

Studi Tentang Sistem Proteksi Kebakaran (Fireproofing) pada Struktur Baja

Oleh: Eva Khuzaifah *)

Abstrak

Baja merupakan salah satu material yang dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan. Yang sering digunakan terutama untuk bangunan tinggi adalah baja profil. Baja profil adalah baja dengan campuran besi dan carbon dengan kadar rendah kurang dari 0.3 %C Baja sering digunakan sebagai bahan struktur karena sifat mekanik atau sifat kuat menahan beban yang cukup baik, tetapi kelemahannya mempunyai sifat yang mudah terkorosi (berkarat) dan sifat kekuatannya yang menurun pada suhu yang tinggi. Penggunaan fireproofing yang tepat diharapkan dapat melindungi struktur baja pada suatu konstruksi bangunan terhadap bahaya kebakaran.

Kata kunci : struktur, baja, fireproofing

A. Pendahuluan

Kebakaran merupakan musibah yang sangat merugikan, sebab selain mengakibatkan kerugian materi, juga dapat menyebabkan korban jiwa. Usaha untuk meminimalisir resiko akibat dari kebakaran ini sangatlah diperlukan. Pengetahuan tentang penyebab terjadi kebakaran, ketahanan material terhadap api, dan upaya untuk melindungi struktur konstruksi merupakan salah satu aspek yang harus diperhitungkan dalam design bangunan.

B. Rumusan Masalah

Pada tulisan ini rumusan masalah adalah : Metode sistem proteksi kebakaran (*fireproofing*) apakah yang dapat digunakan untuk melakukan perlindungan pada struktur baja?

C. Tinjauan Pustaka

Kebakaran adalah suatu reaksi oksidasi ekso-termis yang berlangsung dengan cepat dari suatu bahan bakar yang disertai dengan timbulnya api/penyalaan.

Penyebab terjadinya kebakaran antara lain bisa akibat dari peristiwa alam, cuaca, seperti sinar matahari, petir, halilintar. Tindakan manusia baik disengaja atau tidak yang menimbulkan kebakaran misalnya kompor yang meledak hubungan arus pendek listrik, bom dll. Api bisa meyala bila bertemu tiga unsur Ketiga unsur tersebut adalah: :

- (a) Bahan bakar atau bahan yang mudah terbakar;
- (b) Panas, suhu tinggi;
- (c) Oksigen.

Reaksi ketiganya akan menimbulkan nyala, bila salah satu unsurnya berkurang, atau habis maka nyala api akan berangsur padam.

Indonesia mengakui klasifikasi NFPA (*National Fire Protection Association*) dalam Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER-04/MEN/1980 tanggal 14 April 1980, tentang : Syarat – syarat Pemasangan dan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan, dimana kelas kebakaran dibagi menjadi :

1. Kelas A

Penyebab kebakaran yang termasuk dalam kelas A adalah benda-benda padat seperti kertas, kayu, busa, plastik, dan sebagainya. Alat pemadam kebakaran jenis ini dapat berupa air, karung goni yang dibasahi, dan racun tepung kimia kering.

2. Kelas B

Kebakaran jenis ini disebabkan oleh benda cair yang mudah terbakar, seperti bensin, solar, minyak tanah, spiritus, dan alkohol. Untuk memadamkannya digunakan alat pemadam kebakaran, pasir, semprotan busa, dan sebagainya. Tidak diperbolehkan memadamkan api yang disebabkan karena terbakarnya benda cair dengan menggunakan air, karena biasanya berat jenis cairan yang mudah terbakar lebih ringan daripada air, sehingga bila menggunakan air, maka kebakaran justru akan menjalar kemana-mana.

3. Kelas C

Kebakaran ini disebabkan oleh hubungan pendek arus listrik (konsleting). Untuk memadamkan, dapat menggunakan air, alat pemadam kebakaran, maupun racun api tepung kimia kering. Demi keamanan, sebaiknya mematikan sumber listrik terlebih dahulu sebelum memadamkan api.

4. Kelas D

Bahan yang terlibat di dalam kebakaran kelas D meliputi benda-benda berupa metal atau logam padat, seperti misalnya natrium, aluminium, kalium, magnesium, dan lain sebagainya.

