

# PENINGKATAN KUAT TARIK BETON AKIBAT PENAMBAHAN SERAT SABUT KELAPA

Elhusna<sup>1)</sup>, Jefri Suwandi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087, Ext. 337, e-mail : [elhusna@yahoo.co.id](mailto:elhusna@yahoo.co.id)

<sup>2)</sup> Alumni Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIB

## Abstract

Five variations of fibre coconut were used to find out the ability of the fibre to enhance the concrete tensile strength. The coconut fibre (1%, 2%, 3%, 4% and 5% of the volume of the specimen) was added during mixing the concrete. The mix design of the concrete was done at 0,5 water cement ratio and 30-60 mm of slump value. SNI 03-2493-2002 was the standar that used for casting and curing the silinder (diameter/height;150/300 mm) while the split cylinder test was done according to SNI 03-2491-2002. The results showed that the addition of coconut fibre was significantly enhance the tensile strength of the fibre concrete. The correlation between the fibre and the tensile strength was given in quadratic equation which the correlation coeficient ( $R^2$ ) was 0,982. The addition of 5% of the fibre enhanced the tensile strength up to 64,66% of the fibre concrete compared to the concrete without the fibre.

**Keywords:** coconut fibre, fibre concrete, concrete tensile

## PENDAHULUAN

Beton adalah material komposit yang terdiri dari medium yang melekatkan butiran agregat. Medium perekat ini merupakan campuran antara semen dan air untuk semen hidraulik (Mehta, 2006). Pengerasan beton segar selanjutnya terjadi akibat proses hidrasi. Proses hidrasi adalah reaksi kimia dari semen dan air yang menghasilkan panas (Murdock dalam Elhusna, dkk, 2011). Ketika peningkatan panas melampaui rerata kehilangan panas, maka temperatur beton akan meningkat. Selanjutnya beton mendingin dan menyusut selama proses pengerasan (Blackledge, 2002).

Sejumlah keunggulan beton menjadikannya sebagai material konstruksi yang paling banyak digunakan dewasa ini. Beton memiliki tingkat keawetan tinggi, mudah dibuat dalam aneka bentuk dan ukuran (Bungley, 1993). Proses pengadukan beton dapat dilakukan secara manual pada rentang kuat tekan beton 20,7 sampai dengan 41,4 MPa (Somayaji 2001). Tiga alasan utama mengapa beton paling diminati

dewasa ini dinyatakan oleh Mehta dan Monteiro (2006) sebagai berikut.

1. Beton sangat resisten terhadap air. Sifat ini menjadikannya material ideal untuk struktur bangunan yang berfungsi mengontrol, menyimpan dan mentransportasikan air.
2. Elemen struktur beton dapat dibuat dalam aneka bentuk dan ukuran.
3. Beton merupakan material termurah dan mudah diperoleh di lapangan. Komponen utama pembentuk beton (agregat, semen, dan air) umumnya berharga terjangkau dan tersedia di seluruh dunia.

Karakteristik beton, menurut Somayaji (2001), dapat dilihat dari kekuatan, modulus elastisitas, durabilitas, rangkak (*creep*), penyusutan (*shrinkage*) dan ketahanannya terhadap air (*impermeability*). Diantara semua karakteristik tersebut, kekuatan merupakan hal penting bagi beton sesuai dengan fungsinya sebagai material konstruksi. Blackledge (2002) menyebutkan bahwa kekuatan beton merupakan hasil pengetesan pada usia 28 hari sejak benda uji dicetak dari beton segar. Pembuatan dan pengujian kekuatan beton dilakukan dengan

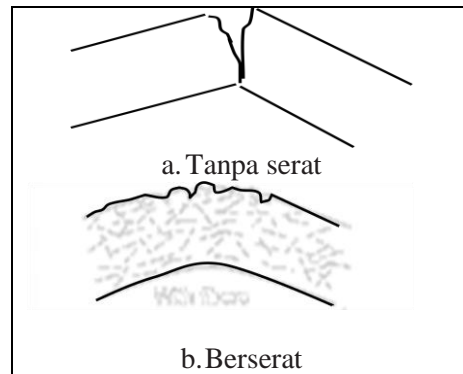
sejumlah syarat terstandar. Hasil pengujian digunakan untuk kebutuhan kontrol produksi maupun untuk tujuan penyesuaian dengan kekuatan yang tercantum pada kontrak.

