

PERUBAHAN PERILAKU MEKANIS BETON AKIBAT TEMPERATUR TINGGI¹

Trisni Bayuasri², Himawan Indarto³, Antonius⁴

ABSTRACT

Fire resistance of concrete as building material is better than other material. It is caused by the thermal conductivity of concrete is low. However, concrete still has limitation. When the concrete is experienced to the height temperature for a long of time, it will be damage. The degree of damage is depended on various factor, such as the degree of temperature, duration of fired, or the concrete quality.

This research is assumed to find out the change of concrete strength and modulus elasticity of the concrete after fired at various temperature and duration. Two different concrete strength, K225 and K350, are tested in this research. Both are fired at the temperature of 300 °C, 600 °C, and 900 °C at the duration of 3 hours, 5 hours, and 7 hours.

Result of this research indicated that the behaviour strength of concrete and modulus elasticity of concrete after fired is equal, that is decreasing. The degree of degradation is influenced by temperature achieved and duration. The higher the temperatur are the longer the duration, the rest of the strength tend to be smaller. For example, the fired at temperature 300 °C during 3 hours, the rest of the srength concrete $\pm 71,8 \%$, and for duration 9 hours become $\pm 60,04\%$. The change of the strength of concrete and also modulus elasticity of concrete for different concrete quality are different although they are burned at the same temperature and duration. For example at temperature 600 °C for 5 hours duration, strength of concrete K225 of the rest strength $\pm 36,40\%$, while K350 of the rest strength $\pm 24,46 \%$.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Material beton relatif lebih tahan terhadap temperatur tinggi akibat kebakaran dibandingkan struktur baja ataupun kayu yang tidak diproteksi secara khusus. Salah satu kelebihan struktur beton terlihat pada saat mengalami kebakaran adalah keruntuhannya tidak terjadi secara tiba-tiba.

Bila dalam tahap pembangunan suatu bangunan sipil (dalam hal ini ditinjau dari betonnya) ditemukan kecurigaan bahwa mutu

betonnya kemungkinan tidak memenuhi persyaratan paska kebakaran (perubahan temperatur yang ekstrem), maka perlu dilakukan pemeriksaan untuk mengetahui tingkat degradasi mutu betonnya (seberapa besar mempengaruhi beton).

Tujuan Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat mengetahui hubungan antara suhu, waktu/lama beton yang terbakar untuk beton mutu normal. Dengan adanya 2 kuat tekan beton yang digunakan, maka dapat diketahui perbedaan

¹ PILAR Volume 15, Nomor 2, September 2006 : halaman 117 – 126

^{2,3,4} Magister Teknik Sipil Universitas Dponegoro
Jl. Hayam Wuruk Semarang

antara kuat tekan beton tersebut terhadap pengaruh temperatur tinggi. Sehingga dengan adanya data waktu dan suhu dari suatu kebakaran bangunan sipil, dapat diperkirakan tingkat kelayakan penggunaan dari beton yang telah terbakar.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menggambarkan perilaku mengenai pengaruh kebakaran beton terhadap perilaku mekanisnya. Perilaku yang terjadi dapat digunakan sebagai acuan apabila ada struktur bangunan beton yang terbakar dalam rentang suhu sampai dengan 900°C atau bahkan lebih dan dengan rentang waktu sampai 7 jam atau lebih.

Ruang lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian terbatas pada :

1. Beton yang diolah, dicetak dan dirawat pada umur 28 hari
2. Material yang digunakan :
 - a. Semen portland
 - b. Pasir muntlan
 - c. Batu pecah
 - d. Air di laboratorium
3. Mutu beton yang akan digunakan K225 dan K350
4. Suhu yang akan digunakan 300°C, 600°C, 900°C
5. Waktu pembakaran beton yang akan digunakan 3 jam, 5 jam, dan 7 jam

Sasaran Penelitian

Pada penelitian ini selain untuk mengetahui perubahan kuat tekan dan modulus elastisitas beton akibat perubahan suhu yang tinggi juga untuk mengetahui faktor lamanya pembakaran dan macam kuat tekan beton yang digunakan, sehingga bisa diketahui tingkat kerusakannya tanpa melakukan pengujian di laboratorium.

