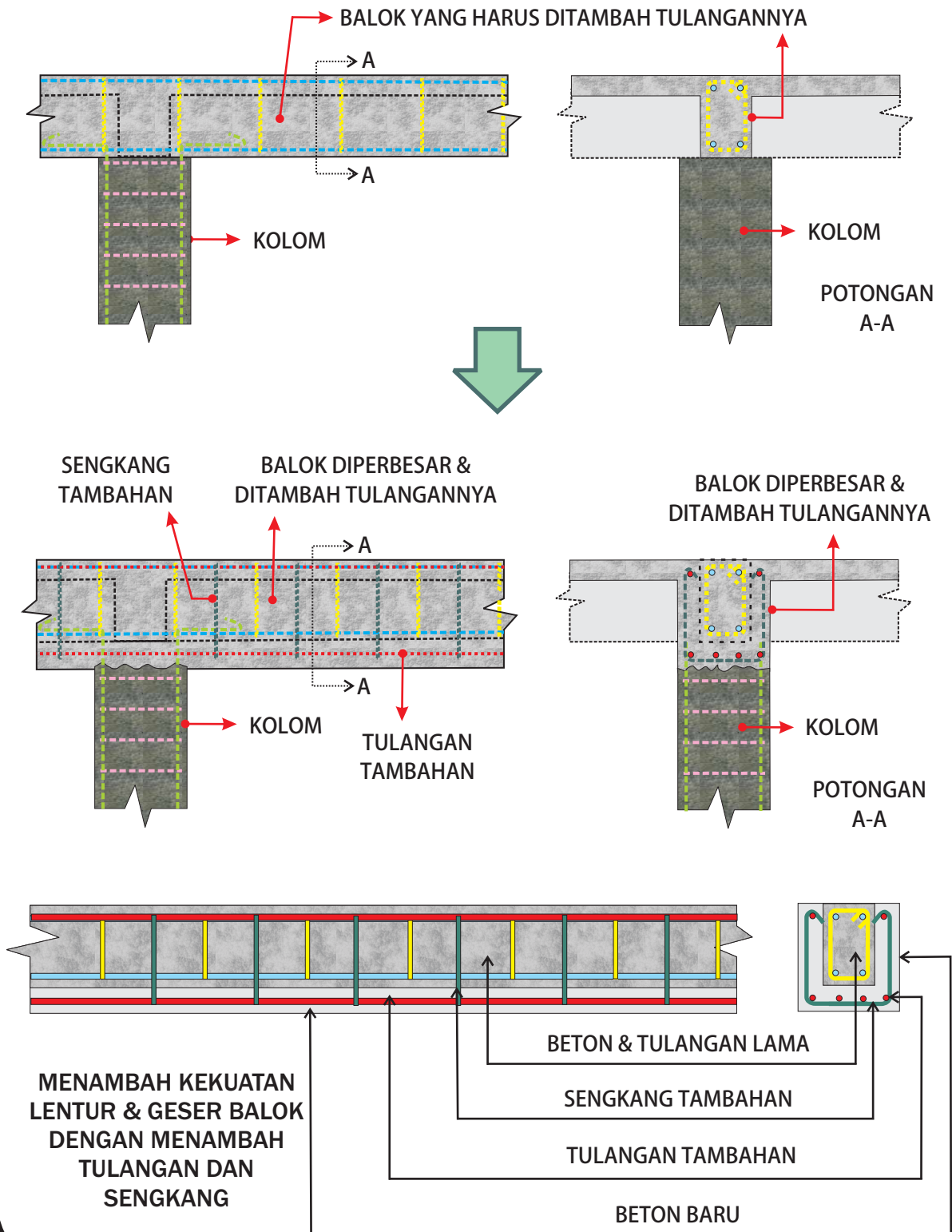
PROFIL BAJA
L50.50.5 DI SETIAP
SUDUT KOLOM

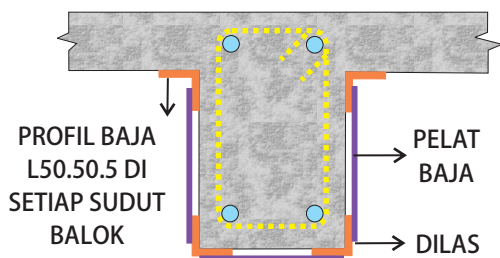
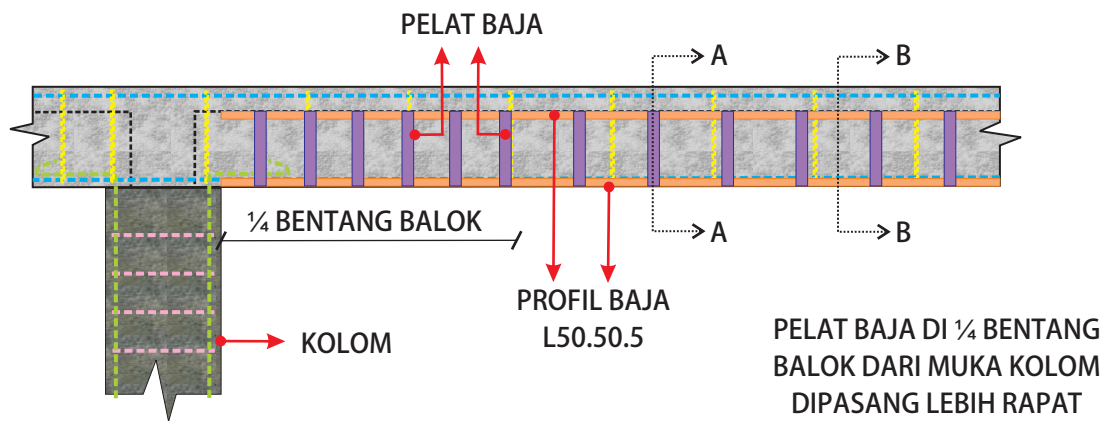


PELAT
BAJA

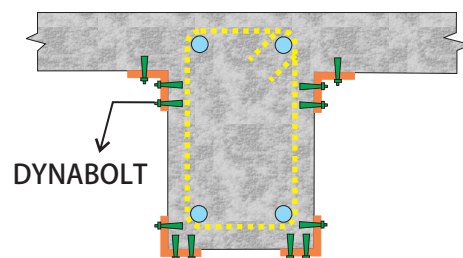
PENAMBAHAN
PROFIL BAJA
UNTUK MENAMBAH
KEKUATAN GESER
TANPA MENAMBAH
KAPASITAS LENTUR

KALAU BERDASARKAN HASIL ANALISA JUMLAH TULANGAN BALOK ATAU SENKANG TIDAK MENCUKUPI, MAKA TULANGAN HARUS DITAMBAH DAN UKURAN BALOK DAPAT DIPERBESAR.





POTONGAN A-A



POTONGAN B-B

PENAMBAHAN PROFIL BAJA UNTUK MENAMBAH KEKUATAN GESER TANPA MENAMBAH KAPASITAS LENTUR BALOK

9.4. PERBAIKAN KOLOM BAGIAN ATAS & KOLOM BAGIAN BAWAH YANG RUSAK DAN PENAMBAHAN SENGGANG KOLOM & BALOK

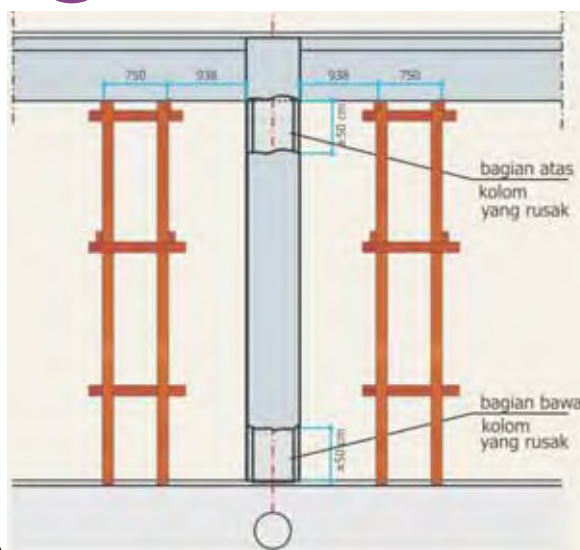


CONTOH KOLOM BAGIAN ATAS & KOLOM BAGIAN BAWAH YANG RUSAK

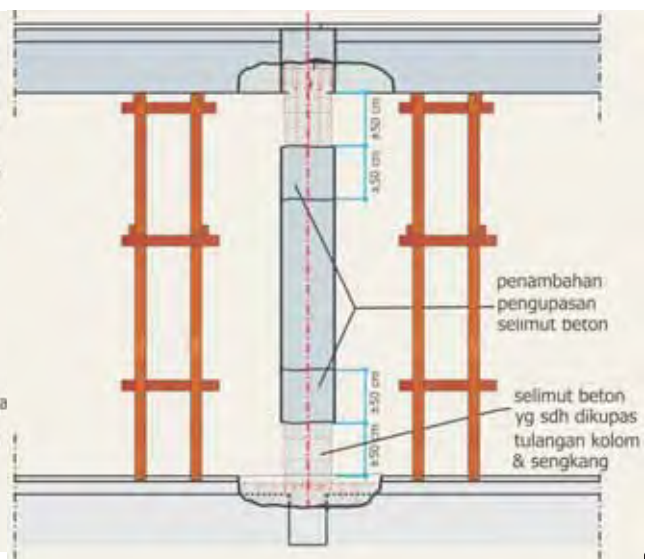
PELAKSANAAN PERBAIKAN:

1. TOPANG BAGIAN BAWAH BALOK-BALOK BETON DI SEKELILING KOLOM YANG AKAN DIPERBAIKI DENGAN MEMAKAI BALOK KAYU 2X8/10 CM YANG DIRANGKAI. BILA BALOK PENOPANG KAYU LEBIH KECIL AGAR DISESUAIKAN JUMLAHNYA DAN SEBAGAI ALTERNATIF DAPAT DIGUNAKAN SUPPORT BAJA. (GAMBAR I)
2. KUPAS SELIMUT BETON KOLOM / BALOK UTK MENGETAHUI JUMLAH TULANGAN KOLOM & SENGGANG. (GAMBAR II)
3. KALAU HASIL ANALISA MENUNJUKAN BAHWA JUMLAH TULANGAN KOLOM, BALOK, ATAU SENGGANG TIDAK MENCUKUPI, MAKA TULANGAN HARUS DITAMBAH. (GAMBAR III.A.)
4. KALAU DETAIL SAMBUNGAN KOLOM-BALOK TIDAK SESUAI DENGAN SAMBUNGAN UNTUK DAERAH GEMPA, MAKA HARUS DITAMBAH TULANGAN PENJANGKARAN DARI KOLOM KE BALOK. DALAM HAL INI, BALOK PERLU DIBOBOK UNTUK PENJANGKARAN. (GAMBAR III.B.)

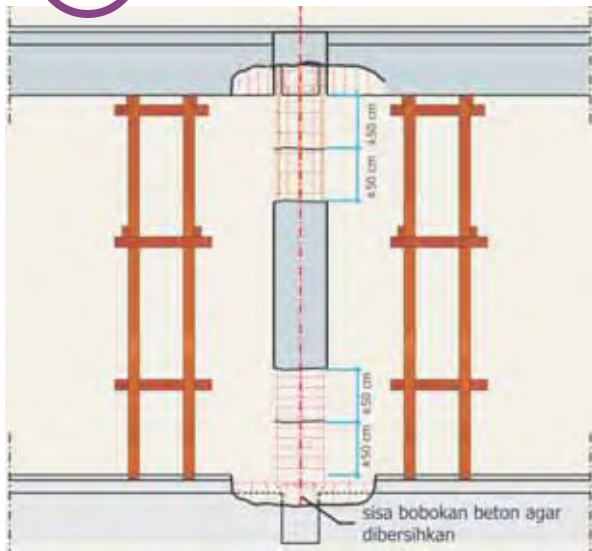
I



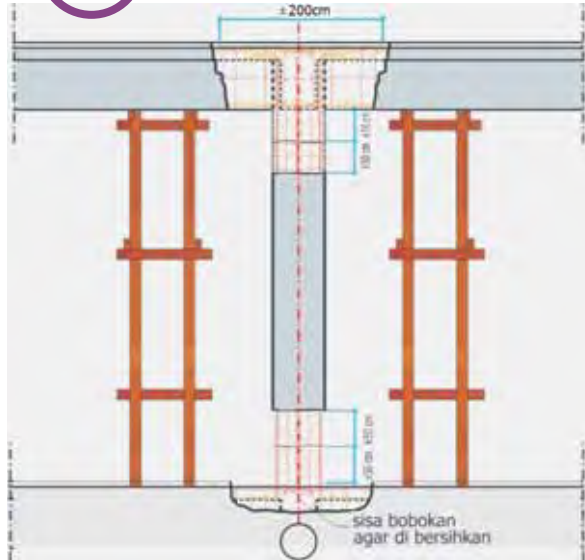
II



III.A



III.B

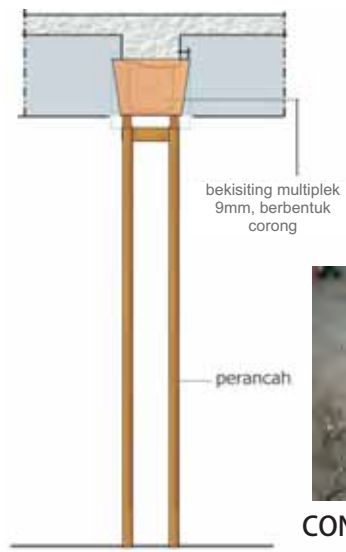
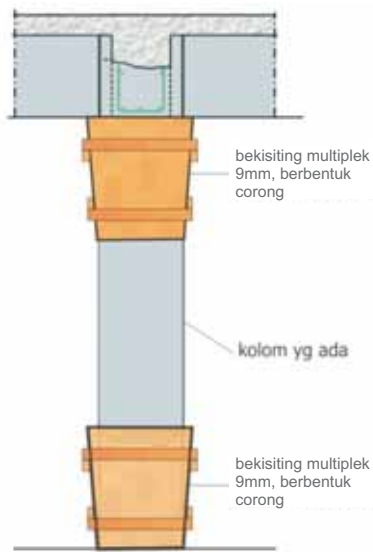


KALAU DIPERLUKAN PENAMBAHAN SENGGANG BALOK:

- BALOK DIBOBOK SELEBAR $\pm 2M$.
- PASANG TULANGAN SENGGANG. BESAR DAN JARAK TULANGAN SENGGANG SESUAI HASIL ANALISA.