Kekuatan material didefinisikan sebagai kemampuan menahan tegangan tanpa kegagalan. Kegagalan pada material beton terkadang didefinisikan dengan munculnya retakan. Kekuatan utama beton yang digunakan dalam disain adalah kuat tekannya. Kuat tekan beton beberapa kali lebih besar dari kekuatan beton lainnya seperti kuat tarik dan lentur. Namun dalam praktek laboratorium, retakan, sebagai pertanda kegagalan, juga muncul akibat kombinasi dari beban tekan, geser dan tarik pada dua atau lebih arah pembebanan. Dengan demikian, maka kekuatan beton haruslah merupakan kualifikasi dari kuat tarik, kuat lentur dan kuat tekannya (Mehta dan Monteiro, 2006)

Beton biasanya memiliki sejumlah retak mikro (Somayaji, 2001). Rendahnya kuat tarik beton adalah akibat Percepatan rambatan retak mikro ketika beton mengalami stress. Kuat tarik sebagaimana halnya kuat lentur beton dapat ditingkatkan secara substansi dengan menggunakan serat yang rapat. Serat tersebut diasumsikan menghalangi percepatan retak mikro sehingga terjadi penundaan perbanyakan retak akibat tarik dan meningkatkan tegangan tarik beton (Gambar 1). Penggunaan beton serat meningkat sebesar 20% di Amerika Utara. Walaupun masih kecil dibandingkan penggunaan beton bertulang, konsumsi serat yang digunakan dalam beton dilaporkan sebesar 300.000 ton pertahun di seluruh dunia (Mehta dan Monteiro, 2006)

Serat kelapa dapat diolah secara tradisional dari sabut kelapa. Pohon kelapa (*Cocos nucifera L.*) ditanam di seluruh dunia seluas sekitar 12 juta hektar oleh lebih dari 10 juta rumah tangga. Sabut kelapa merupakan limbah buah kelapa yang pemanfaatannya masih terbatas (Prestley dan Lamanda dalam Rodriguez, dkk, 2011). Sabut kelapa dilaporkan bersifat tahan lama, ulet, kuat terhadap gesekan, tidak mudah patah, tahan terhadap air, tidak mudah membusuk, tahan terhadap jamur dan hama serta tidak dihuni

oleh rayap (Isroful dalam Elhusna, dkk, 2011).



Sumber: Mehta dan Monteiro (2006)

**Gambar 1.** Tipe patahan akibat retak pada beton

Tulisan ini merupakan hasil penelitian terhadap kuat tarik beton yang menggunakan serat sabut kelapa sebagai salah satu material pembentuknya. Lima variasi persentase sabut kelapa mulai satu sampai dengan lima persen menjadi perlakuan pada penelitian ini. Pengujian kuat tarik beton terhadap benda uji silinder dilakukan menggunakan standar SNI 03-2491-2002. Hasil pengujian memperlihatkan adanya peningkatan kuat tarik beton seiring dengan peningkatan persentase jumlahnya. Kuat tarik beton haruslah cukup tinggi untuk mampu menahan retak akibat rangkai dan penyusutan (Somayaji, 2001). Kuat tarik beton dapat ditingkatkan dengan menggunakan serat sebagai salah satu bahan pembentuknya (Mehta dan Monteiro 2006)

