

KUAT TEKAN BETON KUBUS PASCA BAKAR MENGGUNAKAN *ULTRASONIC PULSE VELOCITY (UPV) DAN COMPRESSION TESTING MACHINE (CTM)*

Adhithiya Wicaksono¹⁾, Reni Suryanita²⁾, Iskandar Romey Sitompul²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email : adhithiya.wicaksono@student.unri.ac.id

ABSTRACT

High temperature changes may occur at the time of the fire. This can result in discoloration, cracking and loss of strength on concrete. Therefore, a test was conducted to identify the changes of concrete compressive strength. The concrete compressive strength was measured by using Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) and Compression Testing Machine (CTM). The specimens used in this study was cube with the size of $150 \times 150 \times 150$ mm. The specimen used consist of 18 cubes with the expected concrete compressive strength of 20, 25 and 30 MPa. And then, the specimens were burned in a local brick furnance for about 30 minutes. The test results of post burn concrete, indicated that there was a decrease in the concrete compressive strength for all specimens. Based on the test results of post burn concrete using CTM and UPV, there was a significant difference. On UPV test using Mahure's Equation compared with the results of CTM has a difference 7.3, 4.4 and 12.5 MPa. Whereas if the test using Nash't's Equation compared with CTM has a difference 7.1, 4.7 and 8.6 MPa. Therefore, it can be concluded that to identify post burn concrete compressive strength using CTM more accurate than UPV.

Keywords: Compressive strength, concrete after burn, Ultrasonic Pulse Velocity (UPV), Compression Testing Machine (CTM).

A. PENDAHULUAN

Konstruksi beton merupakan konstruksi yang sering dijumpai di Indonesia. Hal ini dikarenakan pengerjaan konstruksi beton biayanya lebih terjangkau dibandingkan dengan konstruksi baja. Namun, konstruksi beton juga dapat mengalami kerusakan. Kerusakan konstruksi beton dapat disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah kebakaran. Kebakaran tersebut dapat disebabkan oleh pemakaian alat perlengkapan listrik yang tidak sesuai standar, hubungan pendek arus listrik, tabung gas yang meledak dan lain-lain. Kejadian kebakaran memerlukan perhatian khusus, karena selain menyebabkan kerugian, kebakaran juga dapat

mempengaruhi kekuatan struktur bangunan yang telah terbakar.

Saat terjadi kebakaran suhu beton akan meningkat tinggi, sehingga menyebabkan adanya perubahan beton secara fisik dan kimia, yang mempengaruhi kekuatan struktur beton. Hal ini disebabkan stabilitas ikatan pasta semen pada beton yang menghilang dan agregat penyusun beton yang memuai. Akibatnya, konstruksi beton akan mengalami penurunan kekuatan (Dharmawan, 2016).

Kekuatan beton pada bangunan pasca kebakaran, perlu dilakukan investigasi terlebih dahulu untuk mengidentifikasi penurunan kekuatan beton pasca kebakaran. Pengujian kekuatan struktur beton pasca terjadinya kebakaran dapat

dilakukan dengan *Non Destructive Test* (NDT) dan *Destructive Test* (DT).

Pada umumnya NDT dilakukan untuk mengidentifikasi kualitas beton pada suatu bangunan secara langsung, tanpa menimbulkan kerusakan pada beton. Contohnya adalah menggunakan *hammer test* dan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV). Sedangkan pada DT dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan maksimum beton sampai beton hancur. Contohnya menggunakan *Compression Test Mechine* (CTM) dan *core drill*.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi pengaruh temperatur tinggi pada kekuatan beton, menggunakan UPV dan CTM. Sehingga dapat ditentukan kelayakan bangunan pasca bakar atau metode perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kekuatan struktur seperti semula.

B. TINJAUAN PUSTAKA

B.1 Pengujian Dengan *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV)

Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) adalah cara untuk memperkirakan kualitas beton yang didasarkan pada hubungan cepat rambat gelombang melalui media beton dengan kepadatan beton itu (IAEA, 2002).

