

PERKIRAAN NILAI KUAT TEKAN BETON PADA PORTAL GEDUNG PASKA-KEBAKARAN MENGGUNAKAN HAMMER TEST

Okki Riski Adrian¹, Eka Juliafad¹

^{1,2}Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Padang

Email: ekajuliafad@ft.unp.ac.id

Abstrak: Pada 07 Mei 2024 kebakaran melanda sebuah toko mainan di kompleks pertokoan Pasar Raya Kota Padang, kebakaran terjadi pada pukul 13.45 dan baru dapat dipadamkan pada jam 18.00 WIB. Kebakaran pada beton bertulang mampu menyebabkan degradasi beton atau penurunan kapasitas kekuatan tekan beton, yang mana hal ini berpeluang mengganggu kestabilan struktur, sehingga diperlukan pemeriksaan mutu material pasca bakar untuk dapat melakukan evaluasi kelayakan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton pada elemen struktur gedung pasca kebakaran, pengujian dilakukan pada elemen pelat lantai, balok serta kolom. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperkirakan kuat tekan beton adalah metode *non-destructive hammer test*, *hammer test* atau dikenal juga *Schmidt Hammer Test* merupakan alat bantu yang dapat digunakan untuk memperkirakan kuat tekan dari beton. Hasil investigasi menunjukkan bahwa kuat tekan beton bervariasi sesuai dengan kekuatan api dengan nilai terendah mencapai 12 MPa.

Kata Kunci: kebakaran, penurunan kualitas beton, *non-destructive test*, *hammer test*

Abstract: On May 7, 2024, a fire broke out at a toy store in the Pasar Raya shopping complex in Padang City. The fire occurred at 13:45 and was only extinguished at 18:00 WIB. Fires in reinforced concrete can cause concrete degradation or a decrease in the compressive strength capacity of concrete, which has the potential to disrupt structural stability, so post-burn material quality checks are needed to evaluate the feasibility of the structure. This study aims to estimate the compressive strength of concrete in post-fire building structural elements, testing is carried out on floor slabs, beams, and columns. One method that can be used to estimate the compressive strength of concrete is the *non-destructive hammer test method*, the *hammer test* also known as the *Schmidt Hammer Test* is a tool that can be used to estimate the compressive strength of concrete. The results of the investigation showed that the compressive strength of concrete varied according to the fire strength with the lowest value reaching 12 MPa.

Keyword: fire, concrete degradation, *non-destructive test*, *hammer test*

PENDAHULUAN

Pada tanggal 7 Mei 2024 pukul 13.45 WIB telah terjadi kebakaran hebat pada kompleks pertokoan X. Diperkirakan setidaknya terdapat sekitar 16 petak toko, karena ada petak yang kecil yang ikut terbakar. Tidak terdapat korban jiwa, namun terdapat satu korban luka-luka pada kejadian tersebut. Sebanyak dua belas unit mobil pemadam dikerahkan untuk membantu proses pemadaman dan baru dapat diselesaikan pada pukul 18.00 WIB. Sampai saat ini penyebab kebakaran masih dalam

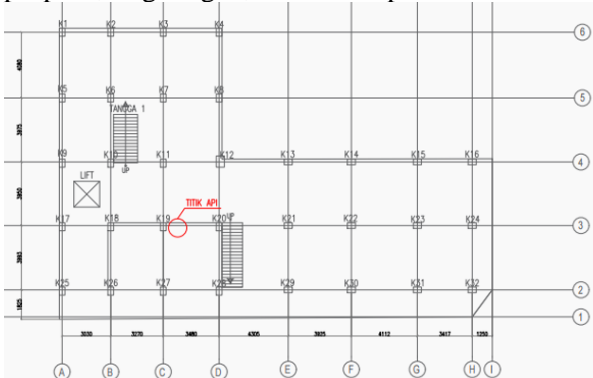
proses penyelidikan. Sementara kerugian materi di taksir kurang lebih mencapai 10 Miliar Rupiah.