### Kuat tarik beton

Kuat tarik beton yang rendah disebutkan oleh Somayaji (2001) sebagai penanggung jawab terhadap munculnya retak mikro pada beton. Rasio kuat tarik-tekan beton dilaporkan berkisar antara 9-15 persen (Mulyono, 2003), 10-15 persen (Somayaji, 2001), sekitar 10 persen (Bungley, 1993 dan Blackledge, 2002) dan  $0,57\sqrt{f'_c}$  (Dipohusodo, 1999). Berdasarkan pengamatan terhadap hubungan antara kuat tekan dan tarik beton  $f'_c$  7,0 sampai 62 MPa, Mehta dan Monteiro (2006) melaporkan bahwa rasio kuat tarik-tekan beton berkisar antara 10-11 persen pada mutu rendah, 8-9 persen untuk mutu sedang, dan 7 persen pada mutu tinggi.

Newman (2003) menyatakan bahwa tegangan tarik maksimum didapat dari nilai uji belah (*indirect tensile stress*). Uji belah silinder beton (*split cylinder test*) umumnya memberikan nilai kuat tarik beton yang lebih baik dan mencerminkan kuat tarik yang sebenarnya. Dipohusodo (1999) menyatakan bahwa nilai tegangan tarik adalah nilai tegangan ketika benda uji silinder beton terbelah menjadi dua bagian dari ujung ke ujungnya. SNI 03-2491-2002 memperkirakan nilai tegangan tarik ( $f_{lt}$ ) dengan uji belah beton sebagai  $2P/(\pi LD)$  dimana P adalah beban yang diberikan, sedangkan L dan D adalah dimensi panjang dan diameter benda uji silinder beton.

### Beton serat

Beton serat adalah beton yang mengandung serat (Mehta dan Monteiro, 2006) atau beton yang memiliki serat tak menerus di dalamnya (Somayaji, 2001). Ketika beton tersebut mengandung serat diskrit yang diskontinu maka namanya menjadi beton bertulang serat (*fiber-reinforced concrete*). Serat diproduksi dalam berbagai bentuk dan ukuran dari baja, plastik, kaca, dan material natural. Serat baja masih merupakan serat yang paling sering digunakan dalam beton untuk tujuan struktural maupun non struktural (Mehta dan Monteiro, 2006).

Beton serat dilaporkan sebagai solusi bagi beton yang memiliki banyak retak mikro. Penambahan serat sintetis ternyata dapat mengontrol retak akibat susut plastis (Somayaji, 2001). Cachim (2002) melaporkan adanya peningkatan nilai kekuatan, daktilitas, *toughness*, dan durabilitas pada beton serat.

Mehta dan Monteiro (2006) melaporkan adanya pengaruh tipe dan besarnya volume serat sintetis terhadap karakteristik beton bertulang serat (*fiber reinforced concrete*). Beton bertulang serat dapat diklasifikasikan berdasarkan fungsi volume seratnya.

1. Volume serat yang kurang dari 1 persen berfungsi untuk mengurangi retak akibat penyusutan (*shrinkage cracks*). Beton ini biasa digunakan untuk *slab* dan *pavement* yang beresiko tinggi terhadap susut retak.
2. Volume serat antara 1 dan 2 persen memperbaiki karakteristik nilai modulus

ruptur, *fracture toughness*, dan *impact resistance* beton. Keberadaan serat pada beton ini memperbaiki kemampuan *delamination*, *spalling* dan fatig. Beton ini digunakan untuk berbagai metode konstruksi seperti *shotcrete* dan struktur yang harus memiliki kapabilitas menyerap energi.

3. Volume serat tinggi (lebih dari 2 persen) menjadikan betonnya sebagai komposit yang mampu menahan regangan perkuatan (*strain-hardening*) sehingga dapat ditawarkan sebagai *high-performance fiber-reinforced composites (HPFRC)*.

Bahan serat dari tanaman juga dilaporkan memperbaiki karakteristik beton. Serat sabut kelapa sebesar 5% dilaporkan meningkatkan kuat lentur beton hingga 30% dibandingkan dengan beton tanpa serat kelapa (Elhusna, dkk, 2011). Beton serat sabut kelapa dan serat tebu meningkatkan kuat tekan, dan tarik serta performa modulus ruptur dan lentur beton tersebut (Sivaraja, dkk, 2010).

### Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa merupakan serat alami dari kulit kelapa yang tebal dan kasar namun dapat bertahan lama. Serat ini relatif tahan air dan resisten terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh air asin dan degradasi mikrobial (Ray dalam Bujang, 2007). Sabut kelapa merupakan 35% bagian dari buah kelapa. Sabut kelapa ini mengandung 30% serat dan 70% gabus. (Prestley dan Lamanda dalam Rodriguez, dkk, 2011). Karakteristik serat kelapa adalah kuat, rigid, ringan dan ramah lingkungan (Shaikh dalam Bujang 2007).

### Pengolahan data

Statistik (karakteristik data) dibedakan atas ukuran tendensi sentral dan ukuran dispersi. Ukuran tendensi sentral antara lain adalah nilai rata-rata dan median. Sedangkan ukuran dispersi diantaranya adalah deviasi standar (simpangan baku) dan koefisien variasi (Spiegel dan Stephens, 2011). Kedua ukuran ini berfungsi untuk menjelaskan informasi yang tepat tentang kondisi sampel (Hines dan Montgomery, 1990).

Keputusan tentang kebenaran pernyataan nilai statistika suatu sampel ditentukan melalui prosedur pengujian hipotesis. Pengujian ini merupakan bagian dari statistika induktif yang memformulasikan persoalan pembuatan keputusan sebagai masalah pengujian hipotesis. Hipotesis secara statistik adalah pernyataan tentang distribusi probabilitas sebuah atau lebih variabel sampel yang diamati. Uji hipotesis dilakukan terhadap hipotesis nol ( $H_0$ ) dan hipotesis alternatif ( $H_1$ ). Uji ini dapat dilakukan satu arah maupun dua arah. Penerimaan atau penolakan hipotesis ditentukan dari lokasi daerah kritis. Sedangkan lokasi daerah kritis ditentukan oleh ukuran pengujian  $\alpha$  (*significant level*) yang ditetapkan oleh peneliti. Ketika uji hipotesis dilakukan lebih dari dua variabel ataupun kelompok perlakuan yang berbeda maka analisa varian merupakan prosedur yang cocok untuk pengujian kesamaan variabel tersebut (Hines dan Montgomery, 1990).

Menurut Hines (1990) dan Walpole (1993), analisa varian adalah pemeriksaan untuk mengetahui hubungan yang bermakna antara variasi setiap variabel amatan. Selanjutnya

akan didapatkan hubungan antara variabel yang memiliki hubungan dengan membuat persamaan dengan meregresi trend yang muncul. Kesesuaian persamaan regresi yang diperoleh dapat diketahui dari nilai koefisien korelasi R persamaan dan nilai uji suainya berdasarkan taraf signifikansi yang ditetapkan.

## METODE PENELITIAN

Tahapan penelitian ini berturut-turut adalah; 1) perencanaan campuran beton normal, 2) pengadukan, pembuatan, dan perawatan benda uji, serta 3) uji kuat tarik belah beton. Perencanaan proporsi bahan pembentuk beton normal dilakukan menurut SNI 03-2834-1993. Perencanaan bahan penyusun beton dibuat dengan faktor air semen (fas) 0,5 dan nilai *slump* 30-60 mm. Lima variasi penambahan serat sabut kelapa pada campuran beton adalah 1% hingga 5%. Jumlah serat sabut kelapa dihitung dari volume benda uji. Pembuatan dan perawatan benda uji silinder beton berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm di laboratorium dibuat mengikuti SNI 03-2493-2002. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada usia 28 hari sesuai dengan SNI 03-2491-2002.

