



ASSESSMENT OF DAMAGE AND REHABILITATION OF BUILDING STRUCTURES
AFTER THE 2018 LOMBOK EARTHQUAKE
(CASE STUDY OF TEMPORARY EVACUATION SITE FOR NORTH LOMBOK
BANGSAL)

Oleh

Pandu Prafitr Jihan Abdu Karlengie¹, Ni Nyoman Kencanawati² & Suryawan Murtiadi³

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas
Mataram

^{2,3}Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62 Mataram
Email: 1ndu1990@gmail.com

Abstrak

Bencana Gempa bumi yang terjadi berturut-turut dari Bulan Juli 2018 sampai pada akhir Agustus 2018 tidak hanya menimbulkan korban harta dan korban jiwa, tetapi juga menimbulkan kerusakan Bangunan Gedung di banyak tempat. Salah satu Bangunan Gedung yang mengalami kerusakan adalah Bangunan Gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal yang berada di Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara. Pasca Gempa Bumi 7.0 SR pada tanggal 5 Agustus 2018, gedung TES mengalami kerusakan sehingga masyarakat tidak bisa dievakuasi ke gedung tersebut dan memilih untuk evakuasi ke bukit/dataran tinggi karena adanya peringatan dini tsunami dari BMKG. Oleh sebab adanya kerusakan tersebut, diperlukan adanya analisa mengenai penyebab terjadinya kerusakan bangunan akibat gempa bumi. Setelah mendapatkan data-data bangunan Gedung TES Bangsal dilakukan evaluasi kelaikan struktur bangunan dengan melakukan pengamatan secara visual (*Visual Check*), baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan kamera dan pemeriksaan kerusakannya, khususnya retak-retak. Investigasi cacat struktur yang lain dan dilakukan uji sample Hammer Test di beberapa titik kolom bangunan. Hasil dari evaluasi kelaikan bangunan didapat bahwa Gedung TES Bangsal mengalami kerusakan tingkat sedang, dengan adanya kerusakan berupa retak geser di beberapa kolom dan balok (struktural) dan rubuhnya tangga, dinding dan ramp (Non Struktural) di Lantai 1 dan Lantai 2 bangunan. Sehingga bangunan Gedung TES Bangsal tidak perlu di runtuhkan dan di rekomendasikan perbaikan dengan Metode *Concrete Jacketing* pada kolom bangunan. Berdasarkan hasil analisa struktur kolom bangunan dengan kondisi sebelum dan sesudah di jacketing terjadi peningkatan gaya aksial sebesar 7.76 %. Metode perbaikan jacketing kolom dilakukan dengan menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom beton dengan menambah tulangan 12 mm, sengkang 8 mm, jarak antar tulangan Sengkang 100 mm dan tebal selimut beton 100 mm.

Kata Kunci: Gempa Lombok 2018, Evaluasi Kelaikan Struktur, Metode Concrete Jacketing, Gedung Tempat Evakuasi Sementara & Hammer Test.

PENDAHULUAN

Gempa bumi biasa dinyatakan sebagai guncangan tanah yang disebabkan oleh pelepasan energi kulit bumi secara tiba-tiba (Elnashai dan Sarno, 2008). Energi ini berawal dari berbagai sumber yang berbeda, seperti pergeseran lempeng, erupsi gunung api, atau kejadian yang disebabkan oleh tangan manusia seperti ledakan di bawah tanah untuk proses penambangan. Pada

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems

tanggal 29 Juli 2018 pukul 06.47.39 WITA, wilayah Lombok, Bali dan Sumbawa telah diguncang gempa bumi tektonik dengan kekuatan M=6,4 SR berpusat di Lombok Timur. Episenter gempa bumi terletak pada koordinat 8,4 LS dan 116,5 BT, atau tepatnya berlokasi di darat pada jarak 47 km arah timur laut Kota Mataram, Provinsi Nusa Tenggara Barat pada kedalaman 24 km. Hingga pukul 15.00 WITA, hasil

Vol.15 No.6 Januari 2021



.....
 monitoring BMKG menunjukkan telah terjadi 133 gempa bumi susulan (*aftershock*) dengan kekuatan yang paling dirasakan adalah $M=5,7$. Hingga tanggal 4 Agustus 2018 pukul 20.00 WITA telah terjadi 570 kali gempa bumi susulan, diantaranya terdapat 51 gempa bumi yang dirasakan. Pada tanggal 5 Agustus 2018 pukul 19:46:35 WITA, wilayah Lombok, Bali, Sumbawa dan Jawa Timur bagian timur kembali diguncang gempa bumi dengan kekuatan $M=7.0$ SR di Lombok Utara pada koordinat 8.3 LS, 116.48

BT dengan kedalaman 15 km. BMKG mengaktifasi peringatan dini tsunami di Lombok Timur bagian utara dan Lombok Barat bagian Utara dengan status waspada. Tsunami terjadi di beberapa tempat dengan ketinggian tsunami 2-13,5 cm. Peringatan dini tsunami berakhir pada tanggal 5 Agustus 2018 pukul 21.25 WITA (Satgas Penanggulangan Bencana PUPR, 2019).

Gempa tektonik yang terjadi secara berurutan tersebut telah menimbulkan banyak bangunan hancur atau roboh dan rusak berat pada konstruksi bangunan, baik perumahan rakyat, fasilitas umum, bangunan milik pemerintah maupun swasta. Salah satu bangunan milik pemerintah yang mengalami kerusakan adalah Gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES) Tsunami di daerah Bangsal, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Bangunan yang dibangun pada tahun 2014 ini difungsikan untuk perlindungan sementara saat evakuasi masyarakat korban tsunami yang dilengkapi dengan prasarana/fasilitas dasar minimal yang diperlukan di tempat-tempat evakuasi seperti air bersih, toilet, dapur, tempat pertolongan pertama pada kecelakaan di tempat yang aman dari ancaman tsunami dan dilengkapi dengan jalur evakuasi yang efektif serta jalan akses yang baik merupakan kebutuhan mendesak di daerah daerah yang memiliki potensi tsunami. Struktur utama gedung Tempat Evakuasi Sementara terdiri atas 3 (tiga) lantai menggunakan tipe struktur rangka yang terdiri atas elemen kolom, balok dan pelat lantai. Geometrik bangunan

gedung TES ini berbentuk persegi panjang dengan dimensi gedung $50\text{ m} \times 24\text{ m}$.

