

## PERBAIKAN STRUKTUR BETON BERTULANG, DINDING DAN BAJA PASCA GEMPA LOMBOK

**M. Afif Salim<sup>1\*</sup> dan M. Sofi Ardhani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang  
Jl. Pawiyatan Luhur, Bendan Duwur, Semarang 50236.

<sup>2</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang  
Jl. Pawiyatan Luhur, Bendan Duwur, Semarang 50236.

\*Email: afifsalim@untagsmg.ac.id

### Abstrak

*Gempa besar yang melanda Nusa Tenggara Barat sejak tanggal 29 Juli 2018 yang diikuti dengan beberapa gempa susulan, mengakibatkan kerusakan dengan cakupan wilayah yang cukup luas di beberapa daerah Lombok. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Observasi dan Survey, dimana peneliti melakukan observasi dan survey di kantor konsultan PT. Indra Karya (Persero) Divisi Engineering II Semarang. Penyebab kerusakan struktur Beton bertulang pasca gempa adalah sebagai Kurangnya kekuatan geser dari struktur bangunan akibat penggunaan kolom dan dinding geser yang terlalu sedikit, Retak pada kolom atau balok yang dikibatkan oleh gaya geser, Retak pada kolom akibat komponen non struktural, Slip antara beton dan tulangan baja, atau kegagalan geser pada pertemuan antara balok dan kolom, Terpusatnya kerusakan pada lantai tertentu akibat distribusi kekakuan yang tidak merata sepanjang tingkat bangunan, Terlepasnya komponen sekunder seperti dinding akibat hubungan yang tidak baik. Beberapa metode perbaikan yang dilakukan adalah : penggunaan shotcrete. Tulangan tambahan, Kerusakan tulangan dapat diperbaiki dengan cara pengelasan tumpuan atau penyambungan tulangan. Perbaikan dinding bata yang retak dapat dilakukan dengan shotcrete, dry packing dengan campuran agregat –portland cement atau dengan injeksi mortar dan epoksi. Perkuatan dinding bata dapat dilakukan dengan prestressing, dengan menambahkan tulangan pada permukaan dinding bata memakai plester. Perkuatan struktur baja pasca gempa Lombok dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: Mengganti baut dan paku keling yang ada dengan baut mutu tinggi, Menyatukan dengan baik sambungan yang kurang kuat, Mengurangi bentang elemen yang panjang, Menambah luasan penampang melintang dari profil, Mengganti dengan baja mutu tinggi.*

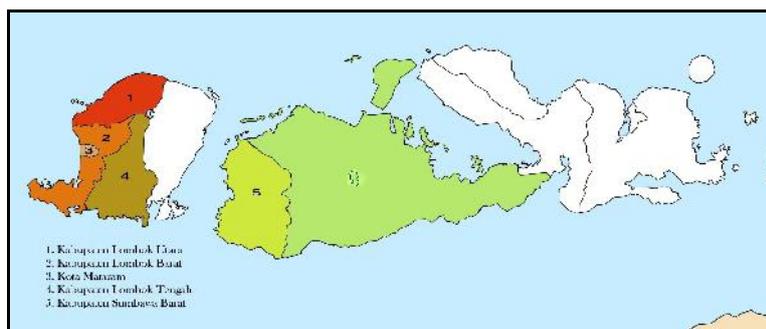
*Kata kunci: Struktur, Beton Bertulang, Dinding, Baja, Gempa Lombok*

### 1. PENDAHULUAN

Gempa besar yang melanda Nusa Tenggara Barat sejak tanggal 29 Juli 2018 yang diikuti dengan beberapa gempa susulan, mengakibatkan kerusakan dengan cakupan wilayah yang cukup luas di beberapa daerah Lombok dan Sumbawa. Kerusakan akibat gempa bervariasi dari kerusakan ringan sampai kerusakan berat, dengan kerusakan terparah berada di wilayah Kabupaten Lombok Utara. Tempat sarana dan prasarana umum juga tidak luput dari dampak gempa tersebut, seperti rumah sakit, sekolah, pasar, dan tempat ibadah yang mengakibatkan beberapa aktivitas masyarakat seperti perdagangan, perkantoran, belajar mengajar, dan perbankan.

