

Analisis Peningkatan Temperatur (Pasca Bakar) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal

Ezra Pasereng Rambak^{1,*}, La Rahman¹, Mardis Darwis¹, Anafi Minmahddun²

¹ Teknologi Sipil, Politeknik Tridaya Virtu Morosi

² Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Ezra Pasereng Rambak*, Email: rambakpasereng@yahoo.com

Info Artikel	Abstract
<p>Diajukan : 10 April 2024 Diperbaiki : 27 April 2024 Disetujui : 8 Mei 2024</p>	<p><i>In the world of civil engineering, structural experts are needed to handle post-burn buildings. How can we estimate the highest temperature ever experienced, estimate the remaining strength of the building, and propose structural repair techniques? This research is expected to be able to predict the remaining strength of the concrete structure, as well as to attempt rehabilitation with repairs if possible or to reconstruct/dismantle the entire building if the structure is no longer possible to repair. The first step in planning is to collect data and theory associated with this research. Then examine the material, whether the material is included in the standard plan. Test specimens were made in accordance with the regulations of Reinforced Concrete Indonesia 2019. After the treatment, the specimen was at the age of 28 days, and then the compressive strength tests were performed before and after burning. The test results it was found that the concrete that had been heated to a temperature of 600°C for 2 hours had an average compressive strength of the remaining 48.8% and over 4 hours of an average compressive strength of the remaining 40.1% to the decline of about 50% of the strong concrete compressive normal. In a case like this, the building that was on fire $\geq 600^\circ\text{C}$ with long intervals should be performed reconstruction or demolition of the building, because the capacity of the structure is not able to withstand the burden that must be borne. One method is structural repairs to the concrete jacketing system.</i></p>
<p>Keywords: Concrete, post-fire, residual strength, structural repair</p>	<p>Abstrak Dalam dunia teknik sipil peran ahli struktur sangat dibutuhkan dalam menangani gedung pasca bakar. Bagaimana menaksir temperatur tertinggi yang pernah dialami, menaksir kekuatan sisa bangunan, dan mengusulkan teknik perbaikan struktur. Penelitian ini diharapkan mampu memprediksi kekuatan sisa struktur beton, serta mengupayakan suatu rehabilitasi dengan perbaikan jika memungkinkan atau melakukan rekonstruksi/membongkar secara keseluruhan gedung jika struktur sudah tidak memungkinkan untuk diperbaiki. Langkah awal yang dilakukan didalam perencanaan ini adalah mengumpulkan data-data dan teori yang berhubungan dengan penelitian ini. Kemudian melakukan pemeriksaan material apakah material tersebut masuk dalam standar perencanaan. Benda uji yang dibuat sesuai dengan peraturan beton bertulang indonesia 2019. Setelah itu melakukan perawatan benda uji dengan umur 28 hari, kemudian pengujian kuat tekan dilakukan sebelum dibakar dan sesudah dibakar. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa beton yang telah dipanasi dengan suhu 600°C selama 2 jam kuat tekan rata-rata tersisa 48,8% dan selama 4 jam kuat tekan rata-rata tersisa 40,1% jadi penurunan yang terjadi sekitar 50% dari kuat tekan beton normal. Dalam kasus seperti ini sebaiknya gedung yang mengalami kebakaran $\geq 600^\circ\text{C}$ dengan interval yang cukup lama sebaiknya dilakukan rekonstruksi atau pembongkaran gedung, karena kapasitas strukturnya sudah tidak mampu menahan beban yang harus dipikul. Salah satu metode perbaikan struktur adalah dengan sistem concrete jacketing.</p>
<p>Kata kunci: Beton, pasca bakar, kekuatan sisa, perbaikan struktur</p>	