Cara kerja alat UPV adalah dengan memberi getaran gelombang longitudinal lewat transduser elektro-akustik, melalui cairan perangkai yang berwujud gel ataupun sejenis pasta selulosa, yang dioleskan pada permukaan beton sebelum tes dimulai. Saat gelombang merambat melalui media yang berbeda yaitu gel dan beton, pada batas gel dan beton akan terjadi pantulan gelombang yang merambat dalam bentuk gelombang geser dan longitudinal. Gelombang geser merambat tegak lurus lintasan, dan gelombang longitudinal merambat sejajar lintasan. Pertama kali yang mencapai transduser penerima adalah gelombang longitudinal. Oleh transduser, gelombang

ini diubah menjadi sinyal gelombang elektronik yang dapat dideteksi oleh transduser penerima, sehingga waktu tempuh gelombang dapat diukur.

Waktu tempuh (T) yang dibutuhkan untuk merambatkan gelombang pada lintasan beton sepanjang (L) dapat diketahui, sehingga kecepatan gelombang dapat diperoleh dengan Persamaan 2 (IAEA, 2002) :

$$v = \frac{L}{T} \quad (1)$$

dengan,

v = Kecepatan gelombang longitudinal (m/detik)

L = Panjang lintasan beton yang dilewati (m)

T = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultrasonik pada lintasan L (detik)

Berikut ini adalah tabel klasifikasi kualitas beton berdasarkan kecepatan gelombang dari pengujian UPV :

Tabel 1. Klasifikasi Kualitas Beton Berdasarkan Kecepatan Gelombang

Kecepatan Cepat Rambat Gelombang (m/s)	Kualitas Beton
> 4500	Sangat Bagus
3500 - 4500	Bagus
3000 - 3500	Diragukan
2000 - 3000	Jelek
< 2000	Sangat Jelek

(IAEA, 2002)

Selain digunakan untuk mengetahui kualitas keseragaman beton, hasil pengujian UPV juga dapat dikorelasikan dengan kuat tekan beton. Penelitian Mahure (2011) yang meneliti tentang korelasi hasil UPV dan kekuatan beton kubus berukuran 150 mm, dengan mutu 15 MPa sebanyak 125 sampel, 20 MPa sebanyak 200 sampel dan 35 MPa sebanyak 45 sampel. Dari penelitian tersebut diperoleh hubungan antara hasil pengujian UPV dan kuat tekan beton yang

dapat dilihat pada Persamaan 2, 3 dan 4 di bawah ini,

$$f'c = 9,502PV - 18,89 \quad (2)$$

$$f'c = 2,701PV + 17,15 \quad (3)$$

$$f'c = 4,104PV + 19,23 \quad (4)$$

dengan,

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

PV = kecepatan gelombang (km/s)

Sedangkan menurut Nash't (2005), yang meneliti tentang hubungan antara kuat tekan beton dengan pengujian UPV menggunakan sampel kubus berukuran 150 mm sebanyak 161 sampel, dengan mutu 15 MPa dan 25 MPa. Dari hasil pengujian diperoleh hubungan antara hasil pengujian UPV dan kuat tekan beton yang dapat dilihat pada Persamaan 5 berikut ini,

$$f'c = 1,19e^{0,715PV} \quad (5)$$

dengan,

$f'c$ = kuat tekan beton (MPa)

PV = kecepatan gelombang (km/s)

Persamaan dari grafik hubungan kecepatan gelombang dan kuat tekan beton, sebaiknya disesuaikan dengan *mix design* sampel yang telah diuji sebelumnya, agar hasil yang diperoleh akurat (Lawson, 2011). Hal yang sama juga dinyatakan oleh Bungey (2006), untuk mengubah hasil pengujian UPV menjadi kuat tekan beton, diperlukan penyesuaian persamaan dari grafik hubungan kecepatan gelombang dan kuat tekan beton dengan sampel yang akan diuji. Hal ini dikarenakan perbedaan karakteristik setiap sampel yang diuji, seperti jenis agregat, rasio air dan semen, tipe semen, umur beton dan kondisi perawatan. Jika tidak dilakukan penyesuaian, maka hasil yang diperoleh tidak akurat.