**Tabel 1.** Sifat dan karakteristik bahan penyusun beton

No	Jenis Pengujian	Pasir	Split
1	Berat jenis ssd	2,578	2,685
2	Berat jenis od	2,524	2,675
3	Absorpsi (%)	2,160	0,368
4	Kadar air (%)	0,980	1,905
5	Kadar lumpur (%)	1,323	0,385
6	Modulus halus butir	1,918	6,876
7	Berat isi ( $\text{kg/m}^3$ )	1432,266	1568,966

## Material dan benda uji

Tabel 1 di atas memperlihatkan nilai sifat fisis bahan pembentuk beton yang digunakan dalam penelitian ini. Material tersebut adalah split untuk agregat kasar, pasir untuk agregat halus dan semen tipe I. material dengan karakteristik tersebutlah yang telah dirancang proporsinya sebagai penyusun beton dengan fas 0,5 dan nilai *slump* 30-60 mm.



**Gambar 2.** Serat sabut kelapa

Serat sabut kelapa yang digunakan (Gambar 2) berukuran 10 mm dan berasal dari kota Bengkulu. Serat sabut kelapa dibersihkan dan dipisahkan dari bagian gabus kulit kelapa tua. Selanjutnya dipotong sepanjang 10 mm. Penambahan serat sabut kelapa pada adukan beton dilakukan berdasarkan volume benda uji. Variasi serat sabut kelapa menjadi perlakuan pada penelitian ini.

Pembuatan dan perawatan benda uji silinder beton dilakukan sesuai SNI 03-2493-2002. Silinder yang digunakan berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Pengadukan beton segar dimulai dengan pencampuran kering berturut-turut, pasir dan semen, dilanjutkan dengan serat sabut kelapa, serta split. Adukan dicampur air setelah campuran kering teraduk merata. Pengadukan dan pencetakan dilakukan sebanyak perlakuan. Benda uji dibuka dari cetakan ketika berumur 24 jam dan selanjutnya direndam hingga sehari sebelum uji tarik belah dilakukan. Uji tarik belah dilakukan pada usia benda uji 28 hari.

#### Pengujian kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan mengikuti SNI 03-2491-2002. Pengujian dilakukan dengan posisi benda uji silinder pada mesin seperti diperlihatkan Gambar 3. Benda uji ditekan dengan kecepatan 100 KN/menit hingga benda uji terbelah dari ujung ke ujung. Pengujian tarik belah ini menggunakan mesin uji *Universal Compression Testing Machine* kapasitas 150 ton.



**Gambar 3.** Set up alat dan benda uji tarik belah

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 memperlihatkan resume hasil pengujian tarik belah silinder beton. Rata-rata nilai kuat tarik secara umum memiliki standar deviasi yang kecil pada setiap perlakuan. Kecilnya nilai deviasi standar membuktikan bahwa dispersi yang terjadi kecil. Ini berarti ketelitian pada proses pengambilan data cukup baik. Kedua ukuran ini menjelaskan informasi tentang kondisi sampel yang baik sebagaimana yang disebutkan oleh Hines dan Montgomery (1990).

Rata-rata kuat tarik beton (Tabel 2) meningkat seiring dengan membesarnya persentase penggunaan serat sabut kelapa. Kondisi ini sesuai dengan kajian yang menyatakan bahwa keberadaan serat pada beton meningkatkan kekuatan beton (Cachim 2002) khususnya kuat tariknya (Somayaji, 2001 dan Mehta, 2006).

