EVALUASI STRUKTUR GEDUNG SMPN 25 SURABAYA TERHADAP BEBAN GEMPA

Taufan Febri Hidayat[1], Eka Susanti[2]
[1,2]Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
e-mail: indrawanlastya@gmail.com

ABSTRACT

SMPN 25 Surabaya is a building for educational facilities built by the Surabaya city government, located on Jln. Simomulyo No.25 Surabaya. This building consists of 3 floors with 12 classrooms. The planning of the structure of the SMPN 25 building does not take into account the earthquake load. Based on these data and for the purpose of reducing risk due to earthquake disasters, the authors conducted an evaluation of SMPN 25 building planning on earthquake loads (SNI 1726-2012) with concrete structure design regulations (SNI 03-2847-2013). The purpose of this study is to evaluate the structure of the SMPN 25 building against earthquake loads and design the strengthening of structural elements that are unable to accept earthquake loads. Evaluation is done by comparing the flexural capacity to ultimate bending, both the bending that occurs in the beam and in the column. For strengthening structural elements, SIKA produced Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP). Beam evaluation results obtained, there are beams B1 'and B1 whose flexural capacity is smaller than the ultimate bending that occurs, thus requiring reinforcement that can increase the minimum flexural capacity by 32%. For column evaluations, all column capacities can still accept ultimate loads. From the results of the reinforcement analysis of B1 and B1 blocks' obtained, the beam must be fitted with 2 strips of CFRP with a length of 1.8m. By strengthening the CFRP by 2 strips, the flexural capacity can increase by 43.7%.

Keywords: *Structural Strengthening, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)*

ABSTRAK

SMPN 25 Surabaya adalah gedung untuk fasilitas pendidikan yang dibangun oleh pemerintah kota Surabaya, yang terletak di Jln. Simomulyo No.25 Surabaya. Bangunan ini terdiri dari 3 lantai dengan 12 ruang kelas. Perencanaan struktur gedung SMPN 25 ini tidak memperhitungkan beban gempa. Berdasarkan data tersebut dan untuk tujuan mengurangi resiko akibat bencana gempa, maka penulis melakukan evaluasi perencanaan bangunan SMPN 25 terhadap beban gempa (SNI 1726-2012) dengan peraturan desain struktur beton (SNI 03-2847-2013). Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi struktur gedung SMPN 25 terhadap beban gempa dan mendesain perkuatan elemen struktur yang tidak mampu menerima beban gempa. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kapasitas lentur terhadap lentur ultimit, baik lentur yang terjadi di balok maupun di kolom. Untuk perkuatan elemen struktur, digunakan *Carbon Fiber Reinforced Polymer* (CFRP) produksi SIKA. Hasil evaluasi balok didapatkan, terdapat balok B1' dan B1yang kapasitas lenturnya lebih kecil dari pada lentur ultimit yang terjadi, sehingga membutuhkan perkuatan yang dapat meningkatkan kapasitas lentur minimal sebesar 32%. Untuk evaluasi kolom, semua kapasitas kolom masih dapat menerima beban ultimit yang terjadi. Dari hasil analisis perkuatan balok B1 dan B1' diperoleh, balok tersebut harus dipassang CFRP sebanyak 2 strip dengan panjang 1,8m. Dengan perkuatan CFRP sebanyak 2 strip ini, kapasitas lentur dapat meningkat sebanyak 43,7%.

Kata kunci : Perkuatan Struktur, Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP)

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di daerah rawan gempa, untuk mengurangi resiko akibat bencana gempa tersebut perlu direncanakan struktur bangunan tahan gempa. Berdasarkan data gempa terbaru yang terjadi di Aceh , Jogja dan daerah lainya para ahli dibawah kordinasi KPUPR mengeluarkan peta gempa 2017. Pada peta gempa 2017, Surabaya dan Jawa Timur berpotensi terhadap gempa besar dan masuk dalam kategori Kawasan Resiko Bencana (KRB) gempa

tinggi. Dengan ancaman ini, diharapkan para ahli segera melakukan pemetaan jenis tanah untuk pemetaan tingkat kerawanan wilayah terhadap gempa tinggi. Selain itu, diperlukan evaluasi penilaian kualitas bangunan, terutama bangunan-bangunan dengan kategori resiko tinggi (IV),seperti bangunan monumental, gedung sekolah dan rumah sakit.

