

GEDUNG PASCA BAKAR ESTIMASI KEKUATAN SISA DAN TEKNOLOGI PERBAIKANNYA

Abdul Rochman*

ABSTRACT

Recently, there have been some building made from concrete structure fired. If a building is fired, the load capacity will decrease. Actually, concrete is a kind of fire-proof construction material. However, if a concrete is heated at more than 500^o C, significant strength degradation will occur (up to 50%). The strength degradation is occurred due to decomposition process of C-S-H that are decomposed become CaO and SiO₂. It also can occur due to the difference of sublimation value between agregate and cement paste which can damage the interfacial zone, hence the coherent force among agregates will decrease. However, it does not mean that when a building is fired, this building can not be used anymore. This problem can be solved by using appropriate rehabilitation technology. There are some appropriate rehabilitation technology that can be used to rehabilitate a building after fire, such as : Coating method, Shotcrete method, Injection method (using epoxyresin), and Prepacked Concrete method for heavy damage. However, the level of the damage should be considered before choosing the rehabilitation technology method.

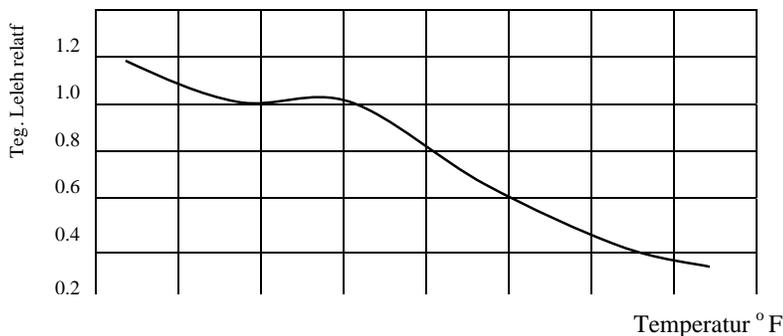
Key words : pasca bakar, metode Coating, Shotcrete, Injeksi, Prepacked Concrete

PENDAHULUAN

Akhir-akhir ini, kebakaran gedung mulai mendapat perhatian serius dari semua pihak setelah di Indonesia didera sejumlah kasus kebakaran gedung yang cenderung meningkat tajam dengan skala yang cukup besar. Kebakaran dapat diakibatkan oleh berbagai hal, mulai dari hubungan pendek arus listrik, kompor meledak, huru-hara, maupun tindak kriminalitas. Pihak-pihak yang terpaksa berurusan pasca gedung terbakar tidak hanya pemilik gedung, pihak kepolisian, para pengacara hukum, maupun perusahaan asuransi, namun lebih luas lagi juga 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) mengusulkan teknik perkuatan elemen-elemen

struktur (pelat, balok dan kolom) sesuai keperluan sedemikian rupa sehingga bangunan dapat berfungsi seperti sebelum kebakaran.

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 (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Pengaruh temperatur terhadap tegangan leleh baja (Morisco, 1995)

* Abdul Rochman, staf pengajar jurusan Teknik Sipil -Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta
Jl. A. Yani No.1 Tromol Pos 1, Pabelan Kartasura, Surakarta 57102. E-mail : abr_och@yahoo.co.id

Pada struktur beton yang mengalami kebakaran, kekuatan beton akan dipengaruhi oleh perubahan temperatur, tingkat dan lama pemanasan, jenis dan perilaku pembebanan, jenis dan ukuran agregat, dan faktor air-semen.