Prasarana dan sarana secara langsung mempunyai hubungan yang sangat signifikan dengan perekonomian dan taraf hidup masyarakat. Prasarana dan sarana suatu daerah yang memadai akan mampu mendukung perekonomian daerah tersebut dan tentu akan meningkatkan daya beli masyarakat.

Dalam rangka pemulihan kembali kondisi lingkungan, masyarakat, infrastruktur, dan kehidupan sosial di Provinsi Nusa Tenggara Barat yang terdampak bencana alam gempa bumi dan menjamin terjadinya proses bermasyarakat yang sehat, dinamis serta progresif, maka pemerintah bersama Satuan Tugas (SATGAS) Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) bertindak cepat mendata serta menanggulangi sarana dan Prasarana yang membutuhkan penanganan. Terlaksananya suatu pembangunan Pekerjaan umum dilakukan secara bertahap, dan penataan tersebut diatur dalam suatu peraturan / pedoman perundang - undangan, yang secara garis besarnya adalah dimulai dengan tahapan perencanaan dan pelaksanaan konstruksi serta pengawasannya.



**Gambar 1. Lokasi Perbaikan Pasca Gempa (Laporan Akhir PT. Indra Karya, 2019)**

**Tabel 1. Daftar Rekapitulasi Perbaikan Struktur Pasca Gempa Lombok**

Bangunan	Jumlah Sarpras
Lombok Utara	1
Lombok Barat	40
Mataram	16
Lombok Tengah	31
Sumbawa Barat	1
Jumlah	89

*Sumber : Laporan Akhir PT. Indra Karya (Persero), 2019*

Evaluasi keamanan terhadap struktur bangunan gedung yang sudah berdiri diperlukan untuk memastikan kinerja bangunan pada saat terjadi gempa. Dengan adanya evaluasi keamanan ini diharapkan kerusakan atau keruntuhan dari bangunan akibat gempa yang terjadi di masa mendatang dapat dihindarkan atau diminimalkan (Afif Salim, 2018). Dengan demikian, secara umum tujuan dari evaluasi keamanan struktur bangunan terhadap gempa adalah :

- Menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya bangunan akibat gempa yang kuat
- Membatasi kerusakan bangunan akibat gempa ringan sampai sedang, sehingga masih dapat diperbaiki dengan biaya yang terbatas
- Membatasi ketidaknyamanan penghunian bagi penghuni bangunan ketika terjadi gempa ringan sampai sedang
- Mempertahankan setiap saat fungsi layanan bangunan.

Pada umumnya evaluasi kekuatan dilakukan pada bangunan-bangunan lama yang strukturnya belum dirancang dengan menggunakan kaidah-kaidah perencanaan struktur bangunan tahan gempa (Delfebriyadi, 2010). Evaluasi keamanan terhadap bangunan diperlukan juga untuk menyesuaikan standar perencanaan baru yang digunakan. Sebagai contoh, dengan berlakunya standar gempa Indonesia yang baru yaitu Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung (SNI 03-1726-2002), maka standar gempa yang lama yaitu SNI 03-1726-1989 tidak berlaku lagi. Menurut standar yang baru ini Gempa Rencana yang harus diperhitungkan pada struktur bangunan mempunyai periode ulang 500 tahun, sedangkan menurut standar yang lama periode ulang tersebut hanya 200 tahun.

