

Teodolita

JURNAL ILMU-ILMU TEKNIK

VOL. 14 NO. 2, Desember 2013

- ✦ Independent Electrical Energy Environmental Friendly *Tri Watiningsih,
Kholistianingsih,
Pingit Broto Atmadi*
- ✦ Pengaruh Variabel Ekonomi Terhadap Harga Transaksi Properti
Perumahan di Wilayah Perkotaan Di Indonesia *Basuki Partamihardja*
- ✦ Tinjauan Tentang Pandangan Pelaku Proyek Konstruksi Terhadap
Surat Perjanjian Pemborongan Pada Proyek Konstruksi *Taufik Dwi Laksono,
Dwi Sri Wiyanti*
- ✦ Pengaruh Sistem Kekerabatan Terhadap Pola Perkembangan
Pemukiman Bonokeling di Banyumas *Wita Widyandini, Atik Suprpti,
R. Siti Rukayah*
- ✦ Pemanfaatan Limbah Kaleng Bekas Kemasan Sebagai Campuran
Adukan Beton Untuk Meningkatkan Karakteristik Beton *Iwan Rustendi*
- ✦ Pengaruh Efek Kabur Terhadap Keberhasilan Deteksi Obyek
Dengan Metode Template Matching *Kholistianingsih*
- ✦ Implementasi Mikrokontroler Untuk Mengendalikan Mesin
Pemotong Kentang *Priyono Yulianto*

UNIVERSITAS WIJAYAKUSUMA PURWOKERTO

Teodolita

Vol. 14

NO. 2

Hlm. 1 - 89

ISSN
1411-1586

Purwokerto
Desember 2013

Diterbitkan oleh Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

JURNAL TEODOLITA

VOL. 14 NO. 2, Desember 2013

ISSN 1411-1586

DAFTAR ISI

Independent Electrical Energy Environmental Friendly.....1 - 12

Tri Watiningsih, Kholistianingsih, Pingit Broto Atmadi

**Pengaruh Variabel Ekonomi Terhadap Harga Transaksi Properti
Perumahan di Wilayah Perkotaan Di Indonesia.....13 - 30**

Basuki Partamihardja

**Tinjauan Tentang Pandangan Pelaku Proyek Konstruksi Terhadap
Surat Perjanjian Pemborongan Pada Proyek Konstruksi.....31 - 44**

Taufik Dwi Laksono, Dwi Sri Wiyanti

**Pengaruh Sistem Kekerabatan Terhadap Pola Perkembangan
Pemukiman Bonokeling di Banyumas.....45 - 55**

Wita Widyandini, Atik Suprpti, R. Siti Rukayah

**Pemanfaatan Limbah Kaleng Bekas Kemasan Sebagai Campuran
Adukan Beton Untuk Meningkatkan Karakteristik Beton.....56 - 70**

Iwan Rustendi

**Pengaruh Efek Kabur Terhadap Keberhasilan Deteksi Obyek
Dengan Metode *Template Matching*.....71 - 80**

Kholistianingsih

**Implementasi Mikrokontroler Untuk Mengendalikan Mesin
Pemotong Kentang.....81 - 89**

Priyono Yulianto

JURNAL TEODOLITA

VOL. 14 NO. 2, Desember 2013

ISSN 1411-1586

HALAMAN REDAKSI

Jurnal Teodolita adalah jurnal ilmiah fakultas teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto yang merupakan wadah informasi berupa hasil penelitian, studi literatur maupun karya ilmiah terkait. Jurnal Teodolita terbit 2 kali setahun pada bulan Juni dan Desember.