SIFAT BETON PADA TEMPERATUR TINGGI

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 C-S-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 (lihat Gambar 2). Pada suhu antara 400 – 600 °C, penurunan kuat-tekan dan kuat lentur hingga mencapai 50 % dari kuat tekan sebelumnya. Penurunan ini disebabkan karena terjadinya proses dekomposisi unsur C-S-H yang terurai menjadi kapur bebas CaO serta SiO₂ yang tidak memiliki kekuatan sama sekali. Karena unsur C-S-H merupakan unsur utama yang menopang kekuatan beton, maka pengurangan C-S-H yang jumlahnya cukup banyak akan sangat mengurangi kekuatan beton. Jika suhu dinaikkan sampai mencapai 1000 °C terjadilah proses karbonisasi yaitu terbentuknya *Calcium Carbonat* (CaCO₃) yang berwarna keputih-putihan sehingga merubah warna permukaan beton menjadi lebih terang (pink keputih-

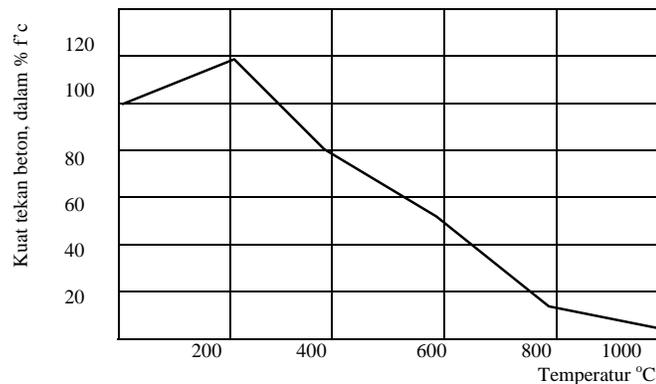
putihan). Disamping itu pada temperatur ini terjadi penurunan lekatan antara batuan dan pasta semen, yang ditandai oleh retak-retak dan oleh kerapuhan beton (mudah dipecah dengan tangan).

Kerusakan beton dapat pula disebabkan oleh perbedaan angka muai antara agregat dan pasta semen. Perbedaan ini menyebabkan kerusakan pada *interfacial zone* sehingga lekatan antar batuan menjadi berkurang banyak. Pada temperatur kamar. Angka muai batuan pada umumnya lebih rendah dari pada pasta-semen. Sampai pada temperature 200 °C pasta-semen menyusut sedang batuan mengembang. Perbedaan ini dapat menimbulkan retak-retak pada beton. Namun yang paling nyata kerusakan beton mengelupas disebabkan oleh tekanan uap air (5 – 7,5 volume) atau gas yang terperangkap di dalam beton. Semakin rapat beton, maka semakin mudah terjadi pengelupasan oleh panas, karena uap air tidak mudah mengalir melalui pori ke dalam daerah yang lebih dingin. Jika terjadi peningkatan suhu yang cepat diikuti oleh hambatan aliran uap air ke sebelah dalam dan jika tersumbat akibat rapatnya beton, maka berpotensi menimbulkan ledakan, terlebih lagi pada beton mutu tinggi.

JENIS DAN KLASIFIKASI KERUSAKAN GEDUNG PASCA BAKAR

Dari pengamatan yang dilakukan terhadap berbagai kasus kerusakan gedung pasca bakar, dapat dikelompokkan menjadi :

1. *Kerusakan ringan*. Kerusakan ini berupa pengelupasan pada plesteran luar beton dan terjadinya perubahan warna permukaan menjadi hitam akibat asap yang mungkin disertai dengan retak-retak pada plesteran.



Gambar 2. Penurunan kuat-tekan beton pada berbagai temperatur (Suhendro, 2000)

