

Teknosia



Jurnal Ilmiah Bidang Sains - Teknologi
Murni Disiplin dan Antar Disiplin

ISSN No. : 1978 - 8819

Vol. 1, No. 13, Tahun VIII, Maret 2014

- **Model Of Breakwater Structure, Port Of Bengkulu (Combined Structure Type)** 1
Oleh *Mawardi, Deka Syahputra, Besperi, Teknik Sipil UNIB*
- **Analisis Daya Dukung Tanah Pondasi Dangkal Untuk Lahan Pemukiman Di Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu** 11
Oleh *Muhammad Fauzi¹⁾, Mukhlis Islam²⁾, Agustiawati Ariani³⁾, Teknik Sipil UNIB*
- **Analisis Kekuatan Beton Pasca Bakar Dengan Metode Numerik** 21
Oleh *Yuzuar Afrizal , Teknik Sipil UNIB*
- **Analisa Pengaruh Jarak Celah Elektroda Busi Terhadap Performa Motor Bakar 4 Langkah Studi Kasus Pada Motor Bakar Honda GX-160** 29
Oleh *Agus Nuramal[1], Afdhal Kurniawan Mainil[2], Noprianyah[3]., Teknik Mesin UNIB*
- **Desain Tegangan Pada Jalur Pemipaan Gas Dengan Pendekatan Perangkat Lunak** 36
Oleh *Erinofiardi, Ahmad Fauzan Suryono, Arno Abdillah , Teknik Mesin UNIB*
- **Perancangan Dan Optimasi Alat Penanam Tanaman Biji-Bijian (Seed Planter) Dengan Metodologi Hatamura** 45
Oleh *Ahmad Fauzan Suryono, Teknik Mesin UNIB*
- **Sistem Kontrol Injeksi Tawas Otomatis Untuk Penjernih Air PDAM di Kota Bengkulu** 53
Oleh *Faisal Hadi [1], Bastian Riyadi Harahap [2] , Teknik Elektro UNIB*

Diterbitkan Oleh :

Fakultas Teknik - Universitas Bengkulu, Jalan Raya Kandang Limun Bengkulu 38123

Telp. : (0736) 21170, 344067 Fax. : (0736) 22105 E-mail: teknosia@yahoo.com

ANALISIS KEKUATAN BETON PASCABAKAR DENGAN METODE NUMERIK

Yuzuar Afrizal

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu
Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Bengkulu

Jl. Raya Kandang Limun, Bengkulu. Telp. (0736)21170
Email : yuzuar.afrizal@gmail.com

ABSTRACT

Peningkatan suhu yang terjadi pada suatu bangunan yang mengalami kebakaran akan mempengaruhi sifat-sifat beton dan mengurangi kuat tekan beton. Pada saat struktur mengalami kebakaran terjadi perambatan panas pada beton, mulai dari lapis luar merambat kebagian dalam beton seiring dengan lamanya waktu kebakaran. Atas dasar hal tersebut perlu diketahui perambatan panas pada beton dengan waktu dan suhu tertentu, sehingga bisa di prediksi suhu pada tiap lapisan beton. Dengan menggunakan metode numerik, beton dengan ketebalan selimut 3,75cm pada waktu 15 menit pertama terjadi perambatan panas sampai 93% dibanding suhu diluar beton yang 250°C. Berdasarkan data pengujian penelitian terdahulu, untuk beton dengan panas yang dihasilkan pada analisa numerik ini bisa di prediksi nilai kuat tekan yang tersisisa pada beton. Dengan menggunakan beton normal f'c 24,5 MPa dan suhu 250°C, 350°C, 450°C, 550°C dengan lama pemanasan 15 menit pertama dan pada titik node 3,75cm memiliki kuat tekan 17,3 MPa , 15,1 MPa 13,7 MPa dan 11,11MPa

