

ANALISIS KAPASITAS DAN KEANDALAN BANGUNAN, STUDI KASUS: SMA 1 MADIUN

Sugeng P. Budio¹, Retno Anggraini¹, Achfas Zacoeb¹, Edhi Wahyuni¹
¹Dosen / Jurusan Teknik Sipil / Fakultas Teknik / Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167 Malang, 65145, Jawa Timur

ABSTRAK

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan suatu gedung adalah keandalan bangunan. Berdasarkan UU RI No. 28 Tahun 2002 disebutkan bahwa setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan gedung. Persyaratan teknis meliputi persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan gedung, yaitu persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan, serta kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir. Oleh karena itu, setiap bangunan yang akan dirancang maupun yang sudah beroperasi, terutama bangunan yang mempunyai fungsi vital serta merupakan bangunan dengan kepentingan orang banyak memerlukan pengawasan yang ketat terhadap kualitas bangunannya dan memiliki jaminan laik fungsi. Studi kasus yang dipakai dalam penelitian ini adalah bangunan sekolah SMA Madiun I. Dalam penelitian ini akan dibahas studi kasus mengenai keandalan struktur bangunan serta aspek-aspek yang mempengaruhi keandalan suatu bangunan.

Kata kunci: keandalan, struktur bangunan

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan campuran semen dengan agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan. Pada proses pencampurannya, bahan-bahan pembuat beton tersebut akan mengalami pengerasan dan membentuk suatu bahan yang dianggap homogen. Pada pemakaian di lapangan, seringkali beton dipadukan dengan material lain (misalnya baja).

Kekuatan (mutu) dan daya tahan/keawetan (durabilitas) merupakan karakteristik utama dari beton yang harus diperhitungkan dalam perencanaannya. Semakin tinggi kekuatan yang direncanakan, semakin tinggi pula daya tahannya. Beton yang baik sangat penting untuk melindungi besi tulangan yang ada di dalam inti beton terhadap pengaruh dari luar.

Penggunaan selimut beton (*concrete encasement*) merupakan salah bentuk perlindungan terhadap tulangan untuk mengurangi korosi. Semakin korosif

lingkungan maka akan semakin tebal selimut beton yang dibutuhkan. Perencanaan mengenai ketebalan selimut beton terdapat pada SNI- 03- 2847-2002, dimana nilai ketebalannya akan berbeda-beda tergantung dari tempat pelaksanaan konstruksinya.

Berdasarkan UU RI No. 28 Tahun 2002, pengertian bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan/atau di dalam tanah dan/atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial, budaya, maupun kegiatan khusus. Sedangkan pemeliharaan adalah kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarannya agar selalu laik fungsi. Pemeriksaan berkala adalah kegiatan pemeriksaan keandalan seluruh atau sebagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau

prasarana dan sarananya dalam tenggang waktu tertentu guna menyatakan kelaikan fungsi bangunan gedung.

Bangunan vital merupakan bangunan dengan kepentingan orang banyak sehingga pada kualitas bangunan tersebut perlu dilakukan perawatan dan pengawasan yang ekstra untuk meningkatkan dan menjaga keandalan bangunan. Selain perlu dilakukan perawatan dan pengawasan, pada bangunan tersebut harus memiliki jaminan laik fungsi dimana jaminan ini merupakan suatu jaminan dimana bangunan tersebut masih memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan.

Sejumlah prosedur pengujian lapangan telah dilaksanakan untuk dapat menarik sebuah kesimpulan mengenai nilai kuat tekan dan kualitas beton pada bangunan tersebut. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Non-Destructive Test* (NDT) dan *Destructive Test* (DT).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keandalan Bangunan

Permasalahan keandalan bangunan diatur dalam Undang-undang Republik Indonesia Nomor 28 tahun 2002 tentang Bangunan Gedung. Pada Bab IV Bagian Pertama (Umum) mengenai Persyaratan Bangunan Gedung, disebutkan bahwa "Setiap bangunan gedung harus memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan gedung". Persyaratan teknis meliputi persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan gedung. Bagian Keempat mengenai Persyaratan Keandalan Bangunan Gedung, Paragraf Kedua mengenai "Persyaratan Keselamatan" disebutkan bahwa persyaratan keselamatan bangunan gedung meliputi persyaratan kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatan, serta kemampuan bangunan gedung dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir. Persyaratan

kemampuan bangunan gedung untuk mendukung beban muatannya merupakan kemampuan struktur bangunan gedung yang stabil dan kukuh dalam mendukung beban muatan.