2. *Kerusakan sedang*. Kerusakan ini berupa munculnya retak-retak ringan (kedalaman kurang dari 1 mm) pada bagian luar beton yang berupa garis-garis yang sempit dan tidak terlalu panjang dengan pola menyebar. Akibat kenaikan suhu, agregat akan memuai, setelah suhu kembali seperti semula ukuran agregat akan kembali seperti semula. Sedangkan mortar memuai hanya sampai sekitar suhu 200 °C, setelah itu menyusut yang berlanjut sampai dengan suhu normal. Adanya perbedaan sifat pemuaian ini dapat menimbulkan tegangan lokal pada bidang batas antara kedua bahan ini yang jika melebihi tegangan lekat akan terjadi retak/pecah bahkan pengelupasan. Retak ini diakibatkan oleh proses penyusutan beton pada saat terjadi kebakaran.
3. *Kerusakan berat*. Retak yang terjadi sudah memiliki ukuran lebih dalam dan lebar, terjadi secara tunggal atau kelompok. Jika terjadi pada balok kadang-kadang disertai dengan lendutan yang dapat dilihat dengan mata.
4. *Kerusakan sangat berat*. Kerusakan yang terjadi sudah sedemikian rupa sehingga beton pecah/terkelupas sehingga tampak tulangan bajanya, atau bahkan sampai tulangan putus/tertekek, beton inti hancur.

ESTIMASI KEKUATAN SISA BETON PASCA BAKAR

Gedung-gedung yang mengalami kebakaran akan mengalami kerusakan akibat dari tingkat yang paling ringan, sedang, sampai berat tergantung dari tinggi temperatur dan durasi kebakaran. Untuk melihat seberapa kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran, dilakukan beberapa tahapan penelitian sebagai berikut:

1. *Visual Inspection*

Mendasarkan pada perubahan secara fisik yang terjadi pada permukaan beton yaitu: (a) perubahan warna permukaan beton, untuk mendeteksi temperatur tertinggi yang pernah dialami, (b) ada atau tidak adanya retak permukaan (*surface cracks*) pada permukaan beton, untuk mendeteksi temperatur tertinggi yang pernah dialami, (c) ada atau tidak adanya deformasi plastis elemen struktur, untuk mendeteksi kekuatan dan kekakuan struktur, maupun temperatur tertinggi yang pernah dialami, (d) ada atau tidak adanya pengelupasan/*spalling* dari selimut beton dari elemen struktur, untuk mendeteksi temperatur tertinggi yang pernah dialami.

2. *Non-destructive test*/ uji tidak merusak

Alat yang digunakan untuk pengujian ini adalah *Rebound Hammer Test*. Cara ini paling sederhana, ringan dan mudah dilakukan. Jarak pantulan suatu massa terkalibrasi (yang digerakkan oleh pegas) yang mengenai permukaan beton-uji

digunakan sebagai kriteria kekerasan beton. Kemudian kekerasan beton ini dihubungkan dengan kuat-tekan beton normal, sehingga apabila kekerasan beton tidak relevan dengan kekuatan tekan beton normal, maka hasil pengujian dengan alat ini perlu dilakukan kalibrasi tersendiri. Alat ini menganggap bahwa beton cukup homogen, sehingga perubahan mutu beton di bagian dalam tidak dapat ditunjukkan oleh alat ini. Semakin banyak titik pengamatan, semakin baik hasil yang diperoleh.

Selain penggunaan alat di atas, uji tidak merusak juga dapat dilakukan dengan melakukan pengujian kimia (*Chemical Test*). Uji ini bertujuan untuk melihat hubungan antara unsur-unsur kimia yang terkandung dalam beton, khususnya kapur bebas (CaO), dan temperatur yang pernah dialami beton. Dengan mengetahui temperatur beton, dapat diprediksi kuat-tekan beton. Hasil-hasil pengamatan secara kimia selanjutnya digunakan sebagai pembandingan dari hasil uji fisik. Uji ini dapat menggunakan *Phenolphthalein test (PP-Test)* dimana Phenolphthalein merupakan salah satu indikator kimia yang lazim digunakan untuk mengetahui sifat asam atau basa suatu material, melalui respon warna material yang diuji akibat diolesi/ditetesi phenolphthalein tersebut. Apabila terjadi perubahan warna pada saat diolesi, berarti material yang diuji bersifat basa, dan sebaliknya apabila tidak terjadi perubahan warna berarti material yang diuji bersifat asam. Menurut Parker (1983, dalam Triwiyono, 2000), rentang PK Phenolphthalein adalah antara 8,4 – 10, yang ditunjukkan oleh respon warna: merah sangat tua (*violet 3*) –merah sangat muda (*magenta 1*). Untuk membuat indikator, setiap 1 gram Phenolphthalein dilarutkan ke dalam 50 ml (atau dapat juga 100 ml) alcohol murni.