Penanggungjawab : Dekan Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Pemimpin Redaksi : Taufik Dwi Laksono, ST MT

Sekretaris : Dwi Sri Wiyanti, ST MT

Bendahara : Basuki, ST MT

Editor : Drs. Susatyo Adhi Pramono, M.Si

Tim Reviewer : Taufik Dwi Laksono, ST MT

Iwan Rustendi, ST MT

Yohana Nursruwening, ST MT

Wita Widyandini, ST MT

Priyono Yulianto, ST MT

Kholistianingsih, ST MT

Alamat Redaksi : Sekretariat Jurnal Teodolita

Fakultas Teknik Universitas Wijayakusuma Purwokerto

Karangsalam-Beji Purwokerto

Telp 0281 633629

Email : teodolitaunwiku@yahoo.com

Tim Redaksi berhak untuk memutuskan menyangkut kelayakan tulisan ilmiah yang dikirim oleh penulis. Naskah yang di muat merupakan tanggungjawab penulis sepenuhnya dan tidak berkaitan dengan Tim Redaksi.

PEMANFAATAN LIMBAH KALENG BEKAS KEMASAN SEBAGAI CAMPURAN ADUKAN BETON UNTUK MENINGKATKAN KARAKTERISTIK BETON

Iwan Rustendi

Email : iwan_rustendy@yahoo.co.id

Program Studi Teknik Sipil

Universitas Wijayakusuma Purwokerto

ABSTRAK : Penelitian ini menyelidiki karakteristik beton yang ditambah serat potongan kaleng bekas kemasan. Karakteristik beton yang diselidiki yaitu sifat kemudahan pengerjaan (*workability*), kuat tekan dan kuat tarik belah. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap karakteristik beton, dan berapa banyak penambahan serat yang optimum terhadap peningkatan kuat tekan dan kuat tarik belah, maka penambahan serat potongan kaleng dibuat dalam beberapa variasi yaitu volume fraksi 0%, 0,15%, 0,30%, 0,45%, 0,60%, 0,75% dan 0,90%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat potongan kaleng bekas kemasan mengakibatkan menurunnya sifat kemudahan pengerjaan, tapi dapat meningkatkan kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Nilai slam terkecil yaitu nol terjadi pada adukan beton dengan volume fraksi 0,75% dan 0,90%. Peningkatan kuat tekan tertinggi terjadi pada beton dengan volume fraksi 0,60% yaitu sebesar 30,65 % (dari beton normal). Peningkatan kuat tarik belah tertinggi juga terjadi pada beton dengan volume fraksi 0,60% yaitu sebesar 49,69% (dari beton normal).

KATA KUNCI : serat potongan kaleng, beton serat, karakteristik beton.

PENDAHULUAN

Volume sampah atau limbah (*waste*) terutama di daerah kota dari waktu ke waktu selalu mengalami peningkatan, sehingga merupakan permasalahan yang perlu mendapat perhatian khusus dan serius. Sebagai gambaran kota Jakarta dengan jumlah warga sekitar 9,6 juta jiwa, produksi sampahnya bisa mencapai 6.500 ton atau ekuivalen dengan 27.000 meter kubik dalam sehari (<http://www.republika.co.id>), dan selalu meningkat dalam setiap tahunnya.

Produksi sampah di suatu wilayah sebagian besar merupakan hasil sampingan kegiatan rumah tangga yang dikenal dengan istilah *refuse*. Sampah rumah tangga secara garis besar terdiri dari dua kelompok yaitu sampah bisa membusuk (*garbage*), dan sampah yang tidak atau sukar membusuk (*rubbish*) (Apriadi, 2000). Sampah yang bisa membusuk yang lebih dikenal dengan sampah organik di antaranya sisa makanan, sayuran, daun-daun kering, dan sebagainya. Sedangkan sampah yang tidak atau sukar membusuk atau sampah anorganik diantaranya plastik wadah/pembungkus makanan, kertas, plastik mainan, botol dan gelas minuman, kaleng, karet, kawat, kayu dan sebagainya.

