

Analisis Pengaruh Metode Perawatan Beton (*Dry and Wet Curing*) terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan Perkuatan Serat Baja, Serat Sintetik, dan Serat Alami

Nasruddin, Victor Sampebulu, Pratiwi Mushar

Laboratorium Bahan, Struktur, dan Konstruksi Bangunan, Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Untuk mengetahui jenis metode perawatan beton (perawatan basah atau kering) yang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kuat tekan dan lentur beton serat, 2) Untuk mengetahui apakah kekuatan tekan dan lentur beton untuk setiap jenis perkuatan serat akan meningkat seiring dengan peningkatan variasi umur beton (7, 14, 21, 28 hari), 3) Untuk mengetahui jenis beton serat (baja, sintetik, dan alami) yang memiliki kecenderungan peningkatan kekuatan beton yang stabil. Adapun variabel penelitian yang digunakan adalah; metode perawatan beton yaitu; perawatan kering (*dry curing*) dan perawatan basah (*wet curing*), umur beton yaitu; umur 7, 14, 21, dan 28 hari, dan jenis perkuatan serat yaitu serat baja, serat sintetik (karbon), dan serat alami (ijuk). Jumlah benda uji yang dibutuhkan pada penelitian ini sebanyak 192 selinder beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kekuatan beton antara jenis-jenis serat namun uji statistik menunjukkan kekuatannya tidak berbeda secara signifikan sekalipun kekuatan beton rata-rata *wet curing* lebih tinggi dibandingkan *dry curing*.

Kata-kunci : beton serat, metode perawatan, kuat tekan, kuat lentur, perkuatan serat, umur beton

Pengantar

Penelitian telah banyak dilakukan untuk meningkatkan performa beton guna mendapatkan beton mutu tinggi. Dari penelitian yang pernah dilakukan diantaranya adalah meninjau segi hubungan antara beton dengan tulangan (struktur beton) dan juga meningkatkan mutu material betonnya. Penambahan serat (*fiber*) pada campuran beton dapat meningkatkan mutu beton. Penambahan ini bertujuan untuk memberi perkuatan pada beton dengan serat (*fiber*) yang disebar secara merata (*uniform*) kedalam campuran beton dengan orientasi random, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan mikro.

Penggunaan serat (*fiber*) sebenarnya sudah ada sejak dahulu, misalnya jerami digunakan untuk memperkuat batubata dan rambut kuda untuk memperkuat plesteran. Pada tahun 1900 sudah ada peneliti yang menggunakan asbes dalam pasta semen. Meskipun demikian serat baru mu-

lai populer digunakan dalam adukan beton pada akhir tahun 1950.

Berbagai macam serat yang dapat dipergunakan untuk memperbaiki sifat mekanis beton antara lain adalah serat baja (*steel fibre*), serat kaca (*glass fibre*), serat *polypropylene* (sejenis plastik mutu tinggi), karbon (*carbon*) serta serat alami yang berasal dari bahan alami (*natural fibre*) seperti ijuk, serat bambu, sabut kelapa, serat goni, dan lain sebagainya.

Dari penelitian yang menggunakan material serat yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa orang peneliti seperti yang dilakukan oleh Ngudiyono, 2012 dibuktikan bahwa penggunaan fiber bendrat mampu memperbaiki sifat-sifat mekanik pada beton (kuat tekan, kuat tarik, kuat geser, kuat lentur daktilitas, ketahanan terhadap kejut dan abrasi). Dan Nilai kemampuan menyerap energi pada beton serat bendrat jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton normal.

Dari segi ekonomis, beberapa jenis serat seperti ijuk dan sabuk kelapa yang dicampurkan dengan semen lebih murah harganya dari pada campuran pasir serta semen dengan volume yang sama pula. Dengan begitu kita dapat menghemat biaya, bukan hanya itu saja, ijuk dan sabuk kelapa tersebut tidak mudah busuk serta dapat mengikat campuran beton sehingga beton tidak mudah patah dan berat beton menjadi lebih ringan dan kuat. (Triwahyudi, 2013).

Setiap jenis serat memiliki kelebihan dan kekurangan, masing-masing tergantung pada tujuan pemakaiannya. Perilaku fisik beton serat ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain sifat-sifat fisik serat matriknya dan perlekatan/ interaksi antara serat dan matriksnya.

Metode

Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif eksperimental. Teknik analisis data berdasarkan 3 variabel yaitu metode perawatan beton, umur beton, dan jenis perkuatan serat

Analisis dan Interpretasi

Sebelum beton dicetak, terlebih dahulu dilakukan *slump test* untuk mengetahui tingkat *workability* beton. Nilai *slump* untuk campuran beton konvensional, beton ijuk, beton baja, dan beton karbon secara berturut-turut adalah 11,4 cm, 5,5 cm, 11,4 cm, dan 10 cm. Disini terlihat bahwa nilai *workability* beton ijuk yang paling rendah.