Toko X merupakan sebuah gudang penyimpanan toko mainan anak-anak, Di dalam toko terdapat beberapa material mudah terbakar seperti petasan, plastik, lilin, kertas dan lain sebagainya. Toko juga memiliki banyak barang yang disusun padat berdekatan sehingga mempermudah penjalaran api dari satu sisi ke sisi lainnya.



Gambar 1. Kondisi bangunan pasca kebakaran
Sumber: Dokumentasi lapangan (25 Mei 2024)

Kebakaran adalah suatu kejadian di mana materi atau bahan terbakar, melepaskan panas dan cahaya (Murti & Al Kokoh, 2021). Proses ini melibatkan tiga elemen utama yang dikenal sebagai "Trik Api," yaitu bahan bakar, oksigen, dan sumber panas. Ketika ketiga elemen ini bersatu, terjadi reaksi kimia yang menghasilkan pembakaran. Kebakaran dapat terjadi di berbagai lingkungan dan dapat menyebabkan kerugian terhadap properti, lingkungan, dan kehidupan di bumi.



Gambar 2. Titik sumber api

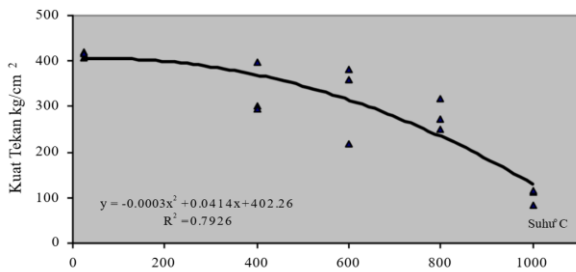
Beberapa penelitian tentang dampak kebakaran terhadap kekuatan material beton bertulang menunjukkan adanya penurunan kekuatan dan kapasitas struktur. Kebakaran menyebabkan perubahan mikrostruktur pada beton. Pengamatan terhadap beton yang terbakar dilakukan dengan meninjau sifat pasta semen, rongga dan retakan, serta jalur retakan pada sampel beton yang terbakar. Perubahan fase, sifat kimiawi, serta evaporasi dan penurunan lekatan antara mikrostruktur beton berkontribusi pada penurunan mutu beton. Sifat-sifat beton bertulang yang terdegradasi akibat kebakaran meliputi penurunan kuat tekan, modulus elastisitas, retakan hingga spalling pada beton, serta penurunan kuat leleh, daktilitas, dan kuat tarik baja pada baja tulangan, serta berkurangnya lekatan antara beton dan

tulangan (Hidayati et al., 2021; Juliafad et al., 2019).

Beton adalah hasil dari mencampurkan bahan agregat halus dan kasar seperti pasir, batu, batu pecah, atau material serupa dengan bahan perekat semen dan air. Campuran ini memungkinkan terjadinya reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton. Beton memiliki nilai kuat tekan yang relatif tinggi dibandingkan dengan nilai kuat tariknya, dan juga cenderung getas. Nilai kuat tarik beton hanya sekitar 9% - 15% dari nilai kuat tekannya (Istimawan Dispohusodo, 1996).

Panas yang timbul saat kebakaran konstruksi dapat mengakibatkan penurunan kekuatan tekan beton. Kerusakan ini terjadi karena perbedaan angka muai antara agregat dan pasta semen, yang mengurangi efektivitas lekatan antara batuan. Ketika terjadi panas, pasta semen menyusut sedangkan batuan mengembang, menyebabkan terbentuknya retakan pada beton. Sebagai dampak penurunan kualitas beton maka akan berpeluang mempengaruhi kestabilan struktur bangunan tersebut secara keseluruhan (Tri Mulyono, 2004). Ada tiga sifat yang memengaruhi beton saat terkena panas: koefisien muai panas, jenis panas, dan daya hantar panas. Penelitian juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan kuat tekan beton ketika temperatur beton meningkat, terutama pada beton yang menggunakan agregat batu kapur dan batu silika (Juliafad et al., 2019).