Pada pasal 18 dijelaskan bahwa persyaratan kemampuan struktur bangunan gedung yang stabil dan kukuh dalam mendukung beban muatan merupakan kemampuan struktur bangunan gedung yang stabil dan kukuh sampai dengan kondisi pembebanan maksimum dalam mendukung beban muatan hidup dan beban muatan mati, serta untuk daerah/zona tertentu kemampuan untuk mendukung beban muatan yang timbul akibat perilaku alam. Besarnya beban muatan dihitung berdasarkan fungsi bangunan gedung pada kondisi pembebanan maksimum dan variasi pembebanan agar bila terjadi keruntuhan pengguna bangunan gedung masih dapat menyelamatkan diri.

2.2 Metode NDT dan DT

2.2.1 *Hammer Test*

Silver Schmidt Hammer Test merupakan suatu alat pemeriksaan mutu beton tanpa merusak beton (*Non-Destructive Test*). Metode pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban *impact* (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Alat ini sangat berguna untuk mengetahui keseragaman material beton pada struktur.

Alat *hammer test* sangat peka terhadap variasi yang ada pada permukaan beton, misalnya keberadaan partikel batu pada bagian-bagian tertentu dekat permukaan. Oleh karena itu, diperlukan pengambilan beberapa kali pengukuran di sekitar lokasi pengukuran yang hasilnya kemudian akan dirata-ratakan. Secara umum *hammer test* dapat digunakan untuk memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur dan mendapatkan perkiraan kuat tekan beton.

Kurva hubungan nilai lentingan dan kuat tekan yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tekan pada pengujian didapatkan dari penelitian dan uji coba yang menghasilkan lebih dari 2300 data kuat tekan beton sampel. Diharapkan dengan menggunakan kurva tersebut, nilai kuat tekan beton eksisting dapat diperkirakan.

2.2.2 Ultrasonic Pulse Velocity (UPV)

Prinsip kerja alat tes UPV adalah dengan memproduksi dan menyalurkan gelombang pulsa/denyut ke dalam beton, dan merata-rata waktu perjalan gelombang tersebut dari titik awal ke titik akhir melalui beton.

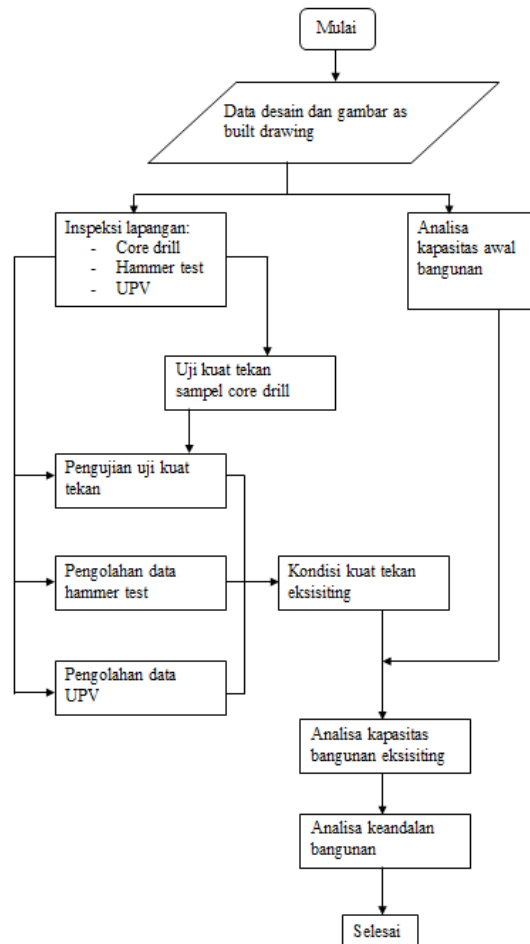
Peralatan UPV tersedia dalam bentuk portabel sehingga memudahkan untuk pelaksanaan pekerjaan inspeksi. Instrumen sangat mudah dioperasikan dan termasuk juga baterai yang dapat diisi ulang. Pada umumnya, gelombang pulsa mencapai hingga 6500 os dapat diukur dengan resolusi 0.1-os. Hasil waktu perjalanan gelombang kemudian akan tertera secara jelas pada alat, sehingga memudahkan dalam perekaman data. Instrumen menggunakan dua buah transduser yang digunakan untuk mengirim dan menerima gelombang pulsa. Frekuensi transduser yang biasa digunakan untuk penyelidikan beton adalah 25 hingga 100 KHz. Transduser tipe ini utamanya menciptakan gelombang tekan dengan satu frekuensi dominan, dan hampir seluruh energi gelombang mengarah langsung sepanjang sumbu normal menuju ke permukaan transduser.