TINJAUAN PUSTAKA

Perilaku Beton Terhadap Api

Beton merupakan material bangunan yang memiliki tahanan terhadap api / panas yang unggul dibandingkan jenis material lain, seperti kayu atau baja. Hal ini disebabkan karena beton merupakan penghantar panas yang lemah (*low thermal conductivity*) , sehingga dapat membatasi kedalaman penetrasi panas. Selain keunggulan tersebut beton juga relatif mudah untuk diperbaiki. Oleh karena itu perlu adanya rekayasa forensik untuk mengetahui dan mempelajari mekanisme penyebab terjadinya suatu kegagalan struktur. Melalui pelajaran yang dapat diambil dari kejadian tersebut, juga dimanfaatkan sebagai informasi yang berharga untuk pengambilan keputusan di masa mendatang. (Soemardi, dan Munaf,1998)

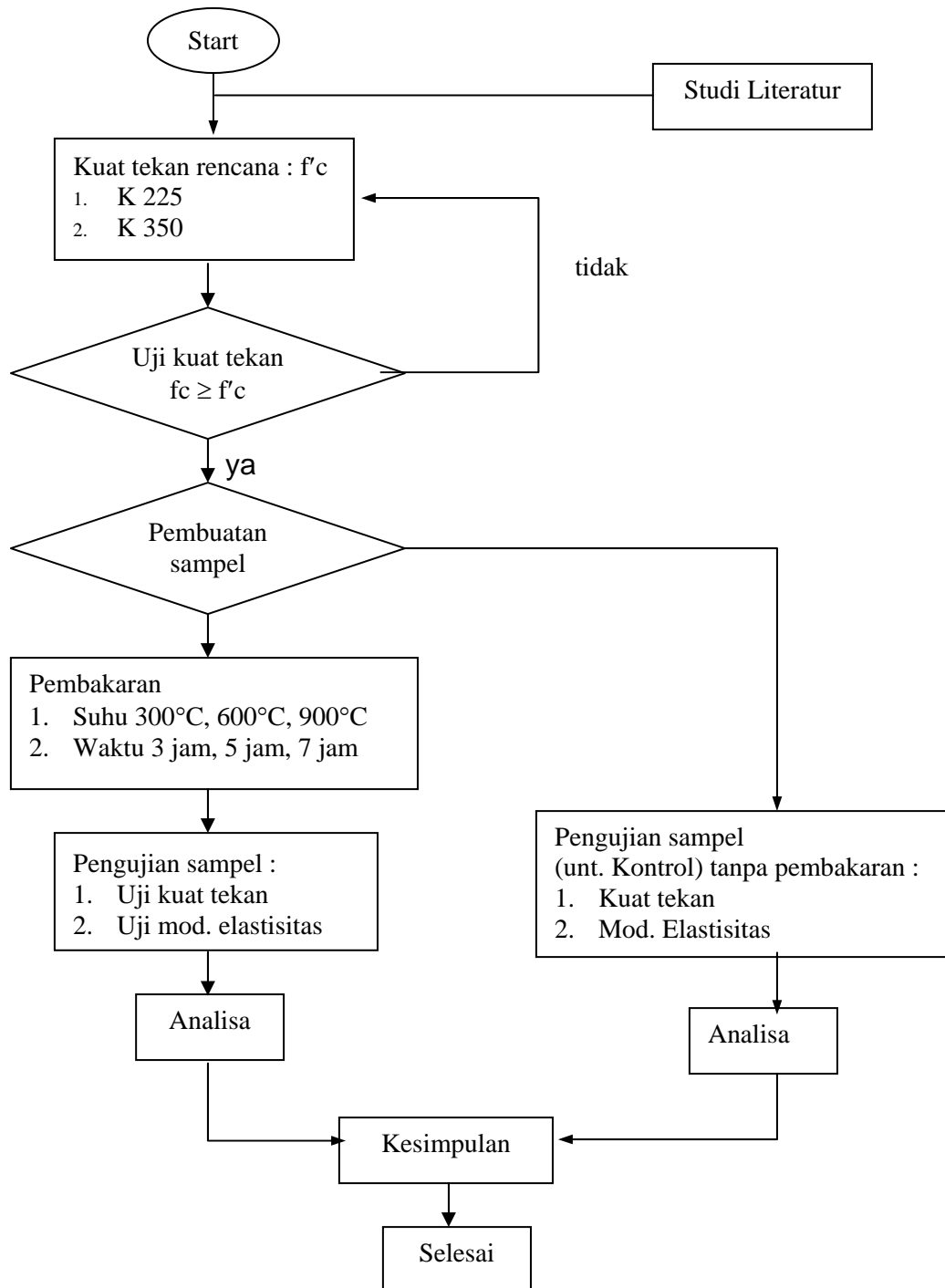
Sifat Termal Agregat

Sifat termal agregat mempengaruhi keawetan dan kualitas lain dari betonnya. Sifat-sifat utama sifat termal agregat yaitu:

(Tjokrodimulyo,1996)

- (1) Koefisien muai
- (2) Panas jenis
- (3) Penghantar panas

METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

Hasil Mix Desain

Pada penelitian ini direncanakan beton dengan kuat tekan K 225 dan K 350. Tabel 1. merupakan hasil dari mix desain.