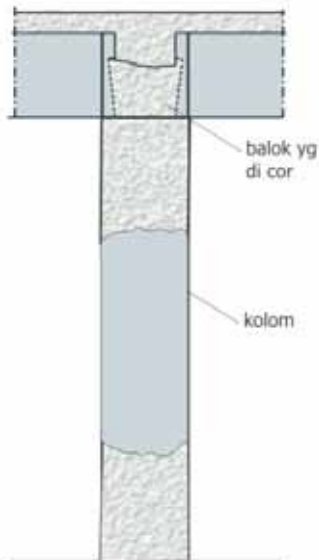
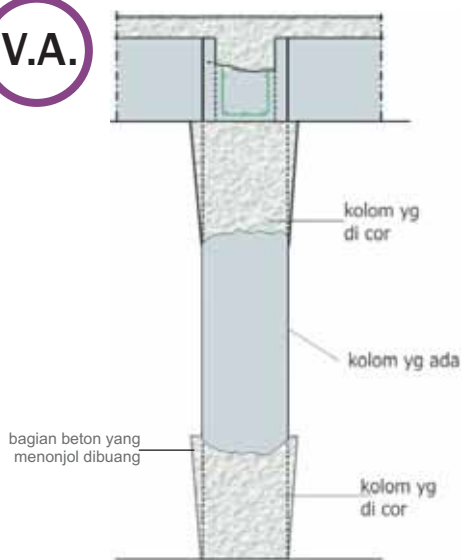
5. KALAU TULANGAN KOLOM / BALOK TIDAK CUKUP, MAKA ADA DUA KEMUNGKINAN YANG DAPAT DILAKUKAN:
 - A. SELURUH KOLOM / BALOK DIBOBOK & TULANGAN DITAMBAHKAN,
 - B. DIBERI TULANGAN TAMBAHAN DI LUAR KOLOM (JACKETING) DAN DICOR.
6. ANDAIKATA TULANGAN KOLOM TIDAK PERLU DITAMBAH, DAN HANYA DIPERLUKAN PENJANGKARAN TULANGAN KOLOM-BALOK SERTA MERAPATKAN JARAK SENGGANG KOLOM, MAKA:
 - A. UNTUK PENJANGKARAN: BALOK HARUS DIBOBOK.
 - B. UNTUK PENAMBAHAN SENGGANG: SELIMUT BETON KOLOM DIKUPAS MINIMUM 1 M, & KEMUDIAN PASANG SENGGANG DENGAN JARAK YANG DIPERLUKAN. (GAMBAR III.B.)
7. UNTUK PENGECORAN KEMBALI, PERLU DIBUAT BEKISTING YANG BERBENTUK CORONG AGAR BETON LAMA BAGIAN ATAS & BETON BARU MENJADI SATU KESATUAN (GAMBAR IV.A. & IV.B.). TINGGI BAGIAN ATAS CORONG MELEWATI BATAS SAMBUNGAN BETON LAMA & BETON BARU.
8. TUANGKAN ADUKAN BETON DENGAN MUTU YANG DIKEHENDAKI SAMPAI BATAS CORONG.
9. KALAU RUANG GERAK UNTUK PENGECORAN TERLALU SEMPIT, MAKA SEBAIKNYA PELAT DILUBANGI & PENGECORAN DILAKUKAN MELALUI LUBANG PELAT. (GAMBAR IV.B.)
10. SETELAH 24 JAM, BEKISTING DILEPAS & BAGIAN BETON YANG MENONJOL AKIBAT CORONG DIBUANG. (GAMBAR V.A. & V.B.)

IV.A.



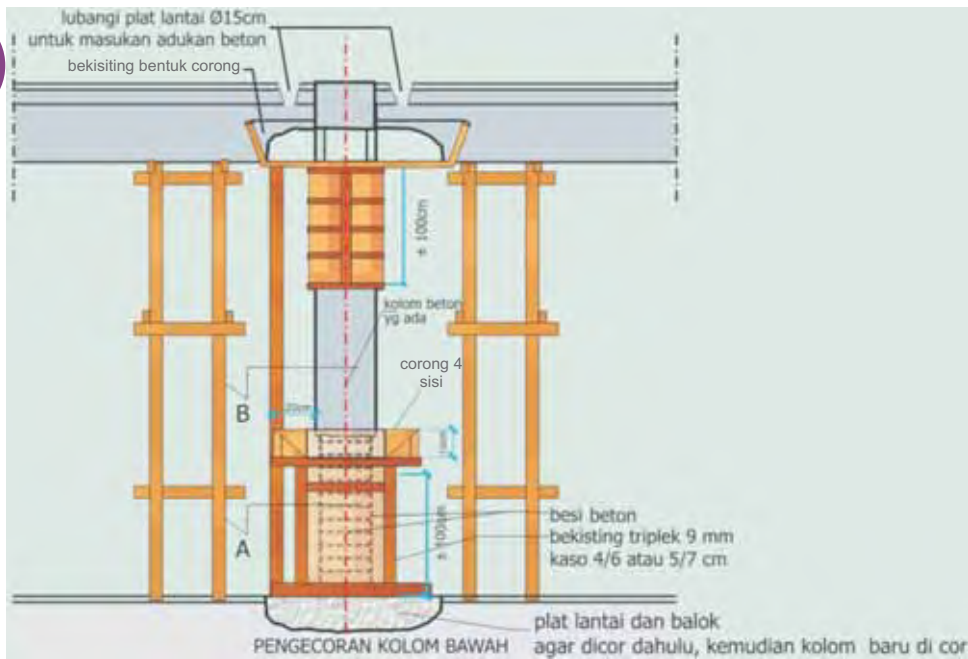
CONTOH BEKISTING YANG DIGUNAKAN UNTUK PENGECORAN

V.A.

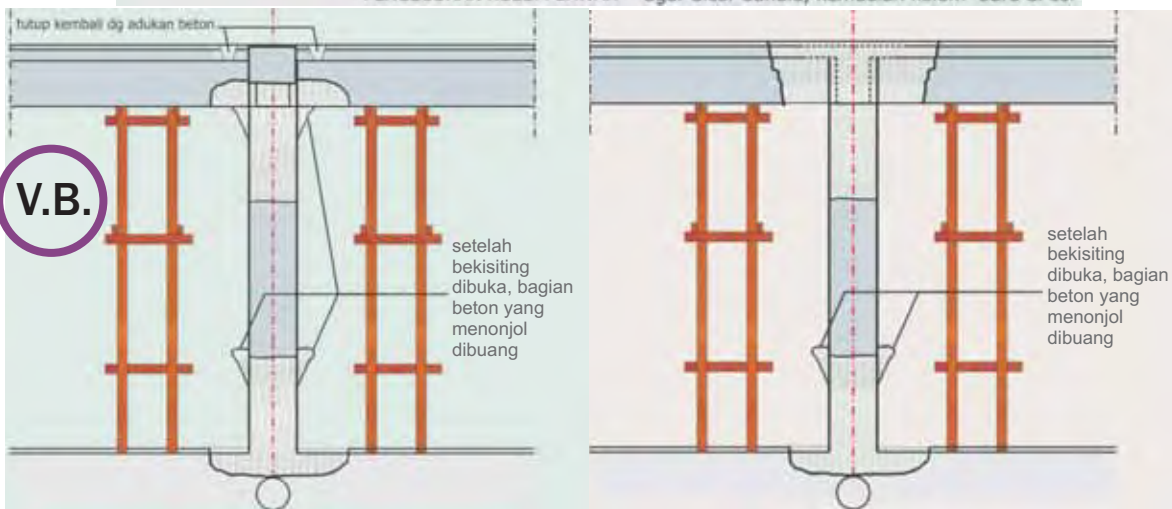


CONTOH PENGECORAN KOLOM BAGIAN ATAS DAN KOLOM BAGIAN BAWAH

IV.B.



V.B.



KOLOM YANG RUSAK, TULANGAN & SENGKANG KURANG



PELAKSANAAN PERBAIKAN, PENAMBAHAN TULANGAN & SENGKANG



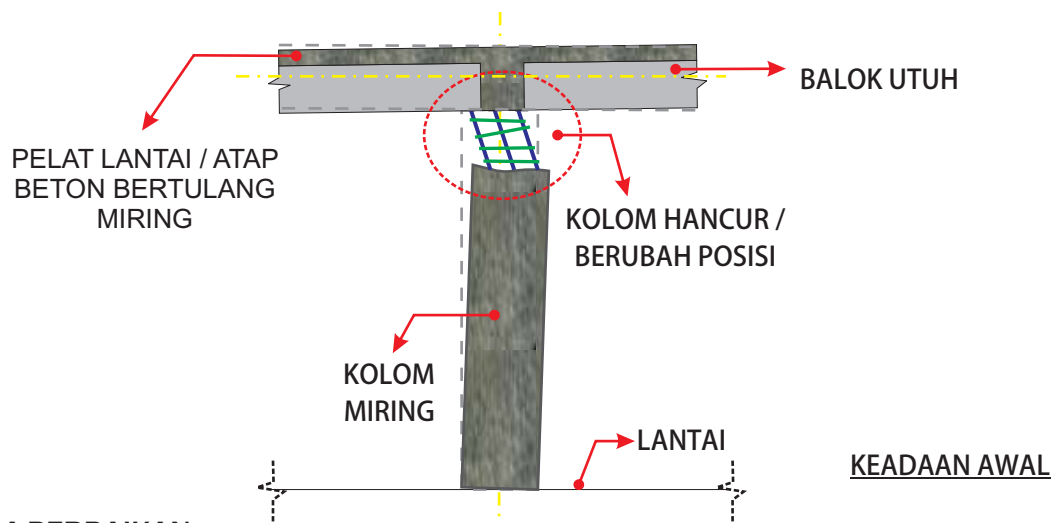
PEMASANGAN BEKISTING



KOLOM SETELAH DICOR & BEKISTING DILEPAS

CONTOH PELAKSANAAN PERBAIKAN KOLOM

9.5. PERBAIKAN KOLOM YANG MIRING DAN RUSAK DI BAGIAN ATAS



CARA PERBAIKAN:

1. BALOK DI ANTARA KOLOM YANG DIPERBAIKI DISANGGA DENGAN PERANCAH SELAMA PERBAIKAN.
2. BALOK YANG MIRING DISANGGA DENGAN DONGKRAK / JACK UNTUK MENGEMBALIKAN LEVEL YANG MIRING. (GAMBAR I)

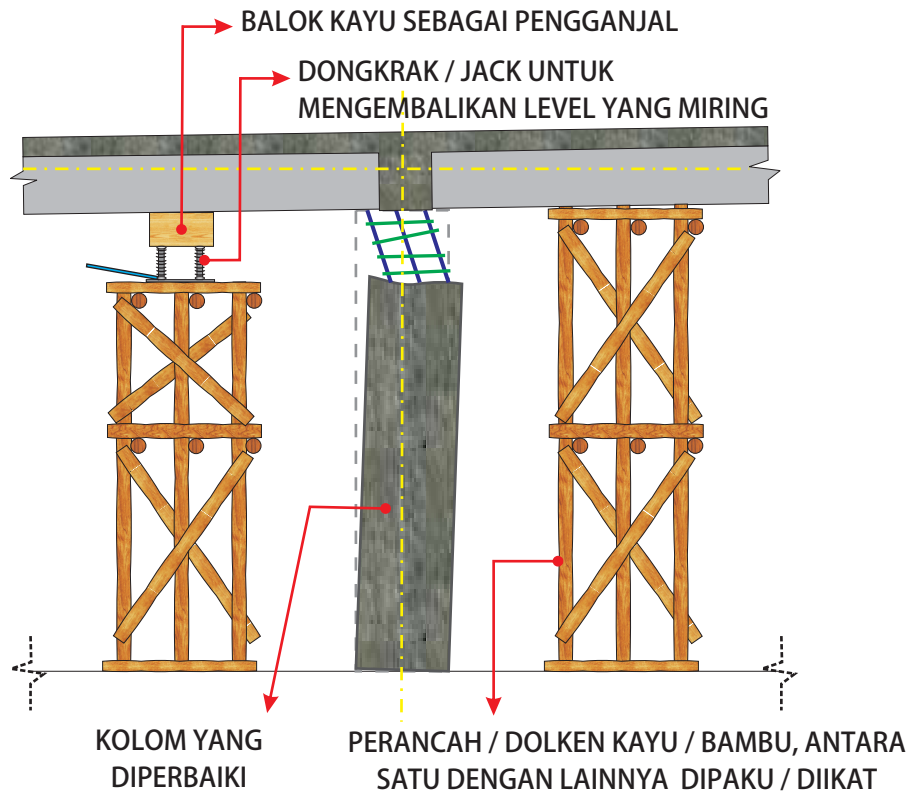
CATATAN: JIKA SULIT DIJACK, BESI KOLOM BOLEH DIPOTONG DAHULU.

3. BOBOK KOLOM YANG HANCUR / MIRING.
4. POTONG TULANGAN YANG BENGKOK. (GAMBAR II)
5. ATUR DONGKRAK / JACK HINGGA LEVEL YANG DIINGINKAN.
6. BOBOK BAGIAN BAWAH BALOK YANG BERBATASAN DENGAN KOLOM BAGIAN ATAS UNTUK PENJANGKARAN TULANGAN KOLOM. (GAMBAR II)
7. SETELAH LEVEL YANG DIINGINKAN TERCAPAI, DONGKRAK / JACK DILEPAS & DIGANTI DENGAN BALOK KAYU. (GAMBAR III)
8. SAMBUNG TULANGAN UTAMA KOLOM LAMA DENGAN TULANGAN BARU. PANJANG PENYAMBUNGAN TULANGAN KOLOM LAMA DENGAN TULANGAN KOLOM YANG BARU ADALAH MINIMUM $40D$. (GAMBAR III)

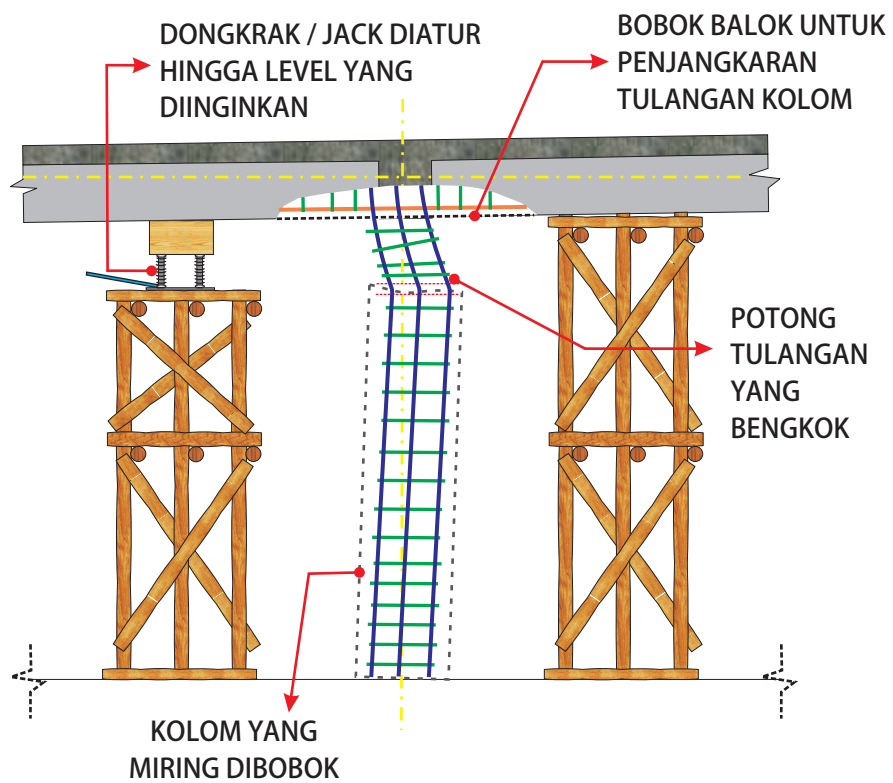
PASANG SENGGANG KOLOM LAMA, TAMBAHKAN SENGGANG BILA PERLU.