2.2.3 Core Drill

Untuk mendapatkan hasil kuat tekan beton yang lebih akurat, maka dapat dilakukan dengan pengambilan sampel menggunakan metode *core drill*. Pengeboran dilakukan dengan menggunakan alat potong silinder dengan mata yang terbuat dari berlian.

3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini akan dilakukan inspeksi lapangan untuk mengetahui kuat tekan beton. Peralatan yang digunakan adalah *core drill*, *hammer test* dan UPV. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Hammer Test

Berdasarkan hasil wawancara di lapangan, diketahui bahwa keseluruhan balok, pelat, dan kolom menggunakan beton *ready mix* yang sama, dengan kualitas rencana yang sama.

Kuat tekan beton rerata berdasarkan hasil *hammer test* adalah sebesar 203 kg/cm² dengan standar deviasi sebesar 45 kg/cm². Untuk mencari nilai beton karakteristik adalah dengan mengikuti formula berikut:

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,64s$$

dimana:

σ_{bk} = kuat tekan karakteristik

σ_{bm} = kuat tekan rerata

s = standar deviasi

Sehingga bisa dihitung nilai kuat tekan karakteristik beton kolom, yaitu:

$$\sigma_{bk} = 203 - 1,64 \cdot 45 = 129,2 \text{ kg/cm}^2$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan bahwa beton untuk kolom, balok dan pelat memiliki nilai kuat tekan K-130.

4.2 Hasil Uji UPV

Pengkategorian kualitas beton di sini adalah berdasarkan pada kecepatan rambat gelombangnya, karena prinsip dari uji UPV adalah untuk mengetahui waktu rambat gelombang ultrasonik di dalam beton. Semakin baik kerapatan beton, maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan oleh gelombang untuk merambat dari *transmitter* ke *receiver*-nya. Jika beton memiliki banyak deliminasi (rongga), maka akibatnya gelombang akan membutuhkan waktu rambat yang lebih lama.

Akibat dari rongga di dalam beton adalah kemungkinan masuknya udara dan juga kelembaban yang dapat menjadi masalah utama bagi korosi tulangan. Jika korosi pada tulangan terjadi, maka kekuatan beton bertulang tersebut akan berkurang. Selain itu, rongga dalam beton menunjukkan ikatan antar partikel beton tidak terjadi secara sempurna.

Berdasarkan pemeriksaan dengan menggunakan instrumen UPV, dapat diketahui bahwa beton yang terpasang di lapangan memiliki kualitas yang tidak seragam. Pemeriksaan terhadap bangunan SMA Negeri 1 Madiun memberikan hasil kecepatan rerata sebesar **3224,3 m/s** sehingga masuk dalam **kategori menengah**.

4.3 Hasil Uji Core Drill

Dari pelaksanaan bor inti beton terhadap tiga lokasi pelat beton, didapatkan sampel silinder beton yang kemudian diuji di laboratorium. Sebelum diuji, silinder beton tersebut diratakan di bagian atas dan bawah (*capping*), baru kemudian diuji kuat tekan dengan menggunakan mesin *compressive test*. Hasil pengujian tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai perbandingan terhadap hasil pengujian NDT terhadap material beton.

Hasil uji kuat tekan tersebut adalah identik dengan hasil uji kuat tekan pada area pelat dengan menggunakan instrumen NDT. Dari sini dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil pengujian NDT pada struktur tersebut dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui kualitas material pada bangunan.