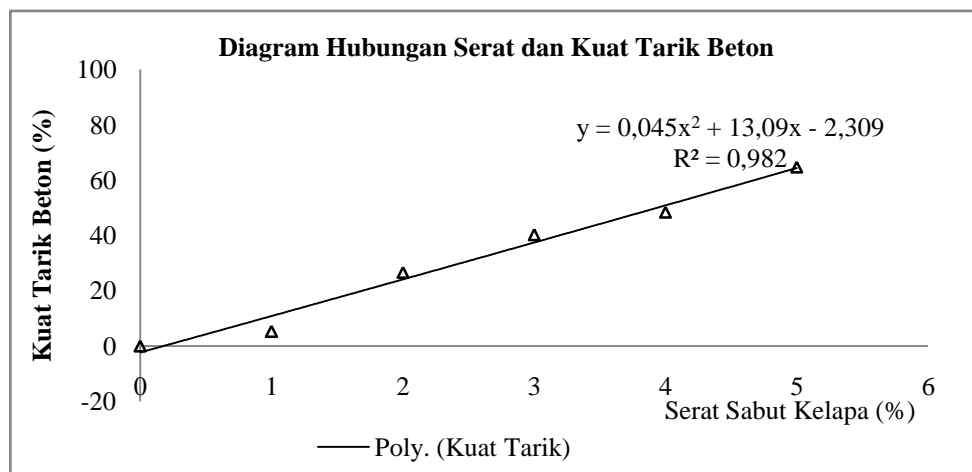
**Tabel 2.** Hasil kuat tarik belah silinder beton serat sabut kelapa

Uraian	Persentase sabut kelapa terhadap volume beton					
	0	1	2	3	4	5
Rata-rata kuat tarik	1.72	1.81	2.17	2.41	2.55	2.83
deviasi standar	0.08	0.14	0.08	0.21	0.08	0.16
Rasio kuat tarik beton serat terhadap beton normal (%)	0.00	5.24	26.60	40.19	48.35	64.66

Besarnya kenaikan rasio kuat tarik beton serat sabut kelapa terhadap beton normal pada persentase serat 1% adalah sebesar 5,24%. Kenaikan ini menjadi lebih dari lima kalinya (26,60%) ketika persentase penambahan serat hanya dua kali sebelumnya. Kenaikan rasio tersebut mencapai 64,66% ketika beton memiliki 5% serat sabut kelapa. Peningkatan kuat tarik beton ini lebih baik dari pada peningkatan kuat lenturnya sebesar 30% pada penggunaan 5% serat sabut kelapa seperti yang dilaporkan Elhusna dkk (2011). Perilaku ini mungkin dapat disamakan dengan laporan Mehta dan Monteiro (2006) yang menyatakan bahwa beton serat sintetis berperilaku seperti halnya beton bertulang. Peningkatan kuat tarik akibat keberadaan serat sabut kelapa juga memperlihatkan perilaku yang semakin baik ketika seratnya semakin banyak sebagaimana halnya beton serat sintetis (baja).

Hasil uji anava satu arah memperlihatkan adanya pengaruh yang signifikan dari variasi persentase serat sabut kelapa terhadap kuat tarik beton. Uji ini menghasilkan nilai  $F_{hitung}$  sebesar 39,47. Nilai ini lebih besar dari nilai  $F$  dari tabel Fisher sebesar 5,06 untuk taraf signifikansi 1% dan 3,11 untuk taraf signifikansi 5%. Selanjutnya hubungan tersebut diberikan dalam bentuk persamaan garis yang paling dapat mewakili data yang ada.

Persamaan garis untuk data kuat tarik pada penelitian ini dipenuhi oleh persamaan kuadrat ( $y=0.045x^2+13.09x-2.309$ ) dengan nilai koefisien korelasi  $R^2 = 0.982$ . Variabel  $y$  pada persamaan tersebut mewakili nilai kuat tarik beton sedangkan variabel  $x$  mewakili nilai persentase serat sabut kelapa. Grafik dari persamaan tersebut disajikan pada Gambar 4. Nilai koefisien korelasi yang hampir mendekati satu menunjukkan besarnya keterikatan hubungan antara kuat tarik dan persentase serat sabut kelapa.



**Gambar 4.** Grafik Hubungan kuat tarik beton dan persentase serat sabut kelapa

### KESIMPULAN.

Penambahan serat sabut kelapa meningkatkan kuat tarik beton secara signifikan. Peningkatan kekuatan tersebut mengikuti trend persamaan kuadrat. Kuat tarik beton meningkat dalam hubungan kuadratik dari kandungan serat sabut kelapanya. Penelitian ini menghasilkan persamaan hubungan kuat tarik beton ( $y$ ) dan serat sabut kelapa ( $x$ ) dalam bentuk

$y=0.045x^2+13.09x-2.309$  dengan nilai koefisien korelasi  $R^2 = 0.982$ . Peningkatan kuat tarik tertinggi sebesar 64,66% diperoleh pada beton dengan 5% serat sabut kelapa. Penelitian lanjutan perlu dilakukan terhadap karakteristik beton lainnya untuk mendapatkan informasi lebih lanjut terhadap kemungkinan penggunaan serat sabut kelapa sebagai tulangan serat beton .