B.2 Pengaruh Temperatur Tinggi Terhadap Beton

Temperatur tinggi pada konstruksi beton dapat terjadi saat kebakaran. Saat terbakar, beton tidak dapat menghasilkan api, namun beton dapat menyerap panas yang mengakibatkan perubahan pada elemen-elemen penyusun beton tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi beton apabila terpapar suhu tinggi adalah sumber panas, koefisien muai panas dan daya hantar panas. Dampak dari temperatur tinggi pada beton dapat berupa perubahan warna, retak-retak dan pengelupasan, dan penurunan kekuatan beton (Neville, 2008).

Berdasarkan penelitian Malik (2012), semakin tinggi suhu maka akan mengakibatkan retak dan perubahan warna pada beton. Apabila beton dibakar pada suhu 300 °C, beton akan kehilangan kekuatan secara signifikan. Lalu jika suhu dinaikkan sampai 600 °C maka beton akan kehilangan kekuatan struktural dan jika suhu dinaikkan sampai 1400 °C maka beton akan hancur (Ingham, 2009).

B.3 Estimasi Kekuatan Beton Pasca Bakar

Ketahanan beton terhadap temperatur tinggi dipengaruhi oleh tingginya suhu dan durasi pembakaran. Hal ini berdasarkan penelitian Juhariadi (2015), yang menguji kuat tekan beton pasca bakar menggunakan CTM, pada suhu pembakaran 600 °C, 800 °C dan 1000 °C dengan durasi pembakaran selama 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam dan 2 jam. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama durasi pembakaran mengakibatkan penurunan kuat tekan beton yang signifikan.

Selain menggunakan CTM, kuat tekan beton dapat ditentukan dengan pengujian UPV. Hasil pengujian UPV berupa kecepatan rambat gelombang yang merupakan fungsi dari kepadatan material. Maka, dengan diketahuinya cepat rambat gelombang ultrasonik di dalam beton,

kecepatan tersebut dapat dikorelasikan ke mutu beton berdasarkan grafik empiris hubungan cepat rambat gelombang dengan mutu beton yang telah dilakukan beberapa penelitian terdahulu seperti Mahure dan Nash't. Pada penelitian Afrian (2016), juga telah menggunakan UPV dan CTM untuk menentukan kuat tekan mortar setelah dibakar pada suhu 250°C, 500°C, dan 750°C dengan durasi pembakaran 3 jam. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa, hasil pengujian kuat tekan menggunakan UPV mendekati hasil pengujian CTM pada mortar kondisi normal dan pasca bakar.

C. METODOLOGI PENELITIAN

C.1 Sampel dan Peralatan

Sampel yang digunakan adalah beton kubus berukuran 15 cm, sebanyak 18 sampel dengan mutu rencana beton 20, 25 dan 30 MPa. Terdiri dari 9 sampel tanpa bakar dan 9 sampel pasca bakar. Agregat kasar dan halus berasal dari Pekanbaru, Riau.

Adapun peralatan yang digunakan untuk pengujian sampel adalah *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dan *Compression Testing Machine* (CTM).