Key words: suhu beton, perambatan panas, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam suatu pekerjaan atau konstruksi tidak lepas dari bencana, diantaranya bencana kebakaran. Kebakaran terjadi hampir disemua jenis bangunan, mulai dari rumah hunian sampai bangunan gedung bertingkat banyak. Ditinjau dari jenis bangunan yang terbakar maka bangunan tempat tinggal menempati urutan pertama dengan jumlah kejadian 62 %, bangunan industri 15 %, pertokoan 11 %, perkantoran 7 %. Pengaruh panas (temperatur) pada saat konstruksi mengalami kebakaran dapat

menyebabkan penurunan kuat tekan beton. Kerusakan pada beton dapat terjadi akibat perbedaan angka muai antara agregat dan pasta semen yang menyebabkan lekatan antar batuan menjadi berkurang. Pada saat ini pasta semen mengalami penyusutan sedangkan batuan akan mengembang sehingga menimbulkan retak pada beton dan akhirnya mengakibatkan kualitas beton menurun (Mulyono, T 2003:91). Akibat menurunnya kualitas beton akan berpengaruh terhadap kestabilan struktur bangunan tersebut secara menyeluruh.

Penurunan kualitas beton saat kebakaran tidak hanya ditentukan oleh

temperature saat kebakaran, namun durasi waktu kebakaran. Dengan meningkatnya durasi kebakaran, akan mempengaruhi proses penghantaran panas dari permukaan beton menuju bagian dalam beton. Pengaruh temperatur diukur, baik sifat fisik maupun sifat mekanik, dan dianalisis dengan menggunakan analisis statistik deskriptif. Para peneliti mulai meneliti dengan membuat benda uji beton yang kemudian dibakar langsung atau dibakar dalam oven atau tungku. Setelah itu, dilakukan pengujian pada benda uji berupa kuat tekan, kuat lentur, dan modulus elastisitas. Semua penelitian yang dilakukan merupakan usaha untuk menaksir kekuatan sisa suatu bangunan yang telah terbakar.

Secara garis besar masalah yang sudah banyak diteliti sebelumnya untuk mengetahui pengaruh temperatur pada kuat tekan beton setelah terbakar dengan memberikan peningkatan temperature dengan interval tertentu. Pada penelitian ini akan mencoba menganalisa menggunakan pendekatan numerik peningkatan suhu pada beton dengan memperhitungkan durasi kebakaran yang kemudian akan dibandingkan dengan penelitian-penelitian yang lain.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkiraan suhu pada beton dengan variasi lamanya pemanasan.. Sehingga dengan diketahuinya durasi

kebakaran dan suhu dari suatu peristiwa kebakaran dapat diperkirakan kekuatan beton dari bangunan setelah kebakaran.

1.3. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat menggambarkan peningkatan suhu yang terjadi pada beton, mulai dari permukaan sampai merambat ke bagian dalam beton. Perambatan ini dengan suhu dan rentang waktu tertentu dapat dijadikan acuan dalam penilaian kelayakan suatu struktur pasca bakar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengaruh Temperatur Pada Beton

Neville (1975), mengemukakan bahwa ada tiga sifat yang mempengaruhi beton bila dipanasi yaitu : koefisien muai panas, jenis panas dan daya hantar panas. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya penurunan kuat tekan beton jika terjadi kenaikan temperatur pada beton dengan agregat batu kapur dan batu silika.

Pada saat suhu pembakaran, keadaan panas yang diterima beton mulai dari permukaan kemudian merambat ke bagian dalam beton. Pada penelitian sebelumnya mengabaikan perambatan panas pada beton dengan alasan beton beton merupakan penghantar panas yang jelek dan menganggap bagian dalam beton masih dingin. Namun disini peneliti akan memperhitungkan perambatan panas pada beton walaupun daya hantar panas