## DAFTAR PUSTAKA

- Annual Book of American Society for Testing of Material Standars. 2003. *Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field 1*, New York.
- Blackledge, G.F. 2002. *Concrete Practice* (direvisi oleh Binns, R.A). British Cement Association, www.bca.org.uk
- Bujang, I.Z., 2007. *Study of the Dynamic Characteristic of Coconut Fibre Reinforced Composite*. Regional Conference on Engineering Mathematics, Mechanics, Manufacturing & Architecture (EM\*ARC) 2007, Noise, Vibration and Comfort Research Group.
- Bungley, J.H. 1993. *Reinforced Concrete Design*. MacMillan Press LTD, London
- Cachim, P.B, 2002. *Fatigue Behavior of Fiber-Reinforced Concrete in Compression*, Elsevier Journal , Cement and Concrete Composite, 24(2002), Hal 211-217
- .Dipohusodo, I. 1999. *Struktur Beton Bertulang*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Elhusna, Supriani, F, Gunawan, A, Islam, M, 2011. **Pengaruh Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Lentur Beton dengan Faktor Air Semen 0,5**. Inersia Jurnal Teknik Sipil, Volume 3 No 1 (Oktober 2011) Fakultas Teknik Universitas Bengkulu
- Hines, W.W., dan Montgomery, D.C. 1990. **Probabilita dan Statistik Dalam Ilmu Rekayasa dan Manajemen**, Penerbit Universitas Indonesia : Jakarta.
- Mehta, P.K., dan Monteiro, P.J.M. 2006. *Concrete: Microstructure, Properties and Materials*. Edisi ke 3, McGraw-Hill, USA.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, Jakarta.
- Newman, J.B. 2003. *Strength Testing Machine for Concrete*. Elsevier, Butterworth-Heinemann, Burlington.
- SNI 03-2493-2002, NSPM Kimprawil, 2002, **Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Edisi Pertama: SNI 03-2491-2002, Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton**, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- SNI 03-2493-2002, NSPM Kimprawil, 2002, **Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Edisi Pertama: Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium**, Badan Penelitian dan Pengembangan, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.
- SNI 03-2834-1993-2002. NSPM Kimpraswil 2002, **Metode, Spesifikasi dan Tata Cara Edisi Pertama Bagian 3. Perencanaan Proporsi Bahan Pembentuk Beton Normal**, Balai Penelitian dan Pengembangan Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta
- Rodriguez, N.J., Limon, M.Y., Micelly, E.A.G., Guzman, O.G, Ortiz, T.P.M, Rivera, Riverra, L.L., Fejoo, JAV, 2011. *Assessment of Coconut Fibre Insulation Characteristics and Its Use to Modulate Temperatures in Concrete Slabs with the Aid of a Finite Element Methodology*. Energy and Buildings 43 (2011) Elsevier B.V, pp 1264–1272,
- Sivaraja, M., Kandasamy, Velmani, N, Pillai, M.S. 2010. *Study on Durability of Natural Fibre Concrete Composite Using Mechanical Strength and Microstructural Properties*. Bull. Mater. Sci., Vol. 33, No. 6, December 2010, Indian Academy of Sciences, pp. 719–729.
- Somayaji, S. 2001. *Civil Engineering Material*. second edition, Prentice Hall, New Jersey
- Spiegel, M.R., dan Larry, J.S. 2011. **Statistik**. Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta
- Walpole, R. 1995. **Pengantar Statistika**. PT Gramedia, Jakarta.