9. PASANG BEKISTING DARI MULTIPLEK 9MM. BUAT CORONG DI BAGIAN ATAS KOLOM. (GAMBAR IV)
10. KALAU RUANG GERAK UNTUK PENGEORAN TERLALU SEMPIT, MAKA SEBAIKNYA PELAT DILUBANGI & PENGEORAN DILAKUKAN MELALUI LUBANG PELAT.
11. COR KOLOM SETELAH BEKISTING TERPASANG.
12. SETELAH 24 JAM, BEKISTING DILEPAS & BAGIAN BETON YANG MENONJOL AKIBAT CORONG DIBUANG.

I



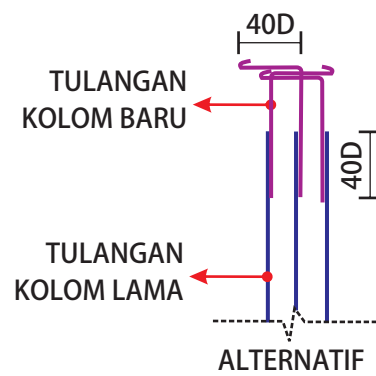
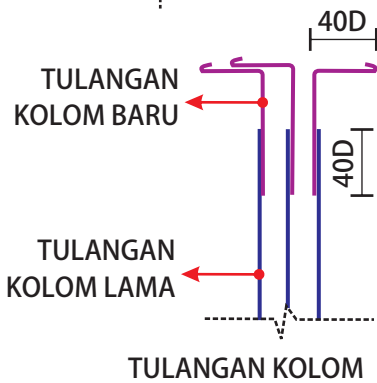
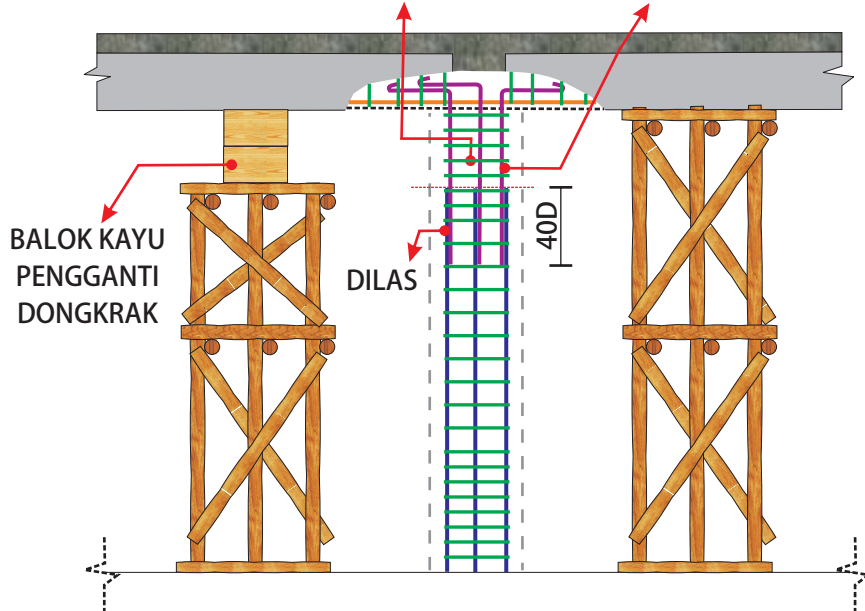
II



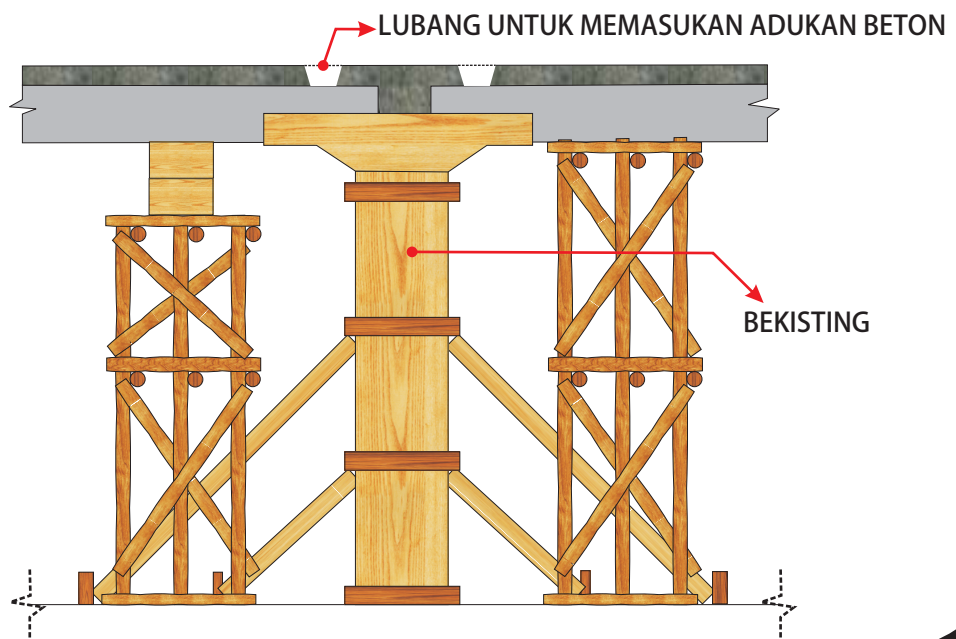
III

SENGKANG YANG LAMA
DIPASANG, TAMBAH
SENGKANG BARU BILA PERLU

TULANGAN KOLOM
UTAMA BARU,
DIJANGKAR KE BALOK



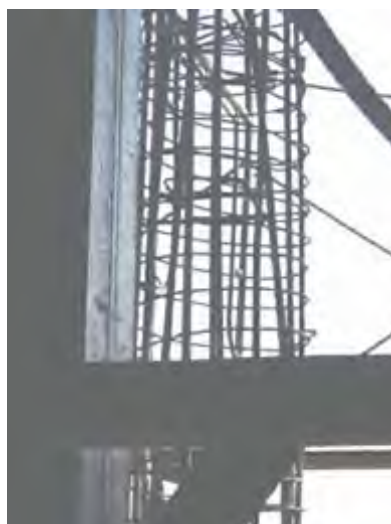
IV



**CONTOH RETROFITTING SEKOLAH DI BENGKULU YANG RUSAK AKIBAT GEMPA
4 JUNI 2000**



CONTOH RETROFITTING BANGUNAN DI BANDA ACEH YANG RUSAK AKIBAT GEMPA 26 DESEMBER 2004

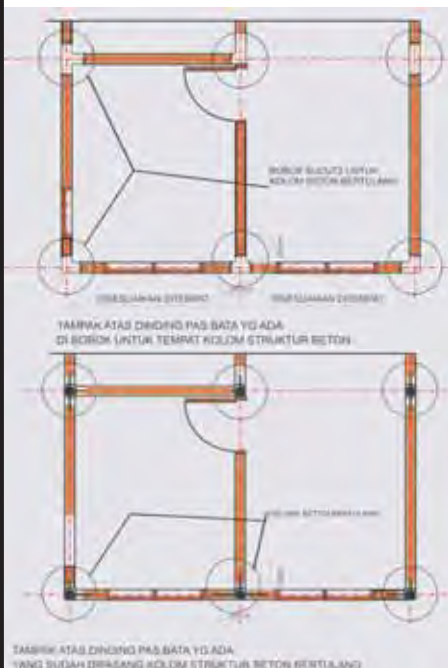


9.6. CONTOH PERBAIKAN RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN DENGAN MENGGUNAKAN KOLOM & BALOK BETON BERTULANG

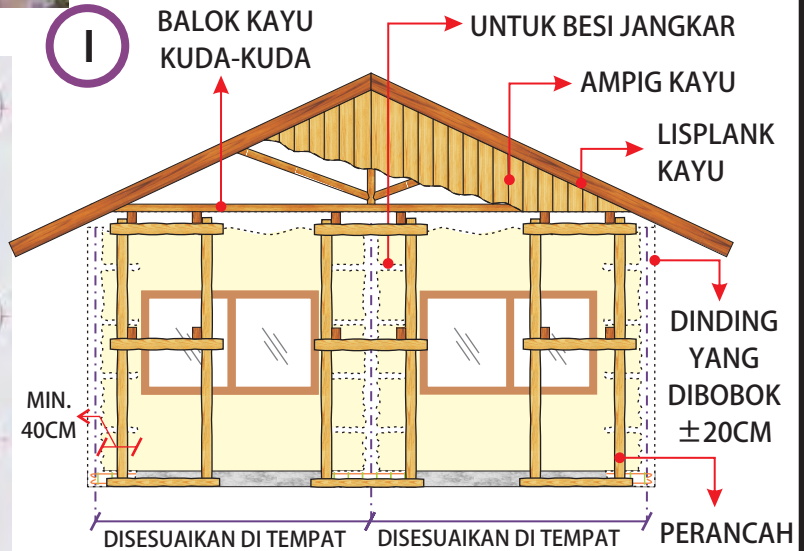


CONTOH RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN:

1. DINDING RETAK-RETAK
2. TIDAK ADA KOLOM PRAKTIS DAN RING BALOK (TIDAK ADA KONSTRUKSI BETON BERTULANG)

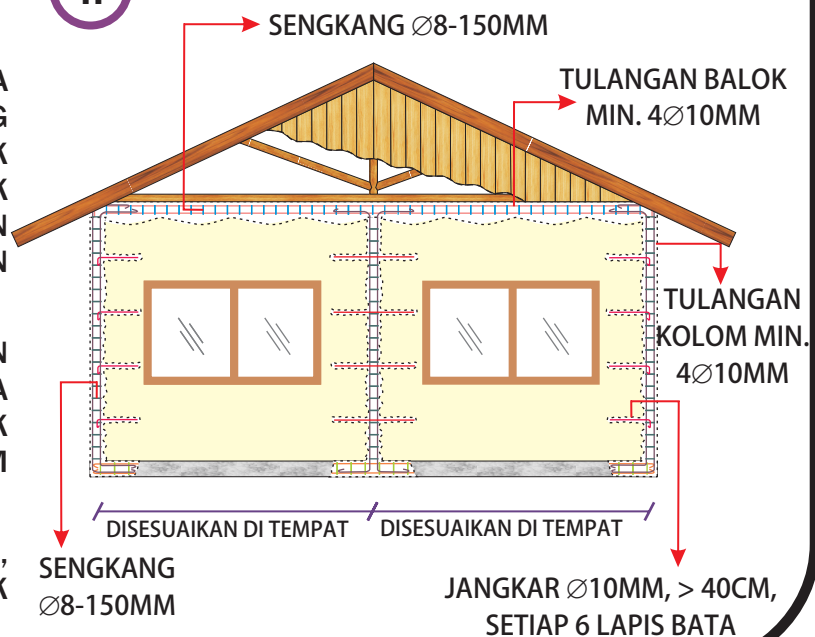


I



CATATAN: AGAR DICEK UKURAN SESUNGGUHNYA DI LAPANGAN.

II



CARA PERBAIKAN:

1. PASANG PERANCAH PADA TEMPAT-TEMPAT YANG AKAN DIBOBOK DINDINGNYA UNTUK PEMBUATAN KOLOM DAN BALOK BETON BERTULANG.
2. SUDUT PERTEMUAN PASANGAN DINDING BATA DIBOBOK ± 20 CM UNTUK PEMBUATAN KOLOM BETON TULANG.
3. SETIAP 6 LAPIS BATA, SPEZI DIBUANG UNTUK PENEMPATAN JANGKAR.

9.7. CONTOH PERBAIKAN RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN DENGAN MENGGUNAKAN KAWAT ANYAMAN YANG DIPLESTER DENGAN ADUKAN PASIR & SEMEN



CONTOH RUMAH TEMBOKAN TANPA PERKUATAN:

1. DINDING RETAK-RETAK
2. TIDAK ADA KOLOM PRAKTIS DAN RING BALOK (TIDAK ADA KONSTRUKSI BETON BERTULANG)

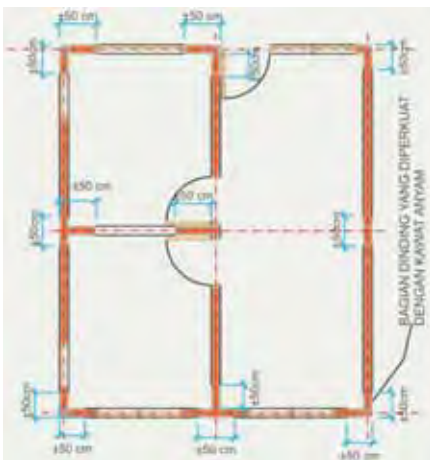


CARA PERBAIKAN:

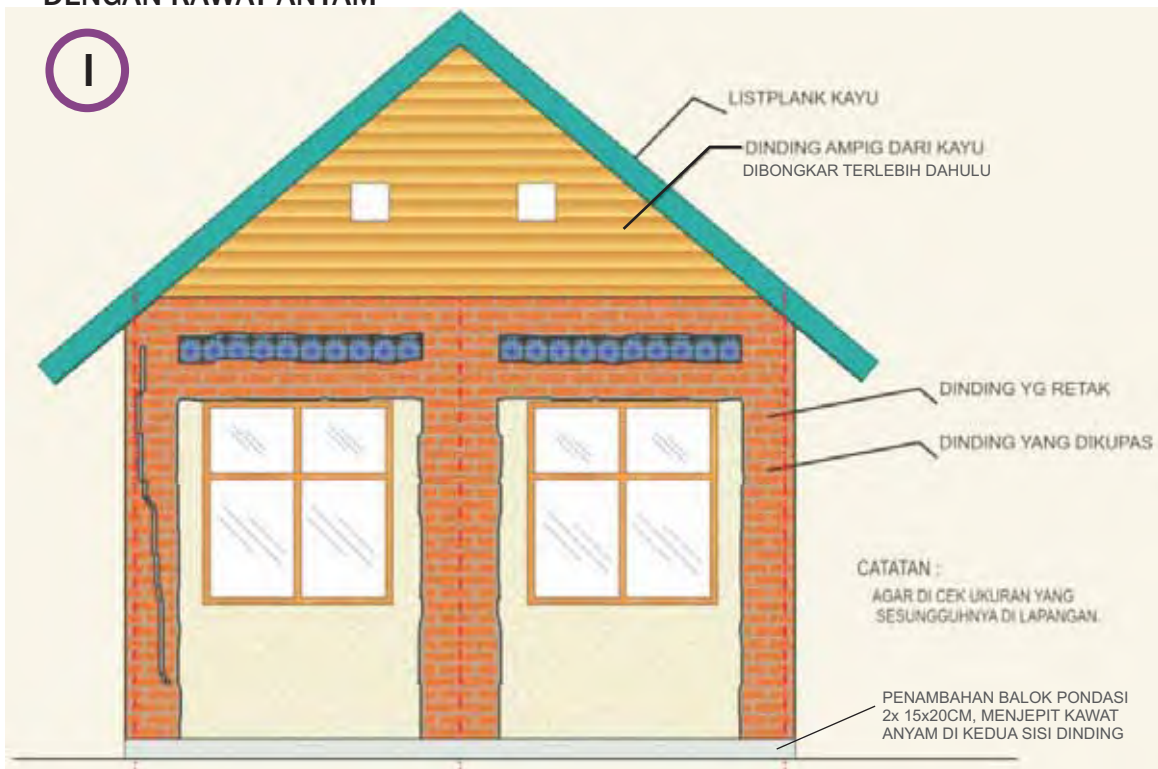
1. KUPAS PLESTERAN DI KEDUA SISI DINDING YANG AKAN DIBERI PERKUATAN DENGAN KAWAT ANYAM (LEBAR ± 40CM), BAIK ARAH VERTIKAL MAUPUN HORIZONTAL (LIHAT GAMBAR I).