Pada waktu gempa 6.4 SR tanggal 29 Juli 2018, masyarakat melakukan evakuasi ke Gedung TES karena khawatir terjadi tsunami, karena kondisi gedung aman dari kerusakan akibat gempa sehingga masyarakat menggunakan gedung ini untuk evakuasi. Namun ketika gempa 7.0 SR pada tanggal 5 Agustus 2018, gedung TES mengalami kerusakan (tangga runtuh) sehingga masyarakat tidak bisa dievakuasi ke gedung tersebut dan memilih untuk evakuasi ke bukit/dataran tinggi karena adanya peringatan dini tsunami dari BMKG. Oleh sebab adanya kerusakan tersebut, diperlukan adanya analisa mengenai penyebab terjadinya kerusakan bangunan akibat gempa bumi Lombok 2018.

Secara umum, kerusakan struktur terjadi pada kolom bangunan, namun secara kasat mata tidak mengalami pelendutan atau kerusakan tetapi terjadi retak, *concrete dismantling* hingga tulangan terkspose. Mengingat kerusakan yang terjadi cukup signifikan yang menyebabkan disfungsi bangunan maka diperlukan asesmen kerusakan secara detail untuk mengetahui dan metode perbaikan yang tepat untuk penanganan bangunan gedung TES tersebut.

LANDASAN TEORI

Perbaikan atau retrofit adalah salah satu usaha untuk mengembalikan kemampuan dan penampilan suatu bangunan yang telah mengalami kerusakan ke kondisi normal atau mendekati normal, sehingga bangunan tersebut akan mampu mendukung beban yang bekerja sesuai rencana awal dengan tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pemilihan teknik perbaikan, yaitu :

Perbandingan biaya terhadap keutamaan struktur.

1. Ketersediaan tenaga kerja.
2. Jangka waktu pekerjaan.
3. Fungsi dan estetika bangunan yang ada.
4. Tingkat pengawasan mutu.
5. Kecukupan kekakuan, kekuatan, dan daktilitas.
6. Kapasitas pondasi yang masih mencukupi.



7. Perbaikan material dan teknologi yang tersedia. (Thermou dan Elnashai, 2002)

Untuk mendapatkan hasil perkuatan struktur beton yang optimal, maka harus dilakukan tiga tahapan penting yaitu: Investigasi, Evaluasi dan Pelaksanaan. Ketiga tahapan ini sangat penting dilakukan dan tidak ada satu tahapapun yang lebih penting dari tahapan lainnya, karena tanpa investigasi yang baik tidak dapat dilakukan evaluasi yang benar, demikian juga tanpa evaluasi yang benar maka perkuatan yang dilakukan tidak mencapai sasaran. (Hartono, 2003)

Suatu struktur yang sudah mengalami beberapa penurunan kekuatan struktur (structural deterioration) yang salah satunya ditandai dengan adanya kerusakan berupa retak pada komponen struktural maupun non struktural, memerlukan suatu proses asesmen dan perbaikan/perkuatan. Langkah awal untuk memahami kondisi aktual di lapangan untuk mengetahui penyebab dan kekuatan sisa (residual stress), maka diperlukan 7rangkaian metodologi pengamatan awal berupa visual investigation, dilanjutkan dengan investigasi detail dengan menggunakan pengujian non-destructive maupun semi destructive. (Imran. dkk, 2009)

Kerusakan Struktur Akibat Gempa

Pada saat terjadi gempa bumi banyak sekali korban meninggal dunia, kehilangan harta, traumatik dan berbagai kerugian lainnya, namun peristiwa gempa bumi yang terjadi bukanlah penyebab dari hilangnya korban tersebut, melainkan akibat kegagalan struktur atau tidak kuatnya bangunan untuk menopang beban gempa yang diakibatkan oleh gempa bumi, kegagalan struktur ini yang menyebabkan timbulnya banyak korban, dari beragam kerusakan yang terjadi akibat gempa bumi masyarakat harus mengetahui hal-hal apa saja yang menjadi prioritas rehabilitas bangunan setelah terjadi gempa bumi, namun kerusakan bangunan terhadap gempa bumi tergantung dari skala gempa tersebut, dari riwayat gempa bumi yang terjadi di Indonesia banyak sekali kerusakan yang ditimbulkan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Kerusakan bangunan bawah atau soft story, biasanya terjadi pada bangunan lebih dari satu, lunaknya bangunan dibagian bawah menyebabkan bangunan langsung roboh atau bisa dikatakan bangunan lantai bawah lebih getas dari pada bangunan atasnya yang lebih kaku, banyak peristiwa gempa bumi yang terjadi kerusakan bangunan atas baik-baik saja, akan tetapi bangunan bawah rata dengan tanah, namun ada juga kerusakan soft story pada bagian tengah bangunan dan bagian lantai tiga tetap kaku atau kokoh.
- b. Detail bangunan yang kurang tepat, banyak bangunan berlantai lebih dari satu tidak memahami sejarah terjadinya gempa bumi, misalkan kolom yang didesign tidak boleh hancur terlebih dahulu dibandingkan dengan bangunan non-struktur, namun banyak keruntuhan terjadi akibat kolom yang tidak bisa menahan beban terlebih dahulu, seperti yang dikatakan dalam SNI Beton 2002 yang menyebutkan bahwa diameter minimum suatu tulangan kolom sengkang bangunan adalah 10 mm, tulangan tersebut haruslah ulir, walaupun diperbolehkan polos alangkah baiknya digunakan tulangan ulir.
- c. Kerusakan bangunan non-struktur, biasanya dinding bangunan yang roboh karena tidak terikat dengan baik. Ikatan dinding bata ke kolom beton atau bangunan beton tidak kuat sehingga bata tidak bisa menahan beban gempa.
- d. Kerusakan selanjutnya adalah mutu beton yang kurang pas, dari beberapa kejadian gempa bumi ada beberapa bangunan yang tulangan utama, tulangan sengkang masih terlihat masih dalam kondisi baik, namun beton hancur lebur. Hal ini dilihat dari kualitas mutu beton yang kurang baik atau jelek.

Panduan Pemeriksaan Bangunan Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Secara umum bangunan gedung terdiri dari tiga komponen utama, yaitu; komponen non-struktur, komponen struktur dan komponen arsitektur. Kerusakan pada struktur bangunan



disebabkan berbagai faktor. Kondisi tanah, misalnya, sangat mempengaruhi kerusakan pada bangunan. Karakteristik guncangan gempa akan dipengaruhi oleh jenis lapisan tanah yang mendukung bangunan. Faktor lain penyebab kerusakan struktur bangunan adalah kualitas bahan dan cara pengerjaan konstruksinya, kerusakan bangunan juga bisa disebabkan oleh faktor alam yaitu seperti bencana gempa bumi, tsunami tanah longsor, tanah bergerak dan lain sebagainya. Kerusakan bangunan juga terjadi akibat hal lain misalnya terjadi kebakaran bangunan dan kerusakan yang diakibatkan oleh banjir

Pemeriksaan Bangunan gedung dilakukan sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat NOMOR : 16/PRT/M/2010 TENTANG PEDOMAN TEKNIS PEMERIKSAAN BERKALA BANGUNAN GEDUNG. Pemeriksaan dilakukan dengan pengamatan visual dengan menggunakan Daftar Simak.

a. Pemeriksaan Penampilan Bangunan Gedung.