Tahap-tahap kebakaran tersebut antara lain :

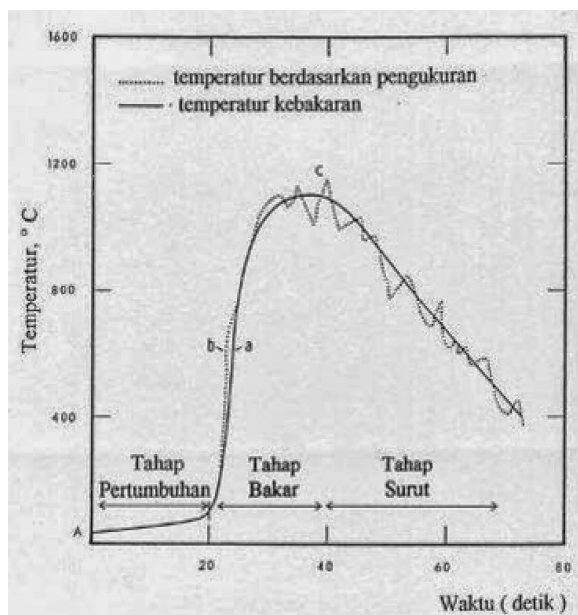
1. Tahap Kebakaran Muncul

- Reaksi 3 (tiga) unsur api (panas, oksigen dan bahan mudah terbakar).
- Dapat padam dengan sendirinya apa-

bila api tidak dapat mencapai tahap kebakaran selanjutnya.

- Menentukan tindakan pemadaman atau untuk menyelamatkan diri.
- #### 2. Tahap Kebakaran Tumbuh
- Api membakar bahan mudah terbakar sehingga panas meningkat.
 - Dapat terjadi flashover (ikut menyala-nya bahan mudah terbakar lain di sekitar api karena panas tinggi).
 - Berpotensi menimbulkan korban terjebak, terluka ataupun kematian bagi petugas pemadam.
- #### 3. Tahap Kebakaran Puncak
- Semua bahan mudah terbakar menyala secara keseluruhan.
 - Nyala api paling panas dan yang paling berbahaya bagi siapa saja yang terperangkap di dalamnya.
- #### 4. Tahap Kebakaran Reda (Padam)
- Tahap kebakaran yang memakan waktu paling lama di antara tahap-tahap kebakaran lainnya.
 - Penurunan kadar O₂ (oksigen) atau bahan mudah terbakar secara signifikan yang menyebabkan padamnya api (kebakaran).
 - Terdapatnya bahan mudah terbakar yang belum menyala berpotensi menimbulkan nyala api baru secara.
 - Berpotensi menimbulkan backdraft (ledakan yang terjadi akibat masuknya pasokan oksigen secara tiba-tiba dari kebakaran ruang tertutup yang dibuka mendadak saat kebakaran berlangsung).

Gambar di bawah mengilustrasikan tahap-tahap kebakaran dari muncul api sampai kebakaran reda (padam):



Gambar 1. Tahap-tahap Kebakaran

E. Tinjauan Sifat Beberapa Bahan Struktur Bangunan

Ketahanan struktur dan konstruksi dikelompokkan dalam tingkat kemudahan material tersebut terbakar (combustibility) dapat dilihat pada tabel -1 .

Tabel -1 Pengelompokan material terhadap sifat kemudahan terbakarnya

| No | Tingkat kemudahan terbakar | Sifat material |
|----|----------------------------|--|
| 1 | Non Combustible | Tidak mudah menyala, berpijar, atau hangus karena api atau temperatur tinggi |
| 2 | Low Combustible | Mudah menyala atau berpijar segera setelah api atau temperatur tinggi beraksi, tetapi tidak lagi menyala atau berpijar setelah sumber api atau panas dimatikan |
| 3 | Combustible | Cepat menyala dan terbakar setelah bersinggungan dengan api atau temperatur tinggi . |

Hal yang perlu diperhitungkan dalam pemi-

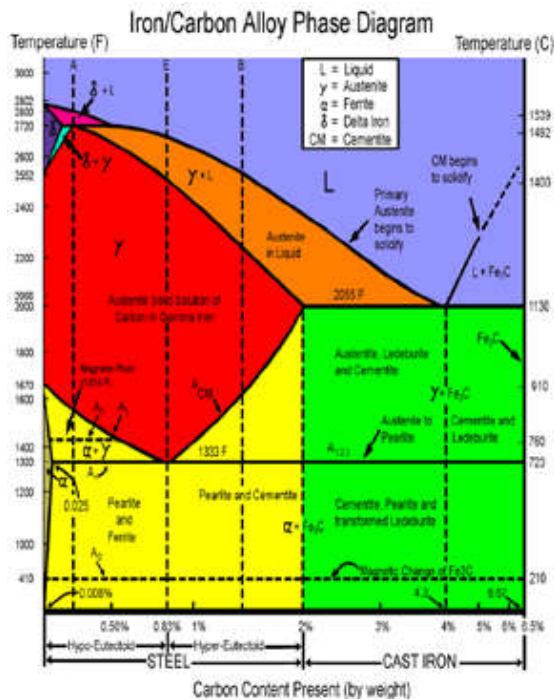
lian bahan struktur untuk mengurangi resiko kebakaran :