UNTUK DINDING SUDUT & PERTEMUAN DINDING, PENGUPASAN PLESTERAN DILAKUKAN PADA KEDUA SISI SEMUA DINDING YANG BERTEMU.

2. RETAK-RETAK DI DINDING DIPERBAIKI DAHULU SEBELUM DIPASANG PERKUATAN KAWAT ANYAM.

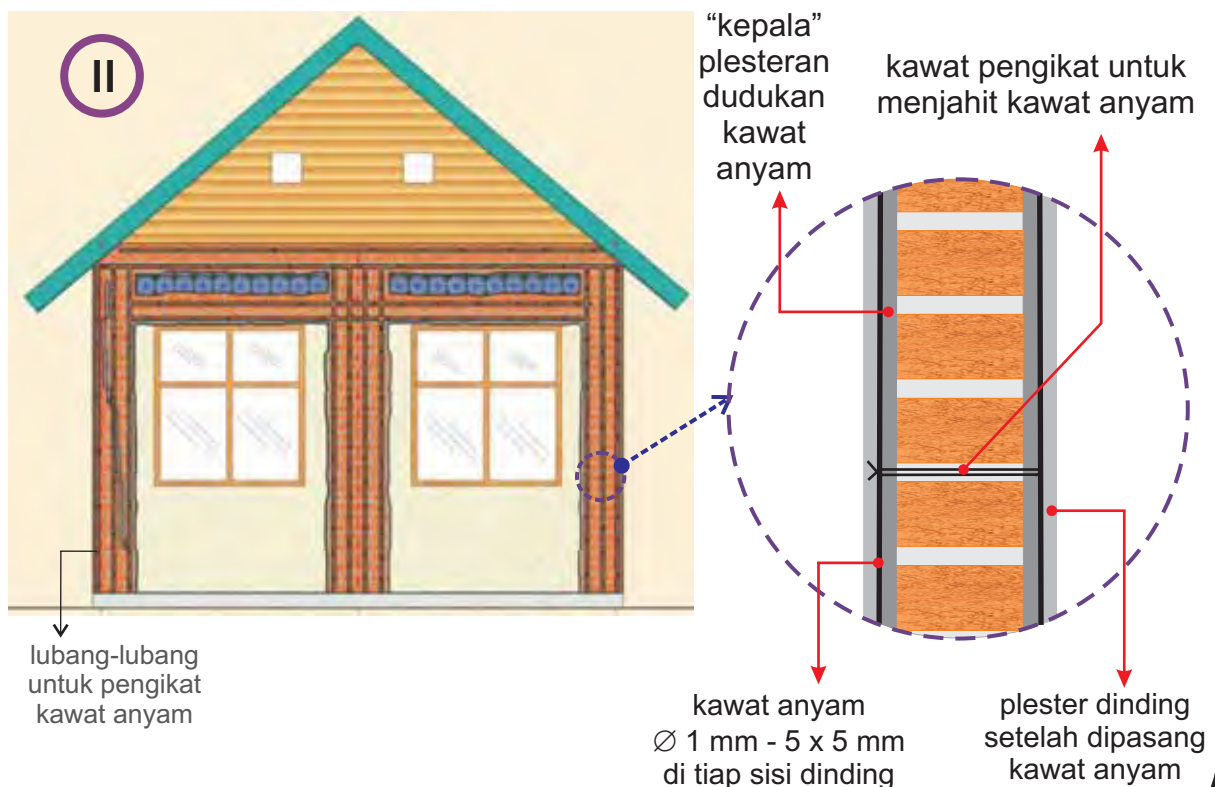


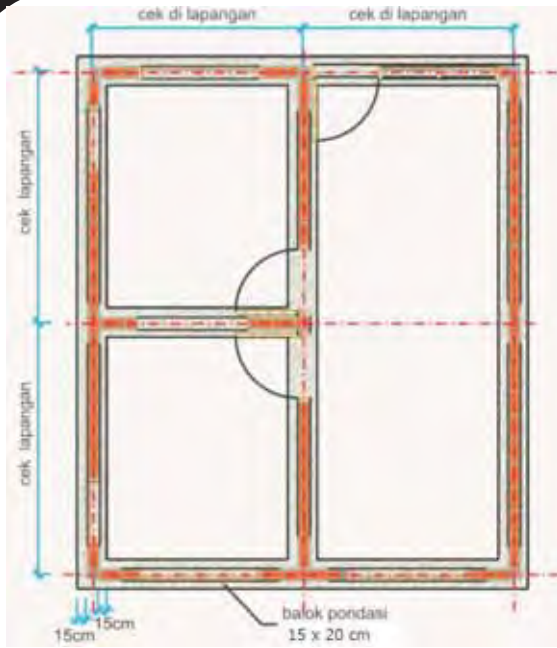
DENAH PERKUATAN DINDING DENGAN KAWAT ANYAM



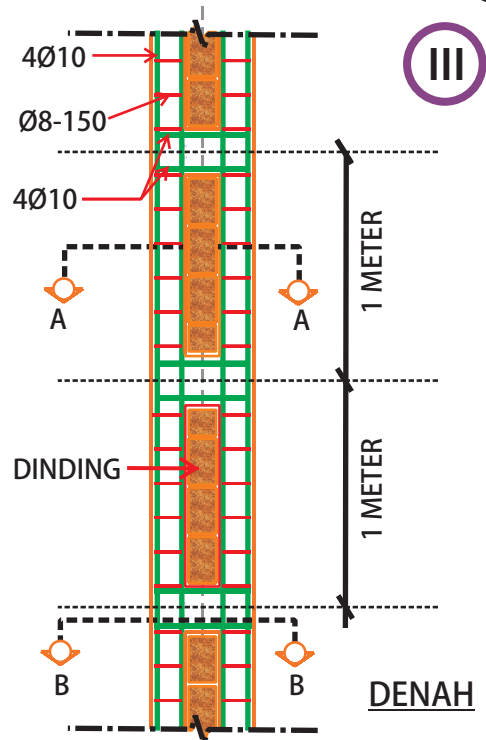
3. ANDAIKATA SPESI PASANGAN BATA YANG ADA MEMAKAI CAMPURAN KAPUR & PASIR ATAU CAMPURAN KAPUR, SERBUK SEMEN MERAH & PASIR, TANPA SEMEN, MAKA SEBELUM DIPASANG PERKUATAN DENGAN KAWAT ANYAM, SEBAIKNYA SPESI TSB DIBERI ALIRAN AIR SEMEN YANG DIMULAI DARI BAGIAN BAWAH DINDING.
4. BUAT "KEPALA" PLESTERAN MEMANJANG DENGAN LEBAR ± 2 CM DAN TEBAL 1 CM SEBAGAI DUDUKAN KAWAT ANYAM AGAR TIDAK MENEMPEL DI PASANGAN BATA. JARAK ANTARA "KEPALA" PLESTERAN ± 10 CM. (GAMBAR IV.)

POTONG TRIPLEK TEBAL 9MM LEBAR 2CM SEBAGAI BEKISTING UNTUK MEMBUAT ALUR "KEPALA" PLESTERAN TSB.
5. IKAT KAWAT ANYAM DI KEDUA SISI DINDING SATU DENGAN YANG LAIN DENGAN KAWAT IKAT BESI BETON. LUBANG UNTUK KAWAT IKAT DIBUAT DI "KEPALA" PLESTERAN MENEMBUS SPESI SETIAP JARAK ± 15 -20CM. (LIHAT GAMBAR PERBAIKAN DINDING RETAK - 9.1.)
6. BUAT BALOK PONDASI 15x20CM DI SISI KIRI KANAN DINDING. BALOK TERSEBUT BERFUNGSI SEBAGAI PENJEPIT PERKUATAN KAWAT ANYAM DI KEDUA SISI DINDING. BALOK PONDASI DAPAT DIBUAT DI BAWAH MAUPUN DI ATAS LANTAI. KALAU BALOK PONDASI DIBUAT DI ATAS LANTAI, BALOK TSB DITURUNKAN DI BUKAAN PINTU. (GAMBAR III.)
7. BALOK PONDASI DICOR TERLEBIH DAHULU. SETELAH ITU, PLESTER KEMBALI DINDING YANG SUDAH DIPASANG KAWAT ANYAM DENGAN ADUKAN SEMEN & PASIR.

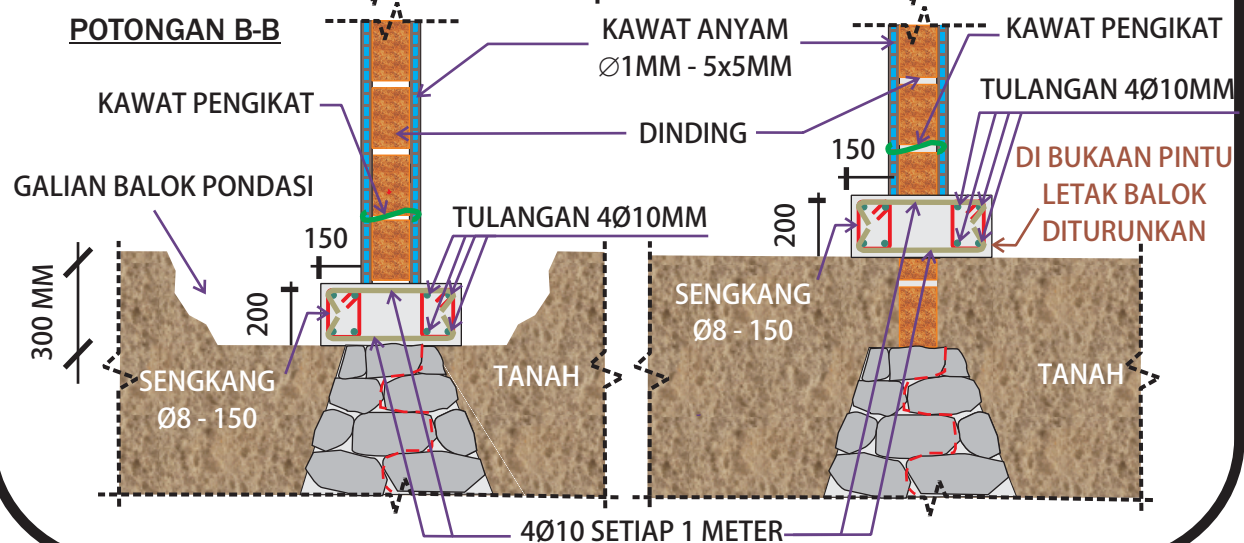
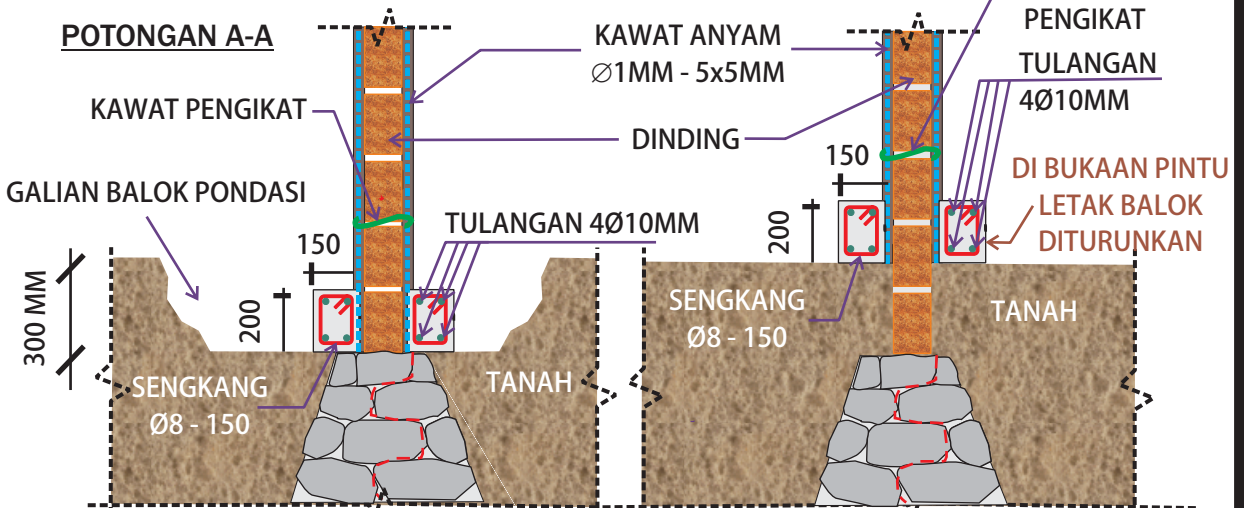