### 1.1. Evaluasi Keamanan Bangunan Terhadap Gempa

ATC-3 (1978) menetapkan dua langkah evaluasi keamanan terhadap gempa untuk bangunan gedung yang telah berdiri, yaitu evaluasi kualitatif dan evaluasi analitis. Evaluasi kualitatif melibatkan pemeriksaan dokumen desain (gambar dan perhitungan) dan inspeksi lapangan. Evaluasi kualitatif terhadap bangunan gedung akan menghasilkan salah satu dari ketiga keputusan berikut :

1. Bangunan gedung sesuai dengan persyaratan desain
2. Bangunan gedung tidak sesuai dengan persyaratan desain
3. Bangunan gedung tidak dapat dievaluasi keamanannya secara kualitatif



**Gambar 2. Kondisi Bangunan Pasca Gempa Lombok**

Jika keamanan terhadap gempa tidak dapat dievaluasi secara kualitatif, maka perlu dilakukan evaluasi analitis. Pada 1979, Okada dan Bresler mengembangkan prosedur evaluasi keamanan struktur beton bertulang terhadap gempa untuk bangunan gedung tingkat rendah (sampai 5 lantai) dan gedung-gedung sekolah. Untuk menilai secara sistematis tingkat keamanan terhadap gempa dari beberapa gedung yang sudah ada dalam waktu singkat, mereka menggunakan metode seleksi melalui beberapa tahapan. Pertama, keamanan dari bangunan dihitung dengan metode analisis yang sederhana. Jika dari hasil analisis ini keamanan bangunan tidak memenuhi persyaratan, maka dilakukan analisis ulang dengan menggunakan teknik analisis yang lebih teliti (Agus B Siswanto, 2017).

### 1.2. Perbaikan dan Kekuatan Bangunan yang sudah ada

Kerusakan bangunan gedung akibat gempa harus diperbaiki dengan cara yang tepat, sehingga dapat dipastikan bahwa tingkat kekuatan semula dari bangunan dapat dicapai atau dilampaui. Dengan demikian struktur bangunan akan dapat bertahan jika terjadi gempa di masa depan (Hartuti, 2009). Perbaikan kerusakan gedung akibat gempa harus dilakukan sesuai peraturan. Tergantung dari tingkat kerusakan yang terjadi, perbaikan kerusakan pada bangunan pada umumnya mahal. Oleh karena itu, jika sudah diambil keputusan untuk melakukan perbaikan atau perkuatan struktur, perlu dipertimbangkan metode perbaikan dan perkuatan yang akan digunakan. Beberapa metode untuk perbaikan dan perkuatan struktur adalah :

1. Membuang elemen rusak dan mengganti dengan yang baru.
2. Menebalkan, memperluas, dan memperkuat elemen yang lama
3. Menambah dinding geser baru, pengaku vertikal, dan kolom pada struktur
4. Merubah sambungan geser menjadi sambungan penahan momen
5. Mengurangi massa struktur dengan menghilangkan tingkat teratas

Efektivitas dari metode-metode perbaikan dan/atau perkuatan tersebut diatas bisa sangat berhasil jika disertai dengan penggunaan dokumen perencanaan dan laporan pelaksanaan konstruksi.

## 2. METODOLOGI

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Observasi dan Survey, dimana peneliti melakukan observasi dan survey di di kantor konsultan PT. Indra Karya (Persero) Divisi Engineering II Semarang. Langkah- langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

### a. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan untuk mendapat pengetahuan dan landasan teori serta metode- metode yang akan digunakan dalam penulisan penelitian.