Dilakukan terhadap bagian dari bangunan gedung atau bangunan gedung secara keseluruhan dengan menggunakan Daftar Simak.

b. Pemeriksaan Ruang dalam :

- Pemeriksaan kondisi ruang berkaitan dengan pemenuhan syarat-syarat keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan tata ruang dalam.
- Pemeriksaan penggunaan, tata letak, dan keterkaitan ruang dalam yang memiliki risiko tinggi bagi keselamatan pengguna bangunan.

c. Pemeriksaan Mutu Bahan

Dilakukan untuk memeriksa mutu dan kekuatan bahan struktur dengan menggunakan peralatan yang sesuai, terutama setelah terjadinya bencana kebakaran, gempa bumi atau fenomena alam lainnya.

d. Analisa Model

Dilakukan untuk menguji daya dukung struktur, baik untuk seluruh atau sebagian

bangunan gedung, khususnya untuk bangunan yang mengalami perubahan fungsi atau tata letak ruangan, atau setelah terjadi bencana alam, dengan cara:

- Analisa struktur statis, untuk bangunan dengan konfigurasi beraturan dan/atau bangunan yang tingginya kurang dari 40 meter.
- Analisa dinamik, untuk bangunan dengan konfigurasi tidak beraturan dan/atau bangunan yang tingginya lebih dari 40 meter.

e. Uji Beban

- Bilamana analisa model dianggap masih kurang memadai atau diinginkan mengukur kekuatan dan kekakuan komponen struktur dan/atau keseluruhan struktur secara langsung, maka dilakukan pemeriksaan dengan metode pembebanan.
- Beban uji dapat berupa beban titik atau beban merata.
- Rincian tahapan uji beban mengikuti SNI-03-2847-1992 tentang Evaluasi Kekuatan dari Struktur yang Telah Berdiri.

Sistem Perkuatan *Concrete Jacketing*

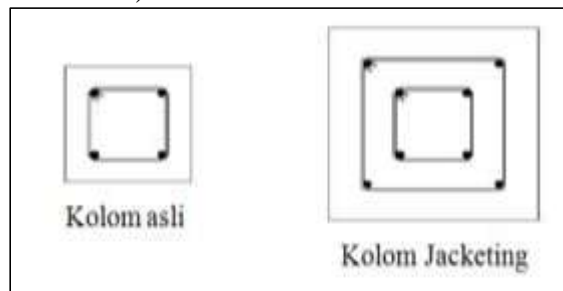
Konsep dasar metode ini adalah pembesaran dimensi dan penambahan tulangan pada elemen struktur untuk meningkatkan kinerja elemen tersebut. Pembesaran tersebut dilakukan dengan Jacketing. Jacketing dari bahan beton telah terbukti sebagai solusi perkuatan yang efektif untuk meningkatkan kinerja seismik kolom. Teknik perkuatan struktur ini digunakan pada kolom bangunan yang bertujuan untuk memperbesar penampang kolom, maka penampang kolom menjadi besar dari pada sebelumnya sehingga kekuatan geser beton menjadi meningkat. Keuntungan utama dari metode ini adalah memberikan peningkatan dan pertambahan batas daripada kekuatan dan duktilitas beton, dan keuntungan kedua, bahwasannya jacket dalam melindungi dari kerusakan fragment dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban,



karena jacket dapat mengurangi kegagalan geser langsung (*direct shear*), namun dapat juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri. Agar kekuatan *concrete jacketing* ini dapat bekerja secara maksimal, maka ada beberapa spesifikasi minimum yang harus dipenuhi. Menurut dokumen CED 39 (7428), spesifikasi minimum yang harus dipenuhi antara lain :

- Mutu beton pembungkus yang harus lebih besar atau sama dari mutu beton existing.
- Untuk kolom yang tulangan longitudinal tambahan tidak dibutuhkan, minimum harus diberikan tulangan 12 mm di keempat ujungnya dengan sengkang 8 mm.
- Minimum tebal jacketing 100 mm
- Diameter tulangan sengkang minimum 8 mm tidak boleh kurang 1/3 tulangan longitudinal.
- Jarak maksimal tulangan sengkang pada daerah 1/4 bentang adalah 100 mm, dan jarak vertikal antar tulangan sengkang tidak boleh melebihi 100 mm.

Gambar 2.3 Tampak atas Kolom dengan perkuatan *Concrete Jacketing* (Arifi Soenaryo, dkk. 2009)



Metode *concrete jacketing* memiliki kelebihan dan kekurangan, adapun sebagai berikut :

A. Kelebihan

- Mampu meningkatkan daktilitas struktur dan kekuatan struktur (kapasitas aksial, kapasitas lentur, dan kemampuan geser).
- Mampu menambah kekakuan struktur.
- Mampu meningkatkan stabilitas Struktur.
- Biaya lebih ekonomis dibandingkan metode perkuatan lainnya.

B. Kekurangan

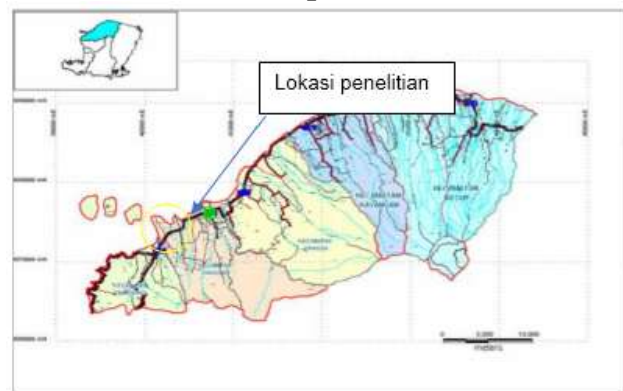
- Ukuran kolom setelah dipasang perkuatan akan menjadi lebih besar sehingga akan mengurangi ruang kosong yang ada.
- Jika penempatan *concrete jacketing* ini tidak diperhatikan dengan baik maka dapat menyebabkan kekakuan yang tidak merata.
- Kemampuan kapasitas dari *concrete jacketing* lebih rendah dibandingkan perkuatan dengan *steel jacketing*, CFRP, GFRP, AFRP.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

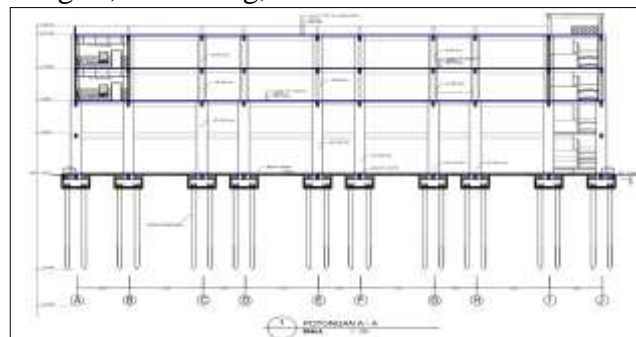
Lokasi penelitian untuk bahan kajian/asesmen ini dilaksanakan pada Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal, Desa Pemenang Barat, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara.