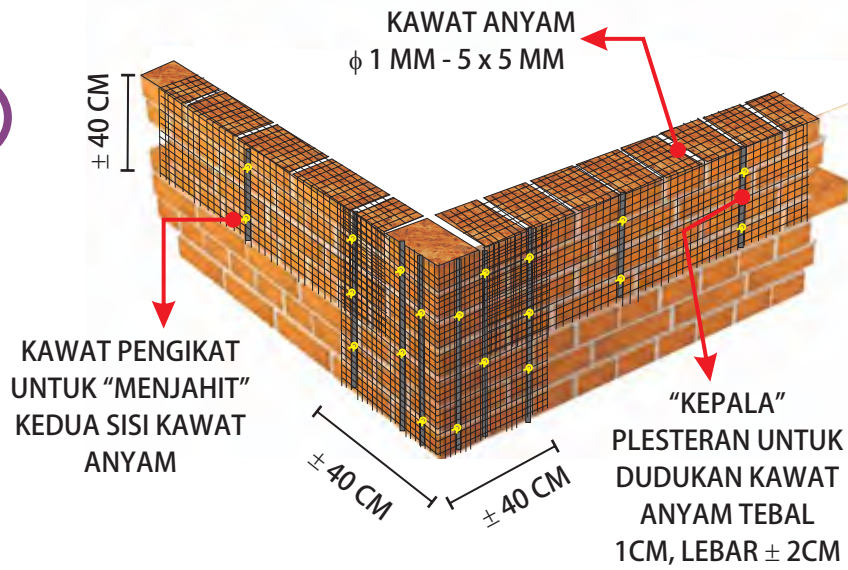
DENAH BALOK PONDASI SEBAGAI PENJEPIT KAWAT ANYAM



DENAH



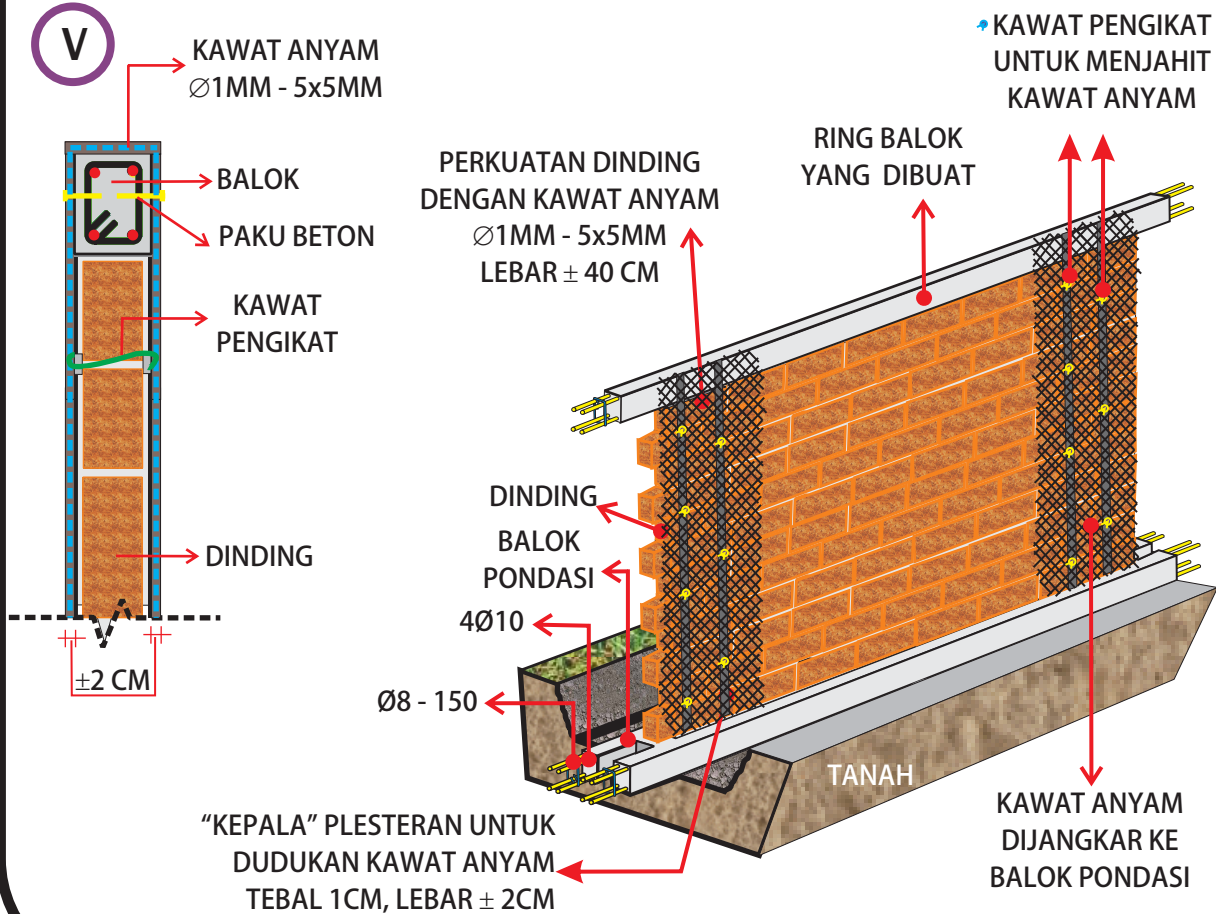
IV



DETAIL PERKUATAN DINDING

KALAU DIMUNGKINKAN, BUAT RING BALOK DI ATAS DINDING.

V

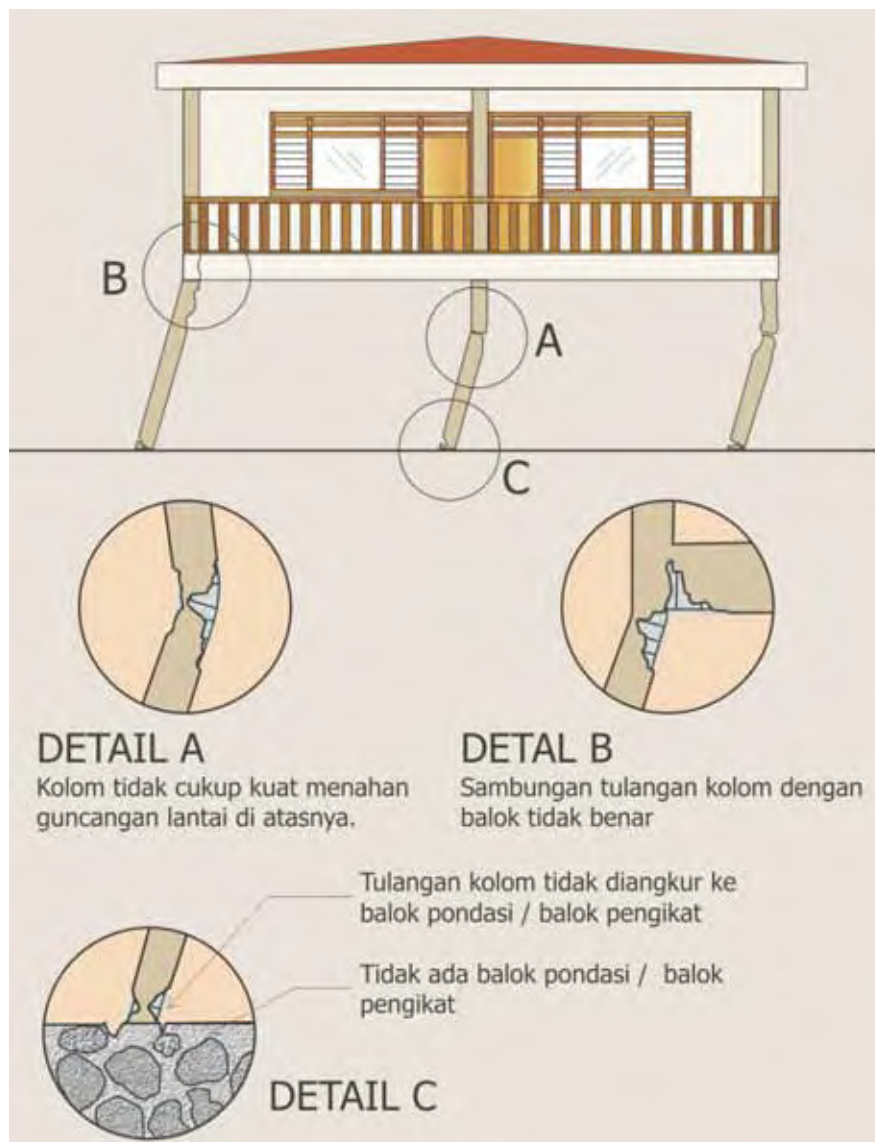


9.8. PERBAIKAN RUKO BETON BERTULANG

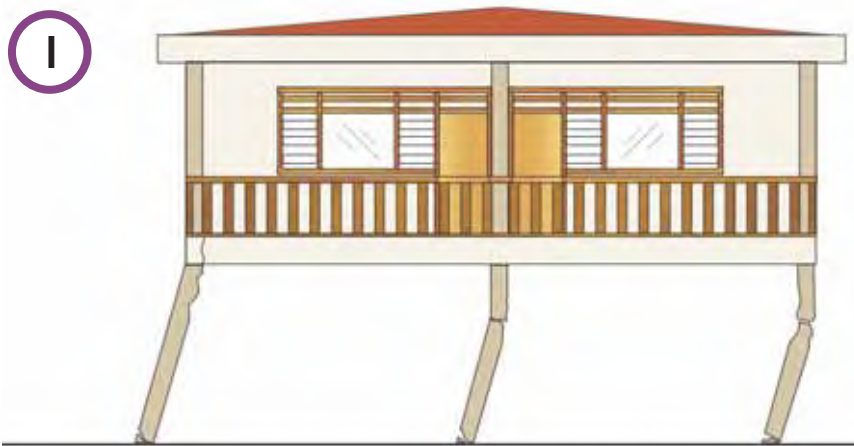
UMUMNYA KERUSAKAN YANG TERJADI PADA BANGUNAN RUKO BETON BERTULANG ADALAH KERUSAKAN PADA KOLOM LANTAI BAWAH, YAITU KERUSAKAN PADA BAGIAN ATAS KOLOM MAUPUN BAGIAN BAWAH KOLOM. STRUKTUR LANTAI ATAS TIDAK MENGALAMI KERUSAKAN YANG BERARTI.

SEBAB-SEBAB KERUSAKAN RUKO BETON BERTULANG ANTARA LAIN SEBAGAI BERIKUT:

1. ADANYA PERBEDAAN MASSA DAN KEKAKUAN ANTARA LANTAI ATAS DAN LANTAI BAWAH. LANTAI ATAS JAUH LEBIH BERAT DAN KAKU DIBANDINGKAN LANTAI BAWAH SEHINGGA PADA WAKTU TERJADI GEMPA, KOLOM DAN DINDING-DINDING TEPI LANTAI BAWAH TIDAK CUKUP KUAT MENAHAN GUNCANGAN LANTAI DI ATASNYA (DETAIL A).
2. SAMBUNGAN ANTARA KOLOM LANTAI BAWAH DENGAN BALOK LANTAI ATAS KURANG KAKU (DETAIL B).



3. HUBUNGAN ANTARA KOLOM YANG SATU DENGAN KOLOM YANG LAIN TIDAK MENJADI SATU KESATUAN YANG KAKU, TIDAK ADA BALOK PENGIKAT / BALOK PONDASI (DETAIL C).
4. KARENA TIDAK ADA BALOK PONDASI / BALOK PENGIKAT, MAKA HUBUNGAN ANTARA KOLOM DENGAN PONDASI MENJADI TIDAK KAKU (DETAIL C).
5. TIDAK ADA BALOK PRAKTIS DAN KOLOM PRAKTIS UNTUK BIDANG DINDING YANG LUASNYA $> 6M^2$.



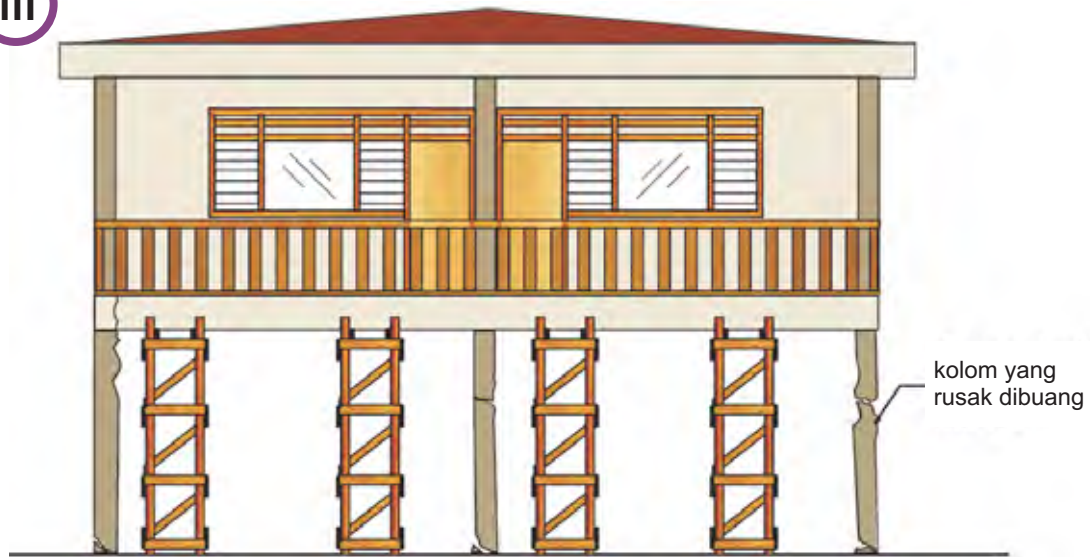
keadaan bangunan ruko setelah terjadi gempa



PASANG PENUNJANG VERTIKAL SEMENTARA BERUPA RANGKA KAYU.

PADA WAKTU DITARIK DENGAN CHAIN BLOCK, KOLOM-KOLOM PADA LANTAI BAWAH PADA ARAH TEGAK LURUS TARIKAN CHAIN BLOCK DIKAT SATU SAMA LAIN (DIRANGKAI) DENGAN RANGKA KAYU 6/12 CM SEPERTI TERLIHAT PADA GAMBAR II DI ATAS. HAL INI BERTUJUAN AGAR PADA WAKTU DITARIK, BANGUNAN DAPAT BERGERAK BERSAMAAN.

III



KOLOM BETON YANG RUSAK DIBONGKAR. JIKA TULANGAN KOLOM MASIH UTUH, MAKA TULANGAN TERSEBUT HARUS DIRAPIKAN DAN DIGUNAKAN KEMBALI.

TULANGAN KOLOM BARU MINIMUM $4\phi 16\text{MM}$, DISESUAIKAN DENGAN DERAJAT KEGEMPAAN SETEMPAT. SENGGANG DIPASANG SETIAP JARAK 100MM SAMPAI BATAS $40D$ DARI UJUNG KOLOM. BAGIAN TENGAH KOLOM DIPASANG SENGGANG DENGAN JARAK 150MM.

TULANGAN KOLOM DI BATAS ANTARA BAGIAN KOLOM YANG DIBONGKAR DAN BAGIAN YANG TIDAK DIBONGKAR HARUS DIRAPIKAN. DEMIKIAN JUGA DENGAN BAGIAN BALOK YANG DIBOBOK.

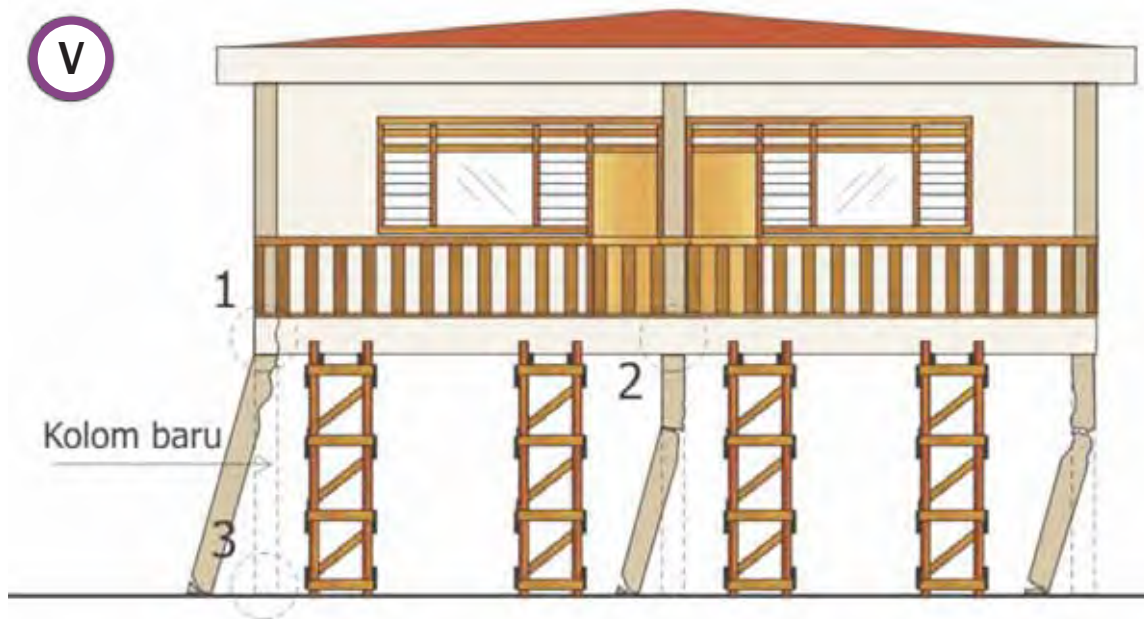
BALOK PONDASI (BALOK PENGIKAT) HARUS DIBUAT SEBELUM KOLOM DICOR.