- Letak bahan tersebut pada konstruksi bangunan, Apakah material tersebut termasuk material struktur yang memikul beban atau bahan non struktural yang tidak memikul beban bangunan.
- Kekuatan bahan.
- Sifat bahan terhadap api. : Bagaimana sifat bahan, mudah, sulit atau sedang sedang saja bisa dijilat api dan terbakar
- Rambatan nyala api : Bagaimana jalan rambatan api dan kobaran api bila bahan sudah terbakar.
- Bagaimana bahan itu sendiri terhadap kenaikan suhu.
- Bagaimana pembentukan asap dan gas dari bahan bila terbakar.

1. Baja

Baja adalah besi yang mengandung karbon 0,02-2,11 %C yang dikelompokkan menjadi 3, yaitu baja karbon rendah (<0,2 %C), baja karbon sedang (0,2-0,5%C), baja karbon tinggi (0,5-2,11%C). Baja karbon rendah dan sedang banyak digunakan untuk struktur dan konstruksi bangunan adalah baja konstruksi. sifat mekaniknya baik. Kekuatan tarik kira kira 500 N/ mm². Tegangan leleh kira kira 250 N/ mm².

Baja konstruksi ini adalah campuran dari besi dan carbon dengan kadar yang rendah yaitu kecil dari 0,3 % C. Baja dikategorikan sebagai bahan yang non combustible yaitu tidak mudah menyala atau terbakar bila bersentuhan dengan api. Tetapi termasuk bahan penghantar panas yang baik sehingga sewaktu terjadi kebakaran cepat menyebarkan panas. Suhu kritis baja tanpa dibebani sekitar 1333°F atau 723°C Yaitu temperatur awal terjadi perubahan dari bentuk padat ke larutan padat. (lihat diagram fasa baja carbon dibawah).



Gambar 2. Diagram fasa besi-besi karbida

Pada suhu 723°C (1333°F) merupakan temperatur terendah baja untuk mengalami perubahan fasa dari γ ke $\alpha + Fe_3C$ atau disebut juga titik eutektoid. Pada temperatur ini juga disebut garis temperatur konstan yakni terjadinya perubahan fasa $\gamma + Fe_3C$ ke $\alpha + Fe_3C$. Oleh karena itu temperatur 723°C dinyatakan juga sebagai temperatur kritis baja. Jika baja dipanaskan mencapai temperatur 723°C atau lebih, terjadi perubahan fasa dari $\alpha + Fe_3C$ yang bersifat padat (solid) ke γ atau $\gamma + Fe_3C$ yang labil atau larutan padat (solid solution).

Perubahan sifat mekanik (kekuatan, kekerasan) turun drastis, panas yang mendekati temperatur 723°C (temperatur kritis) akan menurunkan sifat mekaniknya yang signifikan.

2. Ketahanan Material Baja Sebagai Struktur Bangunan Terhadap Kebakaran.

Struktur bangunan dapat diartikan sebagai rangka bangunan yang menahan beban ba-

ngunan, baik itu beban hidup ataupun beban mati. Selama kebakaran selain struktur akan menerima beban suhu yang tinggi juga tetap menerima beban bangunan. Akibat beban ini struktur yang lemah karena pemanasan dapat menyebabkan bangunan itu runtuh.

Baja diklasifikasikan sebagai bahan atau material yang non combustible, penghantar panas yang baik sehingga sewaktu kebakaran cepat menyebarkan panas. Bila nyala api sudah masuk dalam tahap awet baja dapat dengan mudah berubah bentuknya. Pada suhu yang tinggi, selama terjadi kebakaran struktur baja akan mengalami deformasi, kestabilan dan daya dukungnya akan hilang.

Bertambahnya temperatur struktur baja sampai tingkat tertentu dapat merubah sifat mekaniknya (modulus elastis dan tegangan leleh).