SMPN 25 Surabaya adalah gedung untuk fasilitas pendidikan yang dibangun oleh pemerintah Surabaya, yang terletak di Jln. Simomulyo No.25 Surabaya. Bangunan ini terdiri dari 3 lantai dengan 12 ruang kelas. Perencanaan struktur gedung SMPN 25 ini tidak memperhitungkan beban gempa.

Berdasarkan data tersebut dan untuk tujuan mengurangi resiko akibat bencana gempa, maka penulis melakukan evaluasi perencanaan bangunan SMPN 25 terhadap beban gempa sesuai SNI 1726-2012 .Dan menganalisis perkuatan menggunakan CFRP untuk elemen struktur yang tidak mampu menerima beban gempa.

TINJAUAN PUSTAKA

Kapasitas Lentur balok (Mn)

Kapasitas lentur balok persegi (Eka Susanti, 2012), diperoleh dengan persamaan berikut:

Mn = Momen kapasitas akibat gaya tekan balok + momen kapasitas akibat tulangan tekan

Mn = Cc x (d – (a /2)) + Cs' x (d-d')

Dimana :

a = daerah tekan balok $= \frac{(As\,fy) - (As'\,fs')}{0{,}85\,fc' b}$

Cc = Gaya tekan balok = 0,85 x f'c x b x β_1 x c

Cs' = Gaya tulangan tekan = As' x fs'

c = tinggi garis netral $= \frac{a}{\beta 1}$

fs' = tegangan tulangan tekan $= \varepsilon_s' \, x \, E_s = 0{,}003 \, (\frac{c - d'}{c}) E_s$

Perkuatan Struktur (CFRP)

Perkuatan struktur bertujuan untuk meningkatkan kapasitas elemen struktur. Perkuatan struktur dapat dilakukan dengan metode Concrete Jacketing, Steel Jacketing dan Concrete Fiber Reinforced Polymer (CFRP). (Vemmy,Yudith,2017)

CFRP adalah metode perkuatan dengan jenis material yang ringan dan kuat tarik yang sangat tinggi (7-10 kali lebih tinggi dari baja. CFRP lebih mudah dilaksanakan di lapangan karena tidak perlu membongkar elemen struktur eksisting sehingga dapat mempercepat pengerjaan konstruksinya.

Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) didefinisikan sebagai serat yang mengandung setidaknya 90% berat karbon, dengan cara pemasangan CFRP adalah dengan dililitkan dipermukaan perimeter elemen struktur dengan perekat epoxy. Sistem kerjanya sama dengan tulangan transversal konvensional.

Jumlah CFRP ditentukan dengan persamaan berikut:

$$n = \frac{Af}{Af\ 1\ strip\ CFRP}$$

Dimana:

Af 1 strip = 120mm^2

$$A_f = \frac{Mu - \emptyset Mns}{f_{fe}\left(h - \frac{\beta 1 - c}{2}\right)}$$

Dimana:
Mu = Momen ultimit, hasil dari analisis struktur SAP 2000
Mns = Mn = Kapasitas lentur balok
A_f = LuaspenampangCFRP
f_{fe} = Teganganefektif CFRP=E_f. ε_{fe}
E_f = Tegangan C F R P = 165.000MPa
ε_{fe} = Regangan efektif C FRP yang tidak boleh melebihi regangan pada saat debonding terjadi

$$\varepsilon_{fe} = \varepsilon_{cu}\left(\frac{df - c}{c}\right)\varepsilon_{bi} \leq \varepsilon_{fd}$$

$$\varepsilon_{fd} = \varepsilon_{cu}\left(\frac{df - c}{c}\right)\varepsilon_{bi}$$

Dimana:
Ecu = regangan maksimum yang bisa dimanfaatkan pada serat tekan beton terluar (0,003)
df = h
εbi = regangan di beton pada saat pemasangan FRP, dimana beban yang bekerja adalah beban mati struktur dan beban mati tambahan pada struktur tersebut

$$\varepsilon_{bi} = \frac{\sigma}{E_c} = \frac{\frac{M_D + SDL}{W}}{4700\sqrt{fc'}}$$

εfd = regangan dimana debonding akan terjadi

$$\varepsilon_{fd} = 0{,}41\sqrt{\frac{fc'}{Ef.tf}} \leq 0{,}9\,\varepsilon_{fu}$$

Kapasitas lentur perkuatan CFRP dapat dianalisis menggunakan persamaaan:

$$M_n = \psi_f . A_f . f_{fe} . (h - \frac{\beta_1 . c}{2})$$

METODOLOGI.