4.4 Analisis Kapasitas dan Keandalan Struktur

Sesuai dengan hasil perhitungan kapasitas lentur kolom beton bertulang, maka dapat diperoleh hasil yang dapat dibaca pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

Tabel 1. Hasil uji kuat tekan beton

No	Berat (gram)	Beban P (kN)	Kuat Tekan f_c' (kg/cm ²)	Keterangan
1	330.2	31	159.63	d = 5.023 cm t = 8.205 cm
2	403.7	22	113.29	d = 5.023 cm t = 10.465 cm
3	451.9	32	175.08	d = 5.023 cm t = 9.744 cm

Tabel 2. Kapasitas lentur kolom pada sumbu kuat

Tipe Beban	DED	Eksisting	Penurunan
Kondisi Balance	Mu = 93 KNm Pu = 490 KN	Mu = 44 KNm Pu = 265 KN	Momen = 53% Aksial = 46%
Kondisi Tekan Aksial Murni	Pu = 1092 KN	Pu = 631 KN	Aksial = 42%

Tabel 3. Kapasitas lentur kolom pada sumbu lemah

Tipe Beban	DED	Eksisting	Penurunan
Kondisi Balance	Mu = 52 KNm Pu = 439 KN	Mu = 19 KNm Pu = 126 KN	Momen = 63% Aksial = 71%
Kondisi Tekan Aksial Murni	Pu = 1092 KN	Pu = 631 KN	Aksial = 42%

Dikarenakan kekuatan sisa kolom mencapai hanya sekitar 29% dari kapasitas rencana, padahal batas keandalan struktur minimal adalah 95% dan juga struktur dinyatakan tidak andal apabila kekuatan sisa dibawah 85%.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini maka dapat dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- ✓ Pemeriksaan *Non Destructive Test* (NDT) menggunakan instrumen *Hammer Test* menunjukkan bahwa beton memiliki kekuatan rata-rata 203 kg/cm² dengan nilai Standar Deviasi 45 kg/cm². Sehingga dapat dihitung bahwa beton cor yang digunakan untuk pekerjaan tersebut memiliki kekuatan **K-130**. Berdasarkan dokumen perencanaan, beton yang digunakan adalah K-225, sehingga dapat disimpulkan mutu kuat tekan beton eksisting **memiliki selisih sebesar 42,2%** terhadap mutu kuat tekan beton perencanaan.
- ✓ Kualitas beton eksisting dapat diukur dengan menggunakan instrumen *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Prinsip kerja instrumen ini adalah dengan mengirimkan gelombang ultrasonik ke dalam beton melalui *transmitter probe*, dan mengukur waktu yang diperlukan gelombang tersebut untuk mencapai *receiver*

probe. Dari kecepatan rambat gelombang, beton dapat diklasifikasikan berdasarkan kualitasnya. Kualitas di sini adalah tingkat kerapatan beton yang dipengaruhi oleh material penyusun beton serta pelaksanaan pekerjaan pengecoran. Pemeriksaan terhadap bangunan SMA Negeri 1 Madiun memberikan hasil kecepatan rerata sebesar **3224,3 m/s** sehingga masuk dalam **kategori menengah**.

- ✓ Seperti terlihat bahwa sisa kekuatan kolom bahkan mencapai 29% dari kekuatan desain rencana. Dengan demikian Nilai Keandalan Struktur kurang dari 85% dan masuk kategori tidak andal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2002. *SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung, Departemen Pekerjaan Umum.
- Budio, Sugeng.P, dkk.2012.*Penelitian Keandalan Bangunan Sipil Pada Struktur Cerobong (Studi Kasus: Chimney PLTU Paiton Unit 6 dan 7)*.Jurnal Rekayasa Sipil Volume 6, No.3 hal 247-256.
- Dipohusoso, Istimawan. 1999. *Struktur Beton Bertulang*.Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- G. Nawy, Edward. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung : Refika Aditama.

- Gideon, Kusuma dan W. C. Vis. 1993. *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Setjo, Renaningsih dan HardWidjaja. 2012. *Perkiraan Kekuatan Beton Pasca Gempa Dengan Metode Uji Tak Rusak*. Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir. Yogyakarta, 26 September 2012.
- Wang, Chu Kia and Charles G. Salmon. 1994. *Desain Beton Bertulang*. Jakarta : Erlangga.
- Winter, George and Arthur H. Nilson. 1993. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha.
- Maholtra, V. M., & Carino, N. J. 2004. *NONDESTRUCTIVE TESTING OF CONCRETE*. Washington, D.C.: CRC PRESS.