Beton pada dasarnya tidak dirancang untuk menahan suhu di atas 250°C. Ketika terpapar panas, beton dapat mengalami berbagai masalah seperti retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena adanya perubahan komposisi kimia pada pasta semen secara bertahap. Ketika pasta semen dipanaskan dari suhu kamar hingga sekitar 200°C, kekuatan beton dapat meningkat sedikit karena proses penghilangan air bebas dan air yang terserap dalam pasta, yang terjadi di atas 100°C. Namun, saat suhu semakin tinggi, air yang terikat secara kimiawi dalam pasta juga menguap, yang mengakibatkan penurunan kekuatan beton. Pada suhu antara 400° - 600°C, kalsium hidroksida (Ca (OH)₂) berubah komposisi menjadi kalsium oksida (CaO) yang sama sekali tidak memiliki kekuatan. Di atas suhu 600°C atau 700°C, unsur hasil hidrasi yang lain juga berubah komposisi sehingga kekuatan beton semakin menurun. Menurut (Juliafad, 2022; Kardiyono Tjokrodinuljo, 1996). Hal ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Grafik 1. Kuat tekan beton pada temperatur tinggi setelah pendinginan

Sumber: (Irmawan et al., n.d.)

Kerusakan pada beton dapat terjadi saat terjadi kebakaran pada struktur bangunan. Kerusakan-kerusakan tersebut meliputi

1. Cracking

Pengaruh panas selama konstruksi atau kebakaran dapat menyebabkan penurunan kekuatan tekan beton. Kerusakan pada beton dapat terjadi akibat perbedaan koefisien muai antara agregat dan pasta semen, yang mengurangi lekatan antara batuan-batuan tersebut. Proses pemanasan menyebabkan pasta semen menyusut sementara batuan mengembang, sehingga retakan dapat terjadi pada beton (Tri Mulyono, 2004)

2. Spalling

Spalling adalah istilah yang menggambarkan proses pelepasan atau pengelupasan material atau partikel kecil dari permukaan beton, batu, atau material lainnya karena tekanan atau panas yang sangat tinggi. Hal ini sering terjadi akibat perubahan suhu ekstrem, seperti dalam kasus kebakaran, dan juga dapat terjadi pada struktur yang terkena cuaca ekstrim seperti es di musim dingin. *Spalling* pada beton tidak hanya memengaruhi penampilan visual struktur, tetapi juga dapat mengurangi kekuatan dan ketahanan beton secara keseluruhan. Untuk mengurangi risiko *spalling*, langkah-langkah pencegahan dan perbaikan perlu diambil. Ini termasuk penggunaan aditif penghambat korosi, perawatan rutin permukaan beton, dan memastikan penggunaan beton berkualitas tinggi. Pemeliharaan yang teratur dan perlindungan dari faktor-faktor eksternal seperti cuaca ekstrem dapat membantu mengurangi risiko *spalling* terjadi (Juliafad, 2020).

3. Void

Void adalah celah yang cukup besar dan dalam pada beton. Penyebab terjadinya void pada beton dapat bervariasi, misalnya, pemadatan yang kurang efektif saat menggunakan vibrator, atau jarak yang terlalu dekat antara

bekisting dan tulangan atau antara tulangan itu sendiri sehingga mortar tidak bisa mengisi rongga antara agregat kasar dengan baik. Void yang terbentuk biasanya berbentuk lubang-lubang yang tidak beraturan yang disebut honey combing. Bocor pada bekisting yang mengakibatkan keluarnya air atau pasta semen juga bisa menyebabkan void, terutama jika campuran beton memiliki kandungan air yang tinggi, pasta semen yang berlebihan, atau gradasi agregat yang tidak merata. Keadaan ini disebut *sand streaking* (Isneini, 2009).