### b. Pengumpulan Data

Pengumpulan data- data diperlukan dalam penelitian ini, yaitu pengumpulan data primer yang diambil dari tempat penelitian dan pengumpulan data sekunder yang diambil dari instansi terkait. Adapun data-data yang diperlukan adalah :

- Data primer yang didapat langsung dari kantor PT. Indra Karya (Persero).
- Dokumentasi lapangan

Tahap persiapan survey berupa pengkajian data/ informasi mengenai kondisi pasca gempa Lombok dan literatur yang telah ada serta berkaitan dengan kondisi eksisting di lapangan. Kegiatan survey, baik survey primer maupun sekunder sesuai dengan kebutuhan data yang telah disusun pada tahap pendahuluan. Setelah pengumpulan data selesai dilakukan, data yang diperoleh diolah agar mudah digunakan dalam proses selanjutnya yaitu proses analisis data. Analisis yang dilakukan adalah analisis evaluasi kemandan dan perbaikan struktur, meliputi identifikasi data lapangan, identifikasi permasalahan kerusakan konstruksi, identifikasi solusi penanganan, serta evaluasi kemandan dan perbaikan struktur.

Tahap akhir dari pekerjaan ini adalah hasil evaluasi kemandan dan perbaikan struktur bangunan pasca gempa di Lombok.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Perbaikan Struktur Beton Bertulang

Pengalaman yang didapat dari kerusakan bangunan akibat gempa di Lombok menunjukkan bahwa struktur beton bertulang mempunyai ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan struktur yang terbuat dari pasangan dinding bata. Selain ekonomis, struktur beton bertulang juga cocok digunakan untuk bangunan-bangunan di daerah rawan bencana gempa. Seiring dengan berkurangnya kerusakan gempa pada struktur beton bertulang karena berkembangnya desain bangunan tahan gempa,

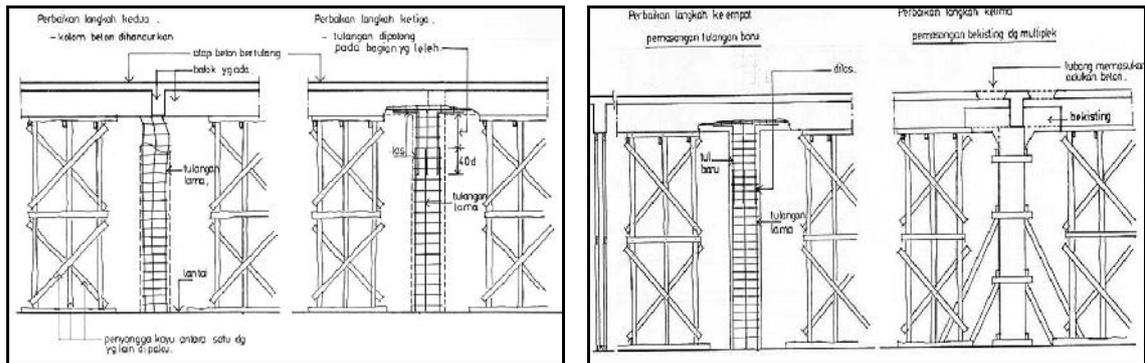
Penyebab kerusakan struktur Beton bertulang pasca gempa adalah sebagai berikut :

1. Kurangnya kekuatan geser dari struktur bangunan akibat penggunaan kolom dan dinding geser yang terlalu sedikit.
2. Retak pada kolom atau balok yang dikibatkan oleh gaya geser
3. Retak pada kolom akibat komponen non struktural.
4. Slip antara beton dan tulangan baja, atau kegagalan geser pada pertemuan antara balok dan kolom.
5. Terpusatnya kerusakan pada lantai tertentu akibat distribusi kekakuan yang tidak merata sepanjang tingkat bangunan
6. Terlepasnya komponen sekunder seperti dinding akibat hubungan yang tidak baik

Evaluasi kemandan dan perbaikan struktur yang dilakukan adalah dengan menggunakan material-material yang sering seperti : (a). *Shotcrete*, (b). *Epoxy resin*, digunakan untuk memperbaiki retakan dan rongga yang kecil, (c). *Epoxy mortar*, untuk mengisi rongga yang besar, (d). *Gypsum cement concrete*, (e). Portland cement, (f). Cement mortar, (g). Agregat.

