

**ANALISIS STRUKTUR PASCA KEBARAKAN  
GEDUNG PASCASARJANA UNIVERSITAS MUHAMMDIYAH  
SUMATERA BARAT**

**Annisa Putri<sup>1</sup>, Masril<sup>2</sup>, Elfania Bastian<sup>3</sup>**

Email : annisaputrisipil@gmail.com

Email : mril6030@gmail.com

Email : Elfaniabastian@gmail.com

Fakultas Teknik Universitas Muhammdiyah Sumatera Barat

**Abstrak:** Perkuatan atau retrofitting struktur secara umum dapat diartikan sebagai penambahan komponen-komponen struktur baru kepada sistem yang lama sehingga terjadi peningkatan kinerja struktur. Ketika sebuah bangunan terbakar, belum tentu bangunan tersebut tidak bisa di pakai kembali, maka dari itu bangunan tersebut tidak harus dirobohkan, karena jika struktur bangunan masih bisa digunakan lebih baik diberi perkuatan (retrofitting), menganalisis struktur yang diberi perkuatan menggunakan bantuan program SAP2000. Cara ini dilakukan karena lebih efisien, baik dari segi waktu maupun biaya, dari pada harus membangun kemabali bangunan tersebut. Dari analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana masih tergolong aman dan masih bisa dipakai Kembali dengan hasil perhitungan kolom sebelum dilakukan perkuatan memiliki Gaya berat / Luas sebesar  $0.74 \text{ kg/mm}^2$ , sedangkan kolom setelah dilakukan perkuatan Gaya berat/Luas sebesar  $0.3 \text{ kg mm}^2$ , sehingga hal ini membuktikan bahwa kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban. Konstruksi perkuatan struktur, merupakan salah satu solusi agar dapat memperkecil biaya pada pembangunan tanpa harus merobohkan bangunan lama.

*Kata Kunci : Perkuatan struktur yang telah terbakar (retrofitting),SAP200 V11.*

*Abstract: Reinforcement or retrofitting of structures in general can be interpreted as the addition of new structural components to the old system so that there is an increase in structural performance. When a building burns, it is not necessarily that the building cannot be reused, therefore the building does not have to be torn down, because if the building structure can still be used, it is better to retrofit it, analyze the reinforced structure using the help of the SAP2000 program. This method is done because it is more efficient, both in terms of time and cost, than having to rebuild the building. From the analysis of Post-Fire Structures, the Postgraduate Building is still relatively safe and can still be used. The results of the calculation of the column before reinforcement have a Gravity / Area of  $0.74 \text{ kg/mm}^2$ , while the column after strengthening Gravity/Area is  $0.3 \text{ kg mm}^2$ , so this is proves that reinforced columns are more efficiently used in structures that have been burned to withstand loads. Construction of structural reinforcement, is one solution in order to reduce costs on construction without having to tear down old buildings.*

*Keywords : Retrofitting structures that have been burned (retrofitting), SAP200 V11.*

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Pembangunan proyek konstruksi di Indonesia saat ini cukup berkembang khususnya di Sumatera Barat. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya proyek pembangunan seperti perumahan, pertokoan, hotel, sekolah, kampus, rumah sakit dan lain sebagainya. Pembangunan proyek tersebut banyak mengalami perubahan di bandingkan dengan yang sebelumnya, perubahan pembangunan tersebut dapat terjadi karena bangunannya mengalami kerusakan akibat beberapa faktor, misalnya kebakaran yang terjadi di sebuah Gedung kampus di Kota Padang tepatnya di gedung Pascasarjana UM Sumbar yang terletak di Jln. Pasir Kandang No.4 Kecamatan Koto Tangah kota Padang Sumatera Barat. Struktur Gedung Pascasarjana UM Sumbar merupakan struktur beton bertulang bertingkat 2, dengan jumlah lantai 2 tidak termasuk plat dak. Penyebab utama kebakaran adalah akibat kelalaian manusia, baik kelalaian pada tahap perencanaan, pelaksanaan maupun tahap pemanfaatan. Ketika sebuah bangunan terbakar, belum tentu bangunan tersebut tidak bisa di pakai kembali, maka dari itu bangunan tersebut tidak harus dirobohkan, karena jika struktur bangunan masih bisa digunakan lebih baik diberi perkuatan (*retrofitting*), cara ini dilakukan karena lebih efisien, baik dari segi waktu maupun biaya, dari pada harus membangun kemabali bangunan tersebut. Bahkan juga dapat memperbaiki bangunan yang rusak, memperkuat bangunan, tanpa harus membongkar total bangunan yang sudah ada. Kebakaran yang terjadi pada tanggal 30 April 2020 di gedung Pascasarjana UM Sumbar telah mengakibatkan berbagai kerusakan baik sarana maupun prasarana. Agar proses belajar dapat dijalankan secepatnya diperlukan tindakan rehabilitas pada bangunan. Oleh karena itu penulis mengambil permasalahan dalam bidang bangunan dengan judul “**Analisis Struktur**

### Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat”.

Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sehingga struktur bangunan terbakar dapat difungsikan kembali.

### B. Rumusan Masalah

Berdasarkan dengan latar belakang diatas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah melakukan analisis pada struktur Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.

### C. Maksud Dan Tujuan Penelitian

Tujuan dan manfaat penelitian ini adalah untuk menghitung ulang struktur bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran dan meningkatkan kekuatan elemen struktur agar mampu menahan beban sehingga struktur bangunan tersebut dapat difungsikan kembali.

### D. Ruang Lingkup/Batasan Masalah

Ruang lingkup Analisis atau penelitian ini di batasi pada:

- Menghitung ulang struktur bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.
- Menganalisis struktur yang diperbaiki berupa perkuatan pada kolom lantai satu bangunan Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, dengan bantuan program SAP2000.
- Tidak melakukan peninjauan ulang *Daktalitas* baja.

## KAJIAN PUSTAKA

### Tinjauan Pustaka

Perbaikan atau *retrofitting* struktur secara umum dapat diartikan sebagai penambahan komponen-komponen struktur baru kepada sistem yang lama

sehingga terjadi peningkatan kinerja struktur. Konteks *retrofitting* dapat pula didefinisikan sebagai perbaikan struktur terkait dengan kemampuan aktual di dalam operasional struktur (Apriani, 2012). Menurut Tumialan (2001), metode *retrofit* konvensional dapat dibagi menurut masalah yang dihadapi, yaitu perbaikan kerusakan atau peningkatan mutu struktur. Pada umumnya tiga hal harus diperhitungkan dalam mempertimbangkan pemilihan material yang akan digunakan: kondisi perbaikan, sifat-sifat material perbaikan, dan keterampilan serta peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan perbaikan (Isneini, 2009). Pemilihan material baja tulangan sebagai perkuatan adalah salah satu alasan mudah didapat serta penerapan yang efisien waktu dan biaya.

Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earth quake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur (Gideon dan Takim, 1993).

Perencanaan struktur atas harus mengacu pada peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang, yaitu Standar Tata Cara Penghitungan Struktur Beton nomor : SK SNI T-15-1991-03, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983, Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung tahun 1983, dan lain-lain (Istimawan, 1999).

## Struktur Bawah

### a. Pondasi

Struktur bawah adalah pondasi bangunan dan struktur bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Pondasi merupakan bagian terendah dari bangunan yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau batuan yang berada di bawahnya. Pondasi dibedakan berdasarkan kemungkinan besar beban yang harus dipikul oleh suatu pondasi, diantaranya:

#### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini dipakai apabila lapisan tanah pada dasar pondasi mampu mendukung beban yang bekerja terletak tidak dalam atau berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi dangkal ini biasa digunakan pada bangunan yang tidak terlalu tinggi, seperti bangunan dua sampai tiga tingkat.

#### 2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam merupakan pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak jauh dari permukaan tanah.

Jenis pondasi dalam ini biasanya digunakan pada bangunan bertingkat tinggi, seperti gedung pencakar langit dan gedung-gedung tinggi lainnya.

Pemilihan jenis pondasi yang tepat perlu diperhatikan apakah pondasi yang dipilih sesuai dengan berbagai keadaan tanah:

1. Apabila tanah pendukung pondasi berada pada permukaan tanah atau kedalaman 2-3 meter di bawah permukaan tanah, dalam kondisi ini bisa dipakai pondasi telapak.
2. Apabila tanah pendukung pondasi berada pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bisa menggunakan pondasi tiang apung.

3. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini jika diizinkan terjadinya penurunan dapat menggunakan tiang geser dan jika tidak diizinkan terjadinya penurunan, lebih baik menggunakan tiang pancang.
4. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 30 meter di bawah permukaan tanah maka dapat menggunakan *caison* terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
5. Apabila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter di bawah permukaan tanah, maka dalam kondisi ini lebih baik menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat (Bowles J.E, 1993).

## Struktur Atas

### a. Kolom

Kolom dapat didefinisikan sebagai komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

Fungsi Kolom :

Fungsi kolom adalah sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Bila di umpamakan, kolom itu seperti rangka tubuh manusia yang memastikan sebuah bangunan berdiri. SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen stuktur bangunan yang tugas utamanya menyanggah beban aksial tekanan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

- Jenis-jenis Kolom :
  1. Kolom menggunakan pengikat sengkang lateral.
  2. Kolom menggunakan pengikat spiral.
  3. Struktur kolom komposit, merupakan komponen struktur

tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gelagar baja profil atau pipa, dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

- Perencanaan Penampang Kolom

Bila suatu penampang beton harus menahan tidak hanya beban lentur  $M$  tetapi juga gaya normal (gaya aksial)  $P$ , maka distribusi tegangan internal menjadi lebih kompleks, tegangan yang ditimbulkan gaya normal sehingga apabila kita ingin mendapatkan harga  $b$  dan  $h$  dapat digunakan rumus:

$$\sigma p = p/(b.h) \quad b.h = p/\sigma p$$

Dimana:

$b$  = Lebar penampang melintang kolom

$h$  = Tinggi penampang melintang kolom

$p$  = Fio penulangan

$\sigma$  = Tegangan

- Kapasitas Kolom

Kapasitas suatu kolom yang mengalami beban aksial murni (*AxialLoad only*) terjadi apabila kolom hanya menahan beban sentris pada penampangnya (tanpa eksentrisitas). Pada kondisi ini gaya luar akan ditahan oleh penampang kolom yang secara matematis dirumuskan dalam persamaan:

$$P_o = \{0,85. f_c'(A_g - A_{st}) + A_{st}.f_y\}$$

Dimana:

$f_c'$  = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa).

$A_g$  = Luas penampang kolom.

$A_{st}$  = Luas tulangan total.

$f_y$  = Kuat tarik tulangan baja yang diizinkan (MPa).

### b. Balok

Balok beton adalah bagian dari struktur yang berfungsi sebagai penyalur momen menuju struktur kolom. Balok dikenal sebagai elemen lentur, yaitu elemen struktur yang dominan

mememikul gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser.

- Fungsi Balok

Balok pada stuktur bangunan merupakan stuktur melintang yang menopan beban horizontal selain itu balok juga berfungsi yaitu:

1. Menambah kekuatan lentur pada pelat
2. Menambah kekuatan horizontal pada stuktur bangunan
3. Meneruskan beban dinding ke kolom
4. Sebagai pengikat kolom

- Jenis-jenis balok

1. Balok sederhana bertumpu pada kolom diujung-ujungnya, dengan satu ujung bebas berotasi dan tidak memiliki momen tahan.
2. Kantilever adalah balok yang diproyeksikan atau struktur kaku lainnya didukung hanya pada satu ujung tetap.
3. Balok teritisan adalah balok sederhana yang memanjang melewati salah satu kolom tumpuannya.
4. Balok dengan ujung-ujung tetap (dikaitkan kuat) menahan translasi dan rotasi.
5. Bentangan tersuspensi adalah balok sederhana yang ditopang oleh teristisan dari dua bentang dengan konstruksi sambungan pin pada momen nol.
6. Balok kontiniu memanjang secara menerus melewati lebih dari dua kolom tumpuan untuk menghasilkan kekakuan yang lebih besar dan momen yang lebih kecil dari serangkaian balok tidak menerus dengan panjang dan beban yang sama.

### c. Pelat

Pelat lantai adalah lantai yang tidak terletak di atas tanah langsung, merupakan lantai tingkat pembatas antara tingkat yang satu dengan tingkat yang lain. Pelat

lantai didukung oleh balok-balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan.