3. *Destructive Test*/ Uji merusak

Pengujian ini dilakukan dengan pengambilan sample dengan *core drill* (diameter 10 cm) dan *core case* (diameter 5 cm) yang selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan test kuat-desak, kuat-tarik, dan chemical test untuk menaksir temperatur tertinggi (Tjokrodimulyo, 2000). Agar pengambilan sample dengan *core drill/core case* tidak memotong tulangan dalam beton, digunakan bar detector (*profometer*) untuk menentukan posisinya. Disamping itu juga dilakukan pengambilan sampel tulangan baja dari dalam beton, untuk dibawa ke laboratorium dan dilakukan tes kuat-tarik (*f_y*).

4. *Full Scale Loading Test* (Uji pembebanan skala penuh)

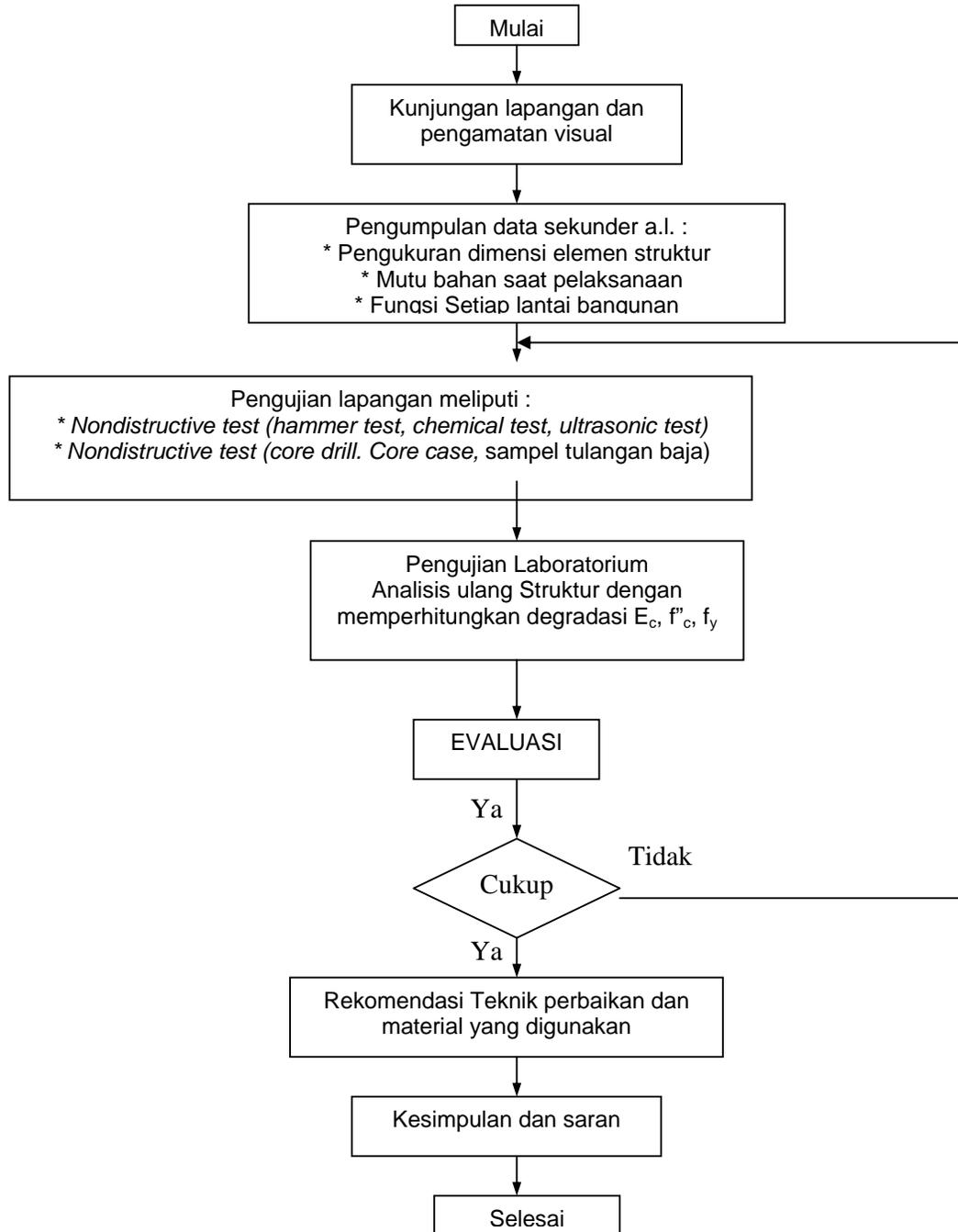
Untuk mendapat kan hasil estimasi kekuatan yang lebih pasti, maka jika perlu dilakukan tes pembebanan skala penuh langsung di lapangan pada bagian-bagian struktur yang paling parah sampai dengan 2 kali beban rencana dan merekam respon