Metodologi penelitiaan ini adalah permodelan struktur dengan SAP 2000 dimana dimensi balok dan kolom sesuai data eksisting struktur (tabel 1). Struktur dianalisis terhadap beban gempa. Hasil analisis momen ultimit (Mu) balok di evaluasi terhadap kapasitas lentur balok (Mn), apabila Mn > Mu maka balok aman dan apabila Mn < Mu maka dilanjutkan disain perkuatan lentur dengan CFRP. Hal yang sama dilakukan juga untuk kolom. Kapasitas kolom terhadap beban lentur dan aksial di analisis menggunakan PCACOL.

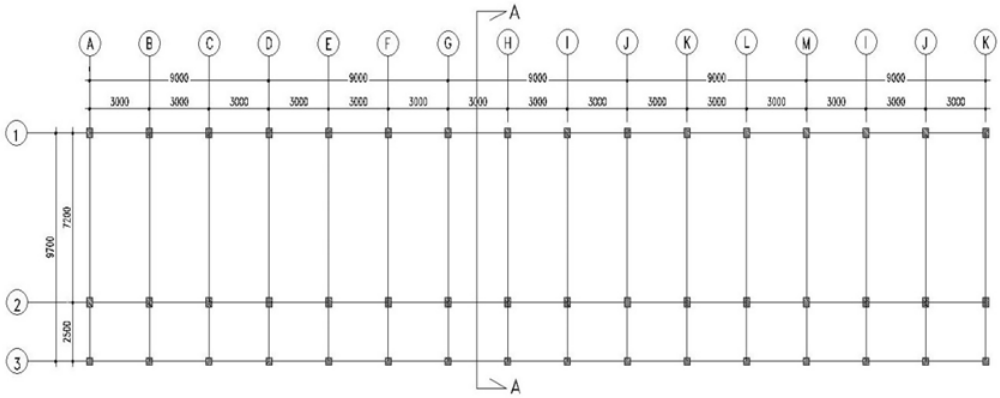
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Existing

Berdasarkan data gedung SMPN 25 Surabaya, diperoleh dimensi balok dan kolom seperti yang tertera pada tabel 1 dan denah struktur seperti pada gambar 2.

Tabel1. Dimensi Balok dan Kolom (Existing)

Balok	Dimensi (cm)	Kolom	Dimensi (cm)
Balok B1 dan B1'	25 x 50	Kolom K1	30 x 40
Balok B2	20 x 35	Kolom K2	30 x 30



Gambar 1. Denah bangunan

Berdasarkan data pada tabel 1 dan gambar denah bangunan pada gambar 2, dilakukan permodelan struktur dengan bantuan SAP 2000. Data input pembebanan adalah sebagai berikut:

Pembebanan

Input pembebanan pada struktur ini untuk beban mati dan beban hidup menggunakan PPIUG 1983 dan SNI 1727 – 2013, untuk beban gempa menggunakan SNI 1726 – 2012 dan sistim struktur SRPMK (Enggelbertus. 2017)

Total beban Mati yang terdiri dari berat lantai (t = 12 cm) ,keramik, spesi, plafond dan penggantung adalah 78 kg/m^2 .

Beban hidup pelat atap = 100 kg/m^2 dan beban hidup pelat lantai = 250 kg/m^2

Beban Gempa dengan jenis tanah lunak dan nilai parameter gempa sebagai berikut:

Ss = 0.65 dan S1 = 0.28, koefisien situs Fa = 1.4 dan Fv = 2.88, parameter spektrum respon percepatan S_{MS} = $F_a \, x \, S_S$ = 1.4 x 0.65 = 0.91 dan S_{M1} = $F_v \, x \, S_1$ = 2.88 x 0.28 = 0.806

Parameter spektra desain $S_{DS} = \frac{2}{3} x S_{MS} = \frac{2}{3} x \, 0{,}91 = 0{,}66$ dan $S_{D1} = \frac{2}{3} x S_{M1} = \frac{2}{3} x \, 0{,}806 = 0{,}537$ serta nilai periode $T_0 = 0{,}2 \, x \, \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0{,}2 \, x \, \frac{0{,}537}{0{,}606} = 0{,}177$ dan $T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0{,}537}{0{,}606} = 0{,}886$.

