

KAJIAN KUAT TEKAN BETON DAN KUAT TARIK BAJA TULANGAN GEDUNG TEKNIK ARSITEKTUR DAN ELEKTRO UNIVERSITAS SAM RATULANGI MANADO PASCA KEBAKARAN

Christian Eko Wior

Steenie E. Wallah, Ronny Pandaleke

Universitas Sam Ratulangi Fakultas Teknik Jurusan Sipil Manado

Email: christianwior@gmail.com

ABSTRAK

Gedung perkuliahan Teknik Arsitektur dan Elektro yang ada di Universitas Sam Ratulangi Manado mengalami kebakaran pada hari Rabu, 05 Maret 2014. Temperatur yang tinggi saat terjadi kebakaran memiliki pengaruh yang besar terhadap material beton maupun baja. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton dan baja tulangan serta mengidentifikasi kerusakan yang terjadi.

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 yakni Pengamatan Visual Struktur, pengujian Palu Beton (Schmidt Hammer Test), Kuat Tekan Beton Inti (Core Drill Test) dan uji kuat tarik Baja Tulangan.

Hasil Evaluasi Schmidt Hammer Test memperlihatkan telah terjadi degradasi kekuatan beton dan suhu panas kebakaran yang tidak merata pada semua tempat menyebabkan ketidakteraturan kekuatan sisa beton pasca kebakaran serta berkurangnya kuat tekan yang sangat signifikan sampai 74% dibandingkan dengan kuat tekan hasil Hammer Test pada kolom yang tidak terbakar, sedangkan hasil tes tekan beton benda uji Core Drill menunjukkan mutu beton (f_c') berkisar antara 5,99 - 26,10 MPa, selain itu dari pengujian tarik baja tulangan memperlihatkan tegangan leleh baja tulangan berkisar antara 450 – 530 MPa untuk tulangan polos berdiameter 10, sedangkan untuk tulangan polos berdiameter 16 berkisar antara 390 – 484 MPa dan berdasarkan hasil pemeriksaan dilapangan maupun di laboratorium dapat disimpulkan tingkat kerusakan yang terjadi tergolong Kerusakan Sedang.

Kata kunci: pasca kebakaran, pengujian, kekuatan sisa

PENDAHULUAN

Gedung perkuliahan Teknik Arsitektur dan Elektro yang ada di Universitas Sam Ratulangi Manado dibangun pada tahun 1990-an. Konstruksi gedung ini merupakan struktur rangka beton bertulang berlantai dua yang berfungsi sebagai gedung perkuliahan mahasiswa Teknik Arsitek dan Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado.

Bangunan ini mengalami kebakaran pada hari Rabu, 05 Maret 2014. Lama api yang menyala diperkirakan selama dua jam sampai bisa dipadamkan oleh pemadam kebakaran.

Temperatur yang tinggi saat terjadi kebakaran memiliki pengaruh yang besar terhadap material beton maupun baja. Elemen struktur seperti balok, pelat dan kolom akan mengalami penurunan kekuatan seiring bertambahnya temperatur dan lamanya struktur tersebut terbakar. Selain itu baja akan mengalami

penurunan kekuatan/tegangan leleh yang cukup drastis pada suhu yang tinggi.

Berdasarkan keterangan diatas, penting untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton dan baja tulangan melalui pengujian kuat tekan beton dan kuat tarik baja tulangan yang telah terbakar sebagai langkah awal dalam pertimbangan dan pengambilan keputusan untuk memperbaiki jika memungkinkan atau menghancurkan secara keseluruhan jika kekuatan bangunan sudah tidak memungkinkan lagi untuk diadakan perbaikan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton pasca kebakaran dengan pengujian kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui kekuatan sisa dari baja tulangan pasca kebakaran diambil dari baja tulangan yang telah terbakar dengan pengujian kuat tarik baja tulangan.

3. Mengidentifikasi kerusakan yang terjadi pada struktur beton betulang pasca kebakaran.

Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan :

1. Memberikan informasi mengenai tingkat kerusakan dan kekuatan sisa dari beton dan baja tulangan pasca kebakaran
2. Menjadi referensi dalam pengambilan keputusan, apakah masih dapat digunakan tanpa perbaikan, digunakan dengan perbaikan, atau dihancurkan sama sekali untuk diganti struktur bangunan yang baru.

LANDASAN TEORI

Tinjauan umum

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. Pada beton akan dipengaruhi oleh perubahan temperatur, tingkat dan lama pemanasan.