Kuat Tekan Beton Konvensional

Tabel 1. Perbandingan kuat tekan beton konvensional

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 15,667 | 22,343 | 24,390 | 27,747 |
| <i>Wet curing</i> | 15,420 | 24,232 | 25,966 | 26,832 |

Tabel 2. Perbandingan kuat tarik beton konvensional

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 2,998 | 5,009 | 5,766 | 4,417 |

| | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Dry curing</i> | 4,095 | 4,891 | 7,462 | 5,254 |
| <i>Wet curing</i> | 6,165 | 7,042 | 8,036 | 8,212 |

Kuat Tekan Beton Ijuk

Tabel 2. Perbandingan kuat tekan beton ijuk

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 3,817 | 5,369 | 7,435 | 7,217 |
| <i>Wet curing</i> | 6,228 | 7,870 | 8,555 | 5,971 |

Tabel 4. Perbandingan kuat tarik beton ijuk

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 3,817 | 5,369 | 7,435 | 7,217 |
| <i>Wet curing</i> | 6,228 | 7,870 | 8,555 | 5,971 |

Kuat Tekan Beton Baja

Tabel 5. Perbandingan kuat tekan beton baja

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 9,932 | 16,304 | 19,171 | 21,005 |
| <i>Wet curing</i> | 15,636 | 16,513 | 22,936 | 26,462 |

Tabel 6. Perbandingan kuat tarik beton baja

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 2,998 | 5,009 | 5,766 | 4,417 |

| | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Wet curing</i> | 3,330 | 5,601 | 7,470 | 8,362 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|

Kuat Tekan Beton Karbon

Tabel 7. Perbandingan kuat tekan beton karbon

| Beton | Umur | | | |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 10,926 | 13,137 | 15,351 | 16,161 |
| <i>Wet curing</i> | 12,237 | 18,111 | 19,429 | 21,031 |

Tabel 8. Perbandingan kuat tekan beton karbon

| BETON | UMUR | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| <i>Dry curing</i> | 3,149 | 4,413 | 5,338 | 4,839 |
| <i>Wet curing</i> | 3,860 | 5,075 | 6,203 | 6,265 |

Perbandingan Kekuatan Beton Untuk Setiap Umur Pengujian

Beton Konvensional

Kuat tekan beton konvensional untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 22% untuk setiap umur pengujian. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,6685, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 66,85%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8332 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 83,32%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tekan beton bertambah bertambah rata-rata 23% disetiap umur perawatan dan Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8602, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 86,02%. Dan dari model regresi non linear yang diguna-

kan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,913 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 91,3%.

Kuat tarik beton konvensional untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 14% untuk setiap umur pengujian namun diumur 28 hari kuat tarik menurun -30%. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,2067, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 20,67%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,4758 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 47,58%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tarik beton bertambah bertambah rata-rata 10% disetiap umur perawatan dan dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8954, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 89,54%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8966 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 89,66%.

Beton Ijuk

Kuat tekan beton ijuk untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 14% untuk setiap umur pengujian. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7608, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 76,08%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7794 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 77,94%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tekan beton bertambah bertambah rata-rata 10% disetiap umur perawatan, namun diumur 21 hari kuat tekan menurun sebanyak -2% dan dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7059, angka

ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 70,59%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7517 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 75,17%.

Kuat tarik beton ijuk untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 25% untuk setiap umur pengujian namun diumur 28 hari kuat tarik menurun -3%. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7013, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 70,13%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,7704 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 77,04%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tarik beton bertambah rata-rata 2% disetiap umur perawatan, namun diumur 28 hari kuat tariknya menurut sebanyak -30% dan dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,3531, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 35,31%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,5536 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 55,36%.

Beton Baja

Kuat tekan beton baja untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 30% untuk setiap umur pengujian. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,6998, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 69,98%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8863 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 88,63%. Untuk perawatan *wet curing*, pe-

ingkatan kuat tekan beton bertambah bertambah rata-rata 20% disetiap umur perawatan dan dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8964, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 89,64%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,9111 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 91,11%.

Kuat tarik beton baja untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 20% untuk setiap umur pengujian namun di umur 28 hari kuat tarik menurun 23%. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,5859, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 58,59%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8388 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 83,88%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tarik beton bertambah bertambah rata-rata 38% disetiap umur perawatan, dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,9028, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 90,28%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,9672 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 96,72%.

Beton Karbon

Kuat tekan beton karbon untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 14% untuk setiap umur pengujian. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,754, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 75,4%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai

0,8392 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 83,92%. Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tekan beton bertambah bertambah rata-rata 21% disetiap umur perawatan dan dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,9362, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 93,62%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,9449 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tekan beton sebesar 94,49%.

Kuat tarik beton karbon untuk perawatan *dry curing* bertambah disetiap umur pengujian dengan rata-rata peningkatan kekuatan sebesar 17% untuk setiap umur pengujian namun di umur 28 hari kuat tarik menurun 9%. Dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,6064, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 60,64%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,866 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 86,6%.