lendutan yang terjadi di beberapa titik kritis, untuk memperkirakan kekuatan sisa, kekakuan, stabilitas, dan batas respon elastiknya, baik secara *static* dengan

water reservoir loading ataupun secara dinamik dengan *mechanical exiter* (apabila diperlukan).

TAHAP-TAHAP EVALUASI KEKUATAN SISA GEDUNG PASCA BAKAR

Analisis kekuatan sisa gedung pasca bakar dapat dilakukan dengan mengikuti tahapan berikut.

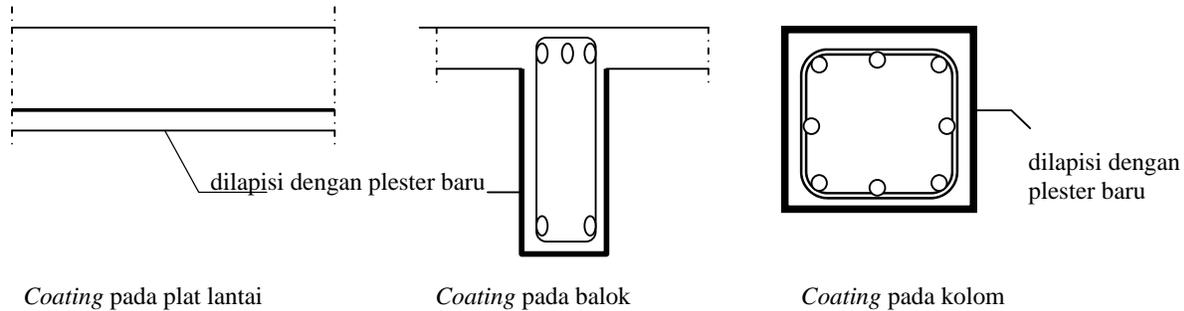


Gambar 3. Tahap-tahap evaluasi menghitung kekuatan sisa gedung pasca bakar

BEBERAPA CONTOH METODE PERBAIKAN

Setelah diketahui jenis dan penyebab kerusakan, langkah selanjutnya adalah menentukan metode perbaikan untuk masing-masing elemen struktur. Bahan yang digunakan harus sedemikian rupa sehingga hasil perbaikan yang diperoleh

memiliki kekuatan sesuai dengan yang diinginkan dan tahan lama. Secara umum persyaratan bahan untuk perbaikan adalah; dapat melekat secara baik, memiliki sifat susut kecil, memiliki koefisien muai dan modulus elastik tidak jauh dengan bahan yang diperbaiki, permeabilitas rendah, dan tahan lama.