- Fungsi Pelat

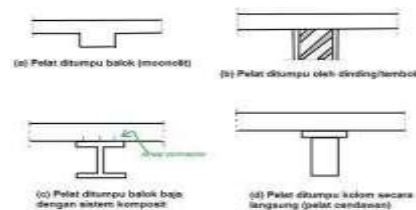
Adapun fungsi pelat lantai adalah sebagai berikut :

1. Sebagai pemisah ruang bawah dan ruang atas.
2. Sebagai tempat berpijak penghuni di lantai atas.
3. Untuk menempatkan kabel listrik dan lampu pada ruang bawah.
4. Meredam suara dari ruang atas maupun dari ruang bawah.
5. Menambah kekakuan bangunan pada arah horizontal.

- Jenis-jenis pelat

Ada berbagai jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya, perletakkannya dan sistem penulangannya. Jenis – jenis pelat lantai berdasarkan tumpuannya yang diperlihatkan pada gambar yaitu:

1. Monolit, yaitu pelat dengan balok cor bersama-sama sehingga menjadi satu kesatuan.
2. Ditumpu dinding-dinding/tembok bangunan.
3. Didukung oleh balok-balok baja dengan system komposit.
4. Didukung oleh kolom secara langsung tanpa balok, dikenal dengan pelat cendawan.



### Material

#### a. Beton

Menurut SNI 2847:2013, beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (admixture).

#### b. Baja Tulangan

Baja tulangan merupakan baja yang dipakai dalam konstruksi beton atau yang lebih dikenal konstruksi beton bertulang. Beton kuat terhadap tekan, tetapi lemah terhadap tarik. Oleh karena itu, perlu tulangan untuk menahan gaya tarik.

**Pembebanan**

- a. Beban Mati (*Dead Load*)
- b. Beban Hidup (*Live Load*)
- c. Beban Gempa (*Earthquake*)

**METODE PENELITIAN**

**Lokasi Penelitian**

Lokasi dari pembangunan Gedung Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB) ini beralamat di Jl.Pasir Kandang No.4 Kec.Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat.

**Metode Analisis Data**

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode kualitatif, dimana penulis melakukan *survey* ke lapangan untuk mengumpulkan data – data yang valid. Pada saat *survey* penulis melakukan evaluasi stuktur atas pada Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat setelah kebakaran.

**Data-Data di Lapangan**

1. Kolom

Tabel 2.1 Data Kolom

No	Nama Kolom	Jenis besi	Tulangan Pokok (D)	Tulangan Sengkang (D)	Ukuran (cm)	Mutu (K)	Tebal Selimut beton
1.	Tipe K-1	Ulir	13cm	10cm	50x30	340	4cm
2.	Tipe K-2	Polos	12cm	10cm	50x30	340	4cm

(Sumber : Data Proyek 2021)

2. Balok dan Pelat

Tabel 2.2 Data balok dan pelat lantai

No	Nama Balok	Jenis Besi	Tulangan pokok (D)	Tulangan Sengkang (D)	Ukuran (cm)	Mutu (K)	Tebal Selimut beton
1.	B-1	Ulir	12mm	10mm	45x30	254	4cm
2.	B-2	Ulir	12mm	10mm	20x30	254	4cm
3.	Pelat Lantai	Ulir	Tulangan atas 10mm	Tulangan bawah 10mm	Tebal 12cm	254	4cm

(Sumber : Data Proyek 2021)

**HASIL ANALISIS PERKUATAN KOLOM**

**Evaluasi Dimensi Kolom Fc' Perkuatan**

1. Kolom Lantai 2

Keterangan :

Tebal pelat = 0,12 m

Luas pelat = 19,20 m<sup>2</sup>

Dimensi balok

P = 0,45m L = 0,3 m

Panjang balok = 7,1 m

Dimensi kolom

P = 0,5m L = 0,3 m

Tinggi kolom = 4 m

Tabel 4.4 Preliminari Kolom Lantai 2

No	Nama Balok	Jenis Besi	Tulangan Pokok (D)	Tulangan Sengkang (D)	Ukuran (cm)	Mutu (K)	Tebal Selimut beton
1.	B-1	Ulir	12mm	10mm	45x30	254	4cm
2.	B-2	Ulir	12mm	10mm	20x30	254	4cm
3.	Pelat Lantai	Ulir	Tulangan atas 10mm	Tulangan bawah 10mm	Tebal 12cm	254	4cm