Tegangan leleh baja akan menurun bila temperatur bertambah. Penurunan kekuatan baja pada temperatur tinggi dapat dilihat dengan persamaan :

$$\sigma_1 = K\sigma_2$$

Dimana :

σ_1 = Kekuatan baja pada temperatur tinggi (temperatur tertentu)

K = Koefisien penurunan kekuatan pada temperatur tinggi (temperatur tertentu)

σ_2 = Kekuatan baja pada temperatur normal

Semakin tinggi suhu semakin berkurangnya kekuatannya. Pertambahan temperatur juga menurunkan modulus elastisitas baja (E). Hilangnya kestabilan batang akibat pemanasan disebabkan karena menurunnya modulus elastisitas. Karena pemanasan, tegangan baja akan menurun pada satu tingkat yang lebih cepat dari pada modulus elastis. Struktur yang menurun kapasitas muatannya akibat kekuat-

an menurun menyebabkan terjadinya deformasi struktur. Pemanasan dengan suhu tinggi yang terus berlanjut mengakibatkan kapasitas muatnya hilang. Pada suhu mendekati 723°C sifat mekaniknya turun drastis. Sifat mekanik turun secara signifikan. Ini bisa berakibat fatal, struktur bisa ambruk.

F. Perlindungan Struktur Baja Terhadap Kebakaran

Baja struktural dapat melebur dan meleleh dengan paparan suhu yang sangat tinggi yang dapat dihasilkan oleh api. Ketika komponen baja mencapai suhu 550° C, suhu di mana baja menunjukkan kelemahannya.

Untuk menghindari terjadinya keruntuhan pada struktur baja akibat kebakaran, diperlukan bahan proteksi yaitu *fireproofing*. *Fireproofing* adalah suatu bahan pelindung struktur bangunan agar tahan terhadap api (kebakaran) selama beberapa waktu. Ketahanan terhadap api ditentukan oleh ketebalan bahan yang diaplikasikan berdasarkan Fireratingnya (UL Standart dan British Standart).

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan kolom dan balok baja terhadap api yang dilindungi dengan *fireproofing*, mampu meningkatkan *fire resistance rating* diatas waktu yang disyaratkan, dengan ketebalan dibawah ketebalan minimum yang juga disyaratkan, serta temperatur yang terjadi dibawah temperatur kritis baja, baik untuk kolom maupun balok. Ketebalan material *fireproofing* sebagai bahan pelindung tahan api, sangat signifikan terhadap *fire resistance rating* pada baja struktural.

Dengan penambahan proteksi kebakaran secara pasif, rangka struktur baja dapat mempertahankan suhu yang lebih besar, oleh karena itu dapat memberikan tambahan keamanan.

Perlindungan kebakaran dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- non-reaktif, merupakan jenis yang paling umum yaitu papan dan semprotan
- reaktif, lapisan film *intumescent* tipis merupakan contoh yang paling umum

1. Metode Non-Reaktif

- Penyemprot

Bahan berdasarkan semen atau gipsum yang dikombinasikan dengan agregat ringan adalah bahan yang digunakan untuk menghasilkan pelapis dari semen atau gypsum yang disemprot.

Biaya sistem proteksi kebakaran ini sangat rendah dan memberikan tingkat perlindungan kebakaran sempurna hingga 4 jam.



Gambar 3. Sprayed cementitious or gypsum based coatings

Memiliki keuntungan yang dapat digunakan untuk menutupi bentuk dan detail yang kompleks dan juga tidak meningkatkan pembiayaan secara signifikan dengan peningkatan ketebalan perlindungan.

Semprotan tidak cocok untuk tujuan estetika, dan juga diaplikasikan yang sifatnya basah dan mungkin akan berdampak pada sisi operasi lainnya.

- Papan

Jenis sistem proteksi kebakaran seperti yang

ditunjukkan pada Gambar-4 sering digunakan karena beberapa alasan seperti, tampilan lebih bersih, hemat biaya, tahan air dan dapat diterapkan untuk struktur baja yang tidak memerlukan pengecatan.



Gambar 4. Boarded Fire Protection System Used for Structural Steel

Ketebalan papan tergantung pada jenis bahan yang digunakan untuk produksi papan dan ditentukan peringkat api yang diperlukan.

Papan dapat diproduksi dari berbagai jenis bahan seperti kalsium silikat, gipsum plester atau papan serat mineral dengan resin atau gipsum, dan mungkin mengandung pengisi ringan termasuk vermikulit.

Pada sistem proteksi ini, umumnya dibagi menjadi dua, yaitu : papan untuk beban berat dan beban ringan. Papan untuk beban berat digunakan untuk kasus di mana pandangan estetik menjadi perhatian utama karena selaras dengan sentuhan estetika.

Namun, papan jenis beban ringan cocok untuk kasus di mana penampilan estetika tidak penting karena tidak kompatibel dengan sentuhan dekoratif. Sistem proteksi kebakaran papan mampu menahan api selama maksimal

empat jam.

Sejauh menyangkut sistem perlindungan selimut, itu diterapkan untuk elemen baja yang tidak dapat dilindungi oleh sistem perlindungan kebakaran papan karena ketidakteraturan dalam bentuknya seperti anggota rangka.