Sifat Beton Terhadap Temperatur Tinggi

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

Beton Pasca Bakar

Menurut Sumardi (2000) kebakaran pada hakekatnya merupakan reaksi kimia dari combustible material dengan oksigen yang dikenal dengan reaksi pembakaran yang menghasilkan panas. Panas hasil pembakaran ini diteruskan ke massa beton/mortar dengan dua macam mekanisme yakni pertama secara radiasi yaitu pancaran panas diterima oleh permukaan beton sehingga permukaan beton menjadi panas. Pancaran panas akan sangat potensial, jika suhu sumber panas relatif tinggi. Kedua secara konveksi yaitu udara panas yang bertiup/bersinggungan dengan permukaan beton/mortar sehingga beton menjadi panas. Bila tiupan angin semakin kencang, maka panas yang

dipindahkan dengan cara konveksi semakin banyak..

Jenis dan Klasifikasi Tingkat Kerusakan Akibat Kebakaran

Jenis kerusakan yang sering terjadi akibat kebakaran antara lain : retak ringan, retak berat/struktur, beton pecah/terkelupas, voids (lobang-lobang yang cukup dalam atau keropos), lendutan balok dan tulangan putus, hilang atau tekuk. Klasifikasi tingkat kerusakan gedung pasca kebakaran antara lain :

1. Kerusakan ringan
2. Kerusakan sedang
3. Kerusakan berat
4. Kerusakan sangat berat

Perubahan warna pada beton

Warna beton setelah terjadi proses pendinginan membantu dalam mengindikasikan temperatur maksimum yang pernah dialami beton dalam beberapa kasus, suhu di atas 300°C mengakibatkan perubahan warna beton menjadi sedikit kemerahan (pink), jika sampai di atas 600°C akan menjadi abu-abu agak hijau, jika sampai di atas 900°C menjadi kekuning-kuningan namun jika sampai di atas 1200°C akan berubah menjadi kuning.

Spalling

Spalling adalah gejala melepasnya sebagian permukaan beton dalam bentuk lapisan tipis beberapa cm.

Retak (cracking)

Pada temperatur tinggi, pemuaian besi beton akan lebih besar daripada betonnya sendiri. Tetapi pada konstruksi beton, pemuaian akan tertahan sampai suatu taraf tertentu karena adanya lekatan antara besi beton dengan beton.

Perubahan Bentuk Bahan Akibat Pengaruh Suhu

Beberapa jenis bahan bila terkena panas dan mencapai temperature tertentu akan mulai berubah sifat, bentuk atau perubahan kimia dan warnanya. Sebagai misal, kayu akan berubah menjadi arang pada temperature 250°C, plastik (Polyvinyl Chloride) meleleh pada temperature 300°C, seng meleleh pada temperature 400°C, aluminium meleleh pada temperature 650°C, kaca pada 700–850°C dan besi tuang meleleh pada temperature 1100-1200°C. Oleh sebab itu pengamatan dan pengambilan contoh dari bahan-bahan terbakar yang masih ada dapat

membantu memperkirakan tingkat panas yang terjadi.

Core Drill Test

Pemeriksaan dan test kuat tekan dari potongan cores dari beton adalah sebuah metode yang cukup baik dan memungkinkan pemeriksaan visual daerah bagian dalam dari sebuah anggota struktur dengan perkiraan mutu beton.

Dalam penentuan kuat tekan beton inti, terdapat beberapa faktor pengali untuk koreksi kuat tekan benda uji yang ada. Adapun faktor-faktor pengali tersebut adalah berikut :

- Faktor Pengali C_0

Faktor pengali ini berhubungan dengan arah pengambilan benda uji beton inti pada struktur yang ada.

- Faktor Pengali C_1

Faktor pengali yang berhubungan dengan rasio panjang sesudah diberi lapisan untuk kaping dengan diameter benda uji. Digunakan faktor koreksi apabila perkalian panjang dan diameter benda uji .

- Faktor Pengali C_2

Digunakan karena adanya kandungan tulangan besi dalam benda uji beton inti yang letaknya tegak lurus terhadap sumbu benda uji.

Kuat tekan benda uji beton inti yang dikoreksi, dihitung sesuai dengan ketelitian 0.5 MPa dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kuat Tekan Beton Terkoreksi} \\ = \text{Kuat Tekan beton} \times C_0 \times C_1 \times C_2$$

Pengujian Palu Beton (Schmidt Hammer Test)

Pengujian ini menggunakan Schmidt Rebound Hammer Test yang bertujuan untuk memperkirakan nilai kuat tekan beton terpasang yang didasarkan pada kekerasan permukaan beton pada seluruh bagian komponen struktur. Hammer test merupakan alat yang ringan dan praktis dalam penggunaannya dan digunakan untuk mengukur kekerasan permukaan beton. Prinsip kerjanya adalah dengan memberikan beban intact (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energy yang besarnya tertentu. Karena timbul tumbukan antara massa tersebut dengan permukaan beton, massa tersebut akan dipantulkan kembali. Jarak pantulan massa yang terukur memberikan

indikasi kekerasan permukaan beton. Kekerasan beton dapat memberikan indikasi kuat tekannya.