C.2 Pembakaran Sampel Beton

Pembakaran dilakukan di tungku batu bata yang berlokasi di Jalan Badak Ujung, Tenayan Raya, Pekanbaru. Gambar 1 merupakan lubang tungku bakar yang digunakan untuk membakar beton,



Gambar 1. Lubang Tungku Bakar

C.3 Pengujian UPV

Pengujian UPV bertujuan untuk mengetahui kualitas beton dan memprediksi nilai kuat tekan beton dengan mengukur cepat rambat gelombang ultrasonik yang melewati suatu beton. Gambar 2 merupakan pengujian UPV yang telah dilakukan

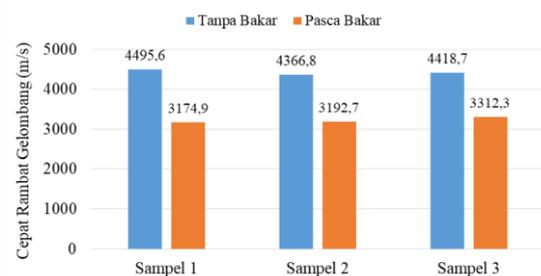


Gambar 2. Pengujian UPV Pada Beton

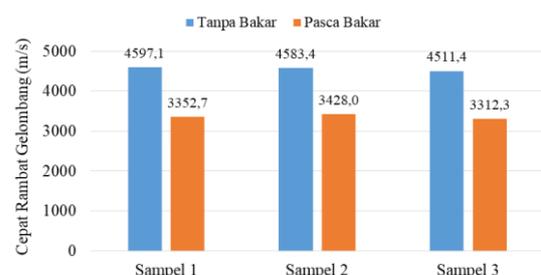
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

D.1 Hasil pengujian Kualitas Beton Menggunakan UPV

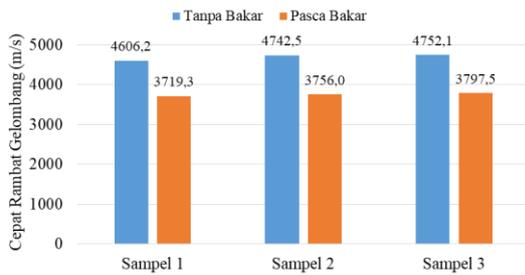
Berikut ini merupakan grafik cepat rambat gelombang pada beton tanpa dan pasca bakar,



Gambar 3. Pengujian UPV Pada Beton Mutu Rencana 20 MPa



Gambar 4. Pengujian UPV Pada Beton Mutu Rencana 25 MPa

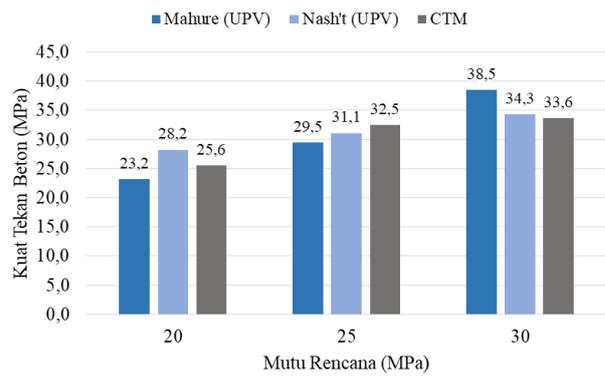


Gambar 5. Pengujian UPV Pada Beton Mutu Rencana 30 MPa

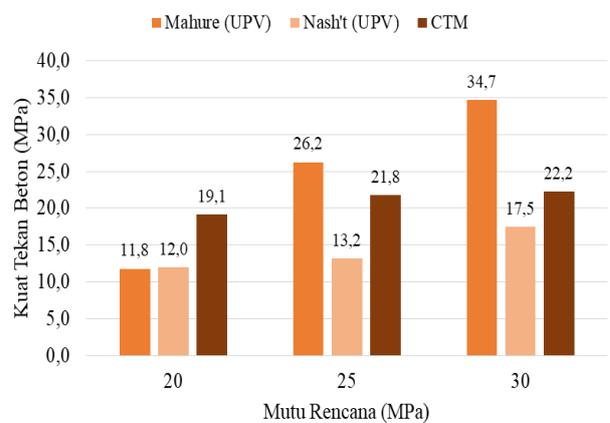
Berdasarkan Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa pada beton kondisi pasca bakar mengalami penurunan cepat rambat gelombang dibandingkan dengan beton kondisi tanpa bakar. Perubahan paling signifikan terjadi pada beton dengan mutu rencana 20 MPa, sedangkan perubahan pada mutu rencana 25 dan 30 MPa tidak terlalu signifikan seperti mutu rencana 20 MPa. Hal ini disebabkan karena pada mutu rencana 20 MPa mengalami lebih banyak retak dan pengelupasan akibat temperatur tinggi, sehingga waktu tempuh gelombang menjadi lambat. Dengan menurunnya kecepatan gelombang ini, menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan kualitas beton yang terjadi pada beton pasca bakar.