Gambar 4. Coating pada plat lantai, balok, dan kolom

Beberapa metode perbaikan yang dapat digunakan untuk menangani gedung pasca kebakaran disesuaikan dengan tingkat kerusakan yang terjadi, yang dapat diuraikan sebagai berikut (Sudarmoko, 2000):

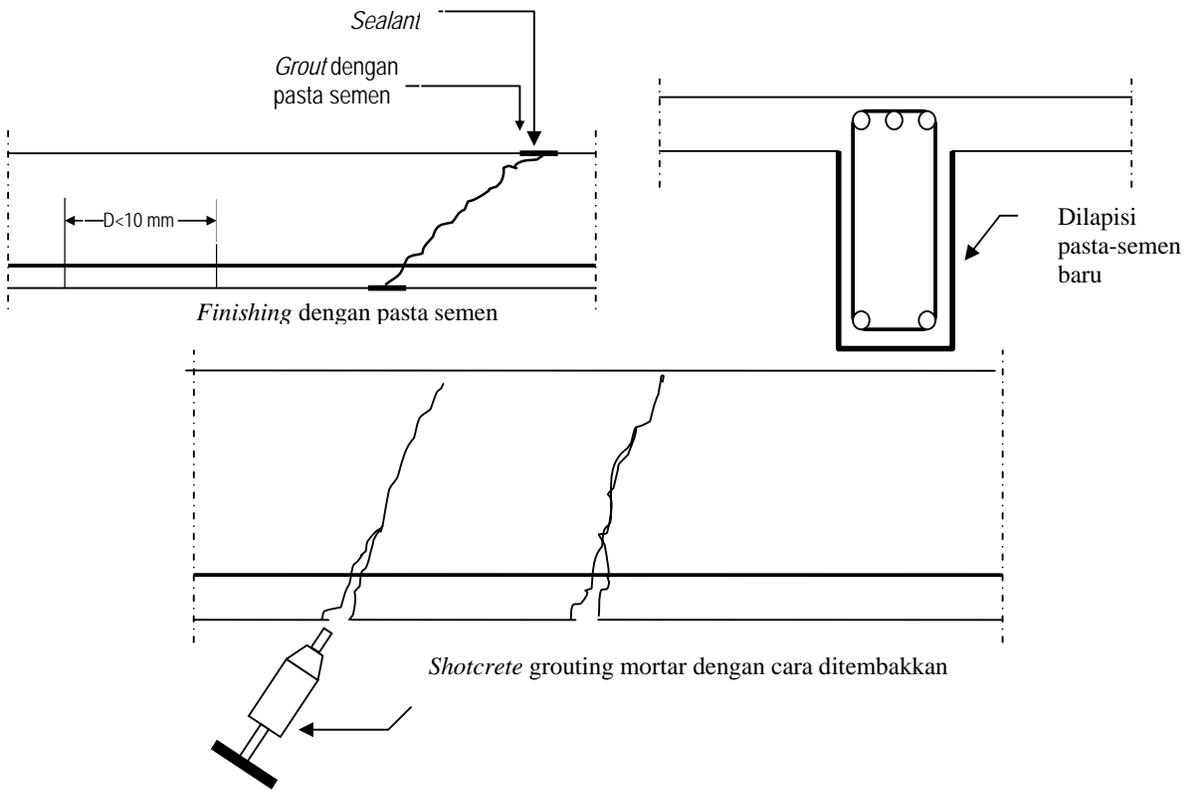
1. *Kerusakan ringan*. Metode perbaikan yang digunakan adalah metode *Coating*, yaitu dilakukan dengan cara melapisi permukaan beton dengan cara mengoleskan atau menyemprotkan bahan yang bersifat plastik dan cair. Lapisan ini digunakan untuk menyelimuti beton terhadap lingkungan yang membahayakan/merusak beton. Cara yang paling mudah dan murah adalah memberi acian dari pasta semen pada permukaan beton, namun bahan ini tidak bersifat platis (lihat Gambar 4)