Baja Tulangan

Baik beton maupun baja tulangan akan mengalami perubahan pada kekuatan, keadaan fisis dan kekakuan sebagai akibat dari pemanasan dan beberapa perubahan-perubahan tersebut tidak sepenuhnya pulih setelah temperatur kembali normal. Pada baja tulangan yang terlindungi oleh selimut beton, proses peningkatan temperatur terjadi melalui transfer panas. Oleh karena itu, perlu disadari bahwa temperatur tulangan baja tidak selamanya sama dengan temperatur luar yang terbakar. Baja yang terselimuti akan menerima panas yang lebih sedikit dibandingkan dengan baja yang terekspos ke sumber panas.

METODE

Untuk mencapai tujuan kajian teknis, maka metode dan tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi Kerusakan Yang Terjadi Pada Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran.

Pengamatan visual yang dilakukan terdiri dari:

- Pengelupasan (spalling) dan retakan pada balok, kolom dan pelat lantai
- Terjadi lendutan atau defleksi pada balok atau plat lantai
- Mengamati perubahan warna pada
- Pengamatan temperatur pada selimut beton dan pelapukan yang terjadi pada elemen kolom, balok dan pelat lantai.

2. Mengetahui Kekuatan Sisa Dari Beton Pasca Kebakaran

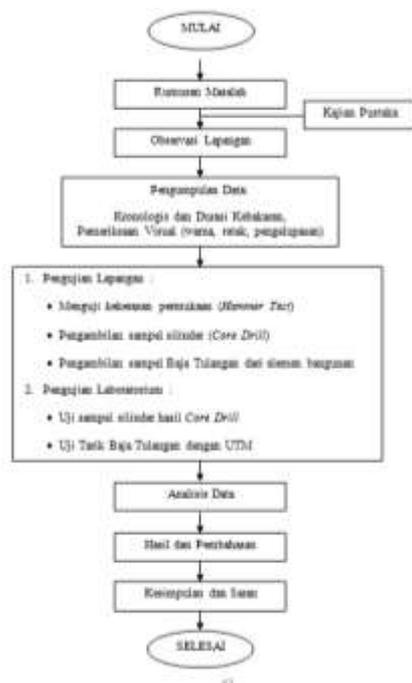
Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan sisa dari beton pasca kebakaran, guna mencapai tujuan tersebut maka dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian dengan Alat Palu Beton (Schmidt Hammer Test) untuk memeriksa keseragaman kualitas beton pada struktur, acuan yang digunakan adalah SNI 03-4430-1997 Metode pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton dengan menggunakan alat uji palu beton Type N dan NR. Selain itu juga dilakukan pengujian Pengeboran Inti Beton (Core Drill Test) untuk memperkirakan mutu beton pasca kebakaran di lapangan, acuan yang digunakan adalah SNI 03-2492-2002 Metode

Pengambilan dan Pengujian Beton Inti dan SNI 03-3403-1994 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti Pemboran.

3. Mengetahui Kekuatan Sisa Baja Tulangan Pasca Kebakaran

Untuk mengetahui kekuatan sisa Baja Tulangan pasca kebakaran, dilakukan pengujian kuat tarik baja tulangan di laboratorium, sebelum melakukan pengujian, sampel baja yang akan di uji diambil dari tulangan baja yang terbakar dan terekspos dari elemen bangunan, pengambilan sampel menggunakan gurinda/gergaji besi. Dalam penelitian ini sampel yang diambil hanya tulangan baja kolom yang terkspos. Acuan yang digunakan adalah SNI 07-2529-1991, Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton.