D.2 Hasil Perbandingan Pengujian Kuat Tekan Beton Menggunakan UPV dan CTM

Berdasarkan pengujian UPV dan CTM terdapat perbedaan yang cukup signifikan untuk menentukan kuat tekan beton pasca bakar. Sedangkan untuk menentukan kuat tekan beton tanpa bakar tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari pengujian UPV dan CTM. Gambar 6 merupakan grafik hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan UPV dan CTM pada beton tanpa bakar, Sedangkan pada Gambar 7 memperlihatkan grafik hasil pengujian kuat tekan beton menggunakan UPV dan CTM pada beton pasca bakar,



Gambar 6. Hasil Kuat Tekan Beton Tanpa Bakar Menggunakan CTM dan UPV



Gambar 7. Hasil Kuat Tekan Beton Pasca Bakar Menggunakan CTM dan UPV

Dari Gambar 6 dan 7 dapat diketahui bahwa hasil pengujian kuat tekan menggunakan UPV dan CTM pada kondisi beton tanpa bakar memiliki perbedaan yang tidak signifikan. Pada mutu rencana 20 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 2,4 MPa atau sebesar 10,3 %. Pada mutu rencana 25 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 3,0 MPa atau sebesar 10,3 %. Pada mutu rencana 30 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 4,9 MPa atau sebesar 12,7 %. Sedangkan pada mutu rencana 20 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't

dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 2,6 MPa atau sebesar 9,40 %. Pada mutu rencana 25 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 1,4 MPa atau sebesar 4,5 %. Pada mutu rencana 30 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 0,7 MPa atau sebesar 2,0 %.

Berbeda dengan hasil pengujian pada beton kondisi tanpa bakar, pada kondisi beton pasca bakar hasil yang diperoleh memiliki perbedaan yang signifikan. Pada mutu rencana 20 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 7,3 MPa atau sebesar 62,3 %. Pada mutu rencana 25 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 4,4 MPa atau sebesar 17,1 %. Pada mutu rencana 30 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 12,5 MPa atau sebesar 35,9 %. Sedangkan pada mutu rencana 20 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 7,1 MPa atau sebesar 59,7 %. Pada mutu rencana 25 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 8,6 MPa atau sebesar 64,8 %. Pada mutu rencana 30 MPa, hasil pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 4,7 MPa atau sebesar 27,2 %.

Berdasarkan uraian di atas, untuk kondisi beton tanpa bakar, Persamaan Nash't memiliki persentase perbedaan yang paling kecil dengan hasil pengujian CTM. Sedangkan untuk kondisi beton pasca bakar, Persamaan Mahure memiliki

persentase perbedaan yang paling kecil dengan hasil pengujian CTM. Menurut (Hamidian, 2011), perbedaan hasil pengujian UPV dan CTM untuk menentukan kuat tekan beton dapat diterima apabila berkisar 20 %. Sehingga hasil pada pengujian UPV yang telah dilakukan untuk menentukan kuat tekan beton kondisi tanpa bakar dapat diterima. Namun, pada pengujian UPV untuk menentukan kuat tekan beton pasca bakar, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai korelasi antara cepat rambat gelombang dan kuat tekan beton pasca bakar, sehingga diperoleh persamaan korelasi yang lebih sesuai untuk memprediksi kuat tekan beton pasca bakar agar persentase perbedaan hasil pengujian UPV dan CTM menjadi lebih kecil. Oleh sebab itulah, dalam perkiraan kekuatan beton dari tes UPV, sebaiknya tidak hanya menggunakan persamaan korelasi yang diturunkan dari cepat rambat gelombang dan kuat tekan beton, akan tetapi perlu juga untuk mengetahui kuat tekan yang dihasilkan dari beton itu menggunakan CTM. Apabila kuat tekan beton tidak diverifikasi menggunakan CTM, maka perkiraan kuat tekan beton dari pengujian UPV kemungkinan hasilnya akan jauh menyimpang dari hasil uji kekuatan tekan beton yang sesungguhnya.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