nya rendah, dengan alasan kegagalan suatu struktur tidak hanya diukur dari kegagalan betonnya saja. Dengan menganggap hanya terjadi retak-retak pada permukaan beton saja dan bagian dalam masih dingin. Kenyataannya kegagalan tidak harus mencapai kehancuran pada inti beton, namun dengan setebal selimut beton saja sudah cukup untuk mempengaruhi kualitas dari beton. Hal ini dikarenakan dengan ketebalan selimut beton, ada tulangan yang rentan terhadap temperature panas. Beton yang terkena suhu pembakaran / beton yang terbakar, sebenarnya pada suhu 200°C biasanya struktur beton belum akan terpengaruh, meskipun secara teoritis pada suhu 100°C air yang terkandung dalam pori sudah menguap. Tetapi berhubung air tersebut terjebak di antara pori, maka air tersebut baru akan habis menguap pada suhu 200°C. Pada suhu antara 200°C - 600°C air dalam pori sudah menguap seluruhnya dan meninggalkan pori-pori kosong yang akan mengurangi kuat tekan beton. Meskipun demikian penurunan kuat tekan beton pada fase ini relatif sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Selama pemanasan akan terjadi penguapan air yang terdapat pada poripori sehingga tekanan uap pada pori beton akan meningkat dan mengakibatkan terjadi *explosive spalling* yang menyebabkan sebagian segmen beton terlepas dari permukaan beton. Sedangkan pada suhu

700°C - 900°C akan terjadi perubahan senyawa, yaitu CaCO₃ akan berubah menjadi CaO dan CO₂ yang akan mengakibatkan *crack* pada beton sehingga kuat tekannya akan menurun secara signifikan (Sudarmoko, 2000:1). Tjokrodinuljo (2000) mengatakan bahwa beton pada dasarnya tidak diharapkan mampu menahan panas sampai di atas 250°C. Akibat panas, beton akan mengalami retak, terkelupas (*spalling*), dan kehilangan kekuatan. Kehilangan kekuatan terjadi karena perubahan komposisi kimia secara bertahap pada pasta semennya.

Tabel 1. Perubahan Warna dan Kondisi Beton Sesuai Perubahan Suhu

suhu	Warna Beton	Kondisi
0-300°C	Normal	Tidak mengalami penurunan kekuatan
300°C-600°C	Merah jambu	Mengalami penurunan kekuatan
600°C-900°C	Putih keabu-abuan	Tidak mempunyai kekuatan lagi
>900°C	Kuning muda	Tidak mempunyai kekuatan lagi

Sumber: Adang Surahman, 1998

Saat terjadinya kebakaran pada suatu struktur bangunan, mengakibatkan adanya kerusakan-kerusakan pada beton. Kerusakan-kerusakan tersebut antara lain:

1. Keretakan (*cracking*)

Sedangkan jenis kerusakan yang sering terjadi pada struktur beton akibat kebakaran antara lain :

- a. Retak ringan, yakni pecah pada bagian luar beton yang berupa

garis-garis yang sempit dan tidak terlalu panjang dengan pola menyebar. Retak ini disebabkan oleh proses penyusutan beton pada saat terjadi kebakaran.

b. Retak berat, yakni ukuran retak lebih dalam dan lebar, terjadi secara tunggal atau kelompok (Triwiyono, 2000:2).

2. *Spalling* (pengelupasan) Spalling dapat diartikan tertekan dengan penampakan bagian permukaan beton yang keluar/lepas/terpisah.

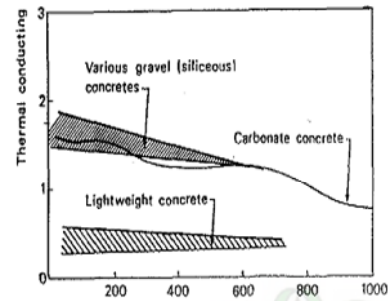
a. Beton keropos dan kualitas beton buruk

b. Suhu tinggi akibat kebakaran (Munaf & Siahaan, 2003:14)

3. Voids Lubang-lubang yang cukup dalam atau keropos yang biasanya disebabkan oleh pemadatan saat pelaksanaan yang kurang baik dimana mortar tidak dapat mengisi rongga-rongga antar agregat.