Tahapan Penelitian



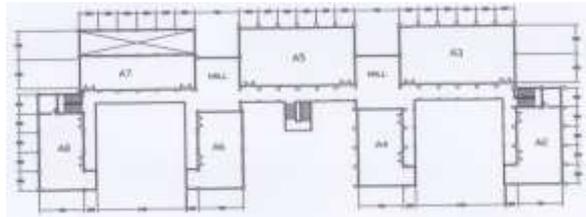
Gambar 1: Tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

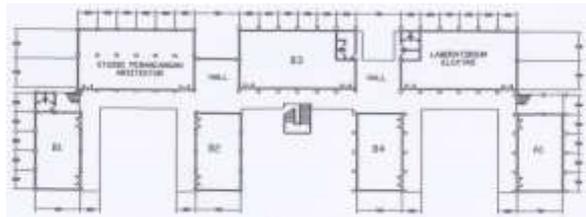
Kronologis dan Durasi Kebakaran

Kebakaran terjadi pada hari rabu tanggal 5 Maret 2014 dimana sumber terjadinya kebakaran berasal dari Laboratorium Elektro (Ruangan A1) Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado kemudian merambat kelantai 2 ruangan A2 dan seterusnya sampai ruangan A8. Hal ini terjadi karena angin yang bertiup cukup kuat dan

durasi yang terjadi berkisar 1,5 jam sampai 2 jam.



Gambar 2: Denah Lantai 1



Gambar 3: Denah Lantai 2

Pengamatan Visual Kerusakan Struktur

Pengamatan visual dilapangan bertujuan untuk memperkirakan tingkat panas yang terjadi pada saat kebakaran.

Identifikasi Barang Yang Terbakar

Sebagian besar barang-barang yang terbakar adalah jenis seng dan barang pecah belah dari plastik dan gelas/kaca. Sisa-sisa barang plastik, kaca/gelas dan metal yang terbakar masih terlihat disekitar lokasi, bahkan diruangan A1 terdapat bahan kaca yang sudah meleleh (lihat Gambar 2).

Gambar 4: Kaca yang meleleh



Berdasarkan evaluasi visual terhadap benda-benda yang meleleh akibat panas kebakaran maka dapat diperhitungkan panas tertinggi yang terjadi, dari pengamatan visual untuk ruangan A1

suhu diperkirakan berkisar 600°C s/d 900°C dimana pengaruhnya terhadap beton adalah sisa kuat tekan sampai pada angka 10%, serta sisa modulus elastisitas sampai 5%, untuk ruangan A2 s/d A8 mempunyai suhu yang berbeda- beda yaitu berkisar antara 300°C – 600°C sisa kuat tekan sampai pada angka dimana kekuatan beton dapat berkurang antara 30% s/d 80%.

Perubahan Warna Pada Struktur Beton

Dari hasil pengamatan lapangan di lokasi kebakaran khususnya diruangan A1 dimana sumber api berasal, menunjukkan bahwa permukaan beton bagian bawah pelat dan balok sebagian berwarna putih, retak-retak permukaan, kayu terbakar habis dan ada bagian yang telah terjadi spalling (lihat Gambar 5), berdasarkan teori, kondisi ini menunjukkan bahwa lokasi tersebut telah mengalami kebakaran yang cukup lama dan suhunya diperkirakan lebih dari 600°C .

Gambar 5: Kondisi ruangan A1



Sedangkan untuk ruangan A2 s/d A8 dilihat dari ciri-cirinya yaitu warna beton merah muda, kayu berubah menjadi arang maka dapat diperkirakan tingkat panas yang terjadi berkisar antara 250°C – 600°C .

Retak-retak

Dari hasil pengamatan visual terjadi beberapa retak pada beberapa bagian struktur bangunan terutama pada ruangan A1. Retak yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Retak yang terjadi akibat kebakaran



Spalling

Kejadian ini merupakan proses berikutnya setelah terjadinya retak (lihat Gambar 7). Hal ini dapat terjadi karena adanya perubahan unsur kimiawi pada beton, adanya evaporasi air, pengembangan volume beton dan kemungkinan adanya tegangan sekunder karena tidak ratanya penyebaran temperatur yang terjadi. Penampakan spalling yang biasa terjadi diantaranya adalah permukaan beton melepuh, agregat di permukaan yang terbelah dan terlepasnya bagian-bagian sudut dari komponen struktur yang terbakar.



Gambar 7. Spalling dan Terkelupasnya Plesteran

Suhu yang cukup tinggi pada ruangan A1 mengakibatkan terjadinya Spalling pada beberapa bagian struktur. Dapat dilihat pada Gambar 7 dimana terjadinya spalling pada plat bagian bawah lantai A2.

Kuat Tekan Sisa Beton (Schmidt Hammer Test)

Pengujian kuat tekan sisa beton dengan Schmidt Hammer Test dibagi dalam dua pengujian yaitu pengujian pada ruangan yang terbakar dan ruangan yang tidak terbakar, tujuannya yaitu untuk mengetahui tingkat keseragaman mutu beton dan seberapa besar penurunan yang terjadi pada beton yang terbakar, dikarenakan sudah tidak adanya data awal perencanaan gedung Teknik Arsitektur dan Elektro Universitas Sam Ratulangi maka untuk

mengukur persentase penurunan yang terjadi diambil dari hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan palu beton (Schmidt Hammer) pada ruangan-ruangan yang tidak terbakar. Hasil pengujian palu beton dikonversikan terhadap benda uji silinder.