Gambar 1. Peta Kabupaten Lombok Utara



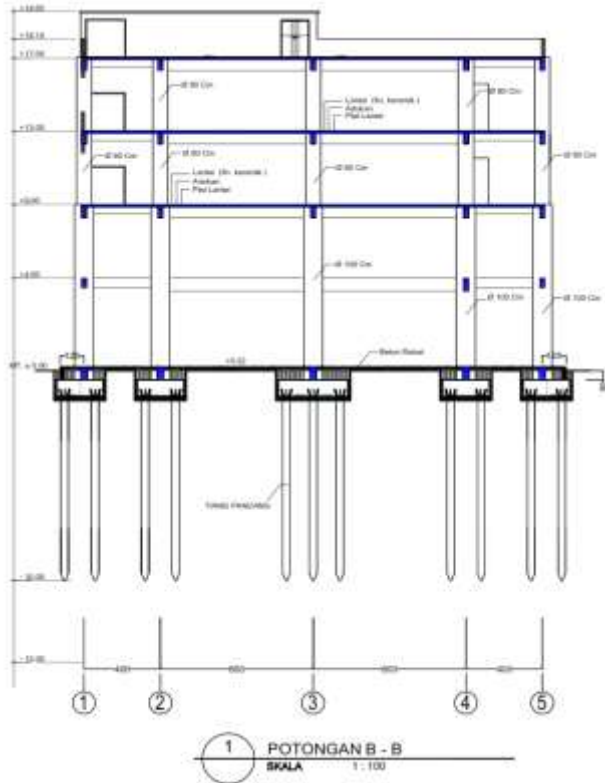
Sumber : sippa.ciptakarya.pu.go.id, 2020

Gambar 2. Gambar Potongan Memanjang Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal, Pemenang, Lombok Utara



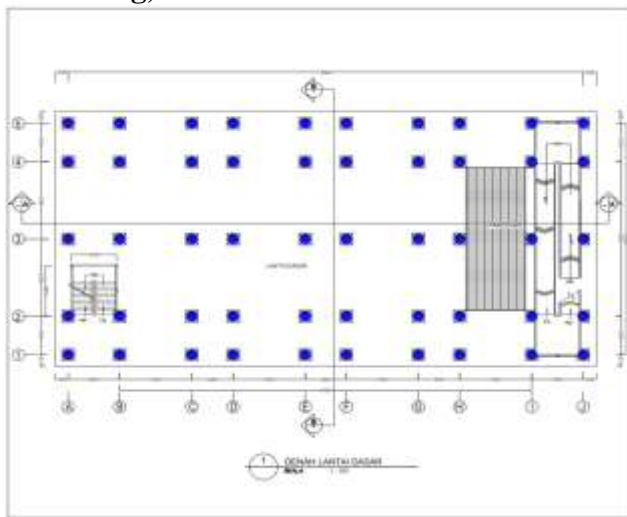


Gambar 3. Gambar Potongan Melintang Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal, Pemenang, Lombok Utara



Data Umum Bangunan

Gambar 4. Site Plan Bangunan Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal, Pemenang, Lombok Utara



a. Nama Bangunan : Gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal

b. Alamat/Lokasi : Jalan Bangsal Baru Desa Pemenang Barat, Kecamatan Pemenang

Kabupaten Lombok Utara Provinsi NTB

c. Fungsi : untuk perlindungan sementara saat evakuasi masyarakat korban

tsunami yang dilengkapi dengan prasarana/fasilitas dasar.

d. Luas Bangunan : 1200 m²

e. Jumlah Lantai : 4 (empat)

f. Tanah Dasar : Tanah Keras

g. Pemilik : BPBD Kabupaten Lombok Utara

h. Tahun Pembangunan : 2014

i. Perencana : Tahun 2012 oleh BNPB

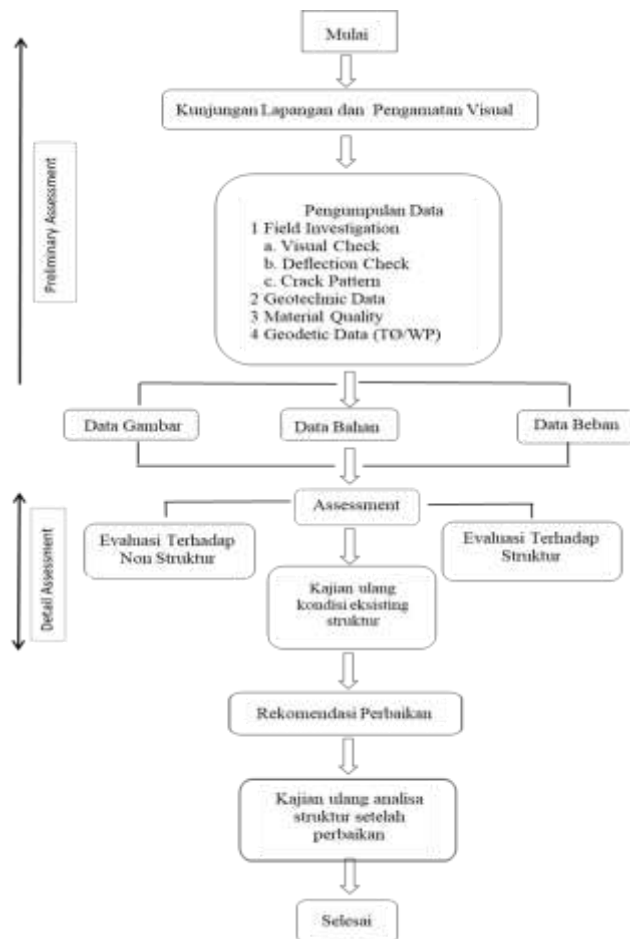
Alur Penelitian

Dalam rangka evaluasi kelaikan struktur bangunan Gedung Tempat Evakuasi Sementara, Desa Bangsal, Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara ini dilakukan beberapa tahapan kegiatan sebagai berikut:

