

# Evaluasi Kekuatan Struktur Atas Gedung SD Madiun Lor 3 Kota Madiun

Rosyid Kholilur Rohman <sup>1)</sup>, Rochidajah <sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Dosen Fakultas Teknik Universitas Merdeka Madiun  
email : [kangroko@yahoo.co.id](mailto:kangroko@yahoo.co.id)

## Abstract :

*Madiun Lor 3 Elementary school building located at Yos Sudarso street in Madiun city. Early this building constructed one floor. Then to fulfil need of classroom planned this building 2 floor. In the process of construction there is doubt in strength of structure. This research focused to evaluation of slab, beam and column based on SNI 2847 2002. Hammer test was be done to slab, beam and column. Field observation result show quality of concrete  $f_c'16$  MPa. Steel quality assumed  $f_y$  240 MPa. Analysis result indicated that slab structure was strong enough, beam and column structure were strong enough either.*

**Keyword :** hammer test, slab, beam, column

## Pendahuluan

Bangunan gedung SD Madiun Lor 3 terletak di Jl. Yos Sudarso Kota Madiun. Sesuai dengan konsep rancangan arsitektur yang telah ditetapkan, bangunan gedung sekolah SD Madiun Lor 3 Kota Madiun dirancang sebagai struktur yang terdiri dari 2 lantai. Awalnya bangunan tersebut berupa bangunan satu lantai. Mengingat adanya kebutuhan ruang untuk pembelajaran serta keterbatasan lahan yang tersedia, maka direncanakan penambahan satu lantai untuk ruang kelas.

Pertimbangan-pertimbangan struktural bangunan yang diambil dalam persyaratan-persyaratan umum pada rancangan struktur adalah sebagai berikut :

- a. Memenuhi syarat struktural yaitu struktur yang dirancang harus cukup kuat, kaku dan stabil sesuai dengan regulasi yang berlaku. Dalam kata lain, struktur tersebut dapat mendukung beban - beban yang akan diterimanya baik beban vertikal maupun beban horizontal, tanpa mengalami keruntuhan serta

tetap memberikan kenyamanan bagi pemakainya.

- b. Sesuai dengan kebutuhan rancangan arsitektur yang ada.
- c. Mendukung "Service System" misalnya elektrik, mekanikal dan sebagainya.
- d. Mempunyai interaksi yang baik antara struktur atas, pondasi dan tanah.

Elemen - elemen struktur bagian atas yang berupa pelat lantai, balok, kolom merupakan konstruksi beton bertulang. Mutu beton beton direncanakan  $f_c$  19,3 Mpa (K225). Sesuai gambar rencana, struktur pondasi menggunakan pondasi telapak. Konstruksi atap menggunakan baja ringan dengan penutup atap genting.

Dalam proses pembangunannya terdapat keraguan dari pihak pengawas terhadap kekuatan struktur bangunan. Untuk memastikan kekuatan struktur maka perlu dilakukan analisis terhadap komponen struktur berdasarkan data yang ada.

Perhitungan struktur dalam laporan ini dimaksudkan untuk melakukan evaluasi kekuatan struktur terhadap bangunan tersebut sesuai SNI 2847

2002. Evaluasi dititikberatkan pada struktur plat lantai, balok dan kolom terhadap beban mati dan hidup yang bekerja sesuai Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1989.

Pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

- Sistem struktur adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)
- Beban yang bekerja yaitu beban mati dan beban hidup
- Evaluasi struktur mengacu SNI 2847 2002
- Analisis struktur dengan program bantu ETABS versi 9.0
- Tidak dilakukan analisis ekonomi.

### Tinjauan Pustaka Kekuatan Struktur Yang telah Berdiri

Evaluasi terhadap kekuatan struktur bangunan dapat dilakukan secara analisis ataupun dengan cara uji beban, atau dengan kombinasi analisis dan uji beban. Bila pengaruh defisiensi kekuatan struktur diketahui dengan baik dan bila dimensi struktur serta sifat bahan yang dibutuhkan untuk tujuan analisis dapat diukur nilainya, maka evaluasi kekuatan struktur secara analisis berdasarkan data hasil pengukuran tersebut dianggap sudah memadai. Data yang diperlukan harus ditentukan sesuai dengan Butir 22.2. SNI 2847 2002. Bila pengaruh defisiensi kekuatan struktur tidak diketahui dengan baik

atau bila dimensi struktur serta sifat bahan yang dibutuhkan untuk tujuan analisis tidak memungkinkan untuk diukur nilainya, maka uji beban harus dilakukan bila struktur tersebut diinginkan untuk tetap berfungsi. Bila keraguan terhadap keamanan struktur atau bagian struktur adalah terkait dengan penurunan kinerja struktur sebagai fungsi waktu, dan bila respon struktur selama uji beban ternyata masih memenuhi kriteria penerimaan, maka struktur atau bagian dari struktur tersebut boleh tetap digunakan untuk jangka waktu tertentu. Pemeriksaan secara berkala harus dilakukan jika dianggap perlu oleh konsultan penilai (Christiawan, 2007).