Tingkat Keseragaman Beton

Evaluasi selanjutnya terhadap beton dengan Schmidt Hammer Test dilakukan untuk melihat kondisi keseragaman mutu beton bangunan tersebut (lihat Tabel 1)

Tabel 1. Rangkuman hasil Schmidt Hammer Test untuk setiap elemen struktur yang terbakar di Konversi ke Silinder Menurut OIOS

No.	Elemen Struktur	Rata-rata [MPa]	Nilai Mah. [MPa]	Nilai Min. [MPa]	SD	Koef. Variasi [%]
1	Kolom	21,83	30,84	8,15	5,39	24,67
2	Balok	16,32	30,28	9,00	8,62	52,84
3	Plat	18,02	22,15	16,30	3,06	16,99

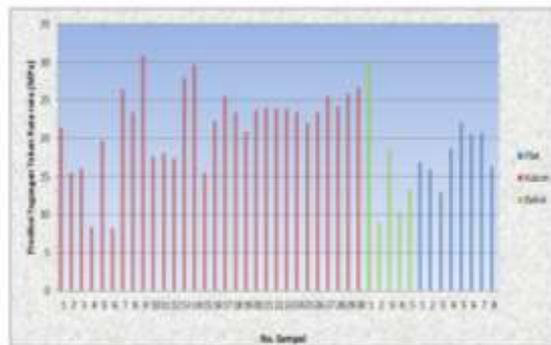
Hasil evaluasi tes hammer untuk setiap elemen kolom, balok, dan plat lantai ruangan A1 s/d A8 yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa kekuatan beton di Gedung Teknik Arsitektur dan Elektro Universitas Sam Ratulangi Pasca Kebakaran mempunyai tingkat keseragaman yang kurang baik. Berdasarkan ACI214R-02 (Evaluation of Strength Test Results) seperti terlihat pada Tabel 8, bila beton mempunyai koefisien variasi lebih dari 6% , maka beton diindikasikan mempunyai tingkat keseragaman yang kurang baik.

Tabel 2. Hasil Schimdt Hammer Test untuk setiap ruangan yang terbakar di Konversi ke Silinder Menurut OIOS

No	Ruangan	Elemen Struktur	Nilai Minimum [MPa]	Nilai Maksimum [MPa]	Rata-rata [MPa]	SD	Koef. Variasi [%]
1	A1	Kolom Beton	8,4	21,4	15,34	5,34	34,78
2		Balok Lt. A1	9	30,28	16,32	8,62	52,84
3		Plat Lt. A2	17,92	16,95	15,26	2,09	13,71
4	A2	Kolom Beton	8,148	26,44	19,43	8,01	41,21
5		Plat Lt. A2	18,70	22,15	20,45	1,73	8,44
6	A3	Kolom Beton	17,34	30,84	20,95	6,8	31,48
7		Plat Lt. A3	16,30	20,75	18,53	3,15	16,99
8	A4	Kolom Beton	15,52	29,7	23,85	6,30	26,78
9	A5	Kolom Beton	20,88	25,6	23,58	1,53	6,48
10	A6	Kolom Beton	23,42	23,94	23,12	1	4,34
11	A7	Kolom Beton	25,88	25,6	24,42	1,1	4,51
12	A8	Kolom Beton	25,88	26,72	26,3	0,59	2,26

Dari tabel diatas dapat dilihat koefisien variasi dari kekuatan beton bervariasi untuk

setiap elemen struktur pada tiap ruangan. Ruangan A1 – A5, kekuatan betonnya mempunyai koefisien variasi lebih dari 6%, sedangkan ruangan A6 – A8 koefisien variasinya kurang dari 6%.



Grafik 1. Tingkat Keseragaman Beton Hasil Schmidt Hammer Test untuk setiap titik pengujian

Evaluasi Schmidt Hammer Test memperlihatkan bahwa telah terjadi degradasi kekuatan beton dan suhu panas kebakaran yang tidak merata pada semua tempat menyebabkan ketidakseragaman kekuatan sisa beton pasca kebakaran (lihat grafik 1).

