

## EVALUASI STRUKTUR PASCA KEBAKARAN ASRAMA SANTRI PONDOK PESANTREN DARUL QUR'AN, WONOSARI, GUNUNGKIDUL, YOGYAKARTA

Agus Susanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dosen Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia  
Jl. Kaliurang Km. 14,5, Sleman, Yogyakarta  
e-mail : agus\_susanto@uii.ac.id

### ABSTRACT

*Student dormitory building of Darul Qur'an Islamic Center was burned on Wednesday, January 6<sup>th</sup>, 2016 at around 00:15 am to 02.15 am. Building damaged by fire, often directly considered as no longer useable and sometimes being destroyed. This resulted in inefficiency and bad for the environment, either in the form of building waste, and the extraction of natural resources for building materials. Evaluation on post-fire structure is very important for reference in decision making on further action on the building so that the action is optimal and can be scientifically responsible.*

*This research was conducted in two stages: data collection and data processing. Data collection was done by direct survey to location, collecting building design documents, doing interview with the witnesses and dormitory caretaker, visual observation, testing the existing concrete structure strength using Schmidt Hammer Test, and measuring the structural displacements using Theodolite. Then, these field test result were being processed to produce the compressive concrete strength ( $f_c'$ ) and beam deflection. This calculated  $f_c'$  were used as input for structural analysis of the existing structure using ETABS software.*

*The study concluded that the existing structure is no longer able to withstand the requisite load corresponding to building function as dormitory according to regulation (SNI 2847: 2013). Fire have caused some of structural reinforcement steel melted which caused the beam deflections exceed the limit allowed by building code, and the structural serviceability decreased. The quality of construction was poor and not uniform, resulting in some trouble since beginning, problems also occurred in building utilities. The study suggested that structural retrofitting was required on parts of the structure that had been damaged, but even if we don't repair the structure, the building still can be used, but with decreased usage load. The structure needs to be evaluated periodically.*

**Keywords:** *structural evaluation, fire, Darul Qur'an*

### PENDAHULUAN

Gedung Asrama Santri Pondok Pesantren Darul Qur'an dibangun pada tahun 2014 dengan konstruksi beton bertulang berlantai dua, sedangkan rangka atap menggunakan konstruksi rangka atap baja ringan. Gedung ini mengalami kebakaran pada hari Rabu, 6 Januari 2016 sekitar pukul 00.15 – 02.15.

Bangunan yang mengalami kerusakan akibat bencana, seringkali langsung dianggap tidak lagi dapat digunakan sebagaimana fungsinya sehingga tidak lagi dimanfaatkan dan

terkadang dihancurkan. Hal ini mengakibatkan pemborosan dan berdampak buruk bagi lingkungan, baik berupa limbah bangunan, maupun pengambilan sumber daya alam untuk bahan bangunan.

Ilmu pengetahuan tentang metode evaluasi struktur pasca bencana dan metode perbaikannya sudah banyak dikembangkan. Berbagai penelitian tentang hal ini terus dilakukan. Wuryanti (2013) melakukan penelitian tentang penilaian keandalan struktur bangunan gedung eksisting dalam hal peraturan dan implementasinya.

Penelitian tentang evaluasi kekuatan dan metode perbaikan struktur beton pada gedung pasca kebakaran juga pernah dilakukan oleh Rizal (2010). Antonius, dkk. (2010) melakukan penelitian untuk mengetahui perubahan kuat tekan dan modulus elastisitas beton mutu normal akibat temperatur tinggi, dimana kuat tekan beton yang ditinjau adalah 20 MPa dan 30 MPa yang dibakar pada suhu 300oC, 600oC, dan 900oC, dengan lama waktu pembakaran 3 jam, 5 jam, dan 7 jam.



Gambar 1. Foto asrama santri yang terbakar

Data yang diperlukan untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton dan baja tulangan didapat melalui survei lapangan, uji lapangan dan uji laboratorium. Ada 4 (empat) macam pengujian yang dilakukan, yaitu: pengamatan visual struktur, pengujian palu beton (*Schmidt Hammer Test*), uji kuat tekan beton inti (*core drill test*), dan uji kuat tarik baja tulangan (Wior, C. E., dkk., 2015).