IV



KALAU KOLOM TIDAK DAPAT DITARIK / DIBUAT TEGAK LURUS, MAKA KOLOM YANG RUSAK / MIRING DIBONGKAR. SETELAH ITU, BUAT PONDASI BARU YANG MEMADAI UNTUK MENAHAN KOLOM TSB. PONDASI YANG BARU DISAMBUNGGAN KE PONDASI YANG LAMA.

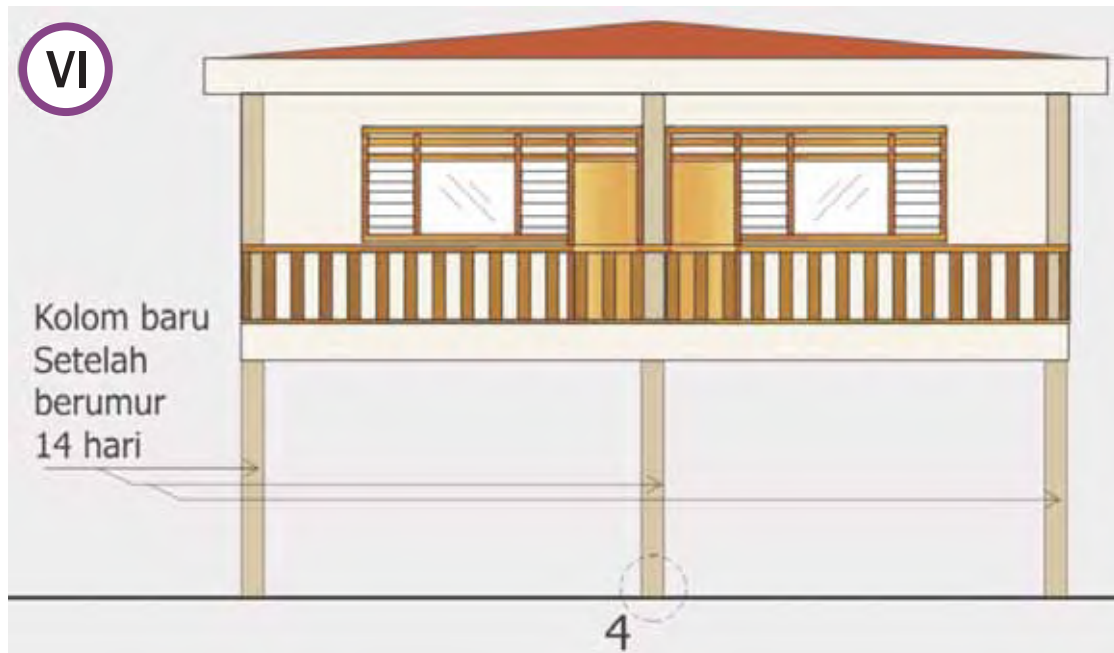
V

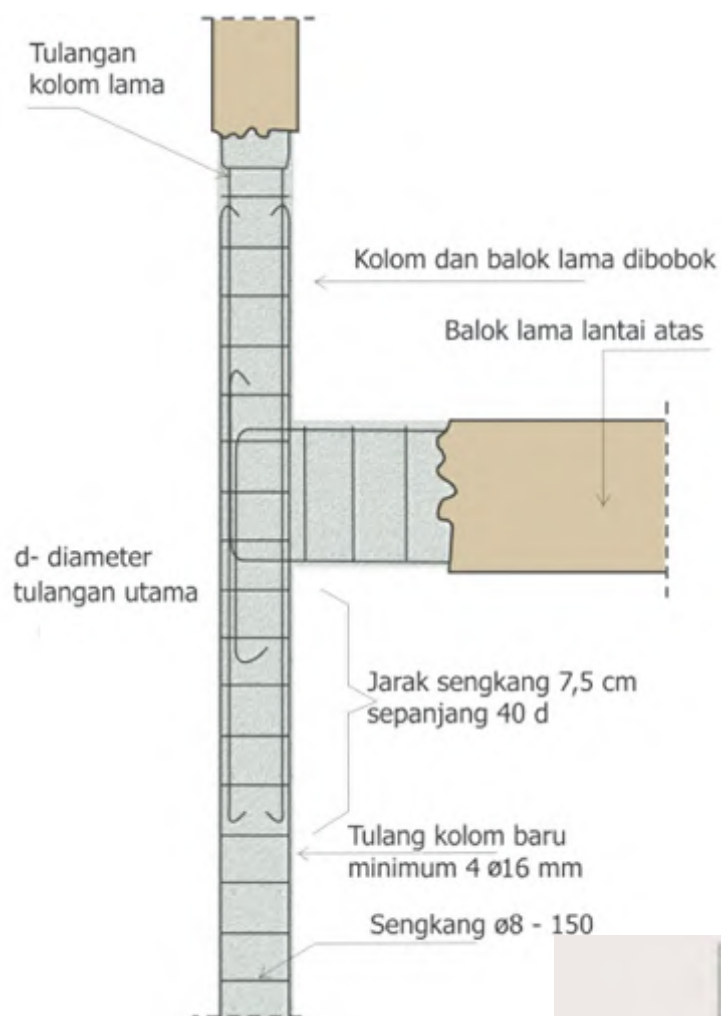


SEBELUM KOLOM BARU DICOR, BEKISTING DAN TULANGAN YANG DIPERLUKAN UNTUK KOLOM BARU HARUS DIPERSIAPKAN TERLEBIH DAHULU. KOLOM DICOR DENGAN CAMPURAN BETON 1 SEMEN : 2 PASIR : 3 KERIKIL DITAMBAH DENGAN AIR SECUKUPNYA.

SETELAH 3 HARI, BEKISTING BOLEH DIBONGKAR. SETELAH SEMUA KOLOM SELESAI DICOR, RANGKA PENUNJANG DAPAT DIBONGKAR MINIMUM 14 HARI KEMUDIAN.

VI

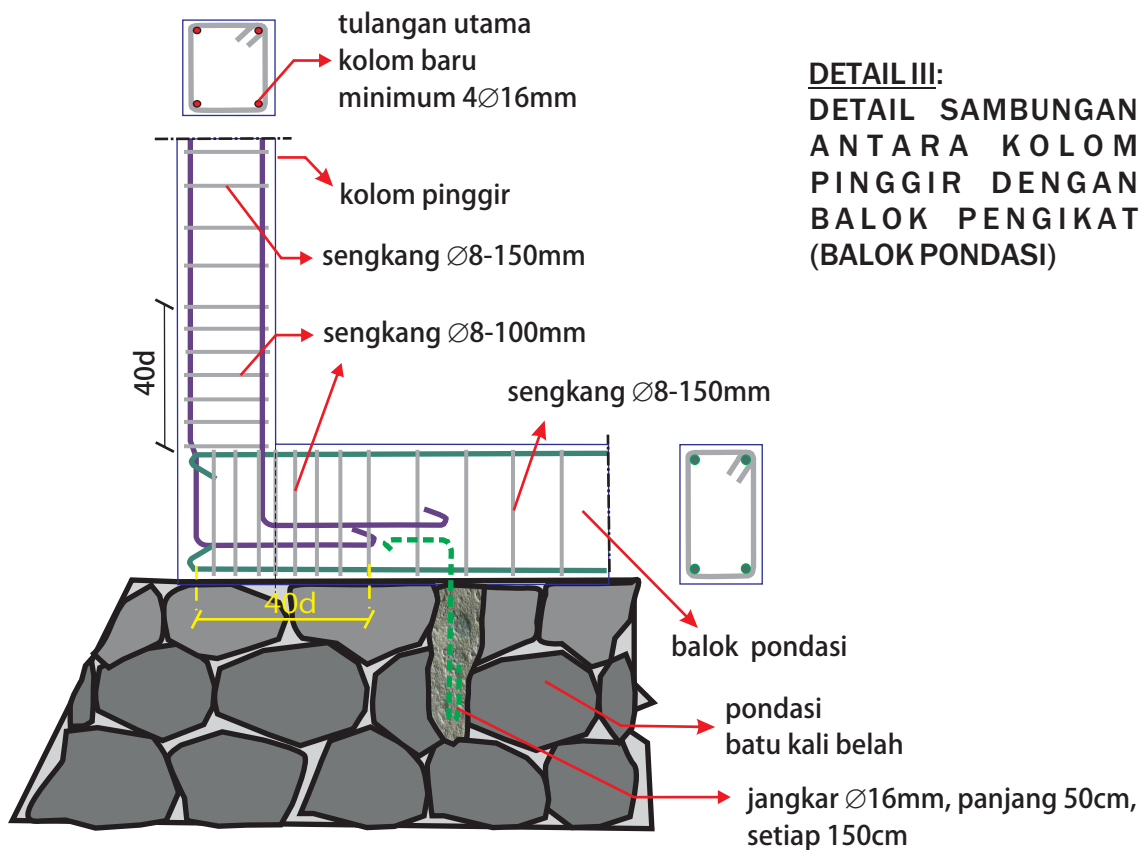




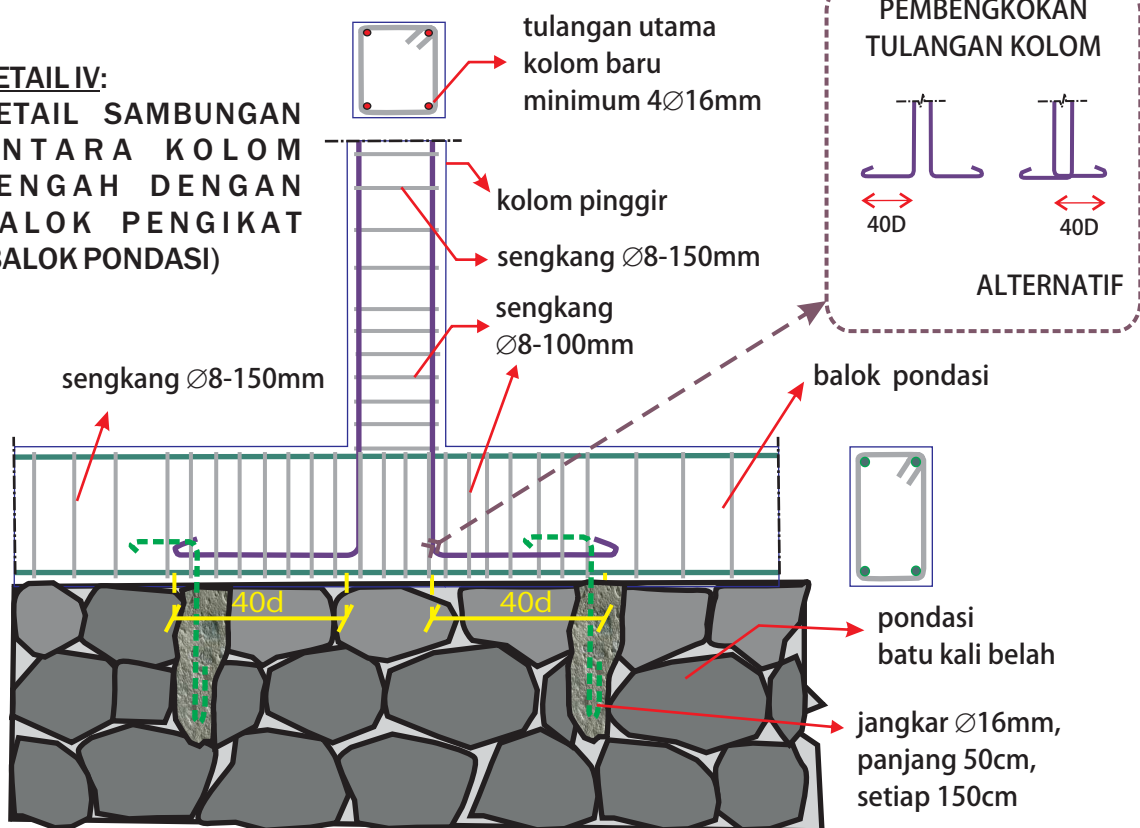
**DETAIL I:
DETAIL SAMBUNGAN
ANTARA KOLOM PINGGIR
DENGAN BALOK**

**DETAIL II:
DETAIL SAMBUNGAN
ANTARA KOLOM TENGAH
DENGAN BALOK**





DETAIL IV:
DETAIL SAMBUNGAN ANTARA KOLOM TENGAH DENGAN BALOK PENGIKAT (BALOK PONDASI)



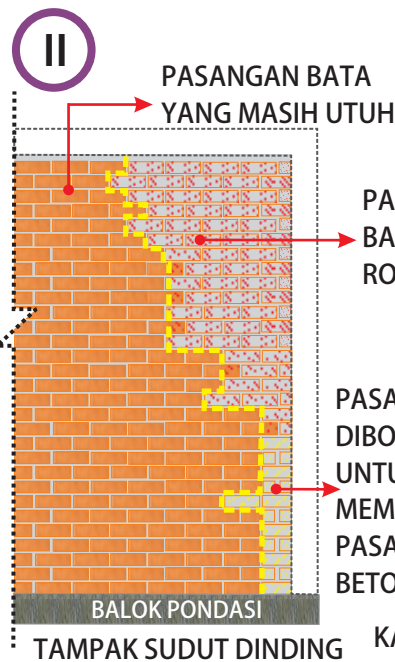
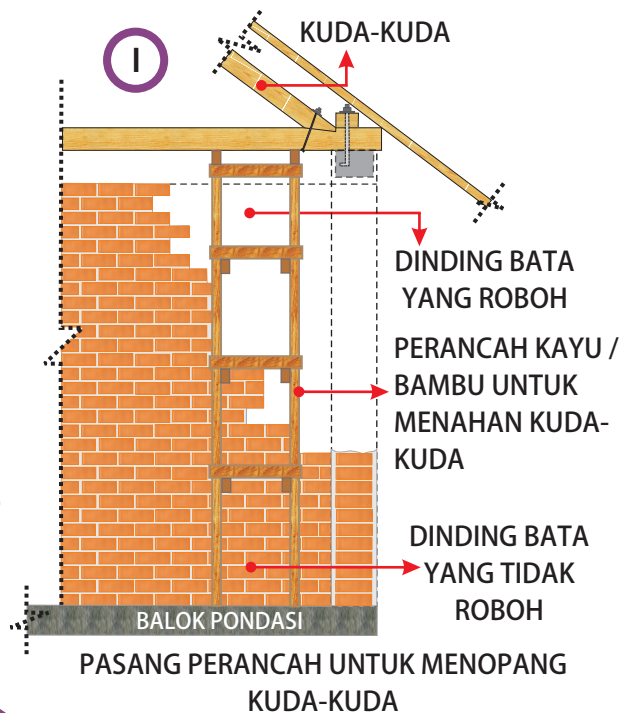
9.9. PERBAIKAN DINDING YANG ROBOH DI SUDUT RUANGAN



CONTOH KEGAGALAN DINDING DI SUDUT-SUDUT RUANGAN

CARA PERBAIKAN:

1. BUAT PERANCAH UNTUK MENUNJANG KUDA-KUDA ATAP AGAR TIDAK MELENDUT.
2. PERLEBAR SEPERLUNYA BUKAAN DINDING UNTUK MEMUDAHKAN Pengerjaan pemasangan dinding yang baru.
3. PASANG PEMBESIAN KOLOM & RING BALOK.
4. COR DENGAN CAMPURAN BETON MIN. 1 SEMEN : 2 PASIR : 3 KERIKIL DITAMBAH AIR SECUKUPNYA.
5. PASANG DINDING BARU SAMPAI DI BAWAH RING BALOK.