Persentase Penurunan Kekuatan Beton

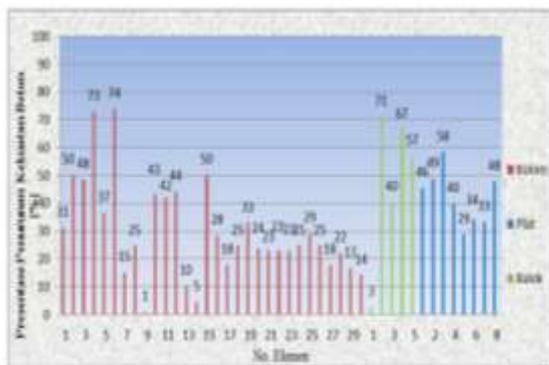
Evaluasi selanjutnya terhadap beton dengan Schmidt Hammer Test dilakukan untuk mengetahui besar penurunan yang terjadi akibat kebakaran. Untuk melihat besar penurunan yang terjadi maka diambil kuat tekan rata-rata beton hasil Schmidt Hammer Test pada ruangan yang tidak terbakar, pengambilan data diambil pada elemen kolom bangunan.

Tabel 3. Rangkuman hasil Schmidt Hammer Test untuk elemen struktur kolom pada ruangan yang tidak terbakar

No.	Ruangan	Kode	Prediksi Teg. Tekan rata-rata [MPa]	Min. [MPa]	Max. [MPa]	Rata-rata [MPa]	SD	Koef. Variasi [%]
1	B3	SC1.1	29,10	16,70	31,12	25,33	4,35	13,99
2		SC1.2	29,40					
3		SC1.3	27,60					
4	SC1.4	28,20						
5	SC1.5	22,36						
6	SC1.6	31,12						
7	B3	SC1.7	25,04					
8	B4	SC1.8	16,70					
9		SC1.9	21,40					
10		SC1.10	20,36					

Dari hasil pengujian didapat kuat tekan rata-rata beton yang tidak terbakar sebesar 25,33 MPa dengan koefisien variasi yang cukup besar yaitu 13,99%. Dikarenakan koefisien variasi dan

standar deviasi/simpangan baku yang cukup besar yaitu 4,35 maka tidak memungkinkan untuk mengambil patokan kekuatan tekan beton hasil hammer test ruangan yang tidak terbakar untuk mengetahui penurunan kekuatan yang terjadi, namun guna memperkirakan besar penurunan yang terjadi akibat kebakaran karena sudah tidak adanya data perencanaan awal maka diambil nilai maksimum yaitu 31,12 MPa. Dari nilai ini, dapat diperkirakan persentase penurunan yang terjadi pada beton pasca kebakaran. Berikut adalah grafik persentase penurunan kekuatan beton akibat kebakaran.



Grafik 2. Tingkat Penurunan Kekuatan Beton Hasil Hammer Test [%]

Dari grafik diatas dapat dilihat penurunan kekuatan yang diakibatkan kebakaran berkisar antara 1% s/d 74%, persentase penurunan kuat tekan beton terbesar adalah 74% yang berarti sisa kekuatan beton terkecil yaitu sekitar 26%, hasil evaluasi Schmidt Hammer Test diatas memperlihatkan kekuatan beton menurun drastis pasca terjadinya kebakaran.

Kuat Tekan Sisa Beton (Core Dill Test)

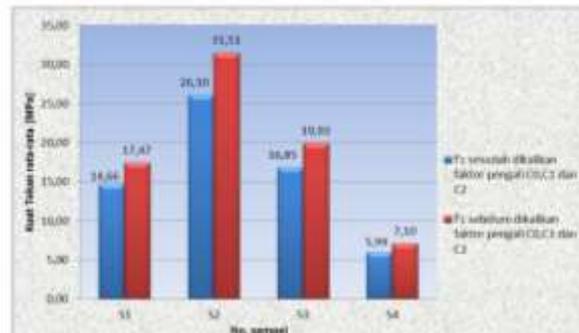
Benda uji untuk beton diambil dari hasil bor inti beton, sampel diambil di ruangan A2 dan A3 sebanyak 2 buah tiap ruangan.

Kuat tekan rata-rata beton hasil Core Drill Test dapat dilihat pada Grafik 3. Dari grafik diperoleh hasil uji kuat tekan beton terkoreksi maksimum $f'_{cc} = 26,10$ MPa dan minimal $f'_{cc} = 5,99$ MPa serta rata-rata sebesar $f'_{cc} = 15,9$ MPa.

Dari grafik dapat dilihat perubahan kuat tekan rata-rata hasil Core Drill Test akibat faktor koreksi. Dimana faktor koreksi berupa tinggi benda uji, diameter dan pengaruh tulangan pada beton hasil pengeboran.