2. *Kerusakan sedang*. Metode perbaikan yang digunakan adalah dengan melakukan *Injeksi (grout)*, yaitu untuk perbaikan elemen atau bagian elemen yang retak cukup dalam. Bahan injeksi biasanya dipilih dari bahan yang bersifat encer dan mudah mengeras, seperti *epoxy resin* sehingga mudah dimasukkan pada celah/retak dengan cara dipompa (diberi tekanan). Sebelumnya dibuat lubang-lubang dengan jarak tertentu sebagai jalan masuk bahan injeksi pada bagian yang retak tersebut. Kemudian bagian-bagian retak yang lain diberi penutup (diplester) untuk menghindari terjadinya kebocoran. Setelah itu bahan diinjeksikan dengan tekanan, masuk ke dalam celah/retak sampai terlihat pada lubang-lubang lain telah terisi atau mengalir keluar. Metode ini dapat digunakan untuk mengisi retak-retak yang kecil dan cukup dalam dimana tidak diinginkan adanya rongga-rongga dalam retak (lihat Gambar 5).

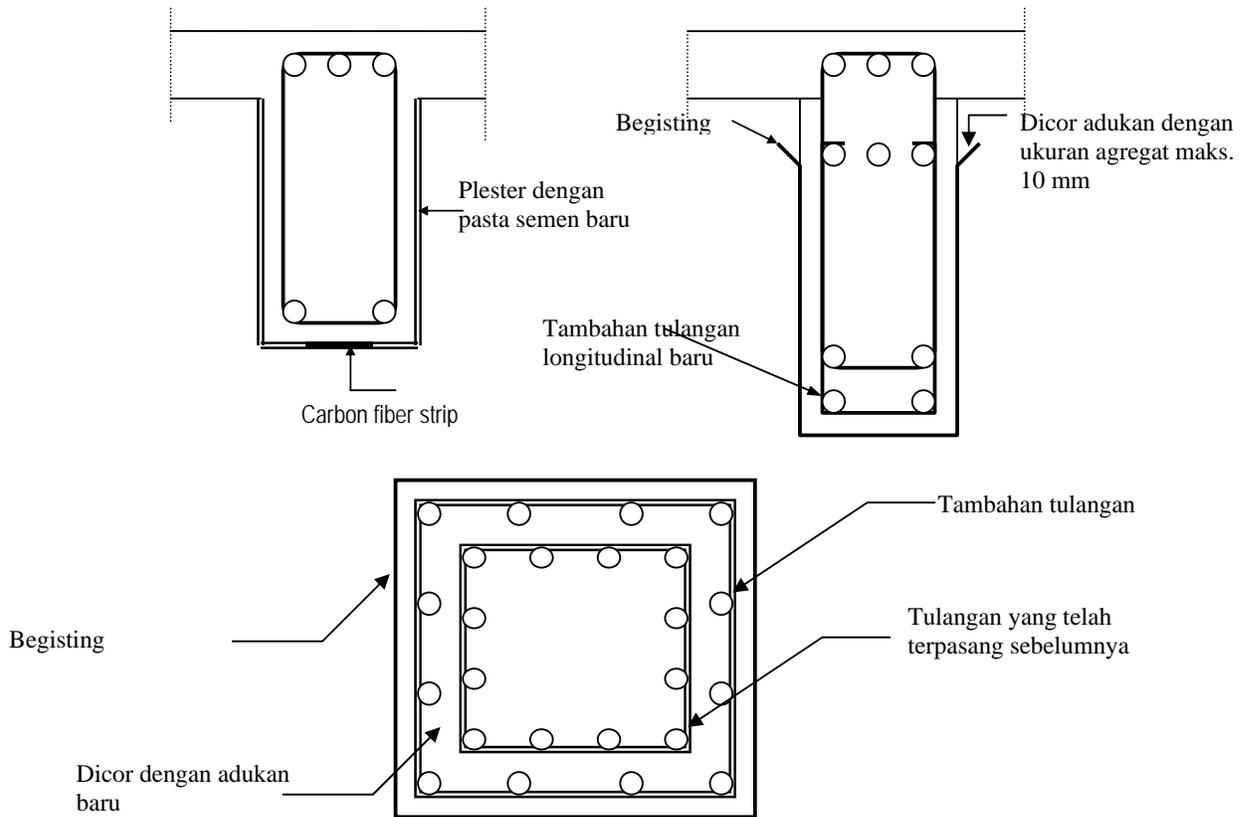
Metode lainnya adalah *Shotcrete*, metode ini dilakukan dengan cara menembakkan mortar atau beton (biasanya dengan ukuran agregat kecil) pada permukaan beton yang diperbaiki. *Shotcrete* dapat digunakan untuk perbaikan permukaan yang vertical atau horizontal (dari bawah).