EvaluasiBalok

Hasil evaluasi kapasitas lentur balok terlihat pada tabel 2, dimana nilai Mu berdasarkan hasil struktur SAP 2000 dan Mn diperoleh dengan analisis persamaan kapasitas lentur balok pada bab tinjauan pustaka.

Tabel 2. Hasil evaluasi kapasitas lentur balok

Balok	Dimensi (cm)	Mu (KNm)	Mn (KNm)	Cek Mn > Mu
Balok B1	25 x 50	170,8471	158,247	Not OK
		141,532	158,247	OK
Balok B1'	25 x 50	170,857	149,33	Not OK
		140,700	149,33	OK
Balok B2	20 x 35	40,198	91,2535	OK

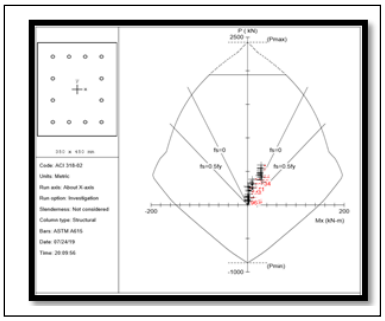
Evaluasi Kolom

Hasil analisis struktur SAP 2000 nuntuk kolom K1 dan K2 dengan nilai Pu max dan Mu max terlihat pada tabel 3.

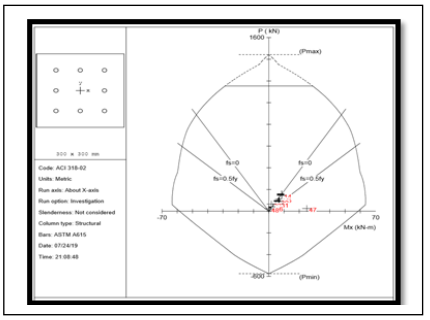
Tabel 3. Nilai Pu dan Mu kolom K1 dan K2, hasil analisis SAP 2000

	Pu (KN)	Mu (KN-m)
K1	-594,255	-28,0453
K2	-159,594	-8,3961 1

Analisis kolom terhadap kapasitas lentur dan aksial dilakukan dengan bantuan PCACOL dengan data dimensi kolom K1=35 x 45 cm, tebal selimut beton=40cm, Es=200000 Mpa, fc'20,75 Mpa dan fy390 Mpa. Hasil analisis kolom K1 dan K2 terlihat pada gambar 2 dan 3Kapasitas lentur dan aksial kolom K1 dan K2 mampu menerima beban gempa dan tidak membutuhkan perkuatan.



Gambar 2. Evaluasi kolom K1



Gambar3. Evaluasi kolom K2

Perkuatan Struktur

Perkuatan struktur terhadap balok B1 dan B1' yang nilai Mn < Mu.

Nilai Mu B1≈ Mu B1'≈ 170,85.

Analisis perhitungan, dilakukan dengan nilai :

Mu = 170,85 KN.m

Mns = 149,33KN.m

Kapasitas balok B1 harus ditingkatkan minimal 14,4%

Perkuatan menggunakan material SIKA CFRP *Laminate Tape* dengan lebar=100mm dan tebal=1.2mm (Af 1 strip = 120 mm^2)

- Tensile Strength (f_{fu}*) = 2900Mpa
- Regangan Putus (ε_{fu}*) = 1,8%
- Modulus Elasticity (E_f) = 165.000Mpa
- Faktor Reduksi (C_E) = 0,95 (Tabel 9.1ACI440.2R-08)

Perhitungan Design Material (ACI440.2R-08)

Desain kuat tarik CFRP (f_{fu}) harus direduksi 95 % akibat pengaruh lingkungan

f_{fu} = C_E x f_{fu}* = 0,95 x 2900 = 2755 MPa

Desain regangan putus CFRP (ε_{fu}) juga harus direduksi 95 %

ε_{fu} = C_E x ε_{fu}*= 0,95 x 0,018 = 0,0171 mm/mm

ØMn di analisis dengan menjumlahkan Mn dari tulangan (Mns) dengan Mn dari perkuatan CFRP (Mnf) yang diakalikan dengan factor reduksi ψf .