### Ketentuan Mengenai Kekuatan dan Kemampuan Layan

Menurut SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 11.1(1) struktur dan komponen struktur harus direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan.

Bila dimensi dan sifat fisik bahan yang diperlukan ditentukan melalui pengukuran dan pengujian, dan bila perhitungan dapat dilakukan sesuai dengan ketentuan, maka faktor reduksi kekuatan yang berlaku boleh diperbesar, tetapi faktor reduksi kekuatan tersebut tidak boleh melebihi nilai berikut:

Tabel 1. Faktor Reduksi Kekuatan

Beban Yang Bekerja	$\phi$
lentur, tanpa beban aksial	0,9
tarik aksial, dan tarik aksial dengan lentur	0,9
tekan aksial dan tekan aksial dengan lentur : komponen dengan tulangan spiral komponen lain	0,80 0,75
geser dan/atau puntir	0,80
tumpuan pada beton	0,75

Sumber : SNI 2847 2002

### Kapasitas Lentur Balok

Analisis penampang beton bertulangan tunggal dapat diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$M_n = A_s \cdot f_y (d - a/2)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

Dimana :

$M_n$  = momen nominal balok

$A_s$  = luas tulangan tarik

$f_y$  = mutu baja

$f_c$  = mutu beton

$b$  = lebar penampang

$d$  = tinggi efektif

Balok dikatakan kuat apabila

$$\square \square M_n > M_u.$$

dimana :

$$\square \square = \text{faktor reduksi (sebesar 0,8)}$$

$M_u$  = momen ultimate penampang

### Kolom

Kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, atau bahkan merupakan batas runtuh total keseluruhan struktur bangunan.

Pada umumnya kegagalan atau keruntuhan komponen tekan tidak diawali dengan tanda peringatan yang jelas, bersifat mendadak. Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur kolom harus memperhitungkan secara cermat dengan memberikan cadangan kekuatan lebih tinggi dari pada komponen struktur lainnya.

Karena penggunaan di dalam praktek umumnya kolom tidak hanya bertugas menahan beban aksial vertikal, sehingga definisi kolom diperluas dengan mencakup juga tugasnya menahan kombinasi beban aksial dan lentur. Dengan kata lain kolom harus diperhitungkan untuk menyangga beban aksial tekan dengan eksentrisitas tertentu. (Dipohusodo, 1994)

SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 12.9 (1) memberikan batasan untuk rasio penulangan longitudinal komponen struktur tekan non komposit antara 0,01 sampai 0,08.

Diagram interaksi kolom dapat digunakan untuk analisis dan desain kolom. Diagram interaksi sangat berguna untuk mempelajari kekuatan kolom dengan perbandingan beban dan momen yang bervariasi. Setiap kombinasi beban yang berada pada bagian dalam kurva berarti aman, sedangkan setiap kombinasi yang berada di luar kurva menyatakan keruntuhan/ tidak aman (McCormac, 2004).

### Geser

Dasar pemikiran perencanaan penulangan geser adalah usaha menyediakan

sejumlah tulangan baja untuk menahan gaya tarik arah tegak lurus terhadap retak tarik diagonal sedemikian rupa sehingga mampu mencegah bukaan retak lebih lanjut (Dipohusodo, 1994). Berdasarkan atas pemikiran tersebut, penulangan geser dapat dilakukan dalam beberapa cara, seperti :

- ◆ Senggang vertikal
- ◆ Jaringan kawat baja las yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu aksial
- ◆ Batang tulangan miring diagonal yang dapat dilakukan dengan cara membengkok batang tulangan pokok balok ditempat – tempat yang diperlukan