Dari hasil Core Drill Test ini dapat dilihat adanya variasi kuat tekan untuk setiap sampel silinder dikarenakan salah satu pengaruhnya ialah

perbedaan suhu disetiap titik pada saat terjadi kebakaran

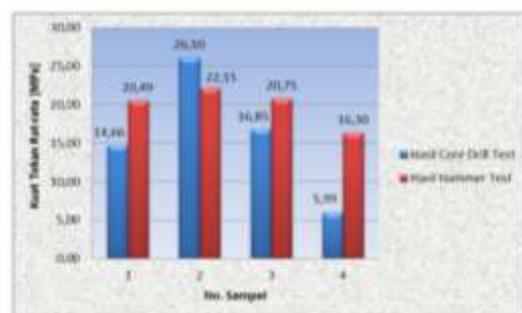


Grafik 3. Kuat Tekan Rata-rata Hasil Core Drill Test

Dari hasil pengujian pengeboran beton inti, 3 dari 4 sampel menunjukkan nilai kuat tekan yang rendah (tidak memenuhi persyaratan umum SNI 03-2847-2013) yaitu sampel S1 = 14,66 MPa, S3 = 16,85 Mpa dan sampel S4 dimana kuat tekannya hanya 5,99 MPa. berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Pasal 1 menyebutkan, untuk beton struktur, f'_{cc} tidak boleh kurang dari 17 MPa.

Perbandingan Hasil Pengujian Metode Hammer Test dan Core Drill Test

Untuk mengetahui lebih lanjut, diadakan perbandingan kuat tekan rata-rata hasil Core Drill Test dan Schmidt Hammer Test dengan mengkonversikan nilai Hammer test ke silinder, Perbandingan kuat tekan rata-rata hasil Core Drill Test dan Hammer Test disajikan pada Grafik 4 dibawah ini.



Grafik 4. Perbandingan Kuat Tekan Rata-rata Hasil Core Drill Test dan Hammer Test

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata Hammer Test lebih besar dibandingkan dengan hasil pengujian Core Drill Test untuk sampel 1 (S1/PL5), 3 (S3/PL7), dan 4 (S4/PL8),. Sedangkan untuk sampel 2 (S2/PL6), kuat tekan yang dihasilkan dari hasil Core Drill Test mempunyai nilai yang lebih besar.

Pengujian Kuat Tarik Sisa Baja Tulangan

Hasil tes baja tulangan dibagi dalam 2 kelompok berdasarkan diameter yaitu diameter 10 dan 16. Dari hasil penelitian didapati tulangan yang dipakai untuk kolom yaitu tulangan polos diameter 16 mm, Secara umum berdasarkan SNI 03-2847-2013 tentang Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, (Pasal 3.5) baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir. Baja polos diperkenankan untuk tulangan

No. Sampel	Diameter tulangan [mm]	Batas Ulur /fy [MPa]	Kuat Tarik /fu [MPa]	Regangan [%]
1	10	452,92	579,97	22,7
2	10	538,85	676,79	19,2
3	10	494,66	639,19	12,4
4	10	517,87	656,63	20,4
5	10	488,59	643,09	18,2

spiral atau baja prategang, Berikut tabel hasil pengujian kuat tarik baja tulangan.

Tabel 4. Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan diameter 10

Hasil tes baja tulangan yang terlihat pada tabel 4 menunjukkan bahwa mutu baja tulangan polos $\phi 10$ berkisar antara 452 s/d 538 MPa, yang berarti lebih besar dari Tegangan leleh rata-rata untuk tulangan polos BjTP 24 yaitu sebesar 3 235 MPa (Syarat SNI 07-2052-2002

Tabel 5. Hasil pengujian kuat tarik baja tulangan diameter 16

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa mutu baja tulangan polos $\phi 16$ berkisar antara 390 s/d

No. Sampel	Diameter tulangan [mm]	Batas Ulur /fy [MPa]	Kuat tarik/ fu [MPa]	Regangan [%]
1	16	397,81	528,41	27,45
2	16	484,71	627,01	29,61
3	16	456,29	616,12	26,54

484 MPa, yang berarti lebih besar dari Tegangan leleh rata-rata yang disyaratkan SNI untuk tulangan polos BjTP 24 yaitu sebesar 235 MPa (SNI 07-2052-2002) sedangkan untuk kuat tariknya yaitu berkisar antara 528 s/d 627 MPa melebihi dari syarat yang ditetapkan SNI 07-2052-2002 untuk BjTP 24 yaitu 380 MPa.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu :

1. Hasil uji kuat tekan beton hasil Core Drill Test diperoleh mutu beton (f_c') pasca

kebakaran yang sangat rendah yaitu 5,99 MPa. Berdasarkan SNI 03-2847-2013, mutu tersebut jauh dibawah mutu beton yang disyaratkan untuk beton struktural, yaitu f_c' tidak boleh kurang dari 17 MPa.