Beberapa metode perbaikan yang dilakukan adalah :

1. Karena yang terjadi cukup lebar atau beton hancur, Dalam hal ini penggunaan shotcrete lebih tepat. Tulangan tambahan bisa digunakan jika terdapat ruang yang cukup.
2. Kerusakan tulangan dapat diperbaiki dengan cara pengelasan tumpuan atau penyambungan tulangan. Pelaksanaan pengelasan harus hati-hati agar distribusi kekuatan dalam sistem struktur dapat terjamin.
3. Perkuatan pada struktur beton dapat dilakukan dengan penambahan batang tulangan pada balok dan kolom struktur, atau dengan penebalan dinding geser, atau dengan menambah lapisan beton bertulang.



**Gambar 3. Langkah-langkah perbaikan kolom struktur beton bertulang yang mengalami kerusakan (Afif Salim, dkk Buku Rekayasa Gempa, 2018)**



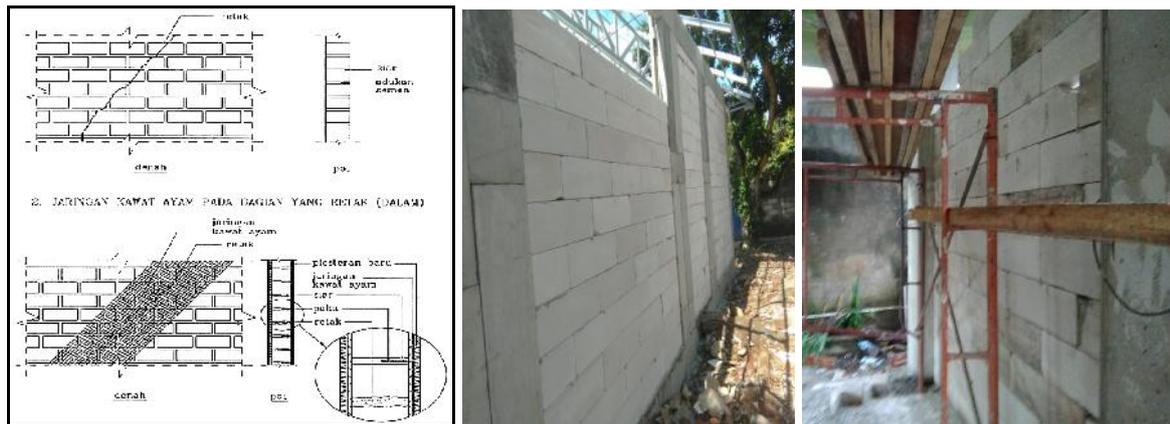
**Gambar 4. Perbaikan kolom struktur beton bertulang yang mengalami kerusakan (PT. Indra Karya, 2019)**

### 3.2. Perbaikan Struktur Dinding

Pasangan batu bata merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan sebagai struktur bangunan gedung sampai pada awal abad 20. Saat ini pasangan batu bata hanya digunakan sebagai dinding penyekat, sedangkan struktur utamanya digantikan oleh material lain, seperti baton bertulang dan baja. Karena mudah pemeliharaannya, harganya yang ekonomis, serta mudah pelaksanaannya, konstruksi pasangan batu bata masih banyak digunakan untuk konstruksi bangunan perumahan di daerah rawan gempa. Pada Gempa San Fransisco (1906), Gempa Kanto(1923) dan Gempa Hawke's Bay (1931), banyak bangunan dari struktur pasangan batu bata yang mengalami kerusakan. Sejak itu dinding batu bata tidak lagi digunakan di negara seperti Jepang, Beberapa faktor yang membuat konstruksi pasangan dinding bata kurang baik digunakan untuk bangunan di daerah rawan gempa adalah :

1. Materialnya getas dan mudah retak, sehingga mempunyai kekuatan yang rendah untuk memikul beban gempa yang sifatnya bolak-balik / siklik.
2. Karena cukup berat, maka beban gempa yang merupakan gaya inersia juga akan besar
3. Karena kaku, struktur pasangan batu bata mempunyai waktu getar yang pendek, sehingga gaya gempa yang bekerja akan menjadi besar.
4. Kekuatannya bervariasi tergantung dari kualitas konstruksi.