Untuk perawatan *wet curing*, peningkatan kuat tarik beton bertambah bertambah rata-rata 18% disetiap umur perawatan, dari regresi linear sederhana didapat koefisien determinasi R^2 bernilai 0,8669, angka ini juga menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 86,69%. Dan dari model regresi non linear yang digunakan yaitu model regresi polinomial. Koefisien determinasi R^2 bernilai 0,945 yang menunjukkan bahwa pengaruh umur terhadap kuat tarik beton sebesar 94,5%.

Uji Komparasi Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Pada Jenis Perawatan Yang Berbeda

Kuat Tekan Beton Konvensional

Untuk uji komparasi kuat tekan perawatan *Dry curing* dengan *wet curing* pada beton konvensional digunakan uji statistik untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tekan beton dengan

perawatan yang berbeda. Hasil yang diperoleh terlihat *Asymp.Sig/Asymptotic significance* adalah 1.000 jadi probabilitasnya di atas 0,05.

Maka disimpulkan bahwa nilai kuat tekan beton konvensional yang diberikan perawatan *dry curing* dan *wet curing* tidak berbeda secara signifikan, sekalipun kuat tekan rata-rata beton konvensional perawatan *wet curing* lebih besar dibandingkan dengan *dry curing*.

Kuat Tarik Beton Konvensional

Uji komparasi yang digunakan adalah uji statistik dan didapatkan hasil bahwa *Asymp. Sig /Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,083 yang berarti probabilitasnya di atas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tarik beton konvensional dengan metode *wet curing* dan *Dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *Dry curing*.

Kuat Tekan Beton Ijuk

Uji komparasi digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tekan beton ijuk dengan uji statistik dan didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,145 yang berarti probabilitasnya di atas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*.

Kuat Tarik Beton Ijuk

Uji komparasi digunakan untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tarik beton ijuk dengan uji statistik dan didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,248 yang berarti probabilitasnya di atas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *Dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*.

Kuat Tekan Teton Baja

Uji komparasi untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tekan beton baja dengan uji statistik, didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,386 yang berarti probabilitasnya diatas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*.

Kuat Tarik Beton Baja

Uji komparasi untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tarik beton baja dengan uji statistik, didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,248 yang berarti probabilitasnya diatas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*.

Kuat Tekan Beton Karbon

Uji komparasi untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tekan beton karbon dengan uji statistik, didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,149 yang berarti probabilitasnya diatas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*

Kuat Tarik Beton Karbon

Uji komparasi untuk mengetahui signifikansi perbedaan kuat tekan beton karbon dengan uji statistik, didapatkan hasil bahwa *Asymptotic significance* dua sisi adalah 0,180 yang berarti probabilitasnya diatas 0,05 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa kuat tekan beton ijuk dengan metode *wet curing* dan *dry curing* tidak berbeda secara signifikan sekalipun *Mean Rank wet curing* lebih tinggi dari *dry curing*.

Kesimpulan

Perbedaan kekuatan beton, baik secara tekan maupun secara belah/tarik yang menggunakan metoda perawatan *wet curing* dan *dry curing* hasilnya menunjukkan tidak berbeda secara signifikan, walaupun *mean rank wet curing* lebih besar dibanding *dry curing*. Hal ini berlaku untuk semua jenis beton yang digunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ezeldin, A.S., and Cheng – Tzu Thomas Hsu, 1992. Optimazation of Reinforced Fibrous Concrete Beams. Tittle No.89 – S12, ACI Structural Journal, American Concrete Institute, Detroit, Michigan.
- Mehta, P.K. & Monteiro, P.J.M (2006), Concrete: Microstructure, Propoerties, and Materials, Mc Graw-Hill Companies, Third Edition.
- Mudji Suhardiman, 2011, Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton, Jurnal Teknik Sipil, Universitas Janabadra Vol 1 No.2
- Neville, A.n. (1982), Properties of Concret, Pitman Massachusetts Publishing Inc, Third Edition.
- Ngudiyono. 2012. Metode Perbaikan Tegangan Geser Beton dengan Fiber Bendrat, Jurnal Teknik Rekayasa Vol. 13, No.1
- Sampebulu', V. (2013), Draft pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dalam bidang Struktur dan Teknologi Bahan Bangunan pada Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
- Safrin Zuraidah, et.al, 2009, Peningkatan Kuat Lentur pada Beton dengan Penambahan Fiber Polypropylene dan Copper Slag (Terak Tembaga), Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah
- Triwahyudi, 2013, Penggunaan Ijuk dan Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-100, Fakultas Teknik, Universitas Pasir Pengaraian, Vol.1, No.1
- Yamada, J. and Ariizumi, A. (1997), Knowledge of cement and concrete (In Japanese), Kajima Press