4. Perubahan warna

Warna beton setelah proses pendinginan dapat memberikan indikasi tentang suhu maksimum yang pernah dialami beton. Pada beberapa kasus, suhu di atas 300°C dapat menyebabkan perubahan warna beton menjadi sedikit kemerahan (*pink*). Jika suhu mencapai di atas 600°C, beton dapat berubah menjadi abu-abu agak hijau. Saat suhu meningkat lagi di atas 900°C, warna beton bisa menjadi kekuning-kuningan, tetapi jika suhu mencapai di atas 1200°C, beton dapat berubah menjadi kuning (Juliafad, 2020; Sulendra & Tatong, 2008).

Tabel 1. Perubahan warna beton terbakar sesuai suhu.

Sumber: (Irmawan et al., n.d.)

Suhu °C	Hasil Pengujian		Adang, S. dkk (1988)
	Kondisi	Warna beton	Warna beton
25	Normal	Normal	Normal
400	Sedikit Retak Rambut	Coklat Muda	Merah Jambu
600	Retak Rambut	Merah Jambu	Merah Jambu putih
800	Retak Besar	Putih Keabu-abuan	Putih Keabu-abuan
1000	Spalling, Sloughing Off	Putih	Kuning Muda

Berdasarkan Pt-T-2000-C mengklasifikasikan kerusakan bangunan pasca kebakaran menjadi sebagai berikut:

1. Kerusakan ringan

Elemen dinyatakan mengalami kerusakan ringan bila dari hasil penelitian awal memenuhi persyaratan dibawah ini:

- Kerusakan hanya terjadi pada bagian permukaan elemen.
- Warna bahan elemen yang terbakar menunjukkan tingkat kerusakan ringan.
- Bentuk elemen tersebut, baik secara penampang maupun secara tampak sebelum dan sesudah mengalami kebakaran belum berubah.
- Retak-retak yang terjadi masih pada lapisan plesteran atau selimut beton dan belum mengenai bagian dalam.
- Lendutan/defleksi struktur utama tidak melebihi 1/3000 dari bentang pada bidang

horizontal maupun 1/300 tinggi kolom pada bidang vertical.

f) Tegangan beton karakteristik yang diperoleh dengan Hammer Test lebih besar dari 80% tegangan beton karakteristik yang direncanakan.

2. Kerusakan sedang

Elemen dinyatakan mengalami kerusakan sedang bila hasil penelitian menunjukkan kondisi tegangan beton karakteristik yang diperoleh dari penelitian berkisar antara 65-80% tegangan beton karakteristik yang direncanakan.

3. Kerusakan berat

Elemen dinyatakan mengalami kerusakan berat bila hasil penelitian menunjukkan kondisi tegangan beton karakteristik yang diperoleh dari penelitian berkisar antara 50-65% tegangan beton karakteristik yang direncanakan.

4. Kerusakan total

Elemen dinyatakan mengalami kerusakan ringan bila dari hasil penelitian awal memenuhi persyaratan dibawah ini:

- Struktur utama runtuh.
- Retak elemen struktur tembus dari satu permukaan ke permukaan belakangnya.
- Struktur tak dapat berfungsi sebagai kompartemen.
- tegangan beton karakteristik yang ada besarnya lebih kecil dari 50% tegangan beton karakteristik yang direncanakan dan direkomendasikan oleh Konsultan/Tenaga Ahli berdasarkan hasil penelitian ahli.

Dalam evaluasi struktur bangunan beton setelah kebakaran, sebaiknya dilakukan perbandingan antara sisa kemampuan struktur dengan persyaratan yang diatur dalam peraturan atau standar yang berlaku. Hal ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat kinerja setiap bagian struktur atau keseluruhan struktur. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan untuk menentukan langkah-langkah yang perlu diambil, seperti perbaikan sebagian atau seluruh bangunan, guna memastikan bahwa struktur tetap memenuhi persyaratan yang berlaku (Hariyani, n.d.).