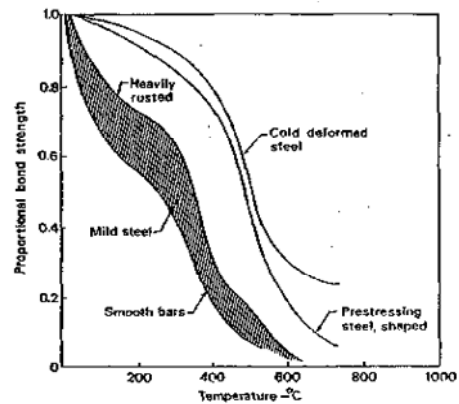
2.2. Penyaluran Panas Pada Beton

Pada saat terjadi kebakaran, terjadi peningkatan suhu pada bangunan yang mengalami kebakaran. Hal ini tentunya terjadi peningkatan suhu pada beton yang merambat mulai dari bagian terluar dan seiring berjalannya durasi kebakaran suhu akan merambat ke bagian dalam beton.



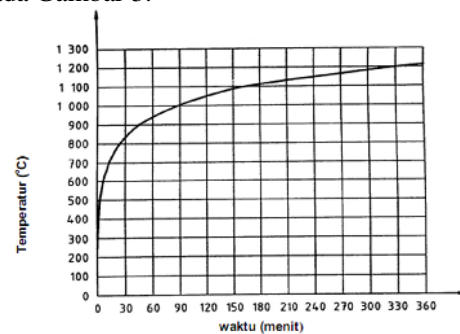
Gambar 1. Pengaruh suhu terhadap daya hantar panas beton

Begitu juga yang terjadi pada material tulangan baja yang mengalami perambatan panas dan akhirnya terjadi pengurangan kuat tarik baja tulangan.



Gambar 2. Daya lekat besi tulangan pada suhu tinggi

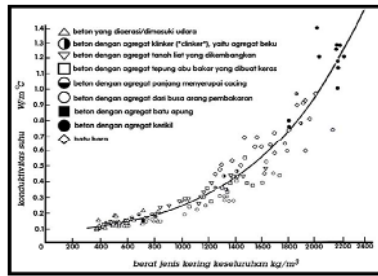
Adapun perambatan panas yang terjadi pada beton dengan temperature standar dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva waktu temperature standar

Sumber: SNI 1741:2008

Sedangkan daya hantar panas yang dimiliki oleh berbagai jenis beton terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara kepadatan dan konduktivitas panas

2.3. Diferensial Parsial

Persamaan Diferensial dapat digunakan untuk memprediksi suhu pada setiap elemen beton yang dibagi pada jarak tertentu dan akan dilihat peningkatan suhunya seiring dengan berjalannya waktu pemanasan atau lamanya kebakaran. Persamaan Diferensial tersebut dikenal juga dengan sebutan Skema Eksplisist.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (1)$$

Dengan:

- T = temperature
- K = koefisien konduktivitas
- t = waktu
- x = jarak

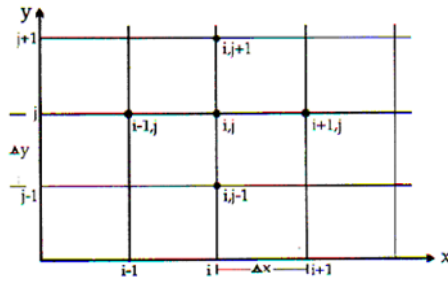
rumus tersebut dapat juga ditulis dalam bentuk:

$$T_i^{n+1} = T_i^n + K \frac{\Delta t}{\Delta x^2} (T_{i-1}^n - 2T_i^n + T_{i+1}^n) \quad (2)$$

2.4. Diferensial Dengan Beda Hingga

Dalam hal ini benda uji dengan bidang x-y dapat dibagi dalam sejumlah pias sebesar Δx dan Δy . Dengan menggunakan jaringan titik seperti pada

Gambar 5, semua diferensial dapat ditulis pada titik hitungan (i, j)



Gambar 5. Skema Eksplisist

Bentuk diferensial dapat didekati dengan:

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x \partial y} \approx \frac{\phi_{i+1, j+1} - \phi_{i-1, j+1} - \phi_{i+1, j-1} + \phi_{i-1, j-1}}{4\Delta x \Delta y} \quad (3)$$