1. Pengamatan secara visual (*Visual Check*), baik dengan mata telanjang maupun dengan bantuan kamera dan pemeriksaan kerusakannya, khususnya retak-retak. Investigasi cacat struktur yang lain seperti keropos, berlobang, mengelupas dan sebagainya
2. Pemeriksaan gambar-gambar yang ada
3. Rekomendasi penanganan dengan metode *concrete jacketing*



Gambar 5. Diagram Alur Penelitian

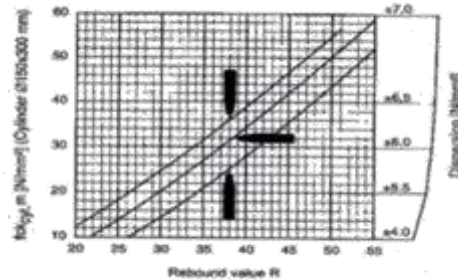


Peralatan Penelitian

Pengujian lapangan dengan metode Schmidt Rebound Hammer Test

Schmidt Rebound Hammer Test adalah salah satu jenis pengujian untuk mengetahui kuat tekan permukaan beton (*Compressive strength*) dengan palu beton. Alat palu beton ini berbentuk silinder, dimana bagian tengahnya terdiri dari poros yang dilengkapi dengan cincin yang dapat ditembakkan dan membentur ujung poros dan menyalurkannya pada beton yang diperiksa dengan menekan tombol pelontar

Gambar 6. Grafik pembacaan Schmidt Rebound Hammer Test



Sumber : ACI Committee 228 Report, 2003

Gambar 7. Peralatan Schmidt Rebound Hammer Test



Survei Penelitian, T Winarsih 2009

Merencanakan Perkuatan Struktur Kolom Dengan Concrete Jacketing

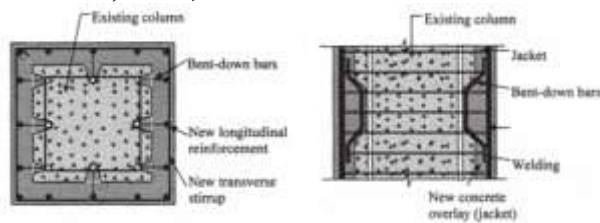
Perhitungan perkuatan *concrete jacketing* untuk perkuatan kolom berdasarkan IS 15988 2013. Tahapan perhitungan dijabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan nilai P_u dan M_u yang dibutuhkan.
2. Menentukan ukuran kolom dan tulangan berdasarkan nilai P_u dan M_u secara komputasi.
3. Menghitung luas *concrete jacketing* pembungkus (A'_c) dengan cara mengurangi ukuran kolom yang dibutuhkan dengan ukuran kolom eksisting. Nilai A'_c minimal 100 mm.
4. Menghitung luas tulangan longitudinal ekstra (A'_s) dengan cara mengurangi luas tulangan longitudinal kolom yang dibutuhkan dengan luas tulangan longitudinal kolom eksisting.
5. Menghitung luas *concrete jacketing* pembungkus aktual (A_c).

6. Menghitung luas tulangan longitudinal ekstra aktual (As).
7. Menghitung jarak antar sengkang.

Berdasarkan IS 15988 2013 ketentuan tebal minimum jaket beton adalah 100 mm, tulangan longitudinal minimum berjumlah 4 dengan tulangan sengkang yang lebih rapat. Perhitungan akan dilakukan sesuai dengan ketentuan-ketentuan tersebut. Apabila kapasitas kolom masih belum mencukupi, maka tebal akan ditambah. Asumsi ini diperkirakan akan menambah kapasitas kolom sebesar kurang lebih 4 kali liat dengan acuan Jirsa dan Alcocer (1991).

Gambar 10. Reinforced Concrete Jacketing (IS 15988, 2013)



PEMBAHASAN

Data Hasil Field Investigation

Data Pengamatan Visual / Visual Check

Tahapan pelaksanaan evaluasi pada bangunan Gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES) Bangsal, Kecamatan Pemenang dimulai dengan tinjauan lapangan, untuk mengumpulkan data-data primer pada sebagian besar bangunan. Dalam pelaksanaan, evaluasi ini hanya dilakukan terbatas pada bagian kolom dan balok yang terlihat langsung (ekspose). Sedangkan bagian yang tertutup dengan plafond dan bahan penutup lainnya, tidak dilihat agar tidak merusak bagian non-struktural yang sudah ada tersebut. Dari hasil tinjauan lapangan dapat dijelaskan bahwa kondisi gedung secara struktural masih baik dan layak digunakan. Secara keseluruhan elemen struktural masih baik, hanya beberapa titik pada kolom lantai dasar dan balok lantai I yang mengalami kerusakan. Kerusakan berat terjadi pada elemen tangga pada elemen struktural konstruksi gedung tersebut. Berdasarkan persyaratan keselamatan bangunan, kondisi bangunan Gedung Tempat

Evakuasi Sementara (TES) Bangsal dapat diuraikan beberapa masalah sebagai berikut:

Masalah Struktur

Hasil tinjauan terhadap struktur bangunan pada umumnya masih baik. Tinjauan secara langsung yang dilakukan pada bagian elemen struktur bangunan, hanya beberapa bagian elemen struktur yang mengalami retak pada kolom lantai dasar dan balok lantai I.

A. Kolom

Kerusakan yang terjadi dominan retak lentur dan retak geser pada kolom seperti yang terlihat pada gambar 4.1 di bawah. Gambar tersebut diambil dari bagian gedung lantai I gedung Tempat Evakuasi Sementara (TES).

Gambar 11. Kerusakan struktural yang terlihat pada elemen kolom lantai pada bangunan TES Bangsal. (Sumber:Survey Lapangan, 2018)



B. Balok

Seperti yang terlihat pada gambar 4.2 (bawah), dari luar bangunan terlihat kolom lantai II mengalami retak-retak berupa retak geser dipertemuan antara kolom dengan balok. Seperti yang terlihat juga pada pada gambar 4.2 (bawah), bahwa retak geser berbentuk garis persis dipertemuan dengan kolom bangunan tersebut juga terlihat dari arah dalam bangunan gedung



Gambar 12. Kerusakan struktural yang terlihat pada elemen balok pada bangunan TES Bangsal.



Sumber: Survey Lapangan, 2018

C. Plat

Secara visual tidak terjadi kerusakan yang sangat struktural pada plat lantai 1, kondisi plat lantai masih dalam kondisi baik, tidak terjadi pergeseran pada plat dan tidak ada retakan pada plat. Untuk di lantai 2 dan lantai atap kondisi plat beton diperkirakan sama seperti di lantai 1.

Gambar 13. Kerusakan struktural yang terlihat pada elemen plat pada bangunan TES Bangsal.