METODE PENELITIAN

Tugas akhir ini pelaksanaannya dengan melibatkan observasi langsung pada gedung X yang terdampak kebakaran pada 7 mei 2024. Pengujian mutu beton untuk bangunan yang telah berdiri dapat dilakukan dengan metode non-destructive test dilakukan dengan menguji mutu beton di lapangan menggunakan alat palu (*Schmidt Hammer*). Pada penelitian ini, tidak dilakukan perbandingan mutu beton sebelum kebakaran dengan sesudah

kebakaran karena tidak tersedia data teknis bangunan. Dengan demikian penelitian ini bertujuan hanya mendapatkan nilai mutu beton pasca kebakaran. Pengujian mutu beton dilakukan pada elemen struktur balok, kolom dan pelat lantai dari bangunan.

Pengambilan data

1. Nilai angka pantul (*Rebound number*)

Rebound number adalah angka yang menunjukkan seberapa besar pegas dalam Schmidt hammer memantul kembali setelah memukul permukaan beton. Nilai ini berkisar antara 10 hingga 100, dengan angka yang lebih tinggi menunjukkan pantulan yang lebih baik dan umumnya berkorelasi dengan beton yang lebih kuat. Namun, rebound number hanya memberikan perkiraan dan tidak langsung mengukur kekuatan tekan beton. Nilai ini sering dikorelasikan dengan kekuatan tekan menggunakan grafik atau tabel yang telah dikalibrasi.

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

Dimana:

f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)

P = Beban runtuh yang diterima (Newton)

A = Luas permukaan bidang tekan (mm)

2. Standar deviasi

Standar deviasi adalah ukuran statistik yang digunakan untuk mengukur seberapa tersebar data dalam satu set nilai di sekitar rata-ratanya. Ini memberikan gambaran tentang seberapa besar variasi atau penyimpangan dari nilai-nilai individu dibandingkan dengan rata-rata (*mean*) dari kumpulan data tersebut. Berikut cara menghitung standar deviasi suatu sampel:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Dimana:

s = Standar deviasi

n = Jumlah data dalam sampel

x_i = Nilai data ke i

\bar{x} = Rata-rata sampel

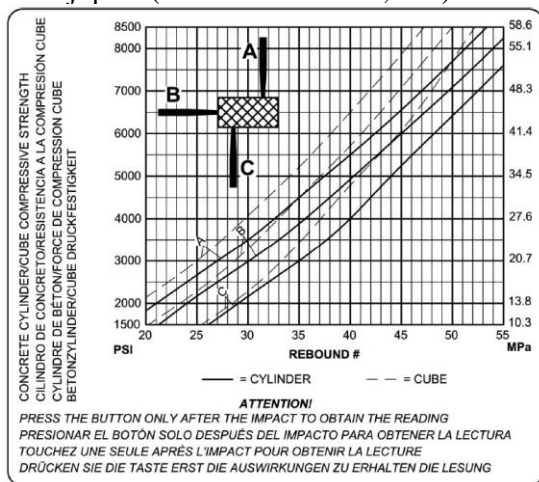
Tabel 2. Nilai deviasi standar pengendalian mutu pekerjaan

Sumber: (Triono Budi Astanto, 2001)

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Standar Deviasi
Memuaskan	2.8
Sangat Baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa Kendali	8.4

3. Rebound hammer graph

Rebound hammer graph adalah grafik yang digunakan dalam uji palu beton (Schmidt hammer test) untuk menunjukkan hubungan antara nilai rebound number (angka pantulan) dan kekuatan tekan beton. Grafik ini membantu dalam memperkirakan kekuatan tekan beton berdasarkan hasil pengukuran rebound number dari uji palu (Komala & Juliafad, n.d.).



Grafik 2. Grafik angka pantul hammer test

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerusakan yang terjadi pada beton gedung pertokoan pasca kebakaran berupa retak ringan, pengelupasan selimut beton, pop out serta perubahan warna pada permukaan beton. Kebakaran menyebabkan beton menjadi lebih getas dan rapuh sesuai dengan penelitian-penelitian terdahulu.