Penelitian ini bertujuan melakukan evaluasi struktur gedung asrama santri Pondok Pesantren Darul Qur'an pasca kebakaran sebagai dasar pengambilan keputusan untuk tindakan selanjutnya terhadap gedung tersebut sehingga arah kebijakan adalah optimal dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

## BETON DAN KEBAKARAN

Jika sebuah gedung yang terbuat dari struktur beton terbakar, maka daya layan dari struktur bangunan tersebut akan berkurang. Sebenarnya beton merupakan bahan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap api yang relatif lebih baik dibandingkan dengan material lain seperti

baja, terlebih lagi kayu. Hal ini disebabkan karena beton merupakan material dengan daya hantar panas yang rendah, sehingga dapat menghalangi rembetan panas ke bagian dalam struktur beton tersebut. Oleh karena itu selimut beton biasanya dirancang dengan ketebalan yang cukup yang dimaksudkan untuk melindungi tulangan dari suhu yang tinggi di luar jika terjadi kebakaran, karena seperti diketahui bahwa tulangan baja akan mengalami penurunan kekuatan/ tegangan leleh yang cukup drastis pada suhu yang tinggi. Namun jika sebuah beton dipanaskan di lebih dari 500°C, degradasi kekuatan yang signifikan akan terjadi (hingga 50%). Degradasi kekuatan terjadi karena proses dekomposisi CSH yang terurai menjadi CaO dan SiO<sub>2</sub>, hal ini juga dapat terjadi karena perbedaan nilai sublimasi antara agregat dan pasta semen yang dapat merusak zona antar muka, maka kekuatan yang koheren antara agregat akan menurun. (Rizal, 2010). Penelitian yang dilakukan oleh Corsika dan Karolina (2013) menyimpulkan bahwa kenaikan temperatur memberi dampak yang lebih besar terhadap penurunan kuat tekan beton dan peningkatan porositas beton jika dibandingkan dengan kenaikan durasi pembakaran.

Pengaruh pemanasan sampai pada temperatur 200°C sebenarnya menguntungkan terhadap beton, karena akan menyebabkan penguapan air (dehidrasi) dan penetrasi ke dalam rongga-rongga beton lebih dalam, sehingga memperbaiki sifat lekatan antar partikel-partikel CS-H. Penelitian Wijaya (1999), dalam Priyosulistyo (2000) menunjukkan bahwa kuat-tekan beton benda uji silinder maupun kuat lentur benda uji yang dipanaskan dalam tungku pada temperature 200°C meningkat sekitar 10-15 % dibandingkan dengan beton normal yang tanpa dipanaskan. Warna beton yang dipanaskan pada temperatur ini umumnya berwarna hitam gelap. Selanjutnya jika panas dinaikkan lagi, kekuatan beton cenderung menurun.

Penelitian Simbolon, D. P., dkk. (2012) terhadap benda uji beton mutu K-250 yang

dibakar selama 1 jam mengalami penurunan kekuatan sebesar 10,14 %, sedangkan untuk beton yang dibakar selama 2 jam mengalami penurunan kekuatan sebesar 23,87 %.

Menurut Nugraha (2007), pengaruh temperatur tinggi terhadap beton yaitu pada suhu 100°C air kapiler menguap, pada suhu 200°C air yang terserap di dalam agregat menguap dan penguapan menyebabkan penyusutan pasta, kemudian pada suhu 400°C pasta semen yang sudah terhidrasi terurai kembali sehingga kekuatan beton mulai terganggu.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan dua tahap. Tahap pertama adalah pengumpulan data-data struktur, baik data teknis perencanaan, maupun investigasi struktur pasca kebakaran. Tahap kedua adalah olah data dengan cara melakukan perhitungan ulang struktur dengan menggunakan data-data struktur pasca kebakaran.