Tabel 1. Hasil Mix Desain

Mix Desain	Slump (cm)	Faktor Air Semen	Kuat Tekan (MPa)	Modulus Elastisita (MPa)
K 225	11,5	0,67	21,6	21.842,60
K 350	12	0,54	32,96	26.986,77

Pada tabel 2. memperlihatkan prosentase kekuatan sisa akibat pembakaran beton. Pada suhu 300°C kuat tekan beton mengalami penurunan berkisar 36%, pada suhu 600°C berkisar 37% pada waktu 3 jam untuk kuat tekan beton 21,6 MPa.

Pada tabel 3. memperlihatkan prosentase kekuatan sisa modulus elastisitas beton akibat pembakaran beton. Pada suhu 300°C waktu 3 jam untuk kuat tekan beton 21,6 MPa kekuatan sisa modulus elastisitas beton berkisar 82,85. Tampak bahwa pada saat beton terbakar pada suhu 900°C nilai modulus elastisitas beton mengalami penurunan yang sangat tajam.

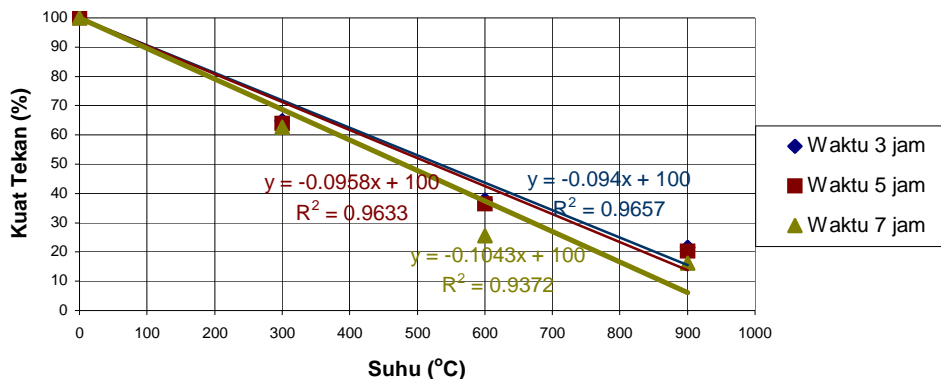
Tabel 2. Prosentase Kekuatan Sisa

Waktu	Suhu					
	300°C		600°C		900°C	
	21,6 MPa	32,96MPa	21,6 Mpa	32,96MPa	21,6 Mpa	32,96MPa
3 jam	64,92%	65%	37,70%	31,55%	21,64%	18,03%
5 jam	63,93%	64,38%	36,40%	24,46%	20,33%	16,74%
7 jam	62,60%	63%	25,57%	19,96%	16,06%	14,16%

Tabel 3. Prosentase Kekuatan Sisa Modulus Elastisitas

Waktu	Suhu					
	300°C		600°C		900°C	
	21,6 MPa	32,96MPa	21,6 Mpa	32,96MPa	21,6 Mpa	32,96MPa
3 jam	82,85%	82,14%	42,95%	35,10%	23,26%	15,10%
5 jam	81,98%	81,40%	42,79%	30,26%	21,62%	14,77%
7 jam	81,27%	80,03%	40,75%	29,58%	19,59%	11,64%

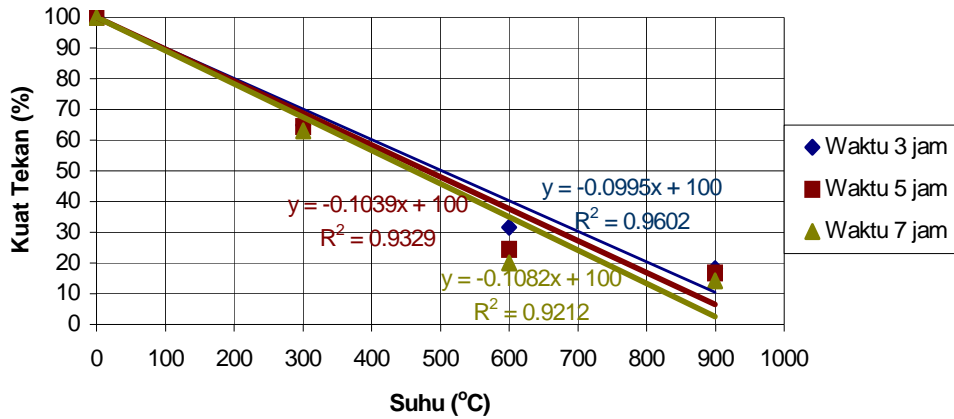
Pengaruh Perubahan Suhu



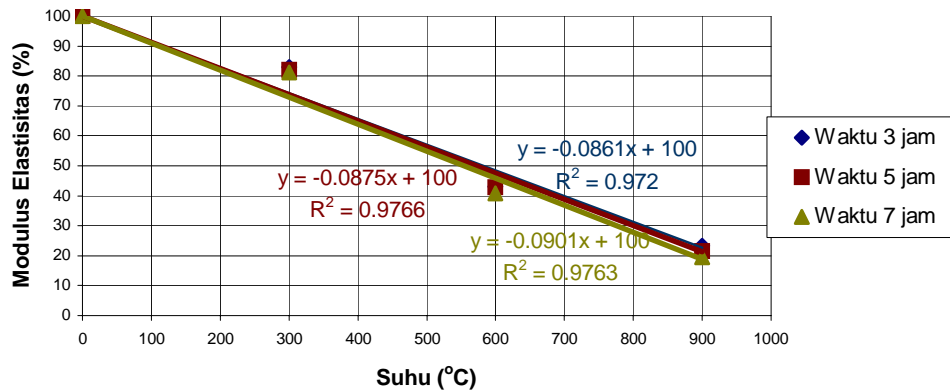
Gambar 2. Hasil Regresi Perubahan Kuat Tekan 21,6 Mpa

Pada hasil trendline gambar 2. yaitu kuat tekan beton untuk lama waktu 3 jam dan 5 jam penurunannya seiring sehingga tampak menempel. Pada lama waktu 7 jam penurunan kuat tekan beton tampak berbeda dari lama

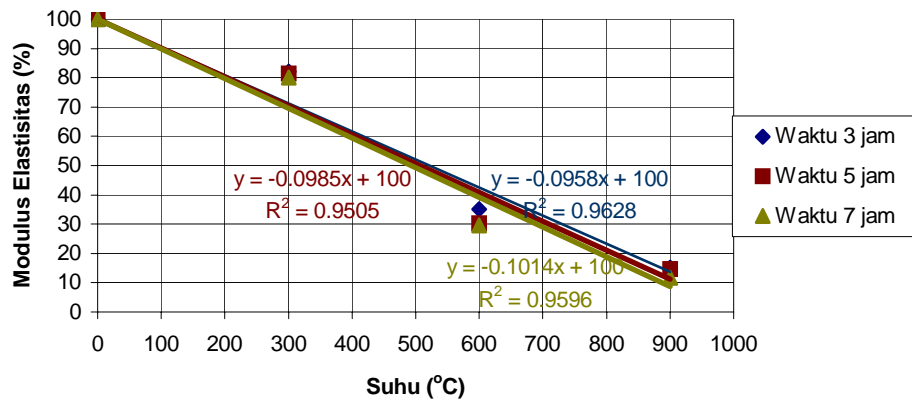
waktu yang lain. Dari sini dapat disimpulkan bahwa hasil asli penurunan kuat tekan beton dengan hasil regresi sebenarnya tidak jauh berbeda, hanya saja hasil regresi penurunannya lebih *smooth*.



Gambar 3. Hasil Regresi Perubahan Kuat Tekan 32,96 Mpa



Gambar 4. Hasil Regresi Perubahan Modulus Elastisitas Beton Pada Kuat Tekan Beton 21,6 Mpa



Gambar 5. Hasil Regresi Perubahan Modulus Elastisitas Beton Pada Kuat Tekan Beton 32,96 Mpa

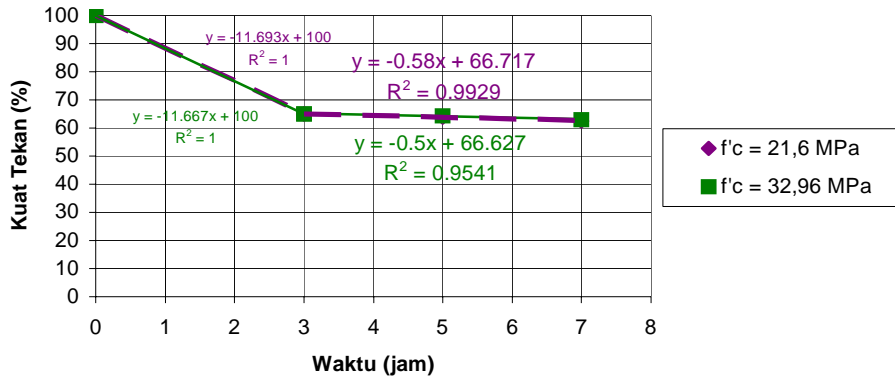
Pada gambar 3. hasil regresinya menunjukkan garis trennya tidak saling berhimpit, tetapi tetap arahnya sejajar.

Hasil regresi yang ditunjukkan pada gambar 4., yaitu karena tiap titik menempel maka hasil dari regresinya pun juga demikian. Garis

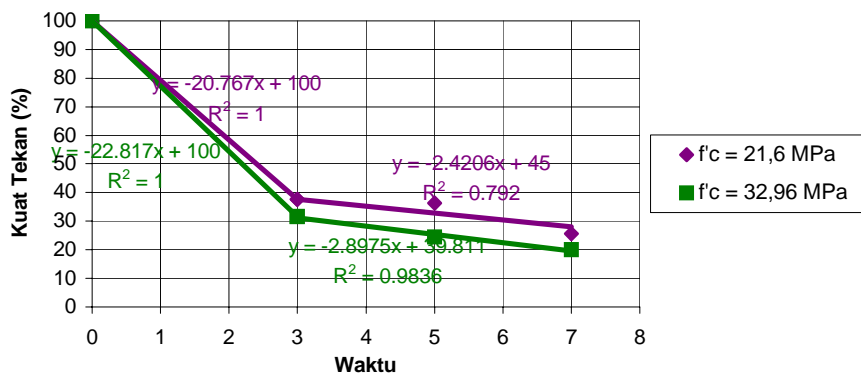
trennya tampak sejajar dan berhimpit tetapi masih dapat dibedakan satu dengan yang lain.

Hasil regresi yang ditunjukkan pada gambar 5. juga mirip dengan gambar 4. dimana garis trennya sejajar dan hampir menempel.

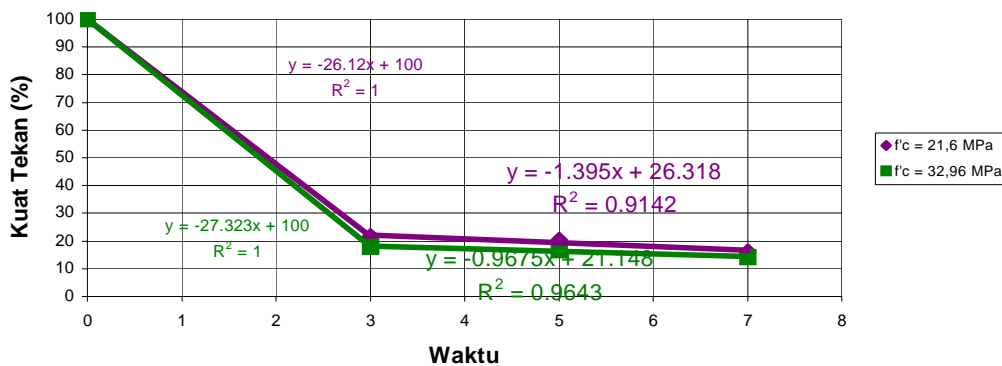
b. Pengaruh Lamanya Pembakaran



Gambar 6. Hasil Regresi Perubahan Kuat tekan Beton pada suhu 300°C



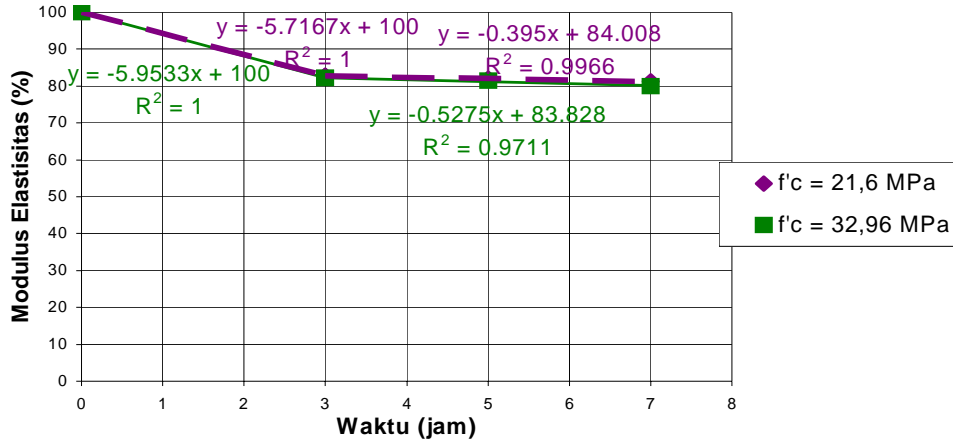
Gambar 7. Hasil Regresi Perubahan Kuat tekan Beton pada suhu 600°C



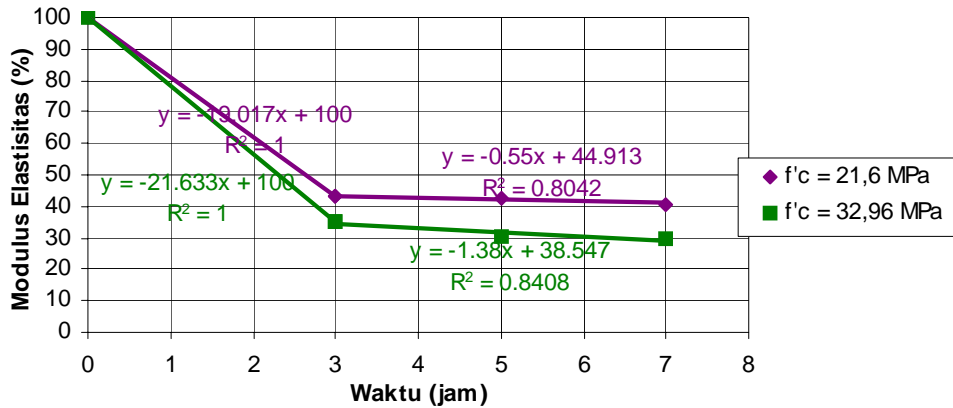
Gambar 8. Hasil Regresi Perubahan Kuat tekan Beton pada suhu 900°C

Pada gambar 6, 7, dan 8 ini garis tren yang dihasilkan pada saat mencapai waktu 3 jam semakin bertambah suhu penurunannya pun

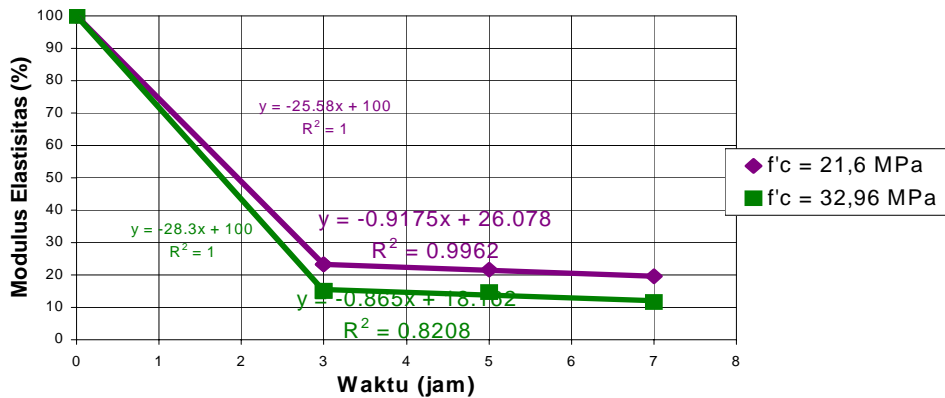
juga semakin tajam, sehingga beton yang dihasilkan pada pembakaran 900°C sebelum 7 jam sudah tidak memiliki kekuatan.



Gambar 9. Hasil Regresi Perubahan Modulus Elastisitas Beton pada suhu 300°C



Gambar 10. Hasil Regresi Perubahan Modulus Elastisitas Beton pada suhu 600°C

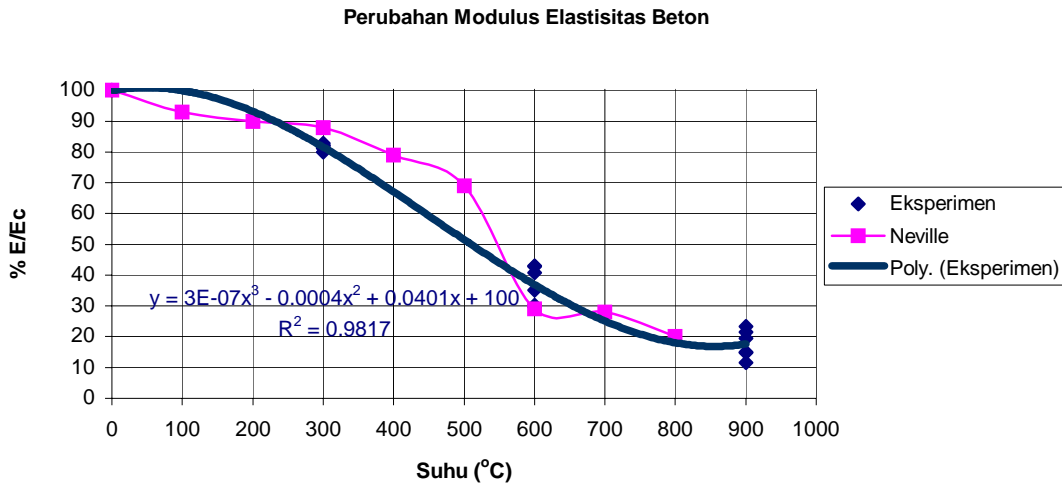


Gambar 11. Hasil Regresi Perubahan Modulus Elastisitas Beton pada suhu 900°C

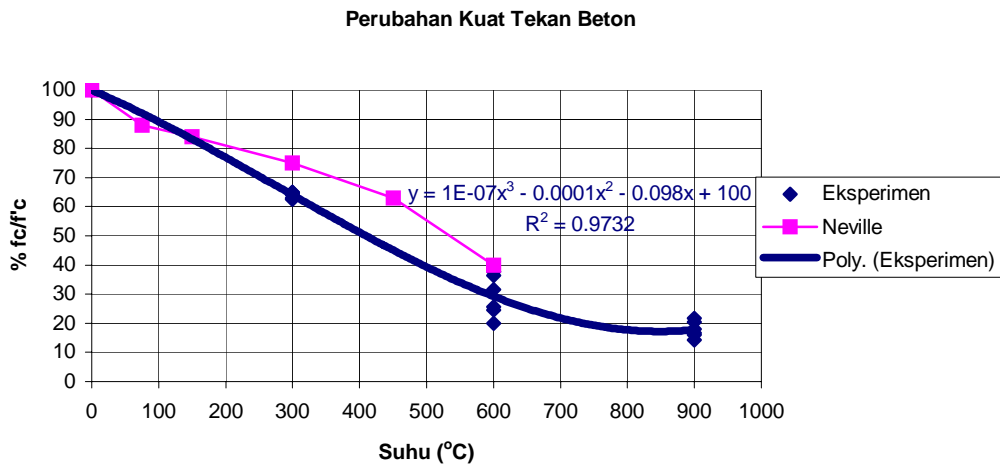
Gambar 9, 10, dan 11 merupakan hasil regresi menunjukkan bahwa perubahan modulus elastisitas beton untuk kuat tekan beton 21,6 MPa dan 32,96 MPa tidak terdapat perbedaan yang berarti karena hasil dari garisnya menempel. Dua garis yang dihasilkan pun tidak terjadi penurunan yang drastis, sehingga dapat disimpulkan bahwa beton yang dibakar pada suhu 300°C tidak terjadi perubahan yang signifikan dengan beton yang tanpa dibakar, tetapi dengan bertambahnya suhu penurunannya mulai tampak.

Hasil Grafik Eksperimen Dibandingkan Dengan Grafik Neville

Hasil grafik modulus elastisitas beton, sebenarnya jika diregresi secara polynomial menghasilkan garis tren yang tidak jauh berbeda dari grafik Neville, demikian pula untuk nilai kuat tekan betonnya. Sehingga dapat dikatakan bahwa hasil dari penelitian tidak menyimpang dari grafik-grafik yang sudah ada. Pada gambar 12 dan 13 dapat dilihat perbandingannya.



Gambar 12. Perbandingan nilai modulus elastisitas beton Neville dan eksperimen



Gambar 13. Perbandingan nilai kuat tekan beton Neville dan eksperimen

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini :

1. Beton meskipun mempunyai ketahanan terhadap api yang lebih unggul dibandingkan material yang lain, namun tetap mengalami penurunan kekuatan dan modulus elastisitas setelah dibakar, yaitu dengan semakin tingginya suhu api yang dikenakan pada waktu 3 jam pada suhu 300°C pada beton maka kekuatannya pun juga semakin menurun yaitu menjadi berkisar 71,8%, juga pada suhu 600 °C, 900 °C yaitu menjadi berkisar 43,6% dan 15,4%, untuk beton dengan kuat tekan beton 21,6 MPa.
2. Perbedaan waktu pencapaian suhu pun juga menghasilkan penurunan kekuatan beton yang berbeda. Semakin lama waktu yang digunakan pada suhu yang sama juga mengakibatkan kekuatan dan modulus elastisitas beton semakin menurun. Pada suhu 600 °C kekuatan sisa beton menjadi berkisar 43,6%, 42,52%, 37,42% dan 20,08% untuk waktu 3 jam, 5 jam, 7 jam dan 9 jam, pada kuat tekan beton 21,6 MPa.
3. Digunakannya dua kuat tekan beton diharapkan dapat mengetahui perbedaannya, hasilnya pada kuat tekan beton 21,6 MPa dan kuat tekan beton 32,96 MPa mengalami perbedaan. Yaitu kuat tekan beton 32,96 MPa memiliki kecenderungan penurunan yang lebih banyak daripada kuat tekan beton 21,6 MPa meskipun dibakar pada suhu dan lama waktu yang sama. Hal ini disebabkan karena faktor air semen, faktor air semen yang semakin kecil jika terkena temperatur tinggi nilai kehilangan kekuatannya semakin meningkat. Dapat dilihat pada gambar 4.18 sampai dengan 4.29
4. Warna beton setelah proses pendinginan membantu dalam menjelaskan temperatur maksimum yang pernah dialami beton pada beberapa kasus. Beton yang terbakar pada suhu 300°C secara fisik belum mengalami perbedaan yang terlalu jauh dari aslinya, hanya saja pada bagian permukaan sudah

terselimuti kapur. Namun tidak terlalu banyak dan sudah terdapat retak rambut pada bagian permukaan.

5. Pada suhu 600°C, akibat adanya senyawa garam besi dalam agregat atau pasir beton membuat beton sedikit kemerahan, baik itu pada bagian permukaan maupun bagian dalam.
6. Pada suhu 900°C, beton mengalami *spalling* yaitu melepasnya sebagian permukaan beton dalam wujud lapisan tipis. Sedangkan *crazing* merupakan gejala retak remuk pada permukaan beton, seperti pecahnya kulit telur. Beton pada suhu 900°C ini sudah sangat parah, karena permukaan jika dipegang seperti ada serbuk kapur yang banyak sekali dan beton sudah bengkak-bengkak selebar 2 mm, sehingga sangat mengkhawatirkan saat proses pemindahannya. Beton pada suhu ini warnanya sudah keabu-abuan.
7. Hasil grafik berupa tiga dimensi pada gambar 4.30 sampai dengan 4.33 dapat lebih memudahkan pencarian perubahan kuat tekan beton dan modulus elastisitas beton paska beton terbakar. Yaitu dengan adanya data suhu dan lamanya kebakaran.
8. Adanya normalisasi untuk kuat tekan beton lebih memudahkan pencarian perubahan kuat tekan beton maupun modulus elastisitas beton tanpa harus interpolasi ataupun ekstrapolasi terlebih dahulu. Hal ini ditunjukkan pada gambar 4.34 dan 4.35.

Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih mendalam, maka diajukan beberapa saran berikut ini :

1. Pengujian yang dilakukan sebaiknya tidak hanya terhadap suhu 300°C, 600 °C, 900 °C tetapi kelipatan 100°C mulai dari 0°C sampai 1000°C misalnya, sehingga diperoleh hasil yang lebih menyeluruh.
2. Ada tempat khusus untuk pembakaran beton.
3. Serangkaian penelitian diharapkan bisa dilakukan pada satu tempat, sehingga tidak terlalu banyak resiko pada saat pemindahan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, MC (1996), *"Thermal and Moisture Deformations in Building Materials"*, Jurnal
- Departemen Pekerjaan Umum, *"Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung"*, SK SNI T-15-1991-03, 1992.
- Fathony, M, (2001), *"Perkiraan Kekuatan Bahan Bangunan, Setelah Kebakaran"*, Konstruksi September-Oktober
- Gustafero, AH (1985) *"Fire Resistance- Handbook of Concrete Engineering Second Edition"*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Kardiyono (1996), *"Teknologi Beton"*, NAFIRI, Yogyakarta.
- London Distric Surveyors Association, *"A Performance Based Approach to Fire Resistance of Structural Members"*, Jurnal.
- Malhotra, HL (1982), *"Design of Fire – Resisting Structures"*, Survey University Press, New York.
- Neville, AM (1996), *"Properties of Concrete"*, Longman.
- Oroh, RR dan Suhendro, B (2004), *"Perilaku Kolom Bulat Lilitan Spiral Pasca Bakar Akibat Beban Tekan Aksial Eksentris – Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II"*.
- Partowiyanto, A dan Sudarmadi (2003), *"Pengembangan Teknik Estimasi Kekuatan Beton dengan Uji Ultrasonik"*, Jurnal.
- Partowiyanto, A dan Sudarmadi, (2002), *"Pengaruh Penyiraman Air pada Beton Pasca Pemanasan Suhu Tinggi"*, Jurnal PI-16-D9
- Prioyosulistyo (2004), *"Perilaku Elemen Struktur Beton Bertulang Pasca Bakar – Prosiding Konferensi Nasional Rekayasa Kegempaan II"*.
- Purba, Alexander (2000), *"Perbaikan Struktur Gedung Akibat Kebakaran"*, Konstruksi November-Desember
- Ridwan Suhud dkk, *"Pedoman Pelaksanaan Praktikum Beton"*, Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil ITB.
- Sagel, Kole, Kusuma G, (1993), *"Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03"*, Erlangga, Jakarta.