E.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap beton tanpa dan pasca bakar dapat diambil simpulan sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan hasil yang signifikan dari pengujian UPV dan CTM untuk menentukan kuat tekan beton pasca bakar. Pada pengujian UPV menggunakan Persamaan Mahure untuk mutu rencana 20, 25 dan 30 MPa dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 7,3, 4,4 dan 12,5 MPa.

2. Sedangkan jika pengujian UPV menggunakan Persamaan Nash't dibandingkan dengan hasil pengujian CTM memiliki selisih 7,1, 8,6 dan 4,7 MPa. Perbedaan hasil UPV dan CTM yang signifikan, disebabkan karena persamaan korelasi yang digunakan untuk mengkonversi cepat rambat gelombang menjadi kuat tekan beton berasal dari penelitian beton tanpa bakar.

E.2 Saran

Berdasarkan pengalaman penulis dalam melaksanakan penelitian, maka dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk meneliti persamaan korelasi antara cepat rambat gelombang dan kuat tekan beton sesuai material yang ada di Indonesia.
2. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk menambahkan bahan tertentu agar beton mampu bertahan pada temperatur tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Afrian, M. (2016). Sifat Fisik Mortar Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash) Pada Suhu Tinggi. *Fakultas Teknik Universitas Riau*.

Bungey, J. H. (2006). *Testing Of Concrete In Structures* (4th ed.). Liverpool.

Dharmawan, W. I. (2016). Perbandingan Nilai Kuat Tekan Beton Menggunakan Hammer Test dan Compression Testing Machine terhadap Beton Pasca Bakar. *Jurnal Ilmu Dan Terapan Bidang Teknik*

Hamidian, M. (2011). Application Of Schmidt Rebound Hammer And Ultrasonic Pulse Velocity Techniques For Structural Health Monitoring. *Scientific Research and Essays Vol. 7(21), H: 1997-2001*.

Ingham, J. (2009). Application Of Petrographic examination Techniques To The Assessment Of Fire-damaged Concrete and Masonry Structures,(Materials Characterization, 60(7),700–709. <http://doi.org/10.1016/j.matchar.2008.11.003>).

IAEA. (2002). Guidebook On Non-Destructive Testing Of Concrete Structures. *Training Course, 17, 242*.

Juhariadi. (2015). Pengaruh Variasi Suhu dan Durasi Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Beton Pasca Bakar.

Lawson, I. (2011). Non Destructive Evaluation Of Concrete Using Ultrasonic Pulse Velocity Research. *Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 3(6), H: 499-504, 2011.ISSN: 2040-7467. Maxwell Scientific Organization*.

Mahure, N. V. (2011). Correlation between Pulse Velocity and Compressive Strength of Concrete. *International Journal of Earth Science and Engineering. iSSN 0974-5904, 4(6), 871–874*.

Malik, D. (2012). Analisa Kajian Beton Pasca Bakar Dengan Tambahan Admixture Superplasticizer.

Nash't, I. H. (2005). Finding an Unified Relationship between Crushing Strength of Concrete and Non-destructive Tests. *3rd MENDT - Middle East Nondestructive Testing Conference & Exhibition, 27–30 Nov, 7*. Retrieved from www.ndt.net

Neville, A. M. (2008). *Concrete Technology. Essex: Longman*.