- Pelapis beton

Beton termasuk dalam bahan yang non combustible artinya tidak mudah menyala bila bersinggungan dengan api. Beton juga bahan yang tidak menghantarkan panas sehingga lebih aman terhadap bahaya kebakaran. Tetapi pada suhu yang tinggi beton akan mengalami keretakan dan keropuhan.

Saat terjadi kebakaran kerusakan konstruksi beton bertulang akan dimulai dari beton yang terluar. Tingkat kerusakan dimulai dengan keretakan pada permukaan plester, kemudian berlanjut kepada selimut beton. Bila pemanasan terjadi sangat kuat maka terjadi pengelupasan pengelupasan, sehingga selimut beton mudah melepaskan diri dari batangan baja. Bila ini terjadi maka struktur baja akan telanjang dan kehilangan kekuatannya.

Penambahan ketebalan selimut beton dari 3 cm hingga 5 cm akan menambah batas pengelupasan sehingga lindungan terhadap baja akan bertambah.



Gambar 5. Concrete Fire Protection System Used for Structural Steel

Kelebihan utama dari beton adalah daya tahan. Hal ini cenderung untuk digunakan di mana ketahanan terhadap dampak kerusakan abrasi dan paparan sangatlah penting misalnya gudang, parkir bawah tanah dan struktur eksternal.

Kelemahan utama dari pelapis beton adalah biayanya jika dibandingkan dengan sistem yang lebih ringan, pemanfaatan ruang (ketebalan pelindung yang besar mengambil cukup banyak ruang disekitar kolom) dan beban.

2. Metode Reaktif

Lapisan tahan api intumescent adalah lapisan seperti cat yang diletakkan di bagian baja struktural. Intumescent dapat berupa beberapa bentuk; pada umumnya Intumescent adalah cat, meskipun Intumescent juga dapat berupa campuran dempul atau busa. Ketebalan akhir dari lapisan ini biasanya berkisar antara 0,03 inci sampai 0,50 inci. Lapisan ini dirancang untuk memberikan penyekat untuk baja

dalam kejadian kebakaran.

Lapisan intumescent ini bertujuan untuk memberikan penghalang isolasi antara api dan baja struktural. Penghalang isolasi diperlukan untuk memastikan kinerja struktural dari bagian baja pada suhu yang diperkirakan selama kebakaran benar-benar meluas. Lapisan Intumescent dapat memberikan perlindungan kebakaran hingga 120 menit.

Pelapis Intumescent dicat seperti bahan inert pada suhu rendah, tetapi dapat memberikan isolasi sebagai akibat dari reaksi kimia yang kompleks pada suhu sekitar 200-250°C. Pada suhu ini, sifat-sifat baja tidak akan terpengaruh. Sebagai hasil dari reaksi ini, maka akan terjadi pembengkakan dan memberikan lapisan dengan konduktivitas rendah.



Gambar 6. Intumescent Application Offsite



Gambar 7. Application of Intumescent Pain at Construction Site

Keuntungan dari jenis perlindungan ini yaitu, mengurangi berat berlebih dibandingkan dengan bahan lainnya, berbahan pasif dan mempunyai finishing yang baik, yang dapat ditingkatkan dengan penerapan film dekoratif.

Kelemahannya adalah biaya yang tinggi. Kurang lebih harganya sama dengan struktur baja.

Daftar Pustaka

B.J.M. Beumer, Ilmu Bahan Logam 3.

Howrd E. Boyer, Timothy L. Gall, Metals Handbook, ASM, 1995.

<https://theconstructor.org/structural-engg/fire-protection-systems-steel-structures/19615/>

Umiami, Sri, Ketahanan Material Baja Sebagai Struktur Bangunan Terhadap Kebakaran, 2008.

www.steelconstruction.info

G. KESIMPULAN

Baja termasuk bahan yang mempunyai sifat mekanik baik artinya kuat menahan beban, tetapi pada suhu yang tinggi sifat ini akan menurun.

Diperlukan penambahan proteksi kebakaran secara pasif pada rangka struktur baja dapat mempertahankan suhu yang lebih besar. Perlindungan kebakaran dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- non-reaktif : papan dan semprotan
- reaktif : lapisan film *intumescent* tipis

Terdapat beberapa pertimbangan dalam pemilihan *fireproofing* yang sesuai, diantaranya adalah :

- Biaya;
- Ketebalan dan fireproofing;
- Waktu yang diberikan dalam perlindungan kebakaran;
- Kemudahan instalasi;
- Kesesuaian dengan estetika.