2.5. Kuat Tekan Beton

Perhitungan kuat tekan adalah dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (4)$$

Dengan:

- $f'c$ = kuat tekan (kg/cm²)
- A = luas penampang benda uji (cm²)
- P = beban (kg)

Nilai prosentase penurunan kekuatan beton yang mengalami perubahan temperature dinyatakan dengan:

$$f'c = \frac{f'c_i - f'c_x}{f'c_i} \times 100\% \quad (5)$$

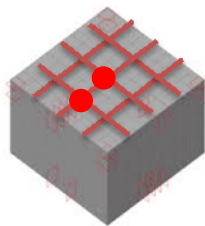
Dimana:

- $f'c$ = perubahan kekuatan beton (%)
- $f'c_i$ = kekuatan hancur beton pada suhu normal / 25°C (Mpa)
- $f'c_x$ = kekuatan hancur beton pada suhu yang ditinjau (Mpa)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data penelitian terdahulu yang melakukan pengujian kuat tekan pada beton yang sebelumnya dibakar pada tungku pembakaran dengan suhu tertentu. Dari data penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai data pada penelitian ini, yang akan diteliti dengan analisa numerik untuk mengetahui perambatan panas pada beton yang dipanaskan pada suhu tertentu dengan periode waktu tertentu.

Analisa numerik dilakukan pada beton kubus berukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm yang dikondisikan dipanaskan pada suhu tertentu dan waktu tertentu. Pada kubus tersebut dibuat pembagian elemen dengan sejumlah pias dengan jarak $\Delta x = 3,75$ cm yang kemudian pada koordinat tersebut merupakan dua titik node yang akan diteliti perambatan suhu yang terjadi pada beton.



Gambar 6. Pembagian titik Node pada Beton

Suhu pemanasan akan divariasikan dengan dua variasi waktu dan akan dilihat pengaruh perambatan panas pada kedua titik node.

Setelah didapat prediksi suhu pada titik node tersebut kemudian akan dilakukan pengolahan data secara numerik dengan menggunakan interpolasi untuk memprediksi kuat tekan yang tersisa. Sejalan dengan waktu yang ditentukan, panas mulai merambat ke bagian dalam beton dan mulai menggerogoti mutu beton. Pada struktur beton bertulang, berkurangnya mutu beton sedalam selimut beton sudah cukup untuk mempengaruhi struktur beton bertulang tersebut. Selain itu, waktu yang dibutuhkan perambatan untuk mencapai lapisan setebal selimut beton sangat mempengaruhi kualitas struktur beton setelah terbakar.

4. PEMBAHASAN

4.1. Kuat Tekan Beton

Data hasil pengujian kuat tekan beton setelah dipanaskan pada suhu tertentu selama 30 menit (Ahmad, I, 2009)

Tabel 2. Hasil Uji Kuat Tekan Terdahulu

Normal	250°C	350°C	450°C	550°C
245.58	159.43	147.35	130.36	95.78

4.2. Perambatan Suhu Pada Beton

Dua titik node yang akan diperiksa suhunya pada benda uji beton memiliki jarak $\Delta x = \Delta y$ sebagai berikut:

Tabel 3. Koordinat node

Node	X (cm)	Y (cm)
1	3,75	3,75
2	7,5	7,5

Daya hantar panas untuk beton bertulang didapat nilai koefisien

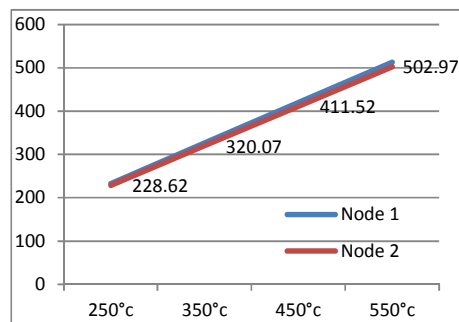
konduktivitas: $K = 1,7$ yang kemudian diolah dengan menggunakan Skema Eksplisit menghasilkan suhu beton seperti Tabel 4.