Sumber: Survey Lapangan, 2018

D. Hasil Uji Hammer Test Pada Kolom Beton

Rekapitulasi hasil pengujian mutu beton melalui alat *Hammer Test* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan / Test Uji Beton Dengan Menggunakan Alat *Hammer Test* (Sample 1)

No.	PEMBACAAN SUDUT	σ_{bi}	PERHITUNGAN	
	Horizontal	(KG/cm ²)		
1	24	152		
2	24	152		
3	24	152	N	= 10
4	25	166		
5	25	166	$\sum X$	= 1620 kg/cm ²
6	24	152		
7	26	166	σ_{bm}	= 162.00 kg/cm ²
8	24	152	Kesimpulan :	
9	28	210	$\sigma_{bm} 162.00 \text{ kg/Cm}^2 > K 250 \text{ kg/cm}^2$	
10	24	152	(Tidak Memenuhi syarat mutu yang direncanakan)	

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan / Test Uji Beton Dengan Menggunakan Alat *Hammer Test* (Sample 2)

No.	PEMBACAAN SUDUT	σ_{bi}	PERHITUNGAN	
	Horizontal	(KG/cm ²)		
1	27	195	N	= 8
2	26	180		
3	25	166	$\sum X$	= 1207.7 kg/cm ²
4	18	69.7		
5	24	152	σ_{bm}	= 150.96 kg/cm ²
6	21	113	Kesimpulan :	
7	26	180	$\sigma_{bm} 150.96 \text{ kg/Cm}^2 > K 250 \text{ kg/cm}^2$	
8	24	152	(Tidak Memenuhi syarat mutu yang direncanakan)	

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan / Test Uji Beton Dengan Menggunakan Alat *Hammer Test* (Sample 3)

No.	PEMBACAAN SUDUT	σ_{bi}	PERHITUNGAN	
	Horizontal	(KG/cm ²)		
1	21	113		
2	21	113		
3	25	166	N	= 6
4	18	69.7		
5	17	56.7	$\sum X$	= 588.1 kg/cm ²
6	18	69.7		
			σ_{bm}	= 98.02 kg/cm ²
			Kesimpulan :	
			$\sigma_{bm} 98.02 \text{ kg/Cm}^2 > K 250 \text{ kg/cm}^2$	
			(Tidak Memenuhi syarat mutu yang direncanakan)	

Dari tabel tersebut terlihat bahwa mutu beton karakteristik rata-rata di bawah 250 kg/cm². Hasil uji mutu beton ini hanya merupakan acuan dasar pada bagian luar beton dan tidak bisa dijadikan sebagai pedoman mutlak untuk penentuan mutu beton pada struktur bangunan. Hasil pengujian mutu beton yang lebih pasti dapat dilakukan dengan metode *Destructive Test* baik dengan cara core drill ataupun metode lainnya, dan bisa merusak kondisi beton.



Masalah non-struktural

A. Dinding

Setelah terjadi gempa, bisa dilihat bahwa rata-rata bagian sisi dinding di lantai 1 dan lantai atap sebelah kiri dan kanan mengalami keruntuhan. Di lantai 1 terdapat ruangan toilet dan gudang, sedangkan di lantai atap terdapat gudang dan dapur. Keruntuhan yang terjadi pada dinding bata dan lepas ikatan antara dinding bata dengan elemen struktur kolom dan balok di atasnya. Hal ini kemungkinan terjadi akibat tidak ada penghubung geser antara dinding dengan kolom. Kemungkinan lain juga akibat luasnya area dinding tersebut yang tidak dipisahkan oleh kolom praktis atau balok lantai. Beberapa bagian struktural dan non struktural bangunan tersebut tidak dapat dilihat secara langsung karena ditutup dengan elemen non struktural yang berfungsi sebagai bagian arsitektural bangunan. Sehingga untuk memperoleh informasi yang lebih akurat dan menyeluruh, disarankan agar dapat melibatkan pihak tenaga ahli untuk melakukan kajian lebih lanjut terhadap kerusakan bangunan tersebut.

Gambar 14 Keruntuhan Dinding pada bangunan TES Bangsal



Sumber: Survey Lapangan, 2018

B. Tangga dan Ramp

Kerusakan non-struktural lainnya adalah kerusakan pada elemen tangga dan ramp bangunan. Dilihat dari denah bangunan yang ada, bagian tangga terdapat di sisi kiri bangunan sedangkan ramp terdapat di sisi kanan bangunan.

Vol.15 No.6 Januari 2021

Bentuk kerusakan yang terjadi sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 15. Kerusakan non struktur pada Tangga pada bangunan TES Bangsal



Sumber: Survey Lapangan, 2018

Pada gambar 4.6 diatas, terlihat bahwa elemen tangga mengalami gagal konstruksi akibat gempa yang diduga karena adanya kesalahan dalam metode pekerjaan yang tidak sesuai dengan spek yang direncanakan. Hal ini bisa dilihat pada besi dudukan tangga yang hanya menempel pada balok disebelahnya.

Pemeriksaan Bangunan Menurut Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Detail Survey dan Kesimpulan Kondisi Struktur

Setelah memperoleh gambaran tentang tingkat kerusakan bangunan gedung, maka disusun rekapitulasi/ringkasan atas kondisi bangunan gedung yang diperiksa. Hasil Pemeriksaan bisa dilihat sebagai berikut :



Gambar 16. Hasil Pemeriksaan Bangunan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