Tahap pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan dokumen - dokumen perencanaan awal struktur dan melakukan pengamatan langsung di lokasi. Pertama kali, dilakukan wawancara dengan beberapa saksi, dari wawancara ini didapat beberapa data yang meliputi : perkiraan waktu dan durasi kebakaran, lokasi-lokasi yang mengalami kebakaran dengan berbagai tingkatan, dan lokasi-lokasi yang tidak mengalami kebakaran. Investigasi struktur dilaksanakan dengan melakukan uji material dan pengukuran defleksi struktur. Uji material dilakukan secara non-destructive dengan alat uji *Hammer Test*. Defleksi diukur dengan menggunakan alat Teodolit. Pengujian dilakukan di beberapa titik yang mengalami kerusakan parah dan di beberapa titik yang tidak mengalami kebakaran sebagai pembanding. Hasil uji *Hammer Test* diolah sehingga menghasilkan nilai kuat tekan beton,  $f_c'$ .

Perhitungan ulang struktur dilakukan dengan alat bantu software *ETABS* versi 9.6. Struktur dimodelkan sesuai struktur

eksisting (denah dan dimensi struktur) dengan dibantu data dokumen perancangan yang masih ada. Input mutu material dilakukan dengan menggunakan hasil uji *Hammer Test*. Hasil uji lendutan dengan menggunakan Teodolit digunakan sebagai analisis apakah lendutan struktur yang terjadi masih memenuhi syarat (lendutan yang terjadi masih dalam batas yang diizinkan oleh peraturan SNI 2847:2013).

Menurut Dharmawan W. I., dkk. (2016), kelebihan *Hammer Test* yaitu:

1. Pengukuran bisa dilakukan dengan cepat.
2. Mudah diaplikasikan.
3. Tidak merusak struktur/bangunan.
4. Murah dari segi biaya.

Sedangkan kekurangan *Hammer Test* yaitu:

1. Hasil pengujian dipengaruhi oleh kerataan permukaan, kelembaban beton, sifat-sifat dan jenis agregat kasar, derajat karbonisasi, umur beton dan titik pengambilan sampel pengetesan.
2. Sulit mengkalibrasi hasil pengujian.
3. Tingkat keakurasian hasil pengujiannya rendah.
4. Hanya memberikan informasi kekuatan karakteristik beton pada permukaan struktur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan Visual dan Wawancara

Hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa ruangan dimana kebakaran berawal, mengalami kerusakan yang cukup parah. Namun terlihat bahwa sebagian kerusakan yang terjadi belum mencapai struktur inti, melainkan baru merusak pelindung struktur (acian lepas, *spalling* selimut beton, dsb).

Hal yang paling terlihat pada pengamatan awal adalah bahwa struktur rangka atap (yang menggunakan konstruksi rangka atap baja ringan) sudah mengalami kerusakan parah dan harus diganti total. Dari pengamatan secara visual juga terlihat bahwa struktur awal (sebelum terjadinya kebakaran) sudah bermasalah, mutu pelaksanaan pembangunan kurang bagus

dan tidak seragam, masalah banyak terjadi terutama pada utilitas gedung.



Gambar 2. Foto ruangan yang terbakar paling parah



Gambar 3. Rembesan air di tengah pelat lantai

Dari wawancara didapatkan data bahwa struktur gedung sudah bermasalah sejak awal (sebelum peristiwa kebakaran terjadi), masalah banyak terjadi pada utilitas gedung (banyak terjadi kebocoran, air merembes menembus pelat lantai di beberapa tempat, retak-retak pada tembok akibat lendutan berlebih yang terjadi pada struktur balok).

### Mutu Beton

Rekapitulasi hasil uji beton dengan cara *Hammer Test* dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 berikut. Hasil uji mutu beton menunjukkan bahwa beton tidak mengalami penurunan kekuatan (yang diindikasikan dengan  $f_c'$ ), bahkan sebagian mengalami peningkatan kekuatan.