Berdasarkan pengamatan bangunan tampak mengalami kebakaran pada seluruh bagian, namun kerusakan yang ditimbulkan tidak merata pada semua elemen struktur yang ditinjau. Beberapa elemen terlihat telah mengalami spalling, pop out, retakan kecil. Sementara itu ada juga kolom yang masih belum terkelupas plasterannya. Setelah dilakukan pengujian *hammer test*, beberapa titik elemen mengalami penurunan kuat tekan yang cukup drastis dibanding yang lainnya.



Gambar 2. Kondisi interior Gedung pasca kebakaran

Sumber: Dokumentasi lapangan (25 Mei 2024)



Gambar 3. Spalling pada balok serta korosi tulangan

Sumber: Dokumentasi lapangan (3 Juni 2024)

Berdasar hasil observasi/pengamatan langsung terhadap balok gedung pertokoan. Dapat diamati perubahan warna yang terjadi pada balok yang menjadi berwarna putih, yang mana data ini dapat menjadi indikasi perkiraan suhu maksimal yang dialami pada saat kebakaran terjadi. Selain itu juga terlihat beberapa balok mengalami pengelupasan pada lapisan plesterannya bahkan ada beberapa balok yang sampai terlihat tulangnya, meskipun tidak begitu banyak. Balok yang terbakar dapat mengalami spalling karena beberapa faktor yang berkaitan dengan sifat material dan perubahan fisik akibat panas tinggi. Saat balok beton terbakar, panas ekstrem menyebabkan air yang terperangkap di dalam beton menguap dengan cepat, menghasilkan tekanan uap yang tinggi dalam pori-pori beton, yang bisa menyebabkan beton mengelupas.



Gambar 4. Spalling pada pelat lantai
 Sumber: Dokumentasi lapangan (3 Juni 2024)

Berdasarkan pengamatan secara langsung, dapat diamati perubahan warna yang terjadi pada pelat lantai yang menjadi berwarna kuning padam, yang mana data ini dapat menjadi indikasi perkiraan suhu maksimal yang dialami pada saat kebakaran terjadi. Selain itu juga terlihat beberapa pelat lantai mengalami pengelupasan pada lapisan selimut betonnya sehingga dapat terlihat tulangnya.

Perbedaan suhu yang besar antara permukaan luar yang sangat panas dan bagian dalam yang lebih dingin menciptakan tegangan termal yang dapat menyebabkan retakan atau pecahnya beton. Kelembaban tinggi di dalam pelat lantai memperparah *spalling* karena air yang menguap meningkatkan tekanan internal.



Gambar 5. Pop out pada kolom
 Sumber: Dokumentasi lapangan (3 Juni 2024)

Berdasar pengamatan secara langsung, dapat diamati perubahan warna yang terjadi pada kolom yang menjadi berwarna kuning padam, yang mana data ini dapat menjadi indikasi perkiraan suhu maksimal yang dialami pada saat kebakaran terjadi. Selain itu juga terlihat kebanyakan kolom mengalami pengelupasan pada lapisan plesterannya bahkan ada beberapa kolom yang sampai terlihat tulangnya, meskipun tidak begitu banyak. Perbedaan suhu yang ekstrem antara permukaan luar beton yang panas dan bagian dalam yang lebih dingin menciptakan tegangan termal yang dapat menyebabkan *pop-out*. Reaksi kimiawi seperti reaksi alkali-silika (ASR) akibat suhu tinggi juga dapat menyebabkan ekspansi dan keretakan dalam beton. Selain itu, kerusakan fisik pada permukaan beton akibat panas tinggi melemahkan ikatan antara agregat dan pasta semen, yang berkontribusi pada terjadinya *pop-out* (Juliafad, 2020).