PEMERIKSAAN KERUSAKAN BANGUNAN (Diringkas dari Permen 16/PRT/M/2010)					
I NAMA BANGUNAN		TGL PEMERIKSAAN		TINGKAT KERUSAKAN	
GEDUNG TES BANGSAL		07 Agustus 2018		RUSAK SEDANG	
1	ALAMAT	Dusun Bangsal, Desa Pemenang Barat Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara			
2	PEMILIK BANGUNAN	PEMDA KLU			
3	FUNGSI BANGUNAN	TEMPAT EVAKUASI SEMENTARA			
4	JENIS STRUKTUR	KONVENSIONAL			
5	JUMLAH LANTAI BANGUNAN	3 (TIGA)			
6	PERKIRAAN LUAS BANGUNAN	1200 m ²			
TINGKAT KERUSAKAN		RINGAN	SEDANG	BERAT	CATATAN
II KERUSAKAN BAGIAN LUAR BANGUNAN					
1	Penurunan Lantai Bangunan	x <0.2 m	0.2 - 1.00 m	>1 m	Dinding di lantai 1 dan di atap mengalami keruntuhan
2	Kemiringan Bangunan	< 1 °	1-2 °	> 2 °	
3	Jumlah Kolom Rusak	<10 %	10-20%	>20%	
4	Jumlah Dinding Rusak	<10%	10-20%	>20%	
5	Jumlah Balok Rusak	<10%	10-20%	>20%	
6	Jumlah Atap Rusak	<10 %	10-20%	>20 %	
7	Jatuhnya Dinding/ Jendela	<1%	1-10 %	>10 %	
8	Kerusakan Tangga/ kelengkapan Bang Lainnya	<1 %	1-10%	>10 %	
III KERUSAKAN BAGIAN DALAM BANGUNAN					
1	Jumlah Kolom Rusak	<10%	10-20 %	>20%	Tangga dan Ramp mengalami keruntuhan
2	Jumlah Dinding Rusak	<10%	10-20 %	>20%	
3	Jumlah Balok Rusak	<10%	10-20 %	>20%	
4	Jumlah Plafon Rusak	<10%	10-20 %	>20%	
5	Jumlah Partisi, lampu, tangga	<10%	10-20 %	>20%	
6	Jumlah instalasi dan Saluran	x <10%	10-20 %	>20%	
IV CATATAN DAN REKOMENDASI		DOKUMENTASI KERUSAKAN			
1	Bangunan mengalami kerusakan sedang				
2	Bangunan bisa di rehab dengan perkuatan struktur kolom, perkuatan struktur tangga dan ramp				
3	Pemasangan dinding di sisi kiri dan kanan bangunan				

Sumber: Satgas Tanggap Darurat PUPR,2018

Dari Hasil Pemeriksaan Bangunan TES Bangsal yang dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat secara visual Bangunan TES Bangsal mengalami kerusakan dengan tingkat sedang dan direkomendasikan untuk dilakukan rehab terhadap bangunan tersebut.

Metode Perbaikan Concrete Jacketing Bagian Struktur

Kolom Dengan Concrete Jacketing

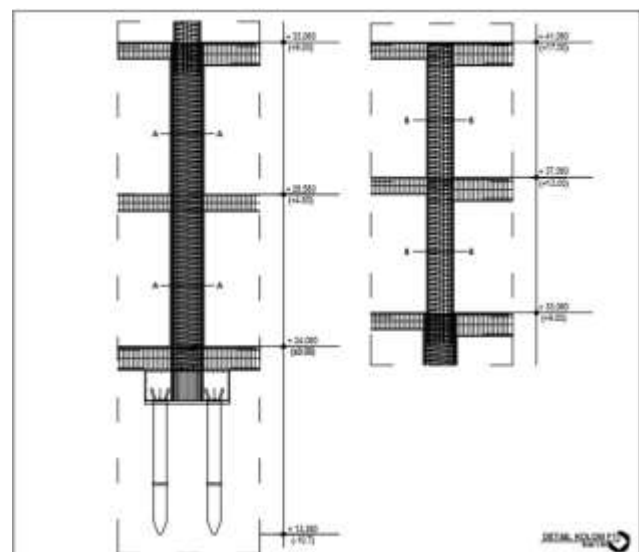
Metode perbaikan kolom yang dapat digunakan adalah:

- Menambah jumlah tulangan dan melakukan penjangkaran sambungan kolom-balok serta merapatkan jarak sengkang kolom. Pada metode ini bagian kolom atau balok yang mengalami kerusakan dibobok. Kemudian dilakukan penjangkaran sambungan kolombalok, sepanjang 40D. Sengkang kolom dan balok

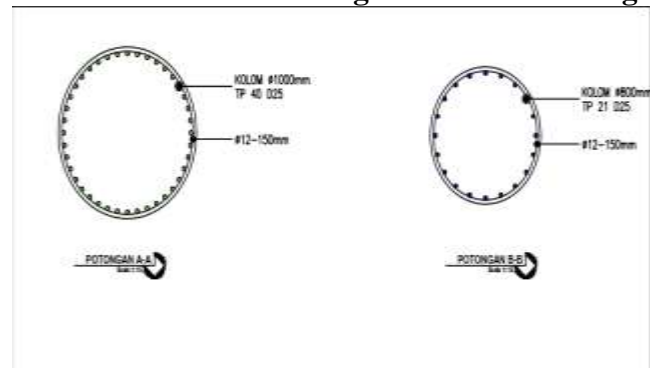
juga dirapatkan. Metode ini mudah untuk dilakukan dan tidak membutuhkan pekerja yang banyak dan juga peralatan yang sederhana.

- Menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom / balok beton, kemudian ditutup kembali dengan coran beton/jacketing. Dengan penambahan dimensi kolom akan menambah kapasitas dukung kolom. Dalam penelitian Kawashima et.al (1997), metode jacketing dapat meningkatkan kapasitas aksial kolom metode jacketing ini banyak digunakan apalagi telah dikembangkan dengan bahan material komposit seperti FRP (*Fiber Reinforced Polymer*), GFRP (*Glass Fiber Reinforced Polymer*), dan CFRP (*Carbon Fiber Reinforced Polyimer.*).

Gambar 17. Detail Kolom Eksisting



Gambar 18. Detail Potongan Kolom Eksisting





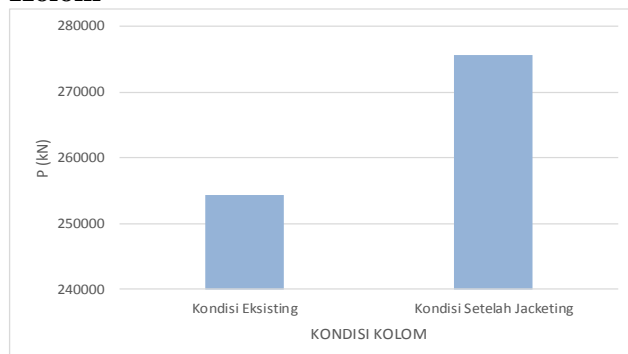
Gambar 19. Kolom yang mengalami kerusakan



Analisa Kekuatan Kolom Beton Bertulang (Sebelum dan Sesudah dilakukan Metode Jacketing)

Bar chart perbedaan Gaya tekan aksial kolom sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan dengan metode *jacketing*.

Gambar 20. Bar Chart Gaya Tekan Aksial Kolom



Setelah dilakukan perhitungan Analisa struktur kekuatan kolom beton sebelum dan sesudah dilakukan metode *jacketing*, diperoleh untuk gaya tekan aksial kolom yang di *jacketing* mengalami kenaikan sebesar 7.76 % sebelum kolom dilakukan *jacketing* dengan menambah tulangan 12 mm, sengkang 8 mm, jarak antar tulangan sengkang 100 mm dan tebal selimut beton 100 mm.