Terlihat ketidakseragaman hasil pengujian mutu beton, baik beton yang berada di ruangan-ruangan yang mengalami kebakaran, maupun beton di ruang yang tidak mengalami kebakaran sebagai acuan mutu beton awal sebelum kebakaran. Hal ini menunjukkan kurang seragamnya campuran beton, maupun proses pengecorannya.

Adapun berbagai kemungkinan penyebab meningkatnya mutu beton yang mengalami kebakaran ini antara lain:

1. Struktur rangka beton bertulang (balok dan kolom) terbakar pada temperatur yang tidak terlalu tinggi dan dalam durasi yang tidak lama. Hal ini dikarenakan struktur rangka beton bertulang terletak di tepi dan tepi atas ruangan, sedangkan bahan yang mudah terbakar api berada di sekitar tengah ruangan, antara lain: kasur, meja, buku, dsb. Sedangkan tinggi ruangan (tinggi plafon) cukup tinggi, sehingga balok yang berada di bagian atas dari ruangan, terletak cukup jauh dari paparan api dan dibutuhkan waktu untuk api menjalar mengenai struktur-struktur tersebut. Selain itu, tebal selimut beton dan *finishing* berupa acian semen cukup membantu menahan perambatan panas mengenai struktur utama. Sehingga temperatur yang dialami oleh struktur beton tidaklah terlalu tinggi dan durasi kebakaran pun tidak lebih dari 2 jam, sehingga hal ini justru memungkinkan terjadinya peningkatan kekuatan beton karena terjadi penguapan air (dehidrasi) yang berada di dalam beton dan penetrasi ke dalam rongga-rongga beton lebih dalam, sehingga memperbaiki sifat lekatan antar partikel-partikel CS-H dalam beton.
2. Kekurangakuratan pengujian mutu beton secara *non-destructive* menggunakan *Hammer Test*.

Tabel 1. Rekapitulasi hasil Hammer Test pada balok

Kode I	Kode II	Lokasi	$f_c'$ (MPa)	Keterangan
3	BLK. 1 (A-B) LT3	lantai 2 atas	31.33	di bawah area jemuran
7	BLK. 3 (A-C) Ring	lantai 2 atas	30.14	ruang sumber kebakaran
8	BLK. 9 (A-B) RB2	lantai 2 atas	24.44	tidak banyak terpapar api - sebagai acuan
11	BLK. 8 (A-B) Ring	lantai 2 atas	20.56	tidak banyak terpapar api - sebagai acuan
12	BLK. C (6-7) Ring	lantai 2 atas	20.08	selasar lantai 2
15	BLK. 9 (C-D) Ring	lantai 2 atas	21.39	tidak banyak terpapar api - sebagai acuan
16	BLK. B (7-8) Ring	lantai 2 atas	21.24	selasar lantai 2
18	BLK. 2 (A-B) Ring	lantai 2 atas	26.69	ruang sumber kebakaran
22	BLK. 4 (A-B) LT2	lantai 1 atas	41.35	lantai 1 - di bawah ruang sumber kebakaran
23	BLK. 2 (A-B) LT2	lantai 1 atas	34.48	lantai 1 - di bawah ruang sumber kebakaran
26	BLK. 2 (C-D) LT2	lantai 1 atas	29.15	lantai 1 - di bawah ruang sumber kebakaran
29	BLK. 9 (A-B) LT2	lantai 1 atas	39.60	ruang lantai 1 - tidak terbakar - sebagai acuan
30	BLK. A (9-10) LT2	lantai 1 atas	27.71	selasar lantai 1
32	BLK. D (4-3) LT2	lantai 1 atas	27.31	lantai 1 - di bawah ruang yang terbakar

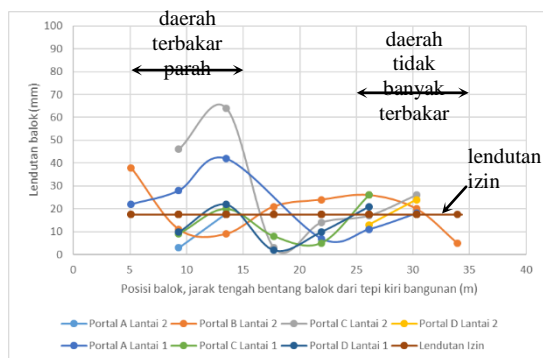
Tabel 2. Rekapitulasi hasil Hammer Test pada kolom