1. PENDAHULUAN

Kebakaran gedung yang sering terjadi belakangan ini di Indonesia mulai mendapat perhatian serius dari semua pihak tidak hanya pemilik gedung, pihak kepolisian, para pengacara hukum, maupun perusahaan asuransi,

namun lebih luas lagi mengimbas ke para ahli struktur (teknik sipil). Peran ahli struktur dalam menangani gedung pasca bakar adalah bagaimana: (a) menaksir temperatur tertinggi yang pernah dialami elemen-elemen struktur pada saat kebakaran terjadi, (b) menaksir kekuatan sisa struktur bangunan pasca kebakaran, dan (c) mengusul teknik perkuatan elemen-elemen struktur (plat, balok dan kolom) sesuai keperluan sedemikian rupa sehingga bangunan dapat berfungsi seperti sebelum kebakaran. Kebakaran dapat diakibatkan oleh berbagai hal, mulai dari hubungan pendek arus listrik, kompor meledak, huru-hara, maupun tindak kriminalitas.

Temperatur yang tinggi saat terjadi kebakaran memiliki pengaruh yang besar terhadap kedua jenis material baik beton maupun baja. 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. Dalam penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa adanya penurunan kekuatan pada struktur pasca kebakaran dan tentunya akan diikuti penurunan kapasitas dari struktur tersebut. Komponen struktur seperti balok, pelat, dan kolom akan mengalami penurunan kekuatan pada saat terjadi kebakaran. Tingkat kerusakan yang terjadi sangat tergantung pada intensitas api dan durasi kebakaran.

Dalam menangani masalah tersebut secara ilmiah dan tepat, digunakan berbagai metode penaksiran serta pendekatan. Penelitian ini diharapkan mampu memprediksi kekuatan struktur beton pasca bakar, serta mengupayakan suatu rehabilitasi dengan perbaikan jika memungkinkan atau melakukan rekonstruksi/membongkar secara keseluruhan jika kekuatan struktur sudah tidak memungkinkan untuk diperbaiki.

Dengan melihat kondisi diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Peningkatan Temperatur (Pasca Bakar) Terhadap Kuat Tekan Beton Normal”

2. METODE

Langkah awal yang dilakukan didalam perencanaan ini adalah studi kepustakaan yaitu mengumpulkan data-data dan teori-teori yang berhubungan dengan uji kuat tekan beton terhadap temperatur. Benda uji yang digunakan adalah kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm. Jumlah total kubus adalah 63 buah sesuai dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 2019, masing-masing dibakar dengan suhu 600°C dengan waktu 2 jam dan 4 jam. Campuran adukan beton yang digunakan adalah campuran dengan perbandingan 1 semen Portland, 2 pasir, 3 batu pecah dengan nilai slump 5 cm - 7cm. Pasir dan kerikil dicuci terlebih dahulu. Seluruh benda uji dibakar dan diuji kuat tekan beton pasca bakar.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari semen tipe I, agregat halus (pasir) Pohara, agregat kasar batu pecah alam, dan air. Adapun alat yang digunakan adalah mould untuk mal pembuatan benda uji; mixer concrete, untuk mencampur adukan beton; slump test, digunakan untuk mengukur kelecakan dari beton segar; dan mesin uji tekan, digunakan untuk uji tekan benda uji.

Bahan yang digunakan untuk penelitian harus disiapkan terlebih dahulu, ditentukan kualitas masing-masing bahan susunanya, serta dibuatkan cetakan untuk tempat benda uji yang telah direncanakan. Alat yang digunakan pada penelitian ini sebelumnya telah diperiksa kondisi dan kemampuannya serta telah dikalibrasi terlebih dahulu.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui sifat atau karakteristik dari masing-masing bahan penyusun beton. Pada penelitian ini dilakukan pengujian terhadap material penyusun beton yaitu agregat halus, agregat kasar, dan semen, sedangkan air yang digunakan sesuai dengan spesifikasi standar untuk air dalam SK SNI S-04-1989-F.

Benda uji kubus dibuat dengan cara memasukkan beton segar dari molen kedalam cetakan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm, yang telah diolesi minyak pelumas. Pengisian ini dilakukan secara bertahap, yaitu tiap sepertiga bagian dilakukan penumbukan tongkat tongkat baja sebanyak ± 25 kali. Cetakan dibuka kemudian dilakukan perawatan.