Mu ≤ Ø. Mns + ψf. Mnf

Mu ≤ Ø. Mns + $\psi_f . A_f . f_{fe} . (h - \frac{\beta_1 . c}{2})$

Nilai ψf=0,85 ; nilai c = 134cm ; β_1 = 0,8 ; $\varepsilon_{cu} = 0{,}003$; df= h = 50 cm dan

$$\varepsilon_{bi} = \frac{\sigma}{E_c} = \frac{\frac{M_D + SDL}{W}}{4700\sqrt{fc'}} = \frac{\frac{\frac{1}{8}.(4,88+7,8)7200^2}{\frac{1}{6}(250x500^2)}}{4700\sqrt{20,75}} = 0,0000927$$

$$\varepsilon_{fe} = \varepsilon_{cu}\left(\frac{df - c}{c}\right)\varepsilon_{bi} = 0,003\left(\frac{500 - 134}{134}\right)0,0000927 = 0,00419$$

$f_{fe}=E_f.\ \varepsilon_{fe}$ = 165.000x0,00419=619,35Mpa

Luasan CFRP yang diperlukan

$$A_f = \frac{Mu - \emptyset Mns}{\psi . f_{fe}\left(h - \frac{\beta 1 - c}{2}\right)} = \frac{170,8471 - 158,24}{0,85x619,35(500\frac{0,8-134}{2})} = 215,811\ mm^2$$

Jumlah CFRP yang harus dipasang

$\frac{\mathbf{Af}}{\mathbf{Af\,1\ CFRP}} = \frac{215,811\ mm2}{120\ mm2}$ = 1,79 = 2 strip (Af menjadi 2 x 120 = 240 mm^2)

Dipasang sepanjang (b x L) = (0,25x 7,2) = 1,8 m

Kapasitas lentur balok setelah perkuatan adalah:

$$Mn = Mns + \psi_f . A_f . f_{fe} . (h - \frac{\beta_1 . c}{2})$$

$$= (158,247) + 0,85x240x619,35\left(500 - \frac{0,8x134}{2}\right) = 214648479,4Nmm$$

$$= 214,65\ KNm$$

Mn balok eksisting = 149,33 KNm

Mn balok dengan perkuatan = 214,65 KNm

Mu = 170,85< Mn = 214,65 (ok Kapasitas lentur (Mn) struktur balok dengan perkuatan, mampu menahan Mu akibat beban ultimit)

Terjadi peningkatan kapasitas sebesar = $\frac{(214,65-149,33)}{149,33}x100\% = 43,7\%$

KESIMPULAN

1. Evaluasi bangunan gedung sekolah SMPN 35 Surabaya terhadap bebban gempa memperlihatkan balok B1 dan B1' yang kapasitas lenturnya masih dibawah lentur ultimit yang terjadi. Perlu meningkatkan kapasitas lentur B1 dan B1' minilai 14,4%.
2. Namun untuk balok B2, kolom K1 dan kolom K2, kapasitas elemen struktur masih dapat menerima beban gempa.
3. Perkuatan struktur terhadap balok B1 dan B1' dengan 2 strip CFRP, memperlihatkan peningkatan kapasitas lentur sehingga mampu menerima lentur ultimit yang terjadi.
4. Peningkatan kapasitas lentur dengan adanya perkuatan tersebut sebesar 43,7% .

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung Dan Non Gedung SNI-03-1726-2012.

[2] Badan Standardisasi Nasional. Persyaratan Beton struktural Untuk Bangunan Gedung SNI-2847-2013.

[3] Departemen Pekerjaan umum, 1987, "Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung" , Yayasan Badan Penerbit Umum,Jakarta.

[4] Eka Susanti, 2012, "Kemampuan Daktilitas Baja Tulangan Dengan Mutu diatas 400 MPa Untuk Disain Struktur Tahan Gempa."Seminar Nasional Pascasarjana XII – ITS, Surabaya 12 Juli 2012

[5] Enggelbertus. 2017. *Perbandingan Perhitungan Portal Struktur Beton Bertulang Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK) Ditinjau Dari Pembebanan Gempa (SNI 03-1726-2002) dan (SNI 1726-2012).* Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.

[6] Vemmy,Yudith,2017. Pperkuatan Gedung Dengan Menggunakan Carbon Fiber Reinforced Polymer (Cfrp) Studi Kasus Menggunakan Layout Gedung Laboratorium C-Dast Dan Ruang Kuliah Bersama Universitas Jember. Surabaya : ITS