Agar pengelolaan sampah berlangsung dengan baik dan mencapai tujuan yang diinginkan, maka setiap kegiatan pengelolaan sampah harus mengikuti filosofi pengelolaan sampah. Filosofi pengelolaan sampah adalah bahwa semakin sedikit dan semakin dekat sampah dikelola dari sumbernya, maka pengelolaannya akan menjadi lebih mudah dan baik, serta lingkungan yang terkena dampak juga semakin sedikit. Cara penanganan sampah yang baik juga harus mempunyai prinsip ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Khusus

penanganan sampah seperti plastik, kaleng, kertas dan botol yang ramah lingkungan dan bernilai ekonomis diantaranya *reused* (penggunaan kembali), *recycled* (daur ulang) dan *recovery* (perolehan kembali dari segi energi). Sampah yang bisa didaur ulang diantaranya kertas, gelas, plastik dan kaleng. Daur ulang selain dapat mengurangi jumlah sampah yang harus dibuang ke TPA, juga bisa memenuhi kebutuhan akan bahan baku suatu produk.

Limbah kaleng, dalam hal ini kaleng bekas kemasan, selain bisa digunakan kembali masih bisa didaur ulang menjadi aneka ragam kerajinan berupa alat-alat rumah tangga (alat-alat dapur) dan sebagainya. Tentunya sebelum didaur ulang atau digunakan kembali sudah melalui proses pembersihan dari kotoran-kotoran yang menempel seperti karat dan sisa-sisa isi kemasan yang menempel. Kaleng bekas kemasan yang sudah bersih dan berbentuk lembaran masih mungkin dimanfaatkan dalam bentuk lain. Apabila lembaran-lembaran kaleng bekas tersebut dibentuk menjadi helaian-helaian kecil (menyerupai serat) maka diprediksi bisa dimanfaatkan sebagai campuran adukan beton yang bisa meningkatkan kekuatan dan daktilitas beton tersebut.



Gambar 1. Aneka macam limbah kaleng



Gambar 2. Pemanfaatan limbah kaleng menjadi antenna wireless LAN

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, penambahan serat (*fiber*) ke dalam adukan beton dapat meningkatkan kuat tekan dan mengurangi sifat getas beton. Penelitian yang telah dilakukan Rossi (1984) adalah menggunakan serat baja berbentuk pita (helaian), di mana bentuk tersebut merupakan salah satu tipe yang diklasifikasikan dalam ASTM A 820-90. Materi yang bisa digunakan sebagai serat selain yang digunakan Rossi (1984) antara lain baja (*steel*) berupa batangan kecil, plastik (*polypropylene*), kaca (*glass*) dan karbon (*carbon*) (Soroushian dan Bayasi, 1987; ACI Committee 544, 1982). Serat baja berupa batangan kecil merupakan bahan yang banyak digunakan baik berbentuk lurus ataupun telah dimodifikasi (*deformed*). Keberadaan serat dalam beton akan menjadikan beton lebih tahan retak dan tahan benturan, sehingga beton serat lebih daktil daripada beton normal.

Dengan penambahan serat baja kekuatan beton akan meningkat, namun di lain pihak biaya produksinya akan meningkat karena harga baja sangat mahal. Sehingga akibatnya adalah biaya pembangunan konstruksi menjadi mahal juga. Dalam rangka mencari alternatif pengganti serat baja, dan mencari solusi penanganan sampah yang tidak dapat membusuk (khususnya kaleng bekas kemasan) yang berorientasi ramah lingkungan dan bernilai ekonomis, maka perlu dilakukan suatu penelitian.

Tujuan penelitian ini adalah menguji seberapa besar pengaruh penambahan serat potongan kaleng bekas kemasan terhadap karakteristik beton (kuat tekan dan kuat tariknya). Akan diselidiki pula bagaimana pengaruhnya terhadap sifat kemudahan pengerjaan adukan beton (*workability*).

TINJAUAN PUSTAKA

Sesuai dengan yang diklasifikasikan dalam ASTM A 820-90, terdapat 4 (empat) tipe serat baja (*steel fiber*) yang bisa dijadikan material serat pada beton serat yaitu kawat dingin (*cold drawn wire*), potongan tipis (*cut sheet*), ekstrak leburan (*melt extracted*) dan serat jenis lainnya (*other fibers*). Adapun bentuknya bisa lurus (*straight*) atau mempunyai bentuk geometrik tertentu (*deformed*).