Untuk komponen – komponen struktur yang menahan geser dan lentur saja persamaan SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.3 (1) memberikan kapasitas kemampuan beton untuk menahan gaya geser adalah  $V_c$

$$V_c = \left( \frac{\sqrt{f_c}}{6} \right) b_w d$$

atau yang lebih rinci

$$V_c = \left( \sqrt{f_c} + 120 \rho_w \frac{V_u d}{M_u} \right) \frac{b_w d}{7}$$

dimana :  $V_c$  = kuat geser nominal beton

$f_c$  = kuat tekan beton

$b_w$  = lebar badan balok

$d$  = jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik longitudinal

$$\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$$

$V_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang

$M_u$  = momen terfaktor pada penampang

Untuk komponen struktur yang menerima gaya aksial kapasitas kemampuan beton untuk menahan gaya geser adalah

$$V_c = \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \left(\frac{\sqrt{f_c}}{6}\right) b_w d$$

Apabila gaya geser yang bekerja  $v_u$  lebih besar dari kapasitas geser beton  $\phi v_c$  maka diperlukan penulangan geser untuk memperkuatnya.

Dasar perencanaan tulangan geser adalah :

$$\phi v_n \geq v_u$$

dimana :  $v_n = v_c + v_s$

sehingga :  $v_u \leq \phi v_c + \phi v_s$

dimana :

$v_u$  = gaya geser terfaktor pada penampang

$v_n$  = kuat geser nominal

$v_c$  = kuat geser nominal beton

$v_s$  = kuat geser nominal tulangan geser

$\phi$  = faktor reduksi

Untuk sengkang yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen struktur SNI 03 – 2847 – 2002 pasal 13.5 (6) memberikan ketentuan :

$$v_s = \frac{A_v f_y d}{s}$$

dengan  $A_v$  adalah luas tulangan geser yang berada dalam rentang jarak  $s$ .

### Metodologi

Langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pengumpulan Data  
Data yang dipergunakan berupa data sekunder berupa gambar rencana dan diperoleh dari konsultan perencana yaitu CV Pandega Raya Magetan.
- Pengujian Kuat Tekan Beton  
Pengujian beton telah dilakukan oleh Laboratorium Beton Universitas Merdeka Madiun pada bagian struktur pelat, balok dan kolom.
- Pembebanan  
Perhitungan pembebanan mengacu pada Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung SNI 1728 1989. Beban yang dimasukkan dalam analisis yaitu beban mati dan beban hidup. Beban hidup untuk sekolah 250 kg/m<sup>2</sup>.
- Pemodelan dan analisis struktur  
Pembuatan model struktur dengan menggunakan software ETABS V.9, kemudian dilakukan input data material, dimensi dan beban-beban yang bekerja. Setelah penginputan beban selesai lalu dilakukan running analisis. Setelah dianalisis maka didapat gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur. Hasil analisis meliputi gaya dalam berupa momen dan gaya lintang serta gaya aksial.
- Evaluasi Kekuatan Balok dan Kolom  
Evaluasi kekuatan dilakukan dengan membandingkan momen nominal dengan momen ultimate yang bekerja, gaya geser nominal dengan gaya geser ultimate yang

bekerja dan gaya aksial nominal yang bekerja dengan gaya aksial ultimate yang bekerja.

### Hasil dan Pembahasan Mutu Beton

Pengujian beton telah dilakukan oleh Laboratorium Beton Universitas Merdeka Madiun pada bagian struktur

pelat, balok dan kolom gedung SD Madiun Lor 3 Kota Madiun dengan menggunakan Schmidt Rebound Hammer Test sesuai ketentuan SNI 03 4430 1997. Dari hasil Hammer Test didapat kuat tekan rata-rata  $f_c'$  16 MPa. Kuat tekan tersebut masih di bawah kuat tekan rencana  $f_c'$  19,3 Mpa (K225).



Gambar 1. Hammer Test

### Mutu Baja

Mutu baja yang digunakan dalam evaluasi kekuatan struktur ditentukan berdasar data dari gambar dan laporan perhitungan struktur yang menyebutkan bahwa tulangan yang digunakan adalah U24 dengan tegangan leleh 240 MPa.