Perawatan dilakukan dengan direndam di dalam bak air selama 28 hari. Curing ini mempunyai tujuan yaitu untuk menjaga permukaan beton agar selalu lembab, dan beton tidak berhubungan dengan udara, sampai cukup kuat untuk menahan retak akibat penyusutan (Longman dan Taylor, 2002).

Curing mempunyai maksud untuk menjamin proses hidrasi semen dapat berlangsung dengan sempurna, sehingga retak-retak pada permukaan beton dapat dihindari serta mutu beton dapat lebih terjamin. Proses perawatan benda uji ini yaitu merendam benda uji dalam bak perendam berisi air pada temperature $25^{\circ} C$ (SK SNI M-14-1989-F).

Setelah curing dilakukan selama 28 hari, selanjutnya benda uji disimpan pada suhu ruang selama ± 7 hari baru dimasukkan kedalam oven. Benda uji kemudian dibakar, benda uji yang pertama dibakar selama 2 (dua) jam dengan suhu $600^{\circ} C$, dan benda uji yang kedua dibakar selama 4 (empat) jam dengan suhu $600^{\circ} C$.

Pengujian benda uji dilakukan dengan pengujian tekan yang dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan untuk semua benda uji. Data diperoleh melalui pengujian tekan di laboratorium dengan menggunakan mesin uji tekan. Hasilnya berupa gaya (P) yang terjadi pada saat benda uji hancur. Berdasarkan data gaya tekan dan luas penampang kubus, maka kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dengan :

f_c' = Kekuatan Tekan (kg/cm^2)

P = Beban Tekan (kg)

A = Luas Permukaan Benda Uji (cm^2)

Teknik perbaikan beton semakin berkembang pesat seiring dengan kemajuan zaman, tidak hanya material yang digunakan namun perkuatan strukturpun mengalami berbagai macam perkembangan yang luar biasa terutama dalam hal inovasi baru yang sebelumnya tidak pernah terpikirkan oleh kita. Salah satu dari sekian banyak metode perkuatan struktur adalah perkuatan dengan concrete jacketing.

Suatu konstruksi, misalnya sebuah gedung berfungsi antara lain sebagai tempat yang aman bagi setiap kegiatan yang dilakukan didalamnya. Ketika fungsi itu tidak lagi dapat dipenuhi oleh gedung tersebut, maka dikatakan bahwa gedung tersebut telah mengalami kegagalan. Masalah-masalah tersebut dapat diatasi dengan suatu perkuatan struktur beton dengan bahan tertentu yang dilakukan berdasarkan jenis kerusakan yang terjadi. Cara ini dilakukan karena lebih efisien baik dari segi waktu maupun biaya dari pada harus membangun kembali gedung tersebut.

Sistem Concrete Jacketing sebagai salah satu alternatif perkuatan struktur yang cukup efisien. Terutama akan difokuskan pada kolom yang merupakan elemen struktur yang sangat penting yang tentunya perlu juga ketika konstruksi mengalami suatu kegagalan.

Hasil penelitian yang berupa data-data kuantitatif (numeris), penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pengolahan statistik dan akan dianalisa menggunakan metode-metode statistik yang berkaitan, yaitu metode

statistik deskriptif dan statistik inferensi. Output yang diharapkan dari analisa ini adalah kesimpulan kuantitatif dan kesimpulan kualitatif.

Metode statistik deskriptif berkenan dengan pengumpulan, pengolahan, penyajian, dan penganalisaan data sehingga dapat memberikan gambaran yang sistematis dan teratur tentang penelitian ini. Analisa statistik deskriptif dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Dalam analisa ini digunakan pendekatan secara deduktif yaitu dari hal-hal yang bersifat umum menuju yang bersifat khusus.