(Sumber : Prelim Kolom Lantai 2)

Maka diperoleh :

Gaya Berat (V) = 20132,64 kg

Luas Rencana Kolom (A) = 150000 mm<sup>2</sup>

fc' K= 340,000 kg/cm<sup>2</sup>

K= 3,400 kg/mm<sup>2</sup>

S= 2,379 kg/mm<sup>2</sup>

Gaya Berat / Luas :

V/A ≤ fc'

20132,64/150000 ≤ 2,379 x 0,3

0,1342176 kg/mm<sup>2</sup> ≤ 0,8217 kg/m. . .

. . . OK !!

2. Kolom.Lantai 1

Keterangan :

Tebal pelat = 0,12 m

Luas pelat = 19,20 m<sup>2</sup>

Dimensi balok

P = 0,45 m L = 0,3 m

Panjang balok = 7,1 m

Dimensi kolom

P = 0,7 m L = 0,5 m

Tinggi kolom = 4 m

Tabel 4.5 Preliminari Kolom Lantai 1

No	Batas Atas	Batas Bawah	Volume	Luas	Tinggi	Perbandingan
1	0,12		19,20		4	0,74
2	0,45	0,3	7,1			0,3
3	0,7	0,5				

(Sumber : Prelim Kolom Lantai 1)

Maka diperoleh :

Gaya Berat (V) = 114349,9 kg

Luas Rencana Kolom (A)

= 350000 mm<sup>2</sup>

$f_c' = 300,000 \text{ kg/cm}^2$

$K = 3,000 \text{ kg/mm}^2$

$S = 3,614 \text{ kg/mm}^2$

Gaya Berat / Luas :

$V/A \leq f_c'$

$114349,9/350000 \leq 3,614 \times 0,3$

$0,326714 \text{ kg/mm}^2 \leq 1,08434 \text{ kg/m}$   
 ..... OK !!

Dari hasil perhitungan di atas maka diperoleh ukuran dimensi kolom kekuatan sebagai berikut :

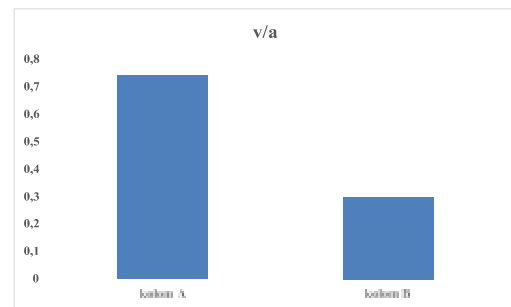
- Kolom Lantai 1 70 cm x 50 cm
- Kolom Lantai 2 50 cm x 30 cm

**HASIL ANALISIS PERKUATAN KOLOM**

Tabel 4.6 Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya berat/Luas (V/A)

	Kolom A	kolom B
V/A	0,74	0,3

(Sumber : Evaluasi Dimensi Perkuatan)



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Gaya berat/Luas V/A

(Sumber : Hasil Analisis Data)

Analisis dilakukan dengan perbandingan nilai v/a dan perhitungan (kolom A) kolom awal dengan (kolom B) kolom yang di beri perkuatan, hasil perbandingan tergambar pada (Gambar 4.5). Dimana hasil menunjukkan bahwa ( kolom B) kolom dengan perkuatan memiliki nilai (Gaya berat/Luas) lebih kecil dibandingkan (kolom A) kolom awal. Sehingga hal ini membuktikan bahwa ( kolom B) kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban.