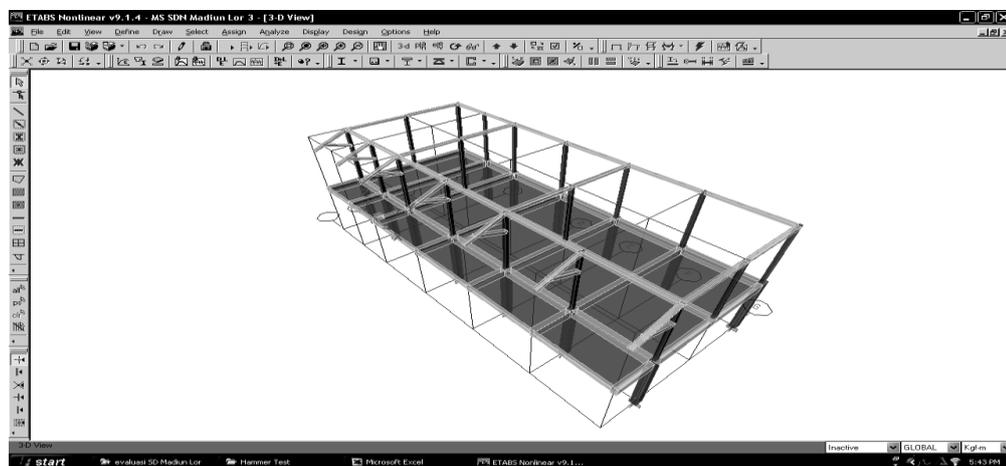
### Analisis Struktur

Beban mati yang bekerja meliputi berat sendiri plat, spesi, plafond dan penggantung serta beban dinding. Beban hidup yang bekerja direncanakan  $250 \text{ kg/m}^2$ . Beban tersebut mengacu pada Peraturan

Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1989.

Penyelesaian persamaan-persamaan statika pada model struktur dilakukan menggunakan metode elemen hingga (finite element method) yang terdapat pada program bantu analisis struktur ETABS versi 9.0. Permodelan struktur dapat dilihat pada gambar 2.

Hasil analisis struktur berupa gaya dalam yang bekerja yaitu momen ultimate ( $M_u$ ), gaya geser ( $V_u$ ) dan gaya normal ( $N$ ).



Gambar 2. Permodelan struktur

### Evaluasi struktur plat

Tebal plat = 12 cm

Beban mati yang bekerja = 406 kg/m<sup>2</sup>

Beban hidup yang bekerja = 250 kg/m<sup>2</sup>

Beban ultimate = 887 kg/m<sup>2</sup>

Mtx = 0,001.q.lx<sup>2</sup>.Ctx

Mtx = 0,001x 8878 x 3,0<sup>2</sup> x 59

= 586,88 kgm

Perhitungan Momen Kapasitas Plat

Tulangan yang digunakan 10 – 125 (As = 628 mm<sup>2</sup>)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{628 \cdot 240}{0,85 \cdot 16 \cdot 1000} = 11,08$$

mm

$$Mn = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 628 \cdot 240 \cdot (95 - 11,08/2) \cdot 10^{-4}$$

$$= 1348 \text{ kgm}$$

Mu = 0,8.1348 = 1079 kgm > Mu.

### Evaluasi struktur balok

Dari hasil analisis struktur diperoleh :

Mu = 13774 kgm

Vu = 11741 kg

Dimensi balok yang dipakai :

b = 250 mm

h = 650 mm

Perhitungan Momen Kapasitas Balok

Tulangan tarik 6D19 (As = 1700,31 mm<sup>2</sup>)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot b} = \frac{1700,31 \cdot 240}{0,85 \cdot 16 \cdot 250} = 120 \text{ mm}$$

$$Mn = A_s \cdot f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 1700,31 \cdot 240 \cdot (602,5 - 120/2) \cdot 10^{-4}$$

$$= 22.138 \text{ kgm}$$

Mu = 0,8.22138 = 19924 kgm > Mu

□ Mn > Mu Balok aman terhadap lentur

Perhitungan Kapasitas Geser Balok

Kuat geser beton

$$Vc = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b \cdot w \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{16} \cdot 250 \cdot 602,5 = 100416,67 \text{ N}$$