Gambar 6. Cracking pada tangga
 Sumber: Dokumentasi lapangan (3 Juni 2024)

Suhu panas dapat menyebabkan retak pada beton karena berbagai proses fisik dan kimia yang terjadi dalam material tersebut saat terpapar suhu tinggi. Ketika beton dipanaskan, terjadi ekspansi termal di seluruh struktur karena bahan penyusunnya, seperti semen dan agregat, mengalami perluasan yang tidak selalu seragam. Perbedaan ekspansi ini dapat menciptakan tekanan internal yang cukup untuk menyebabkan retakan pada beton.

Tabel 3. Inventaris kerusakan bangunan
 Sumber: (Tata Cara Pemeriksaan Bangunan Pasca Kebakaran, n.d.)

KOMPONEN BANGUNAN	ELEMEN BANGUNAN	KERUSAKAN	LANTAI KE		
			1	2	3
STRUKTUR	KOLOM	BAHAN VOLUME (%)	56.25	90.63	100
	BALOK	BAHAN VOLUME (%)	77.42	96.77	98.39
	DINDING	BAHAN VOLUME (%)	-	-	-
	TANGGA	BAHAN VOLUME (%)	-	-	-
	LANTAI	BAHAN VOLUME (%)	0	17.24137931	0
	RANGKA ATAP	BAHAN VOLUME (%)	-	-	-

Dari tabel dapat kita amati kerusakan banyak terjadi pada lantai 3, hal ini disebabkan oleh lamanya waktu terbakar pada lantai tersebut, dan juga sulitnya akses menuju lokasi bangunan yang berada di tengah kompleks pasar.



Gambar 6. Pemeriksaan kuat tekan beton kolom menggunakan Hammer test

Sumber: Dokumentasi lapangan (8 Juni 2024)

Pemeriksaan mutu beton dilakukan pada elemen balok, kolom dan pelat lantai bangunan, setelah dilakukan pengujian kuat tekan beton pada elemen struktur berikut rekapitulasinya:

Tabel 4. Rekapitulasi pengecekan mutu beton pada kolom

Berikut rekapitulasi pengecekan elemen struktur kolom

Lantai	Mutu Beton	Jumlah	Rata-Rata	Standar deviasi
1	17	1	27	1.41
	22	3		
	25	4		
	26	2		
	28	2		
	29	7		
	31	3		
	33	1		
2	16	1	30	2.07
	17	1		
	24	1		
	25	1		
	27	2		
	28	4		
	30	1		
	31	2		
	33	6		
	34	2		
	38	1		
	39	2		
40	3			

3	13	1	24	1.75
	14	1		
	16	1		
	17	1		
	18	3		
	19	1		
	21	1		
	22	1		
	24	1		
	25	2		
	26	1		
	28	2		
	29	2		
	33	2		
	34	2		
40	1			

Tabel 5. Rekapitulasi pengecekan mutu beton pada balok

Berikut rekapitulasi pengecekan elemen struktur balok

Lantai	Mutu Beton	Jumlah	Rata-Rata	Standar deviasi
1	17	1	26	2.08
	18	1		
	23	1		
	25	2		
	28	2		
	31	1		
2	37	1	24	1.69
	14	2		
	15	1		
	17	4		
	20	1		
	21	3		
	25	3		
	31	2		
37	3			
3	46	1	22	1.66
	12	1		
	13	1		
	14	6		
	15	6		
	17	2		
	20	1		
	21	1		
	29	1		
	33	1		
	35	1		
	37	2		
	38	1		
	42	1		

Tabel 6. Rekapitulasi pengecekan mutu beton pada pelat

Berikut rekapitulasi pengecekan elemen struktur pelat lantai:

Lantai	Mutu Beton	Jumlah	Rata-Rata	Standar deviasi
1	17	1	26	2.08
	18	1		
	23	1		
	25	2		
	28	2		
	31	1		
37	1			