Untuk melakukan perbaikan pada dinding bata perlu terlebih dahulu diperiksa secara cermat retak-retak yang ada. Pemeriksaan retak dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan peralatan deteksi ultrasonic. Perbaikan dinding bata yang retak dapat dilakukan dengan *shotcrete*, *dry packing* dengan campuran agregat –portland cement atau dengan injeksi mortar dan epoksi. Perkuatan dinding bata dapat dilakukan dengan *prestressing*, dengan menambahkan tulangan pada permukaan dinding bata memakai plester.



**Gambar 5. Perbaikan struktur Dinding yang mengalami kerusakan (PT. Indra Karya, 2019)**

### 3.3. Perbaikan Struktur Baja

Baja merupakan material yang baik digunakan untuk struktur bangunan tahan gempa karena daktilitasnya yang tinggi, serta mempunyai rasio yang tinggi antara kekuatan terhadap beratnya. Struktur baja juga masih mempunyai kekuatan cukup untuk memikul beban setelah terjadi gempa. Meskipun struktur baja termasuk struktur yang paling baik di dalam hal ketahanannya terhadap gempa dibandingkan dengan struktur beton bertulang, tetapi beberapa faktor yang berhubungan dengan ketidakstabilan struktur (*instability*) perlu mendapatkan perhatian. Beberapa hal yang termasuk masalah ketidakstabilan pada struktur baja adalah :

- Tekuk lokal atau setempat dari elemen plat karena adanya rasio yang besar antara lebar dan tebalnya.
- Tekuk dari kolom atau batang-batang yang panjang akibat kelangsingan batang atau akibat gaya tekan yang besar.
- Tekuk lateral pada balok dan kolom yang mempunyai penampang tidak kompak

Selain pengaruh ketidakstabilan, pada struktur baja perlu juga diperhatikan masalah retak (*crack*) dan masalah kelelahan bahan (*fatigue*). Retak pada struktur baja dapat terjadi akibat kegagalan tarik pada sambungan baut atau paku keling, retak yang diakibatkan adanya konsentrasi tegangan, retak atau robekan pada plat akibat momen. Kelelahan atau *fatigue* pada bahan dapat terjadi akibat beban siklik.



**Gambar 5. Perbaikan struktur Baja yang mengalami kerusakan (PT. Indra Karya, 2019)**

Untuk memeriksa kekuatan material atau tingkat pengelasan dari elemen-elemen baja yang terdapat pada struktur bangunan gedung, harus digunakan standar desain dan konstruksi. Hal ini membutuhkan peninjauan terhadap peraturan desain yang dipakai bangunan tersebut. Adanya gejala lelah (*fatigue*) dan pengurangan kualitas sambungan yang disebabkan oleh korosi, harus diperhitungkan. Penggunaan alat deteksi ultrasonik untuk pemeriksaan proses penyambungan elemen baja, sangat dianjurkan. Perkuatan struktur baja pasca gempa Lombok dilakukan dengan beberapa metode, antara lain:

- a. Mengganti baut dan paku keling yang ada dengan baut mutu tinggi  
Mengganti baut dan paku keling berkekuatan tinggi (*High Tension Bolt*) yang diulir penuh dengan Tipe 3 (Baut baja tahan karat). Baut yang digunakan adalah baut diameter  $\frac{3}{4}$  inci dan  $\frac{7}{8}$  inci.
- b. Menyatukan dengan baik sambungan yang kurang kuat  
Pada konstruksi yang digunakan di Lombok cara menyatukan sambungan yang kurang kuat dengan menggunakan Sambungan Lewatan karena memiliki keuntungan mudah digunakan dan bisa digunakan untuk menyambung plat dengan tebal yang berbeda.
- c. Mengurangi bentang elemen yang panjang  
Pada konstruksi bangunan di Lombok menggunakan baja bentang pendek dengan panjang 11 feet atau 132 inci karena jarak tumpuan kurang dari 10 meter)
- d. Menambah luasan penampang melintang dari profil
- e. Mengganti dengan baja mutu tinggi