Tabel 4. Suhu Beton Saat Kebakaran

Node	250°C	350°C	450°C	550°C
1	233.0	326.6	419.9	513.1
2	228.6	320.1	411.5	502.9
Rata-rata	230.8	323.3	415.7	508.1

Suhu hasil analisa merupakan suhu pada waktu 15 menit pertama pada suhu tersebut, suhu yang terjadi pada node 1 mendekati 93% dari suhu diluar benda uji. Hal ini menunjukkan pada saat terjadi kebakaran atau pembakaran pada tungku pemanasan tidak memerlukan waktu yang panjang dalam perambatan panas beton. Sementara pada pengujian terdahulu dilakukan pemanasan beton dengan suhu tetap dan dengan variasi waktu mulai dari 30 menit samapi 3 jam.

Jika kita liat kasus pada balok beton dengan selimut 4 cm – 5 cm, maka panas sudah mulai merambat sampai tulangan pada waktu 15 menit pertama dan terus meningkat seiring



Gambar 7. Perambatan Panas Pada Beton

4.3 Kuat Tekan Beton

Setelah diketahui suhu pada beton, maka kita dapat memprediksi kuat tekan yang tersisa pada beton dengan menggunakan interpolasi dari pengujian sebelumnya. Kuat tekan yang tersisa disajikan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 5. Kuat Tekan Beton

Suhu (°C)	Hasil Pengujian f _c (MPa)	Suhu Pada Node (°C)		Kuat Tekan Pada Node Numerik, f _c (MPa)	
		N 1	N 2	N 1	N 2
200	21.1	N 1	N 2	N 1	N 2
		233.1	228.6	17.3	17.7
250	15.9				
		326.6	320.1	15.1	15.1
350	14.7				
		419.9	411.5	13.7	13.8
450	13.1				
		513.1	502.9	11.1	11.1
550	9.7				

Tabel 6. Pengurangan Kekuatan terhadap Beton Normal (%)

	250°C	350°C	450°C	550°C
Node 1	29.39	38.53	43.96	54.61
Node 2	27.76	38.04	43.31	54.53
Rata2 (%)	28.57	38.29	43.63	54.57

5. PENUTUP

Dari hasil analisa yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Terjadi perambatan panas pada beton pada waktu 15 menit pertama, mampu mencapai 93% pada lapis pertama sedalam 3,75 cm jika disbanding suhu diluar beton
2. Terjadi perubahan sifat beton akibat suhu pada beton yang berdampak pada kekuatan beton
3. Kehilangan kekuatan beton yang terus meningkat dengan

meningkatnya suhu pada beton yaitu mencapai 50% pada suhu 550°

4. Pada kondisi struktur gedung yang terbakar, dibutuhkan waktu kurang dari 30 menit untuk merusak mutu beton setebal selimut beton

Daftar Pustaka

- [1].Ahmad, I, dkk, 2009, **Analisis Pengaruh Temperatur Terhadap Kuat Tekan Beton**, Fakultas Teknik ,UNM
- [2].Mulyono, Tri, 2003, **Teknologi Beton**, Fakultas Teknik Universitas Negri Jakarta
- [3].Munaf dan Siahaan, 2003, **Diagnosa dan Perbaikan Untuk Peningkatan Kinerja Struktur Beton**. Concrete Repair & Maintenance
- [4].Neville, A. M., 1975, **Properties of Concrete**, The English Language Book Society & Pitman Publishing, London.
- [5].SNI 1741, 2008, **Cara Uji Komponen Struktur Bangunan untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung**, BSN
- [6].Surahman, A., 1998, **Evaluasi Bangunan yang Mengalami Kebakaran**, Majalah Konstruksi, Desember, Jakarta.
- [7]. Tjokrodinuljo, K, 2000, **Pengujian Mekanik Laboratorium Beton Pasca Bakar**, Nafiri, Yogyakarta
- [8].Triatmojo, B, 2002, **Metode Numerik**, Beta Offset, Yogyakarta
- [9].Triwiyono, A, 2000, **Kerusakan Struktur Gedung Pasca Kebakaran**. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta