

**DETEKSI PENURUNAN KADAR KEBASAAN BETON PASCA BAKAR SEBAGAI  
ESTIMASI AWAL TERJADINYA KOROSI PADA BAJA TULANGAN**  
*Alkaline Onset Detection of Concrete after Fire as a Preliminary Estimation of  
Steel Reinforcement Corrosion*

Ni Nyoman Kencanawati\*, Fatmah Mahmud\*, I Nyoman Merdana\*, Ngudiyono\*

**Abstrak**

*Beton memiliki ketahanan terhadap kebakaran yang cukup tinggi bila dibandingkan dengan material konstruksi lain. Walaupun demikian, perilaku beton terhadap bahaya kebakaran masih terus tetap di pelajari karena reaksi fisik dan kimia pasti terjadi bila beton dipanaskan yang mengakibatkan kekuatan dan kekakuannya menurun. Sifat mekanik seperti kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton pasca bakar telah banyak diteliti. Demikian pula perubahan warna pada permukaan beton pasca bakar telah menjadi suatu pedoman umum dalam investigasi konstruksi beton setelah mengalami kebakaran. Penelitian ini mencoba mengangkat tentang kadar kebasaaan beton pasca bakar mengingat sifat basa beton memiliki arti penting dalam menjaga baja tulangan agar tidak terjadi korosi. pH meter digunakan untuk mendeteksi pH beton pasca bakar pada suhu 300°C, 500°C, dan 700°C. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis, didapatkan onset temperatur peralihan kondisi asam ke basa beton pasca bakar yaitu pada suhu 660°C. Hasil penelitian ini dapat dijadikan salah satu acuan dalam investigasi, audit, dan perbaikan struktur beton bertulang pasca bakar.*

*Kata kunci : Beton pasca bakar, Kadar pH, Tingkat kebasaaan beton, Korosi baja tulangan*

**PENDAHULUAN**

Baja tulangan merupakan penguat struktur beton bertulang yang ditutupi selimut beton. Keberadaan selimut beton tersebut berfungsi sebagai pelindung baja terhadap serangan korosi yang berasal dari pengaruh lingkungan sekitarnya. Beton pada lingkungan yang basa dengan kadar pH sebesar 12-13 akan memberikan proteksi korosi yang sangat baik terhadap baja tulangan dengan membentuk selaput pasif yang terdiri dari senyawa besi-oksida pada permukaan baja tulangan. Pembentukan senyawa ini tak terlepas dari peran kalsium hidroksida (CAOH<sub>2</sub>) yang terdapat pada pasta semen. Temperatur tinggi akibat kebakaran dapat mengakibatkan dekomposisi dari senyawa-senyawa yang terdapat pada pasta semen (Purkish, 1996; Zhang Becanic dan Pearce, 2002). Dekomposisi ini tergantung pada suhu kebakaran maksimum yang terjadi dan juga durasi kebakaran (Li, 2010). Perubahan senyawa saat terjadinya kebakaran diestimasikan dapat mengakibatkan kadar kebasaaan beton menurun. Hal ini mengakibatkan proteksi terhadap baja tulangan juga menurun.

Temperatur tinggi yang berujung pada penurunan kadar alkali pada beton setelah kebakaran sangat penting diketahui terkait proses perbaikan konstruksi. Beton dengan lingkungan asam tidak dapat lagi diandalkan untuk melindungi baja tulangan terhadap korosi. Sehingga penelitian ini mencoba untuk mempelajari sampai temperatur tinggi berapakah yang dapat menurunkan kadar kebasaaan beton dengan mengukur pH dari beton yang dipanasi dari temperatur 300°C dan temperatur 700°C. Onset temperatur yang merupakan peralihan lingkungan dalam beton dari basa ke asam ini yang dapat dijadikan pedoman pada perbaikan konstruksi beton pasca bakar selanjutnya.

## TINJAUAN PUSTAKA

Selimum beton difungsikan untuk melindungi baja tulangan terhadap serangan korosi pada baja tulangan Lingkungan beton yang alkalis ( $\text{pH}=12-13$ ) akan memberikan proteksi korosi yang sangat baik terhadap baja tulangan dengan membentuk selaput pasif yang terdiri dari senyawa-senyawa besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) atau hidroksida ( $\text{FeOOH}$ ) di permukaan baja tulangan (Duggal, 2004; Mehta dan Monteiro, 2006). Penetrasi gas  $\text{CO}_2$  dan ion klorida dari lingkungan penggunaan dapat menurunkan pH beton dan melarutkan selaput pasif secara setempat sehingga baja akan terkorosi (Fardhyanti, 2004 dan Armer., 2001) Studi tentang turunnya kebasaaan beton pada temperatur normal telah banyak dilakukan. Pada temperatur normal menurunnya kadar kebasaaan pada beton disebabkan oleh proses karbonasi.  $\text{CO}_2$  di udara bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) yang ada di pasta semen sehingga menghasilkan kalsium karbonat yang bersifat asam. Kedaan ini selain mempengaruhi sifat mekanik beton, juga mempercepat terjadinya korosi pada baja tulangan (Chi dkk., 2002 ; Mankmon dan Shao, 2006; Verjanon, 2014). Sedikitnya literatur yang menjelaskan tentang kadar kebasaaan beton pada temperatur tinggi mendorong peneliti untuk melakukan studi lebih lanjut tentang masalah ini.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini terbagi atas beberapa tahap besar yaitu:

*Tahap A:* Pembuatan beton

Tahap ini diawali dengan pemeriksaan pendahuluan bahan penyusun beton yaitu uji kualitas agregat kasar, uji kualitas agregat halus, uji visual semen, dan air. Pembuatan dan perawatan beton berdasarkan SNI 03-2493-1991.

*Tahap B:* Pembakaran beton

Pembakaran beton dilakukan pada suhu  $300^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$ , dan  $800^\circ\text{C}$  dengan menggunakan tungku pembakaran standar. Benda uji berupa silinder beton ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

*Tahap C:* Pengujian pH beton pasca bakar dengan pH meter dan pengujian pH beton dengan larutan phenolptalien. Uji ini juga dilakukan di laboratorium Struktur dan Bahan. Selain itu pengujian mengenai penurunan berat dan penurunan kapasitas beban beton pasca bakar dilakukan pada tahap ini.

*Tahap D:* Analisa hasil

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Campuran Beton

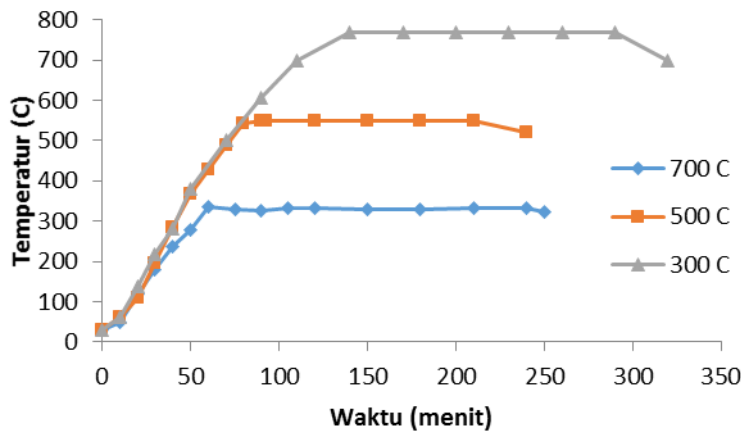
Perhitungan campuran beton berdasarkan SNI-03-2834-2000. Faktor air semen ditentukan sebesar 0,5 dan diperoleh nilai *slump* 9 cm. Kebutuhan bahan per  $1 \text{ m}^3$  seperti Tabel 1.

Tabel 1 Kebutuhan Bahan Campuran Beton per 1 m<sup>3</sup>

Bahan beton	Berat (kg)
Air	205
Semen	410
Pasir	694
Batu Pecah	1041

**Kurva Pertumbuhan Panas**

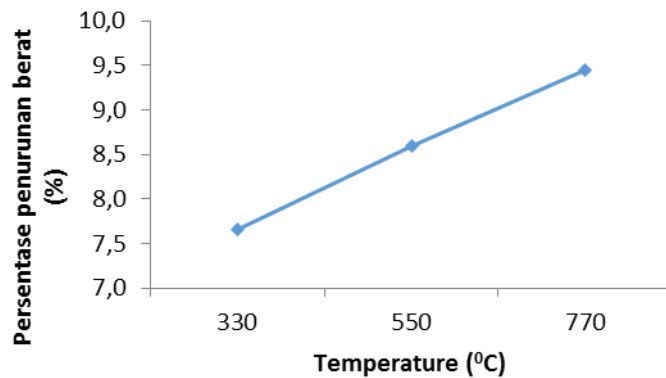
Pembakaran dilakukan dengan tiga variasi yaitu 300°C, 500°C, dan 700°C. Masing-masing temperatur dinaikkan 10% dari temperatur variasi saat uji kebakaran. Setelah mencapai temperatur variasi, temperatur tersebut dipertahankan selama 3 jam agar terjadi induksi panas yang sempurna ke dalam beton. Kurva pertumbuhan panas saat pembakaran dapat dilihat pada Gambar 1. Suhu 300°C dicapai dalam rentang waktu 60 menit, suhu 500°C dicapai dalam waktu 90 menit, dan suhu 700°C dicapai dalam waktu 120 menit.



Gambar 1 Kurva Pertumbuhan Panas

**Penurunan Berat**

Perubahan fisik yang dapat dengan jelas di evaluasi pada beton pasca bakar adalah dengan mengevaluasi selisih berat beton sebelum dan setelah mengalami pembakaran. Gambar 2 menunjukkan penurunan berat yang terjadi pada beton pasca bakar pada masing-masing variasi temperatur.

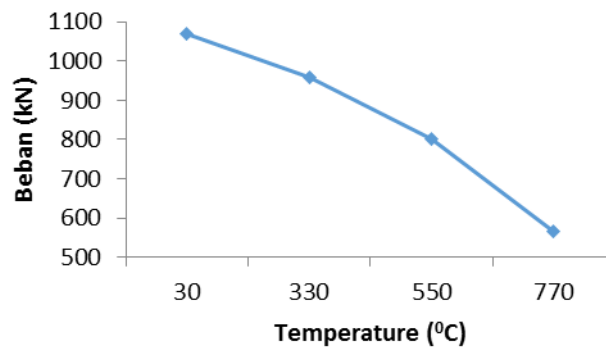


Gambar 2 Penurunan Berat Beton Pasca Bakar

Semakin tinggi suhu pembakaran, semakin besar terjadi pengurangan berat pada beton. Hal ini diakibatkan oleh berkurangnya jumlah air kapiler pada pori-pori beton akibat proses hidrasi lanjut saat pembakaran pada suhu awal. Selain itu retak dan spalling yang terjadi pada suhu pembakaran yang lebih tinggi yaitu 700 °C, tentu juga mengurangi berat beton.

### Penurunan Kapasitas Beban

Beban dukung terhadap gaya tekan menurun sejalan dengan kenaikan suhu pembakaran seperti terlihat pada Gambar 3. Adanya retak pada internal beton akibat adanya desakan air kapiler pada pasta semen, dapat mengurangi daya dukung beton terhadap beban. Semakin tinggi suhu pembakaran, maka semakin besar pula penurunan daya dukung beton terhadap beban.



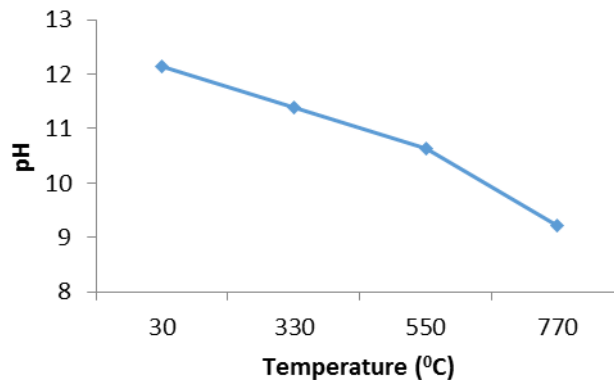
Gambar 3 Penurunan Kapasitas Beban Tekan Beton Pasca Bakar

### Penurunan Kadar Kebasaan

Kadar kebasaan beton ditentukan oleh nilai pH serta perubahan warna saat ditetesi dengan larutan phenolphthalein. Berikut hasil uji kadar kebasaan beton ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2 Uji Kadar Kebasaan Beton Pasca bakar

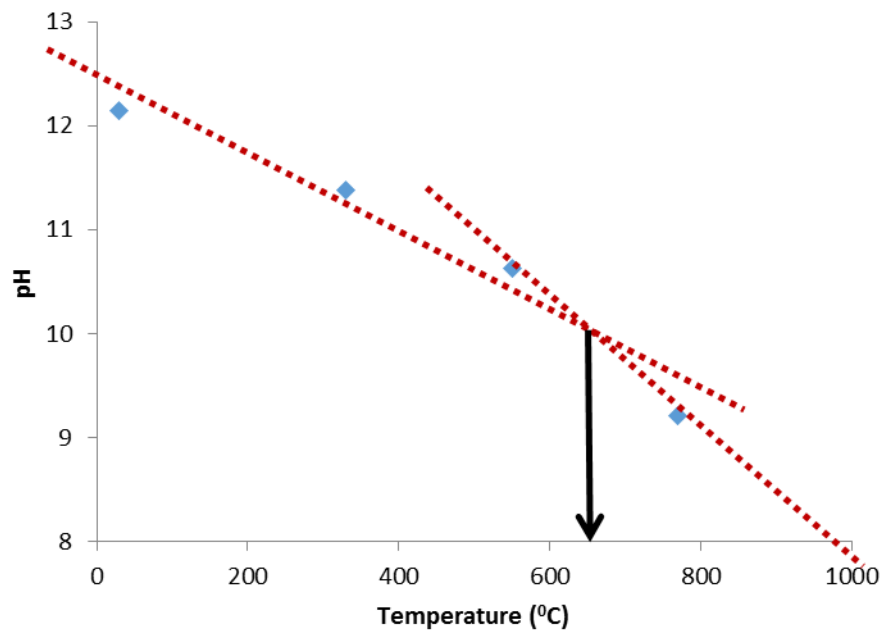
Suhu (°C)	pH	Phenolphthalein test
30	12.14	Magenta
330	11.38	Magenta
550	10.63	Magenta
770	9.21	Colorless



Gambar 4 Uji pH Beton Pasca bakar

Pada pembakaran beton sampai dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$ , beton masih bersifat basa yang ditunjukkan dengan nilai pH diatas 10 dan perubahan warna menjadi magenta setelah penetesan larutan phenolphthalein. Kondisi ini menunjukkan bahwa beton masih bersifat basa dan masih dapat melindungi baja tulangan terhadap bahaya korosi. Namun, setelah mengalami pembakaran pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$ , beton mengalami penurunan pH yang signifikan dari 12 menjadi 9 tanpa adanya perubahan warna pada beton setelah penetesan phenolphthalein. Kondisi ini menunjukkan bahwa beton telah bersifat asam. Kondisi asam pada beton menyebabkan beton tidak dapat lagi sebagai proteksi pasif terhadap baja tulangan.

Analisa onset temperatur dilakukan dengan cara menarik garis tren bi-linear dari kurva hubungan temperatur-pH. Garis linier pertama mewakili trend penurunan kadar pH yang masih landai dan garis linier kedua mewakili trend penurunan kadar pH yang tajam. Pertemuan dua garis linier tersebut diasumsikan sebagai onset peralihan basa-asam beton pasca bakar yaitu pada temperatur  $660^{\circ}\text{C}$  seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Onset Temperatur Peralihan Asam-Basa Beton Pasca bakar

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Pembakaran beton sampai dengan suhu  $500^{\circ}\text{C}$  menunjukkan beton masih bersifat basa dengan nilai pH diatas 10 dan perubahan warna menjadi magenta setelah penetesan larutan phenolphthalein. Namun sebaliknya, pembakaran beton pada suhu  $700^{\circ}\text{C}$  menyebabkan beton bersifat asam dengan pH dibawah 10 yaitu 9 dan tidak terjadi perubahan warna pada beton setelah penetesan phenolphthalein. Onset peralihan sifat basa-asam beton pasca bakar yaitu pada temperatur  $660^{\circ}\text{C}$ .

## Saran

Perlu dibuktikan secara eksperimental pada temperatur sekitar 660°C merupakan onset temperatur peralihan kondisi basa ke asam beton pasca bakar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Armer, GST., 2001, *Monitoring and Assessment of Structure*, Spon Press, London.
- Chi. JM., Huang R., and Yang CC., *Effects Of Carbonation On Mechanical Properties And Durability Of Concrete Using Accelerated Testing Method*, *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 10, No. 1, 2002, pp. 14-20
- Duggal SK., *Building Construction Material*, New Age International Limited Publisher, 2003
- Fardhyanti DS., *Uji Efektivitas Natrium Fosfat Sebagai Inhibitor Pada Korosi Baja Tulangan Beton*, *Jurnal Kimia sains dan Aplikasi*, Vol 7, No 2 (2004), pp 30-37
- Li, Q and Li, Z., *Repair of Fire-Damaged Concrete: Improvement of Carbonation Resistance*, *Proceeding of Second International conference on Sustainable Construction Materials and Technologies*, ISBN 978-1-4507-1490-7, Italy, June 28-30, 2010
- Mehta, PK. And Monteiro, PJM., 2006, *Concrete Microstructures, Properties, and Materials*, Mc Graw-Hill, New York.
- Monkman S., and Shao Y., *Assessing the Carbonation Behavior of Cementitious Materials*, *Journal Of Materials In Civil Engineering*, November/December 2006 , pp 768-776
- Purkish, JA., 1996, *Fire Safety Engineering Design of Structures*, Butterworth, Heinemann
- SNI 03-2493-1991: *Metoda Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*
- SNI 03-2834-2000: *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Varjonen S., *Accelerated Carbonated Concrete as Corrosion Environment*, Tampere University of Technology, available in <http://www.nvtf.org>, 2014
- Zhang B., Bicanic N, Pearce CJ., Phillips DV., *Relationship Between Brittleness and Moisture Loss of Concrete Exposed to High Temperatures*, *Cement and Concrete Research* 32 (2002) 363–371.