Metode statistika inferensi berkenan dengan pengolahan lebih lanjut terhadap data yang telah dianalisa guna penafsiran dan membantu dalam penarikan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Evaluasi Kerusakan Struktur Beton Secara Visual

Kekuatan beton setelah dingin bervariasi tergantung pada temperatur yang dicapai, lamanya pemanasan, proporsi campuran, agregat yang digunakan dan beban yang bekerja selama pemanasan yang terjadi. Dari hasil pengamatan yang dilakukan dapat diklasifikasikan jenis kerusakan struktur akibat dari proses pembakaran adalah sebagai berikut:

1. Pengelupasan (spalling) selimut beton dari elemen struktur.
2. Perubahan warna pada permukaan beton yang mengidentifikasi, bahwa struktur mengalami temperatur yang cukup tinggi.
3. Retak permukaan (surface cracks) pada permukaan beton.
4. Deformasi plastis elemen struktur.



Gambar 1. Kerusakan Elemen Struktur Beton Pasca Bakar

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilaksanakan di Laboratorium Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Halu Oleo. Metode yang dilakukan dengan metode crushing test. Pengujian crushing test ini menggunakan alat tekan hidrolik. Jumlah sampel untuk pengujian kuat tekan 63 sampel, dengan umur beton 28 hari.

Sebelum dilaksanakan uji tekan, benda uji ditimbang untuk mengetahui beratnya. Pengujian dilaksanakan dengan meletakkan benda uji pada alat tekan hidrolik. Kemudian beban desak dinaikan sedikit demi sedikit sampai beton mencapai kekuatan maksimalnya dan hancur. Data yang diperoleh berupa gaya tekan (kg) yang akan dibagi luas penampang (cm²) untuk mendapatkan tegangan (kg/cm²) yang akan dikonversikan untuk mendapatkan satuan Mpa.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Normal

Jumlah Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kekuatan Sisa (%)
21	30,9	100

Tabel 2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (600°C) Selama 2 Jam

Jumlah Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kekuatan Sisa (%)
21	15,1	48,8

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (600°C) Selama 4 Jam

Jumlah Sampel	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	Kekuatan Sisa (%)
21	12,4	40,1



Gambar 2. Grafik Penurunan Kekuatan

Dari grafik terlihat bahwa pada beton normal kuat tekannya masih 100%, apabila beton diberikan pemanasan dari luar dengan suhu 600°C selama 2 jam kuat tekannya sisa 48,8%, dan pada suhu yang sama selama 4 jam kuat tekannya sisa 40,1%.

Metode Perbaikan Struktur

Terdapat cukup banyak teknologi dalam perbaikan dan perkuatan struktur beton. Pengembangan teknologi dalam perbaikan struktur biasanya dilakukan oleh pihak perusahaan. Teknologi perbaikan dan perkuatan struktur berkembang cepat sesuai dengan kebutuhan akan teknologi tersebut, suatu teknologi muncul akibat dari semakin berkembangnya pemenuhan kebutuhan manusia. Kebutuhan tersebut dapat bermacam-macam bentuknya tergantung dari sampai sejauh mana teknologi tersebut mempengaruhi efektifitas, nilai dan mutu dari suatu pekerjaan.

Concrete Jacketing adalah salah satu dari sekian banyak teknik yang digunakan dalam perbaikan dan perkuatan beton. Concrete Jacketing dilakukan dengan cara memperbesar penampang melintang beton yang telah ada dengan lapisan baru beton tambahan yang juga diperkuat dengan tulangan.

Concrete Jacketing adalah suatu sistem perkuatan atau perbaikan beton dengan cara menyelimuti beton yang telah ada dengan beton tambahan. Keuntungan utama dari sistem ini adalah memberikan peningkatan dan pertambahan batas dari pada kekuatan dan duktilitas beton, dan keuntungan kedua, bahwasannya jacket dalam

melindungi dari kerusakan fragment dan struktur yang diperbaiki memiliki kemampuan dalam menerima beban, karena jacket dapat mengurangi kegagalan geser langsung (direct shear), namun dapat juga menyediakan peningkatan kapasitas struktur itu sendiri.