Kode I	Kode II	Lokasi	$f_c'$ (MPa)	Keterangan
1	KLM. A2. LT2	lantai 2	21.57	ruang sumber kebakaran
2	KLM. A3. LT2	lantai 2	21.86	ruang sumber kebakaran
5	KLM. D3. LT2	lantai 2	24.10	ruang seberang - banyak terpapar api
6	KLM. C3. LT2	lantai 2	19.90	ruang seberang - banyak terpapar api
9	KLM. A9. LT2	lantai 2	20.06	tidak banyak terpapar api - sebagai acuan
10	KLM. A8. LT2	lantai 2	21.79	tidak banyak terpapar api - sebagai acuan
13	KLM. C8. LT2	lantai 2	21.38	tidak banyak terpapar api
14	KLM. D8. LT2	lantai 2	24.62	tidak banyak terpapar api
19	KLM. A3. LT1	lantai 1	21.63	lantai 1 - di bawah ruang sumber kebakaran
20	KLM. A2. LT1	lantai 1	34.09	lantai 1 - di bawah ruang sumber kebakaran
25	KLM. 3C. LT1	lantai 1	36.92	lantai 1 - di bawah ruang seberang sumber api
28	KLM. A9. LT1	lantai 1	31.19	ruang lantai 1 - tidak terbakar - sebagai acuan

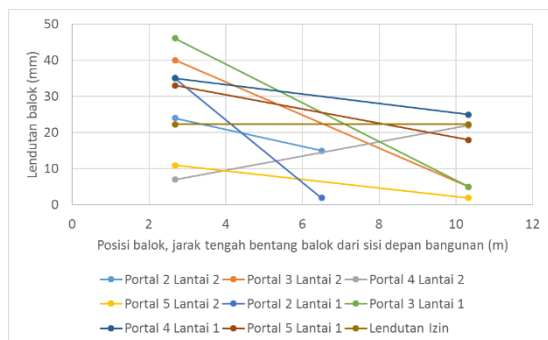
**Lendutan Balok**

Hasil pengukuran lendutan balok menggunakan Teodolit menunjukkan bahwa banyak balok yang telah mengalami lendutan yang melampaui batas lendutan yang diizinkan oleh peraturan SNI 2847:2013.

Lendutan yang berlebih akan mengakibatkan terjadinya retak pada balok sehingga akan mengurangi luas penampang struktur balok yang berakibat menurunnya inersia penampang sehingga kapasitas momen dan kekakuan balok juga akan turun, daya dukung balok turun, kemampuan layannya turun, getaran yang terjadi pada balok ketika dibebani juga akan lebih besar yang mengakibatkan getaran yang lebih besar pada struktur secara keseluruhan, laju kerusakan struktur juga akan bertambah.



a. Portal memanjang bangunan



b. Portal melintang bangunan  
Gambar 4. Lendutan balok

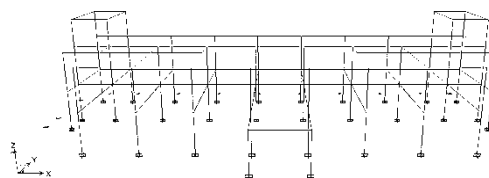
Dari hasil pengukuran lendutan terlihat bahwa struktur yang berada di tempat-tempat yang terbakar mengalami lendutan yang lebih besar. Lendutan terbesar dialami

oleh balok-balok yang berada di bawah kamar-kamar yang mengalami kebakaran parah. Hal ini menunjukkan bahwa kebakaran yang terjadi mengakibatkan besi tulangan dalam balok mengalami leleh.

Namun terlihat juga bahwa tidak sedikit balok-balok di tempat-tempat yang tidak mengalami kebakaran, lendutan yang terjadi melampaui batas lendutan yang diizinkan oleh peraturan. Hal ini menunjukkan bahwa struktur awal sebelum terjadinya peristiwa kebakaran, mutu pelaksanaannya kurang baik dan tidak seragam.