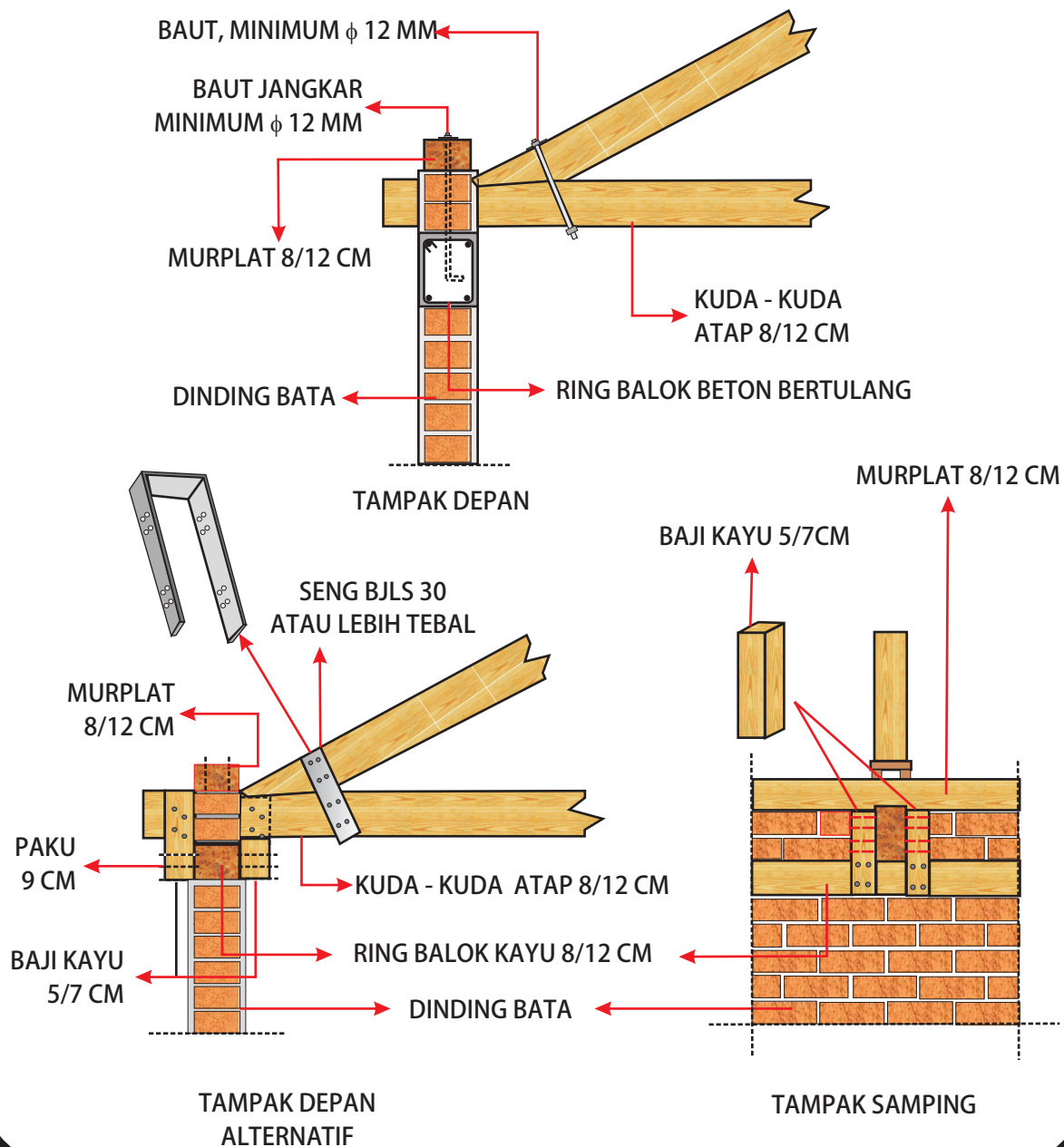
KALAU BALOK PONDASI TIDAK ADA, BUAT YANG BARU, LIHAT 9.7.

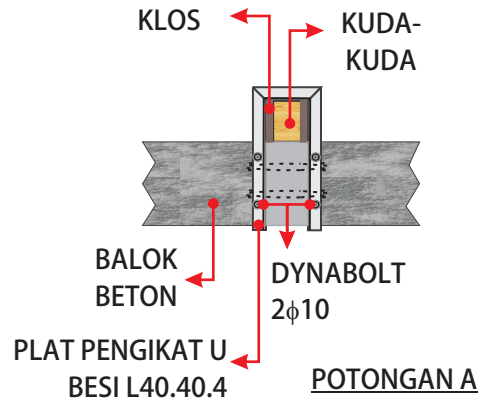
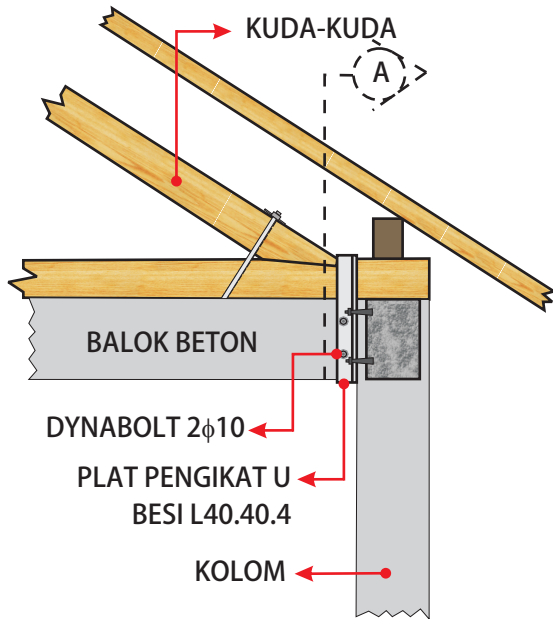


9.10. PERBAIKAN RANGKA ATAP LEPAS DARI DUDUKANNYA



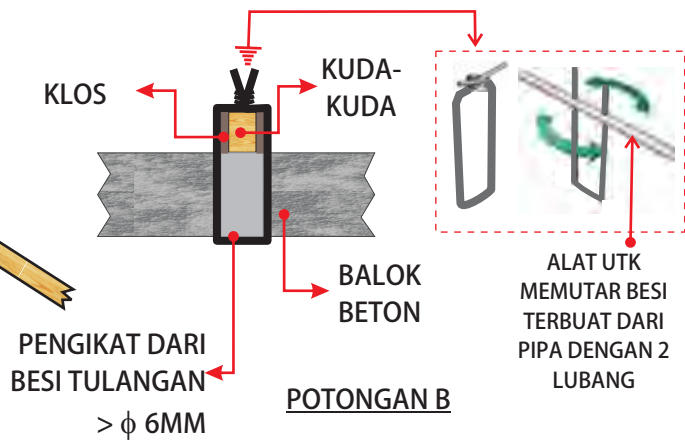
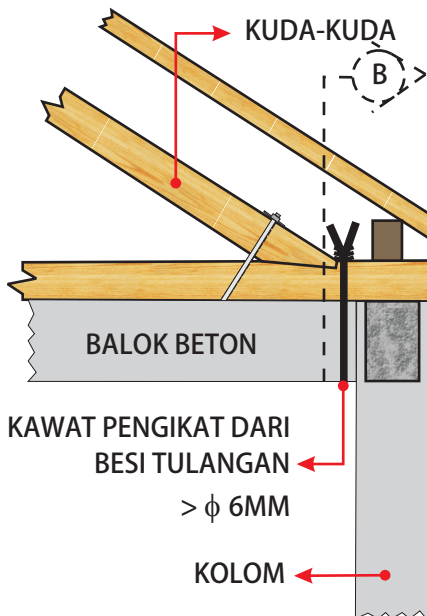
CONTOH RANGKA ATAP LEPAS DARI DUDUKANNYA





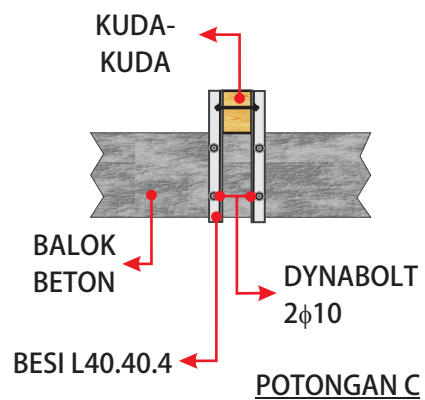
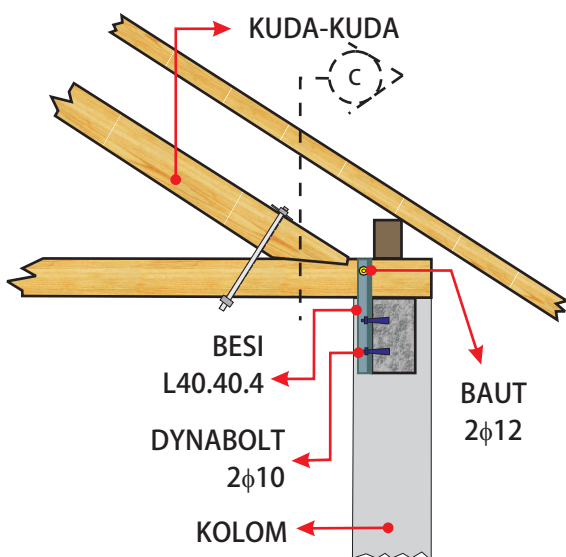
ALTERNATIF I

HUBUNGAN KUDA-KUDA DENGAN BALOK BETON KUDA-KUDA



ALTERNATIF II

HUBUNGAN KUDA-KUDA DENGAN BALOK BETON KUDA-KUDA



ALTERNATIF III

HUBUNGAN KUDA-KUDA DENGAN BETON

9.11. PENGAMANAN KOMPONEN NON-STRUKTUR SEBELUM TERJADI GEMPA

SELAIN KOMPONEN STRUKTUR, KERUSAKAN KOMPONEN NON-STRUKTUR AKIBAT GEMPA JUGA HARUS DIPERHATIKAN KARENA ADA 3 RISIKO YANG TERKAIT :

1. RISIKO TERHADAP KESELAMATAN JIWA:

PENGHUNI BANGUNAN DAPAT TERLUKA ATAU MENINGGAL AKIBAT TETIMPA RERUNTUHAN KOMPONEN NON-STRUKTUR. KERUSAKAN GEMPA DI MASA LALU MENUNJUKAN BAHAYANYA KACA YANG PECAH, RUNTUHNYA LANGIT-LANGIT, ROBOHNYA PARTISI TEMBOKAN ATAU DINDING PENGISI, TERGULINGNYA TABUNG GAS / KOMPOR.

2. RISIKO TERHADAP HARTA BENDA:

KERUGIAN HARTA BENDA DAPAT DISEBABKAN OLEH KERUSAKAN LANGSUNG KOMPONEN NON-STRUKTUR ATAU DAPAT JUGA SEBAGAI AKIBAT KERUSAKAN TIDAK LANGSUNG. CONTOH: KALAU PADA SAAT TERJADI GEMPA TABUNG GAS YANG SEDANG DIGUNAKAN UNTUK MEMASAK TERGULING, MAKA TERJADI KEBAKARAN YANG DAPAT MENGHANGUSKAN SELURUH ISI BANGUNAN DAN MENYEBABKAN KERUGIAN HARTA BENDA YANG BESAR.

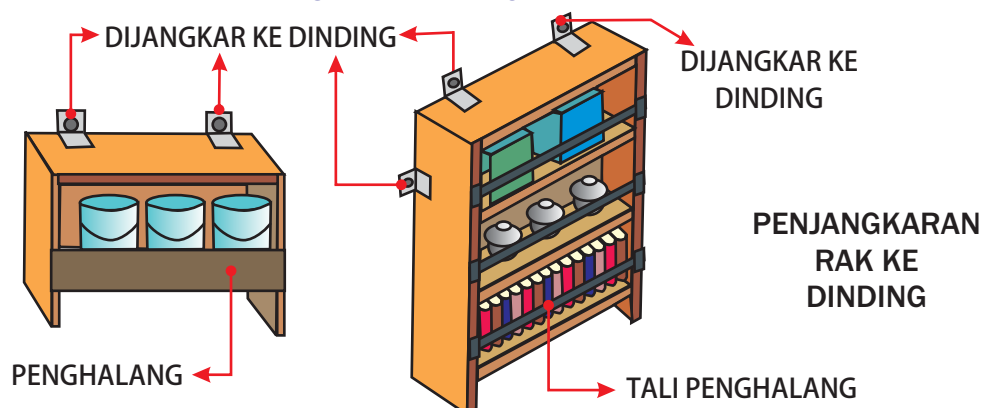
3. RISIKO TERKAIT DENGAN BERFUNGSIONYA BANGUNAN SEGERA SETELAH TERJADI GEMPA:

GANGGUAN TERHADAP FUNGSI NORMAL SUATU BANGUNAN, KHUSUSNYA BANGUNAN PENTING SEPERTI RUMAH SAKIT, GEDUNG-GEDUNG PENTING, AKAN MENYEBABKAN LAYANAN TERHENTI DAN TIDAK BERFUNGSI PADA SAAT MASYARAKAT SANGAT MEMBUTUHKAN PELAYANAN SEGERA SETELAH TERJADI GEMPA.

BANYAK FAKTOR DARI LUAR YANG DAPAT MENYEBABKAN GANGGUAN, TERMASUK ANTARA LAIN TERPUTUSNYA ALIRAN LISTRIK, TERPUTUSNYA PASOKAN AIR BERSIH, DAN KERUSAKAN INFRASTRUKTUR, DSB.

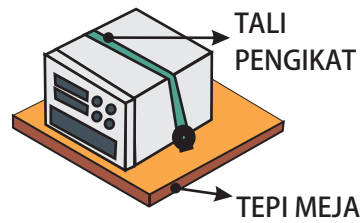
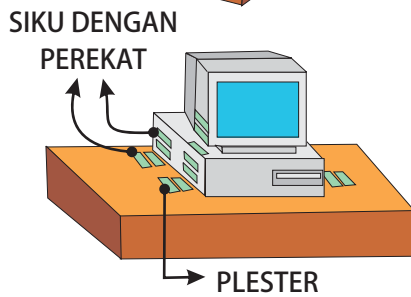
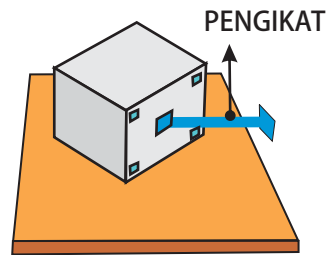
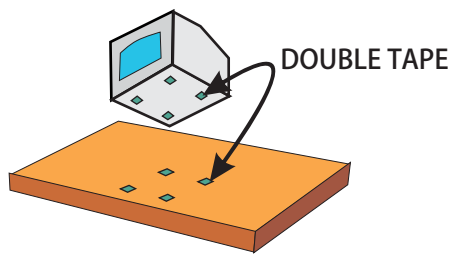
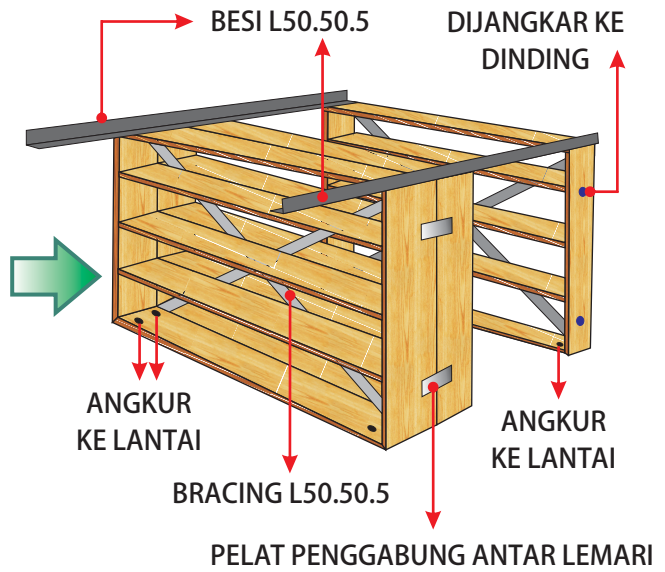
OLEH SEBAB ITU, KOMPONEN NON-STRUKTUR HARUS DIPERIKSA DAN DIAMANKAN SEBELUM TERJADI GEMPA.