2. Hasil uji kuat tekan beton hasil Schmidt Hammer Test memperlihatkan bahwa telah terjadi degradasi kekuatan beton dan suhu panas kebakaran yang tidak merata pada semua tempat (berdasarkan pengamatan visual dilapangan) menyebabkan ketidakeragaman kekuatan sisa beton pasca kebakaran, adapun nilai koefisien variasi beton untuk elemen kolom, balok dan pelat berkisar antara 16 s/d 52%, Berdasarkan ACI 214R-02 koefisien variasi yang melebihi 6% menunjukkan tingkat keseragaman yang kurang baik. Selain itu berkurangnya kuat tekan beton yang sangat signifikan sampai 74% dibandingkan kuat tekan beton hasil Schmidt Hammer Test pada kolom lantai 1 yang tidak terbakar.
3. Hasil uji kuat tarik baja tulangan yang diambil dilapangan menunjukkan nilai yang masih memenuhi syarat berdasarkan SNI 07-2052-2002 untuk batas ulur dan kuat tarik, dari hasil pengujian untuk tulangan polos diameter 10, batas ulur (f_y) berkisar antara 452 s/d 538 MPa dan kuat tarik (f_u) berkisar antara 579 s/d 676 Mpa, sedangkan untuk tulangan polos diameter 16 diperoleh batas ulur (f_y) berkisar antara 397 s/d 484 MPa dan kuat tarik (f_u) berkisar antara 528 s/d 627 Mpa.
4. Berdasarkan hasil pemeriksaan dilapangan (retak, spalling dan perubahan warna) maupun di laboratorium dapat disimpulkan tingkat kerusakan yang terjadi tergolong Kerusakan Sedang menurut Pd-T-08-2004-C mengenai Klasifikasi Tingkat Kerusakan Gedung Pasca Kebakaran.

Saran

Saran-saran yang dapat diambil dari pengujian, pembahasan dan kesimpulan yakni :

1. Sebaiknya dilakukan perhitungan kembali untuk struktur Gedung Teknik Arsitektur dan Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado untuk membuktikan apakah struktur tersebut mampu menahan beban maksimum atau tidak.
2. Untuk rekomendasi pemeriksaan lebih lanjut disarankan untuk memakai alat Ultrasonic Pulsa Velocity (UPV) untuk mengetahui homogenitas beton dan kedalaman retakan.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI214R-02, Evaluation of Strength Test Results of Concrete, Amerika.
- ACI Committee 228 Report, Amerika.
- Ahmad, I.A., 2001, Tinjauan Kelayakan Balok Beton Bertulang Pascabakar Secara Analisis dan Eksperimen, Yogyakarta: Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Ahmad, I.A. dan Taufieq, N.A.S., 2006, Tinjauan Kelayakan Forensic Engineering Dalam Menganalisis Kekuatan Sisa Bangunan Pasca Kebakaran, Makassar: Laporan Penelitian Dosen Muda. Jurusan Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar.
- Badan Standardisasi Nasional, 1991, SNI 07-2529-1991: Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional, 1994, SNI 03-3403-1994: Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti Pemboran, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 1997, SNI 03-4430-1997: Metode pengujian Kuat Tekan Elemen Struktur Beton dengan menggunakan alat uji palu beton Type N dan NR, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, SNI 03-2492-2002: Metode Pengambilan dan Pengujian Beton Inti, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2002, SNI 07-2052-2002: Baja Tulangan Beton, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2013, SNI 03-2847-2013: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Departemen PU, Pd-T-08-2004-C: Pedoman Pemeriksaan Konstruksi Bangunan Beton Bertulang Pasca Terbakar. Bandung.
- Nugraha, P., Antoni., 2007, Teknologi Beton dari Material, Pembuatan, ke Beton Kinerja Tinggi, CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Rahmah, S.N., 2000, Analisis Material Beton Pasca Bakar (Tinjauan Sifat Mekanik dan Kimiawi), Yogyakarta: Tesis, Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Suhendro, B, 2000, Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sumardi. 2000. Aspek Kimia Beton Pasca Bakar. Kursus singkat Evaluasi dan Penanganan Struktur Beton yang Rusak Akibat Kebakaran dan Gempa. 24-25 Maret.
- Tjokrodinuljo, K., 2000, Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wuryanti, W., 2013, Penilaian Keandalan Struktur Bangunan Gedung Eksisting: Peraturan Dan Implementasinya, Konferensi Nasional Teknik Sipil.