**HASIL PERHITUNGAN ULANG STRUKTUR DENGAN KONDISI TERKINI**

Perhitungan struktur dilakukan dengan menggunakan *software ETABS* versi 9.6 dengan memodelkan struktur sesuai struktur yang ada dengan dibantu dokumen perencanaan yang ada, dan menggunakan mutu bahan sesuai dengan hasil uji bahan.



Gambar 5. Pemodelan struktur dengan *software ETABS 9.6*

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa struktur sudah tidak lagi mampu menahan beban sesuai penggunaan gedung yang direncanakan (sebagai asrama santri) secara ideal sesuai syarat-syarat yang ditentukan oleh peraturan SNI 2847:2013.

Namun terlampauinya kekuatan struktur yang ada tidak terlalu besar dan struktur masih mampu berfungsi dengan baik apabila beban pemakaiannya dikurangi.

**KESIMPULAN**

1. Bangunan asrama santri Pondok Pesantren Darul Qur'an sudah tidak lagi

- mampu menahan beban sesuai rencana pemanfaatan semula secara ideal sesuai peraturan yang berlaku, karena kuat desak beton kurang mencukupi untuk menahan struktur dengan konfigurasi denah yang ada, dan lendutan yang terjadi di banyak tempat sudah melampaui batas lendutan yang diizinkan oleh peraturan SNI 2847:2013.
2. Kebakaran yang terjadi mengakibatkan sebagian besi tulangan struktur mengalami leleh sehingga terjadi defleksi mencapai 100 mm ( $L/50$ ) yang melampaui batas yang diizinkan peraturan ( $L/240$ ) dan kemampuan layan dari struktur menurun.
  3. Kualitas pekerjaan konstruksi kurang baik dan tidak seragam sehingga mengakibatkan struktur bangunan bermasalah sejak awal, selain permasalahan struktur, permasalahan banyak terjadi pada utilitas bangunan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2013), SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Antonius, Indarto, H., dan Bayuasri, T. (2010), Studi Eksperimental Besaran Mekanis Beton Mutu Normal pada Suhu Tinggi, Seminar Nasional VI 2010 Teknik Sipil ITS Surabaya 27 Januari 2010 Surabaya, Indonesia, Hal. A 57-A 65.
- Corsika, Y., Karolina, R., (2013), Analisis Perilaku Mekanis dan Fisis Beton Pasca Bakar, Skripsi, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Dharmawan, W. I., Oktarina, D., Safitri, M., (2016), Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan *Hammer Test* dan *Compression Testing Machine* terhadap Beton Pasca Bakar, Jurnal MKTS. 22 (1): 35-42.
- Nugraha, P., dan Antoni, (2007), Teknologi Beton: dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi, Andi Offset. Yogyakarta.
- Priyosulistyo, H. R. C., (2000), Sifat-sifat Mekanik Bahan Struktur Terhadap Beban Gempa dan Temperatur Tinggi. PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rizal, F., (2010), Evaluasi Kekuatan dan Metode Perbaikan Struktur Beton pada Gedung Pasca Kebakaran, Jurnal Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Simbolon, D. P., Basir, N., dan Ananda, F., (2012), Pengaruh Lamanya Pembakaran Beton Terhadap Kuat Tekan Beton K-250 (Umur 28 Hari), Jurnal Ilmiah Mahasiswa. 1 (1): 128-132.
- Wior, C. E., Wallah, S. E., dan Pandaleke, R.,(2015), Kajian Kuat Tekan Beton dan Kuat Tarik Baja Tulangan Gedung Teknik Arsitektur dan Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado Pasca Kebakaran, Jurnal Sipil Statik.
- Wuryanti, W., (2013), Penilaian Keandalan Struktur Bangunan Gedung Eksisting : Peraturan dan Implementasinya. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. 24-26 Oktober 2013, Surakarta, Indonesia, Hal. S 69-S 75.