#### 4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat dirumuskan dari Perbaikan struktur pasca gempa Lombok adalah:

- a. Gempa besar yang melanda Nusa Tenggara Barat sejak tanggal 29 Juli 2018 yang diikuti dengan beberapa gempa susulan, mengakibatkan kerusakan struktur kolom, dinding dan baja dengan cakupan wilayah yang cukup luas di beberapa daerah Lombok.
- b. Penyebab kerusakan struktur Beton bertulang pasca gempa adalah sebagai Kurangnya kekuatan geser dari struktur bangunan akibat penggunaan kolom dan dinding geser yang terlalu sedikit, Retak pada kolom atau balok yang dikibatkan oleh gaya geser, Retak pada kolom akibat komponen non struktural, Slip antara beton dan tulangan baja, atau kegagalan geser pada pertemuan antara balok dan kolom, Terpusatnya kerusakan pada lantai tertentu akibat distribusi kekakuan yang tidak merata sepanjang tingkat bangunan, Terlepasnya komponen sekunder seperti dinding akibat hubungan yang tidak baik. Beberapa metode perbaikan yang dilakukan adalah : Karena yang terjadi cukup lebar atau beton hancur, Dalam hal ini penggunaan shotcrete lebih tepat. Tulangan tambahan bisa digunakan jika terdapat ruang yang cukup, Kerusakan tulangan dapat diperbaiki dengan cara pengelasan tumpuan atau penyambungan tulangan. Pelaksanaan pengelasan harus hati-hati agar distribusi kekuatan dalam sistem struktur dapat terjamin, Perkuatan pada struktur beton dapat dilakukan dengan penambahan batang tulangan pada balok dan kolom struktur, atau dengan penebalan dinding geser, atau dengan menambah lapisan beton bertulang.
- c. Untuk melakukan perbaikan pada dinding bata perlu terlebih dahulu diperiksa secara cermat retak-retak yang ada. Pemeriksaan retak dapat dilakukan secara visual atau dengan menggunakan peralatan deteksi ultrasonic. Perbaikan dinding bata yang retak dapat dilakukan dengan shotcrete, dry packing dengan campuran agregat –portland cement atau dengan injeksi mortar dan epoksi. Perkuatan dinding bata dapat dilakukan dengan prestressing, dengan menambahkan tulangan pada permukaan dinding bata memakai plester.
- d. Perkuatan struktur baja pasca gempa Lombok dilakukan dengan beberapa metode, antara lain: Mengganti baut dan paku keling yang ada dengan baut mutu tinggi, Menyatukan dengan baik sambungan yang kurang kuat, Mengurangi bentang elemen yang panjang, Menambah luasan penampang melintang dari profil, Mengganti dengan baja mutu tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afif Salim, Agus B Siswanto. (2018). *Rekayasa Gempa*. K-Media, Yogyakarta
- Agus B Siswanto, dkk. *Structure Design of Parking Building Sunter Park view Apartment with the Equivalent Static Analysis Method*. International Journal of Civil Engineering and Technology, 8(12, 2017, pp.703-717
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung*. Bandung
- Delfebriyadi, 2010, *Rekayasa Gempa Teknik Sipil*, CV. Ferila., Padang
- Hartuti, E.R., 2009, *Buku Pintar Gempa*, DIVA Press, Yogyakarta
- PT. Indra Karya (Persero), 2019. *Laporan Akhir Supervisi Pasca Gempa NTB*. Semarang