Dalam melakukan perkuatan dengan concrete jacketing biasanya digunakan bahan micro concrete yang sifatnya dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator (seft compaction) dimana micro concrete adalah suatu campuran beton dengan ukuran butiran agregat yang kecil ($< 0,25$ mm), agregat yang digunakan sebagai campuran dalam micro concrete ini biasanya adalah pasir silika yang mempunyai gradasi yang heterogen. (2)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kerusakan struktur bangunan yang terjadi meliputi retak paralel pada permukaan luar beton, terkelupasnya selimut beton dan terjadinya perubahan warna pada permukaan beton, serta deformasi plastis pada beberapa struktur bangunan.
2. Kekuatan beton menurun seiring dengan peningkatan temperatur. Beton yang telah dipanasi dengan suhu 600°C selama 2 jam kuat tekannya rata-rata tersisa 48,8 % dan selama 4 jam kuat tekannya rata-rata tersisa 40,1 %, jadi penurunan kekuatan yang terjadi sekitar 50 % dari kuat tekan beton normal.
3. Salah satu metode perbaikan struktur adalah dengan sistem concrete jacketing. Dalam melakukan perkuatan dengan concrete jacketing biasanya digunakan bahan micro concrete yang sifatnya dapat memadat sendiri tanpa bantuan vibrator (seft compaction) dimana micro concrete adalah suatu campuran beton dengan ukuran butiran agregat yang kecil ($< 0,25$ mm), agregat yang digunakan sebagai campuran dalam micro concrete ini biasanya adalah pasir silika yang mempunyai gradasi yang heterogen.

Ucapan Terima Kasih

Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian jurnal ini. Terima kasih khusus saya sampaikan kepada [Pak La Rahman ST., MT, Pak Mardis Darwis, ST., MT dan Pak Anafi Minmahddun, ST., M.Eng atas kerja sama, dukungan, dan masukan berharga yang diberikan selama penelitian ini. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral selama proses penulisan ini. Tanpa dukungan dari semua pihak, jurnal ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] A. Nair and O. S. Salem, "Experimental determination of the residual compressive strength of concrete columns subjected to different fire durations and load ratios," *J. Struct. Fire Eng.*, vol. 11, no. 4, pp. 529-543, Oct. 2020.
- [2] Y.-H. Li and J.-M. Franssen, "Test Results and Model for the Residual Compressive Strength of Concrete After a Fire," *J. Struct. Fire Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 29-44, 2011.
- [3] R. H. Haddad, R. J. Hamad, and M. J. Shannag, "Repair of heat-damaged reinforced concrete beams using FRC jackets," *Mag. Concr. Res.*, vol. 59, no. 3, pp. 223-231, 2007.
- [4] V. K. R. Kodur, "Properties of Concrete at Elevated Temperatures," *ISRN Civil Eng.*, Article ID 468510, 2014.

- [5] C. Castillo and A. J. Durrani, "Effect of transient high temperature on high-strength concrete," *ACI Mater. J.*, vol. 87, no. 1, pp. 47-53, 1990.
- [6] G. A. Khoury, B. N. Grainger, and P. J. E. Sullivan, "Strain of concrete during first heating to 600°C under load," *Mag. Concr. Res.*, vol. 37, no. 133, pp. 195-215, 1985.
- [7] E. Garlock, J. M. Kodur, and R. C. McAllister, "Fire Hazard in Tall Buildings: A Review of the Current State of Knowledge," *Fire Technol.*, vol. 49, pp. 323-347, Jul. 2013.
- [8] G. Terro, "Numerical modeling of the behavior of concrete structures in fire," *Cem. Concr. Compos.*, vol. 26, no. 6, pp. 581-590, Jul. 2004.
- [9] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, "Introduction to Heat Transfer," *John Wiley & Sons*, 5th ed., 2006.
- [10] D. G. Aggelis, Y. Tsouvalis, and T. E. Matikas, "Evaluation of the effect of fire damage on the mechanical properties of concrete using ultrasonic pulse velocity," *Constr. Build. Mater.*, vol. 19, no. 1, pp. 449-453, Feb. 2005.
- [11] L. Biolzi, G. Rosati, and P. Orlando, "Residual strength of concrete exposed to high temperatures," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 20, no. 1, pp. 85-92, Jan. 2008.

Halaman ini sengaja dikosongkan