YANG DIBAHAS DALAM MANUAL INI HANYA KOMPONEN NON-STRUKTUR YANG TERDAPAT DI BANGUNAN NON-ENGINEERED (RUMAH RAKYAT, SEKOLAH, RUKO). KOMPONEN NON-STRUKTUR UNTUK BANGUNAN ENGINEERED (TINGKAT TINGGI) JAUH LEBIH RUMIT DAN TIDAK DIBAHAS DALAM MANUAL INI.

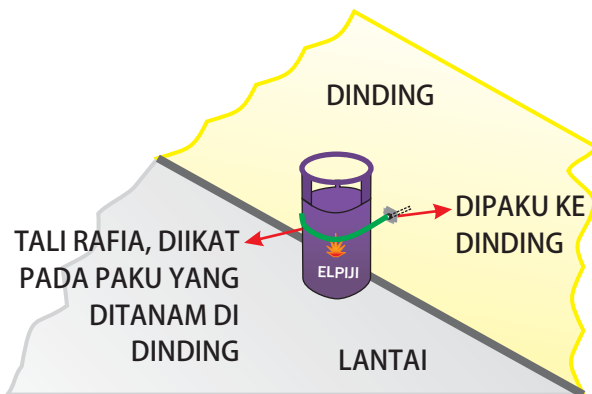




PENGAMANAN LEMARI-LEMARI TERHADAP GONCANGAN GEMPA



PENGAMANAN KOMPUTER TERHADAP GONCANGAN GEMPA



PENGAMANAN TABUNG GAS TERHADAP GONCANGAN GEMPA



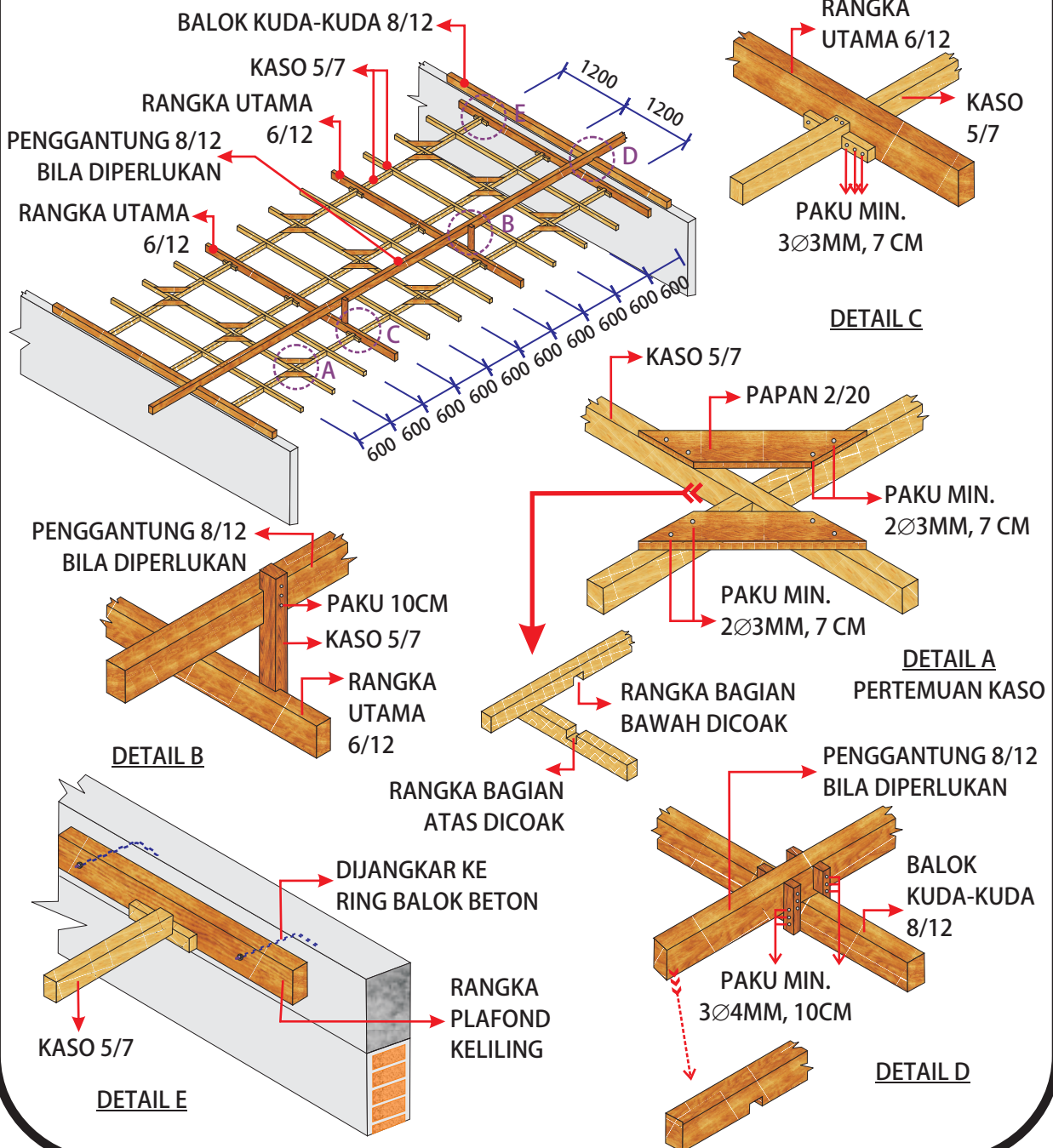
PENGANTUNG RANGKA PLAFOND METAL

9.12. PERBAIKAN RANGKA PLAFOND YANG LEPAS DARI DUDUKANNYA



CONTOH RANGKA PLAFOND LEPAS DARI DUDUKANNYA

RANGKA PLAFOND MERUPAKAN DIAFRAGMA UNTUK MEMBAGI BEBAN SECARA MERATA. JADI HARUS DIBUAT KAKU DAN KUAT. RANGKA PLAFOND METAL JUGA HARUS KAKU.



KEPUSTAKAAN

- [1] Boen, T., "The September 30, 2009 West Sumatra Earthquake Damage Survey." October 2009. (*Unpublished*)
- [2] Boen, T. & Natawidjaja, D.H., "The September 2, 2009 West Java Earthquake Damage Report." *ICUS Newsletter*, November 2009.
- [3] Boen, T., "Lessons from the Reconstruction of Houses in Aceh, after the Dec. 26, 2004 Tsunami." *HESI International Symposium*, Jepang, 28-29 November 2008.
- [4] Boen, T., "Reconstruction of Houses in Aceh, Three Years after the December 26, 2004 Tsunami." *ICEEDM08 (International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation 2008)*, Jakarta, 15 April 2008.
- [5] Boen, T., "Indonesia Earthquake Problem." *ICEEDM08 (International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation 2008)*, Jakarta, 15 April 2008.
- [6] Boen, T., "Bengkulu & West Sumatra Earthquakes, September 12, 2007, Structural Damage Report."
- [7] Boen, T., "Engineering Non-Engineered Buildings, from Non-Engineered to 3D Non-Linear Analysis, Performance Based Design." *Seminar dan Pameran HAKI 2007 - "KONSTRUKSI TAHAN GEMPA DI INDONESIA"*.
- [8] Boen, T., "West Sumatra Earthquake, 6 March 2007, Structural Damage Report"
- [9] Boen, T., "Reconstruction of Houses in Aceh, Twenty Months after the Tsunami of Dec. 26, 2004." *12th JAEE Symposium Special Session*, Jepang, 5 November 2006.
- [10] Boen, T., "Yogya Earthquake 27 May 2006, Structural Damage Report." *Kantor Kementerian Negara Perumahan Rakyat, 13 Juni 2006*.
- [11] Boen, T., "Performance of Masonry Houses in Past Earthquakes in Indonesia." *8NCEE Conference, JAEE Special Session, memperingati 100 tahun gempa San Francisco, 19 April 2006*.
- [12] Boen, T., "Building A Safer Aceh, Reconstruction of Houses, One Year After The Dec. 26, 2004 Tsunami." *40th Anniversary Universitas Trisakti, "Answering the Challenges in Today's Civil Engineering"*, Jakarta, 26 Januari 2006.
- [13] Boen, T., "Perbaikan Bangunan Tembokan yang Rusak akibat Gempa Bumi." *Bahan pelatihan fasilitator pembangunan perumahan untuk rekonstruksi Aceh pasca gempa 26 Desember 2004*".
- [14] Boen, T., "Reconstruction of Houses in Aceh, Seven Months after the Earthquake dan Tsunami, Dec 26, 2004." *ICUS Conference*, Singapore, 2005.
- [15] Boen, T., "Nias / Simeulue Earthquake March 28, 2005." *EERI Journal*, Vol.39, 2005.
- [16] Boen, T. and Jigyasu, R., "Cultural Considerations for Post Disaster Reconstruction Post-Tsunami Challenges." *UNDP Conference*, 2005.
- [17] Boen, T., "*Membangun Rumah Tembokan Tahan Gempa*", 2005.
- [18] Boen, T., "Sumatra Earthquake, 26 December 2004." *Special Report ICUS*, 2005.
- [19] Boen, T., "Earthquake Resistant Design of Non-Engineered Buildings in Indonesia." *EASEC Conference*, Bali, Indonesia, 2003.
- [20] American Concrete Institute, *ACI 318-02*, 2002.
- [21] Boen, T., "Earthquake Resistant Design of Non Engineered Buildings in Indonesia." *EQTAP Conference*, Kamakura, 2001.
- [22] Boen, T., "Earthquake Resistant Design of Non Engineered Buildings in Indonesia." *EQTAP Conference*, Bali, 2001.
- [23] Boen, T., et. al., "Post Earthquake Disaster Relocation: Indonesia's Experience." *APEC Conference*, Taiwan, 2001.
- [24] Boen, T., "Impact of Earthquake on School Buildings in Indonesia." *EQTAP Conference*, Kobe, Jepang, 2001.
- [25] Boen, T., "Disaster Mitigation of Non Engineered Buildings in Indonesia." *EQTAP Conference*, Manila, 2001.

KEPUSTAKAAN

- [26] Canadian Standard Association, *Guidelines for Seismic Risk Reduction of Operational and Functional Components (OFCs) of Buildings*. Toronto, May 2001.
- [27] FEMA 356 / ASCE, *Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings*. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia; Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C, November 2000.
- [28] Boen, T., *Gempa Bumi Bengkulu: Fenomena, dan Perbaikan / Perkuatan Bangunan (Berdasarkan Hasil Pengamatan terhadap Bangunan-Bangunan yang Rusak akibat Gempa Bumi Bengkulu, 4 Juni 2000)*, 2000.
- [29] Fanella, David A., *Seismic Detailing of Concrete Buildings*, Portland Cement Association, 2000.
- [30] Tomazevic, Miha, *Earthquake Resistant Design of Masonry Buildings*, Imperial College Press 1999.
- [31] Pande, et. al., *Computer Methods in Structural Masonry, Proceeding 4th International Symposium on Computer Methods in Structural Masonry*, 1998.
- [32] Boen, T., *Bencana Gempa Bumi: Fenomena, Akibat, dan Perbaikan / Perkuatan Bangunan yang Rusak (Berdasarkan Hasil Pengamatan terhadap Bangunan-Bangunan yang Rusak akibat Gempa Bumi Biak, 17 Februari 1996)*, 1996.
- [33] Shah, H., and Boen, T., *Probabilistic Seismic Hazard Model for Indonesia*, 1996.
- [34] Kicklighter, *Modern Masonry: Brick, Block, Stone*, Goodheart-Wilcox Publisher, 1996.
- [35] Boen, T., *Manual Perbaikan dan Perkuatan Bangunan yang Rusak akibat Gempa Bumi (Berdasarkan Hasil Pengamatan terhadap Bangunan yang Rusak akibat Gempa Bumi Kerinci, 7 Oktober 1995)*, 1995.
- [36] FEMA 74, *Reducing the Risks of Non structural Earthquake Damage, A Practical Guide*. 1994.
- [37] Boen, T., *Earthquake Hazard Mitigation in Developing Countries, the Indonesian Experience*, 1994.
- [38] Boen, T., *Manual Perbaikan Bangunan yang Rusak akibat Gempa Bumi (Hasil Survey Gempa Lampung Barat, 16 Februari 1994)*, 1994.
- [39] Boen, T., *Anjuran Perbaikan Detail Struktur Bangunan Sederhana yang Rusak akibat Gempa Bumi (Hasil Surey Gempa Bumi Halamahera, 21-1-1994)*, 1994.
- [40] Boen, T., *Manual Perbaikan Bangunan Sederhana yang Rusak akibat Gempa Bumi Flores*, Desember 1992.
- [41] Pauley & Priestley, *Seismic Design of Reinforce and Masonry*, John Wiley & Sons, Canada, Ltd, 1992.
- [42] Brett, Peter, *Formwork and Concrete Practice*, Heineman Professional Publishing, 1988.
- [43] Curtin, Shaw, Beck, *Structural Masonry Designers Manual*, BSP Professional Books, 1987.
- [44] IAEE Committee on Non-Engineered Construction, *Guidelines for Earthquake Resistant Non-Engineered Construction*, The International Association for Earthquake Engineering, 1986.
- [45] CIB/W-73, "Small Buildings and Community Development." *Proceedings, International Conference on Natural Hazards Mitigation Research and Practice*, 1984.
- [46] Boen, T., *Manual Bangunan Tahan Gempa (Rumah Tinggal)*, 1978.
- [47] National Science Foundation, *Earthquake Resistant Masonry Construction: National Workshop*, 1977.
- [48] Sharma, S.K. dan Kaul, B.K., *A Text Book of Building Construction*, S. Chand dan Co. (Pvt) Ltd., 1976.
- [49] Fintel, Mark, *Handbook of Concrete Engineering*, Van Nostrand Reinhold, 1974.
- [50] Neville, A.M., *Properties of Concrete*, Pitman Publishing, 1973.
- [51] Sahlin, Sven, *Structural Masonry*, Prentice-Hall, Inc., 1971.
- [52] Unesco, *Reinforced Concrete, an International Manual*, Butterworths, 1971.
- [53] Boen, T., *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Tahan Gempa*, 1969.
- [54] Portland Cement Association, *Concrete Technology, Student Manual*, D.B. Taraporevala Sons dan Co. Private Ltd., 1969.
- [55] Rooseno, *Beton Tulang, Pembangunan Djakarta*, 1954.