Lantai	Mutu Beton	Jumlah	Rata-Rata	Standar deviasi
2	14	2	24	1.69
	15	1		
	17	4		
	20	1		
	21	3		
	25	3		
	31	2		
	37	3		
3	46	1	22	1.66
	12	1		
	13	1		
	14	6		
	15	6		
	17	2		
	20	1		
	21	1		
	29	1		
	33	1		
	35	1		
	37	2		
38	1			
42	1			

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini adalah berupa perkiraan mutu beton pasca kebakaran pada Gedung pertokoan menggunakan *Hammer test*. Berdasarkan pemeriksaan yang telah dilakukan dapat diamati kerusakan paling parah terjadi pada lantai tiga, hal ini sejalan dengan pemeriksaan kualitas beton menggunakan *hammer test*. Adapun penurunan mutu beton bersifat tidak merata, sehingga dapat disimpulkan bahwa temperature yang mengenai elemen tersebut berbeda-beda. Perbedaan temperature ini dapat dipengaruhi oleh sifat material yang terbakar disekitarnya, serta lamanya durasi kebakaran. Penurunan mutu beton tertinggi terjadi pada pelat lantai tiga, yaitu mencapai 12 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariyani, S. (n.d.). *Tahap Evaluasi Struktur Bangunan Beton Pasca Kebakaran*.
- Hidayati, N., Priyosulistyo, H., & Triwiyono, A. (2021). Evaluasi dan Retrofit Struktur Gedung Beton Bertulang Akibat Kebakaran. *INERSIA: INformasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur*, 17(1), 57–67. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.35888>
- Irmawan, M., Suprpto, K., & Ray, N. (n.d.). *Perubahan Perilaku Beton Mutu Normal Pada Temperatur Tinggi Pasca Kebakaran*.
- Isneini, M. (2009). *Kerusakan Dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang*. 13(3).

- Istimawan Dispohusodo. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi* (Jilid 1). Kanisius. https://perpustakaan.ft.unram.ac.id/index.php?p=show_detail&id=3012
- Juliafad, E. (2020). *Investigasi Kerusakan Pada Bangunan Beton Bertulang*. Depok: Rajawali Pers.
- Juliafad, E. (2022). *Metode Elemen Hingga Non-Linear Studi Kasus: Beton Bertulang Pasca-Bakar Dengan Perkuatan Carbon Fiber StriP* (Vol. 1). UNP Press.
- Juliafad, E., Ananda, R., Sulisty, D., Suhendro, B., & Hidayat, R. (2019). Nonlinear Finite Element Method Analysis of After Fire Reinforced Concrete Beam Strengthened with Carbon Fiber Strip. *Journal of Physics: Conference Series*, 1175, 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1175/1/012019>
- Kardiyono Tjokrodiluljo. (1996). *Teknologi Beton*. Biro Penerbit Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Komala, A., & Juliafad, E. (n.d.). *Evaluasi Kuat Tekan Beton Eksisting Pada Bangunan Gedung B Sekolah Dasar Negeri 09 Pasaman*. 8.
- Murti, I. W., & Al Kokoh, A. (2021). Identifikasi Bahaya Kebakaran Pada Gedung B Universitas Internasional Semen Indonesia. *Vitruvian Jurnal Arsitektur Bangunan dan Lingkungan*, 11(1), 77. <https://doi.org/10.22441/vitruvian.2021.v11i1.008>
- Pt-T-01-2020-C *Tata Cara Pemeriksaan Bangunan Pasca Kebakaran*. (n.d.). Departemen Pekerjaan Umum.
- Sulendra, I. K., & Tatong, B. (2008). Analisis Material Beton Bertulang Pasca Kebakaran Dan Metode Perbaikan Elemen Strukturnya. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 1.
- Tri Mulyono. (2004). *Teknologi Beton* (Vol. 1). Andi.
- Triono Budi Astanto. (2001). *Konstruksi Beton Bertulang*. Kanisius. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=585440>