## GAMBAR PENAMPANG KOLOM PERKUATAN

Keterangan	Kolom 50/70 (K1)
Sketsa gambar	
Tulangan Atas	4 D 16
Tulangan Tengah	6 D 16
Tulangan Bawah	4 D 16
Sengkang	Ø10 - 15

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil analisis perkuatan kolom yang telah dilakukan pada Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Untuk menganalisis pembebanan struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Padang harus mengacu pada pada SNI 1727 : 2013, PPIUG 1983 dan persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2019
2. Struktur Bangunan yang di perkuat hanya dilakukan pada kolom lantai dasar. Hal ini berdasarkan hasil evaluasi kolom lantai dasar sudah tidak memenuhi kapasitas dalam menahan beban.
3. Dari analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana masih tergolong aman dan masih bisa dipakai Kembali dengan hasil

perhitungan kolom sebelum dilakukan perkuatan memiliki Gaya berat / Luas sebesar  $0.74 \text{ kg/mm}^2$  sedangkan kolom setelah dilakukan perkuatan Gaya berat/Luas sebesar  $\text{kg mm}^2$ , sehingga hal ini membuktikan bahwa kolom dengan perkuatan lebih efisien digunakan pada struktur yang telah terbakar dalam menahan beban.

### Saran

Dari Hasil Analisis Struktur Pasca Kebakaran Gedung Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat Kota Padang penulis dapat memberi saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya perlu dilakukannya perluasan penampang kolom lantai dasar.
2. Perlu diperhatikan keefektifan struktur agar biaya pembangunan bisa lebih irit.
3. Konstruksi perkuatan struktur, merupakan salah satu solusi agar dapat memperkecil biaya pada pembangunan tanpa harus merobohkan bangunan lama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriani Widya. (2013). *Analisis Buckling Restrained Braces System sebagai Retrofitting pada Bangunan Beton Bertulang Akibat Gempa Kuat*. Depok: Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 12 No. 2, September, (2013).
- Asroni, Ali. (2017). *Teori dan Desain Balok Plat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-(2013)*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Bowles, J.E., (1993). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah, Edisi Kedua*. Jakarta: Penerbit Erlangga.

- Chaimahawan, P., Pimanmas, A., (2009). *Seismic retrofit of substandard beam-column joint by planar joint expansion, Material and Structures* 42, pp 443 – 459.
- Deddy Kurniawan, ST, MT. *Identifikasi Faktor Resiko Yang Mempengaruhi Kinerja Waktu Pelaksanaan Kontruksi Gedung Secara Swakelola*. Bukittinggi: Rang Teknik Journal. Vol. 1 No. 2, 2018
- Dipohusodo, Istimawan. (1999). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Dipohusodo, Istimawan. (1994). *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Gramedia pustaka utama.
- El-Dakhkhni, W. W., Hamid, A. A., Elgaaly, M. (2004). *Seismic Retrofit of Concrete Masonry-Infill Steel Frames with Glass Fiber Reinforced Polymer*. Journal of Structural Engineering, ASCE, vol. 130 no. 9, September, (2004)
- Elfania Bastian ST, MT. *Anallisis Pengaruh Infilled Frame Terhadap Displacement Struktur Rangka*. Buittinggi: Jurnal Penelitian Dan Kajian Ilmiah Menara Ilmu Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Vol. 14 No. 1, 2020
- Isneini, Mohd. (2009). *Kerusakan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang*. Lampung: Jurnal Teknik Sipil.
- Kusuma, Gideon dan Vis, W.C, dan Andriaano, Takim., (1993). *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Masril, ST, MT. *Analisis Perilaku Struktur Atas Gedung Asrama Pusdiklat IPDN Baso*. Bukittinggi: Rang Teknik Journal. Vol. 2 No. 1, 2019
- Mulyono, T., (2004)., *Teknologi Beton*, Andi, Yogyakarta.
- Nawy, Edward G., (1998), *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Cetakan kedua, Bandung: PT. Refika Aditama.
- SNI-03-2847-(2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional BSN.
- SNI-2847-(2013). *Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional BSN.
- Sudarmoko, (1996). *Diagram Perancangan Kolom Beton Bertulang*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Sulendra I.K., (2005), *Kerusakan Akibat Gempa dan Metode Perbaikan Elemen Struktur Pasca Gempa*, Jurnal SMA Tek vol.3 No. 1, 12-20.
- Tumialan, J. G., A. Nanni., (2002). *Strengthening of Masonry Walls with FRP Bars*. *Composites Fabricator Magazine*, March (2002). Arlington, VA.
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Fakultas Teknik UGM.