3. *Kerusakan berat*. Metode yang digunakan adalah *Prepacked Concrete*, metode ini dilakukan jika kerusakan beton sudah parah, misalnya retak yang besar dan banyak serta kuat tekan beton menurun. Teknik perbaikan dimulai dengan mengupas dan membersihkan terlebih dahulu beton pada bagian yang retak tersebut, kemudian baru diisi dengan beton yang baru. Beton baru tersebut dibuat dengan cara mengisi ruang kosong dengan agregat hingga penuh. Kemudian diinjeksi dengan mortar yang sifat susutnya kecil dan mempunyai ikatan yang baik dengan beton yang lama. Pada daerah vertical atau permukaan bawah, pekerjaan ini perlu dibantu dengan bekisting (lihat Gambar 6).

Untuk perbaikan kolom, dapat pula digunakan metode *Jacketing*, yaitu dilakukan dengan cara memberikan selubung yang dapat melindungi beton terhadap kerusakan. Bahan selubung dapat berupa metal/baja, karet, beton komposit. Untuk perbaikan balok, sering dipasang *carbon fiber strips* dengan perantara bahan perekat pada permukaan beton atau dengan kabel pratekan dengan cara *external prestressing*. Cara ini dilakukan jika retak cukup lebar dan banyak serta tidak memungkinkan balok dibongkar (lihat Gambar 6)..



Gambar 5. Grouting pada plat dan balok lantai



Gambar 6. Prepacked concrete pada balok dan kolom

KESIMPULAN

Dari uraian di atas diperoleh suatu gambaran bahwa, umur pakai suatu gedung tidaklah mesti berakhir dengan terjadinya kebakaran, melainkan masih dapat dipakai apabila pada gedung tersebut diperbaiki dengan teknologi rehabilitasi yang tepat. Hal ini akan diperoleh jika survey atau investigasi yang dilakukan di lapangan dapat menggambarkan kondisi riil yang sebenarnya. Dengan demikian dapat dikatakan disini bahwa, keakuratan data dan informasi yang ada di lapangan akan sangat menentukan.

Jika melihat ke masa depan, maka akan semakin banyak dijumpai titik-titik yang memiliki potensi tinggi bagi terjadinya bencana kebakaran, seperti pada kawasan-kawasan perumahan yang akan semakin padat tingkat huniannya. Disamping kerugian jiwa dan material, bencana kebakaran juga menyisakan trauma bagi para korbannya, maka sebisanya bencana ini harus dihindari.

DAFTAR PUSTAKA

- Morisco, 1995, *Desain Baja Struktur*, Padosbajayo, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Priyosulistyo, H.R.C., 2000, *Sifat-sifat Mekanik Bahan Struktur Terhadap Beban Gempa dan Temperatur Tinggi*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sudarmoko, 2000, *Metode Perbaikan dan Cara Pelaksanaan Gedung Pasca Bakar*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suhendro, B, 2000, *Analisis Degradasi Kekuatan Struktur Beton Bertulang Pasca Kebakaran*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 2000, *Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Triwiyono, A, 2000, *Kerusakan Struktur Gedung Pasca Kebakaran*, PAU Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.