**Perbaikan Non Struktural
Perbaikan Dinding**

Vol.15 No.6 Januari 2021

- Merubuhkan seluruh permukaan dinding di lantai 1 bangunan dengan dimensi 24 x 4 m di kedua sisi bangunan (sisi timur dan sisi barat). Setelah dinding di dirubuhkan lalu dibangun kembali dinding baru. Hal serupa juga dilakukan di dinding lantai atap sisi barat yang mengalami kerusakan, dinding dirubuhkan dengan dimensi 12 x 3 m kemudian di bangun Kembali dinding yang baru.
- Menggunakan metode injeksi. Metode ini dilakukan pada dinding yang mengalami keretakan (tidak ada yang rubuh). Ini terjadi di lantai satu bangunan Gedung sisi timur dan barat serta dinding di lantai atap sisi timur bangunan. Dilakukan tindakan injeksi campuran pasta semen dengan *expanding agent* lalu dilakukan pelapisan pada permukaan dinding dengan bahan polymer mortar. Metode injeksi ini dapat dilakukan secara manual atau menggunakan mesin bertekanan, tergantung pada besar dan dalamnya keretakan.

Perbaikan Tangga dan Ramp

Berdasarkan hasil dari investigasi visual, maka perilaku perbaikan pada tangga dan ramp pada bangunan Gedung TES Bangsal dilakukan secara *re-build*. Sebelum di *rebuild* perlu dilakukan kajian ulang dan perhitungan ulang untuk tangga dan ramp. Hal ini dilakukan karena diindikasikan ada kesalahan dalam perencanaan tangga dan ramp atau kesalahan dalam metode pekerjaannya. Ini dilihat dari runtuhnya konstruksi tangga dan ramp sehingga membuat bangunan Gedung TES Bangsal tidak bisa berfungsi.

Setelah tangga dan ramp dibongkar, dilakukan pembangunan ulang tangga dan ramp dengan dimensi yang sama dari sebelumnya. Pembangunan dilakukan sampai tahap pengecatan menggunakan bahan epoxy.

**PENUTUP
Kesimpulan**

<http://ejurnal.binawakya.or.id/index.php/MBI>

Open Journal Systems



1. Bangunan Gedung TES Bangsal mengalami kerusakan dengan tingkat sedang. Kerusakan Struktural seperti retak kolom, balok serta tangga dan ramp yang mengalami keruntuhan. Kerusakan Non Struktural berupa runtuhnya dinding bata yang berada di lantai 1 dan lantai atap bangunan Gedung TES Bangsal.
2. Metode perbaikan jacketing kolom dapat menambah kapasitas dukung dan kapasitas aksial kolom dengan menambah jumlah tulangan dan sengkang di luar kolom beton. Dari hasil Analisa struktur sebelum di *jacketing* diperoleh nilai P sebesar 254327 kN dan setelah di *jacketing* diperoleh nilai P sebesar 275717 kN. Sehingga metode jacketing bisa direkomendasikan sebagai metode perbaikan untuk Bangunan Gedung TES Bangsal Kecamatan Pemenang Kabupaten Lombok Utara

Saran

1. Agar penelitian selanjutnya bisa melakukan analisis struktur secara mendetail dan juga bisa melakukan analisis biaya perbaikan bangunan.
2. Saran dan masukan terhadap Pemda Kabupaten Lombok Utara selaku pengelola bangunan Gedung TES Bangsal untuk melakukan perbaikan Gedung TES dengan Metode Jacketing Kolom.
3. Bangunan Gedung TES Bangsal memiliki manfaat yang sangat besar bagi masyarakat terutama ketika terjadi gempa dan bencana tsunami. Oleh karena itu di penelitian selanjutnya bisa dilakukan Analisa Perencanaan Bangunan Gedung TES menggunakan *System Base Isolation*. Agar bisa memiliki bangunan Gedung yang tahan gempa secara struktur serta berfungsi pasca terjadinya bencana gempa dan tsunami.

- [1] Alcocer, S.M. and Jirsa, J.O., *Reinforced concrete frame connections rehabilitated by jacketing*. PMFSEL report no. 91-1, 1991, University of Texas at Austin, p. 221
- [2] Arifi Soenaryo, M.Taufik H dan Hendra Siswanto, 2009, Perbaikan Kolom Beton Bertulang menggunakan Concrete Jacketing Dengan Prosentase Beban Runtuh yang Bervariasi. *Jurnal Rekayasa Sipil*, Volume 3, No.2, 2009. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- [3] ACI 228.1R-03, 2003, "*In-Place Methods to Estimate Concrete Strength*", ACI 228 Committee Report.
- [4] American concrete Institute (ACI), *Control of Deflection in Concrete Structure*, ACI 435R-95, Detroit, Mich.
- [5] Departemen Pekerjaan Umum 2000, *Tata Cara Perbaikan Kerusakan Bangunan Perumahan Rakyat Akibat Gempa Bumi*, Pt. T-04-2000-C, Jakarta, Maret 2000.
- [6] Elnashai, S.A. dan Sarno, D.L. 2008. *Fundamental of Earthquake Engineering*, Wiley, Hongkong.
- [7] Hartono, 2003 *Perkuatan Struktur Beton Dengan FRP, Concrete Repair & Maintenance*, Jakarta, Yayasan John Hi-tech Iditama, Edisi pertama.
- [8] Imran, S. Darmawan, I. Sulaiman, C. Lie, Aryantho, 2009, *Assessment and Repair/Strengthening of a Settlement Damaged Office Building*, Proceeding of 1st International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE), Solo, Maret 2009.
- [9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Satgas Penanggulangan Bencana PUPR, 2019. *Penanganan Pasca Gempa Lombok 2018*, Mataram, 2019
- [10] SNI 1726:2012: "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, Badan Standarisasi Nasional.
- [11] SNI 1726:1989: "*Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung*", Badan Standarisasi Nasional.

DAFTAR PUSTAKA



-
- [12] SNI 2847:2002: *“Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung”*, Badan Standarisasi Nasional.
- [13] SNI 2847:2019: *“Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung”*, Badan Standarisasi Nasional.
- [14] SNI 4430:1997: *“Metode pengujian kuat tekan elemen struktur beton dengan alat palu beton tipe N dan NR.”*, Badan Standarisasi Nasional.
- [15] Thermou, R. and Elnashai, A., 2002, *Performance Parameters and Criteria for Assessment and Rehabilitation. Seismic Performance Evaluation and Retrofit of Structure (SPEAR), European Earthquake Engineering Research Network Report, Imperial College, UK*
- [16] Winarsih, T., 2010, *Tesis Asesmen Kekuatan Struktur Bangunan Gedung Studi Kasus Bangunan Gedung Unit Gawat Darurat (UGD) dan Administrasi Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Banyudono, Kabupaten Boyolali, Surakarta.*