Kuat geser baja tulangan

Vs = Av.fy.d/s

$$= 157 \cdot 240 \cdot 602,5/100 = 145294 \text{ N}$$

Kuat geser nominal balok

$$Vn = Vc + Vs = 245711 \text{ kg}$$

□ Vn = 0,75 x 245711 = 184283 kg >

Vu Balok aman terhadap geser

### Evaluasi struktur kolom

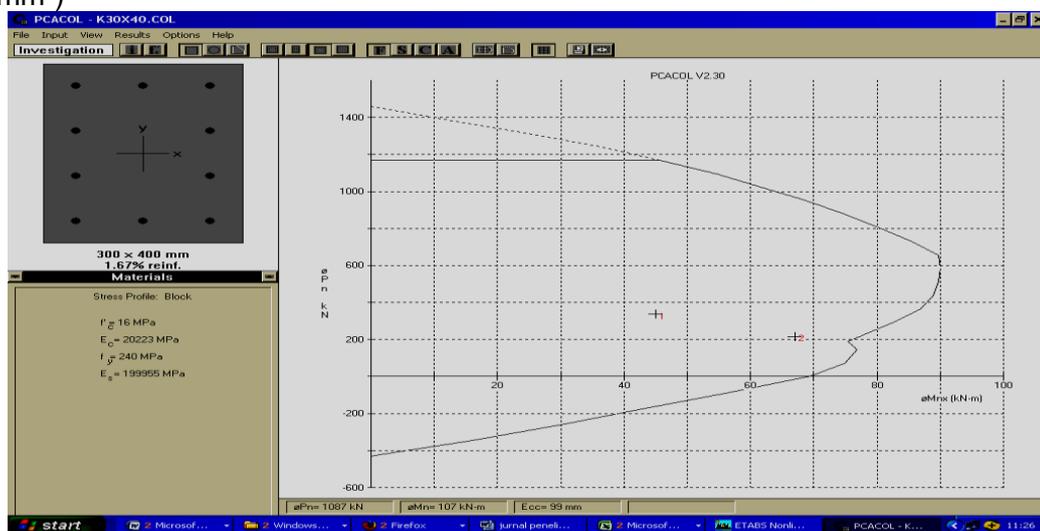
Gari hasil analisis struktur diperoleh :

Nu = 33870 kg

Mu = 4501 kgm

Vu = 2345 kg

Dengan menggunakan program PCACOL dapat diperoleh gambar diagram interaksi kolom dan diketahui kuat tidaknya penampang menahan Mu dan Pu yang bekerja.



Gambar 3. Diagram Inetraksi Kolom

Dari gambar di atas dapat disimpulkan kolom aman terhadap  $P_u$  dan  $M_u$  yang bekerja.

Kuat geser beton

$$V_c = (1 + N_u / 14 A_g) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d$$

$$= (1 + 338700 / 14 \cdot 120000) \cdot \frac{1}{6} \sqrt{16} \cdot 300 \cdot 360$$

$$= 189455,7 \text{ N}$$

Kuat geser baja tulangan dengan tulangan geser  $\square 10 - 100$  ( $A_s = 157 \text{ mm}^2$ )

$$V_s = A_v \cdot f_y \cdot d / s$$

$$= 157 \cdot 240 \cdot 360 / 100$$

$$= 90432 \text{ N}$$

$$V_n = V_c + V_s = 279887,7 \text{ N}$$

$$\square V_n = 209915,8 \text{ N} > V_u$$

Kolom aman terhadap geser

### Kesimpulan

Berdasarkan evaluasi struktur yang telah dilaksanakan, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Berdasar hasil Hammer Test terhadap plat lantai, balok dan kolom diperoleh mutu beton sebesar  $f_c' = 16 \text{ MPa}$ .
2. Struktur plat lantai cukup aman.  $M_u$  balok  $>$   $M_u$  akibat beban yang bekerja.
3. Struktur balok memenuhi syarat keamanan berdasar SNI 2847 2002.  $M_u$  balok  $>$   $M_u$  akibat beban yang bekerja  
 $V_u$  balok  $>$   $V_u$  akibat beban yang bekerja.

4. Struktur kolom memenuhi syarat keamanan berdasar SNI 2847 2002.  $P_u$  kolom  $>$   $P_u$  akibat beban yang bekerja  
 $V_u$  balok  $>$   $V_u$  akibat beban yang bekerja.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dalam penyusunan penelitian ini, diantaranya yaitu CV Pandega Raya, CV Usaha Mandiri, CV Sumber Rejeki dan DIKBUDMUDORA Kota Madiun.

### Daftar Pustaka

- Anonim 2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 2847 2002, BSN Bandung
- Anonim, 1997 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03 4430 1997, BSN Bandung
- Anonim, 2001. Computer and Structure, Inc, ETABS Manual, Integrated Building Design Manual, California Barkeley
- Christiawan 2007, Evaluasi Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan, Master Thesis UGM
- Dipohusodo 1994, Struktur Beton Bertulang, Gramedia Pustaka Tama, Jakarta
- McCormac 2004, Desain Beton Bertulang 1 (alih bahasa Sumargo), Penerbit Erlangga, Jakarta