Serat kawat lurus ukurannya ditentukan oleh diameter (d) dan panjang (L), atau dinyatakan dalam aspek rasio $\lambda_n = L/d$. Sementara serat yang dibentuk ukurannya ditentukan oleh diameter (d) dan panjang dari ujung ke ujung setelah dibengkokkan (L_n). Aspek rasionya adalah $\lambda_n = L_n/d$ (Gambar 3). Untuk serat helaian (*sheet*) ukurannya ditentukan oleh tebal (t), lebar (w) dan panjang (L). Nilai aspek rasioya diperhitungkan sebagai $\lambda_n = L/\sqrt{4A/\pi}$, di mana $A = t.w$ (Gambar 4). Apabila serat helaian tersebut dibentuk, maka aspek rasionya adalah $\lambda_n = L_n/\sqrt{4A/\pi}$, di mana L_n adalah panjang dari ujung ke ujung setelah dibentuk (Gambar 5). Sedangkan serat ekstrak leburan dan jenis lainnya ukurannya ditentukan oleh diameter ekivalen (d_e) dan panjang (L) (Gambar 6).

Menurut yang disyaratkan ACI 544. 3R-84 aspek rasio λ_n serat baja berkisar antara 12,7 – 63,5. Sementara tegangan tarik rata-rata serat baja f_u seperti yang disyaratkan dalam ASTM A 820-90 harus tidak kurang dari 50.000 psi atau 345 MPa. Dibandingkan serat dari material lain serat baja memiliki kuat tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi seperti yang tampak pada Tabel 1.

Keberadaan serat baja di Indonesia sebagian masih tergantung pada impor dari luar negeri, sehingga ketersediaannya sangat terbatas dan akhirnya harganya relatif mahal. Untuk keperluan riset banyak digunakan kawat bendrat (pengikat tulangan) sebagai alternatif pilihannya. Walaupun sifat mekanika kawat bendrat secara umum di bawah kawat baja, tapi karakteristiknya tidak jauh berbeda seperti yang tampak pada Tabel 2.

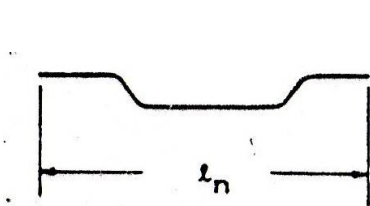
Beberapa riset tentang beton serat dari baja (*steel fiber concrete*) telah banyak dipublikasikan. Dalam ACI 544.1R (1982) disebutkan bahwa penggunaan serat baja 3% terhadap volume beton dapat meningkatkan kuat tarik belah sebanyak 2,5 kali, dan untuk kandungan serat 2% dapat meningkatkan kuat tarik belah sebanyak 2 kali. Secara umum serat dapat meningkatkan daktilitas beton, tergantung dari bentuk dan jumlah kandungan serat.

Penelitian Balaguru, Narahari dan Patel (1992) dengan variabel yang ditinjau adalah 3 buah tipe serat (serat dengan ujung dibengkokkan, serat bergelombang, serat dengan ujung dibentuk), 3 jenis panjang serat (30, 50 dan 60 mm), 4 jenis jumlah kandungan serat (30, 60, 90 dan 120 kg/m³), menunjukkan bahwa kandungan serat antara 30 sampai 60 kg/m³ adukan beton akan sangat meningkatkan daktilitas pada beton normal, sedangkan pada beton mutu tinggi kandungan serat harus ditingkatkan menjadi 90 kg/m³ adukan beton pada indeks kekenyalan yang sama. Serat dengan ujung dibengkokkan akan memberikan hasil yang lebih baik daripada bentuk geometri gelombang dan tidak beraturan. Untuk panjang serat 30 sampai 60 mm tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada kekuatan serat dengan ujung yang dibengkokkan.

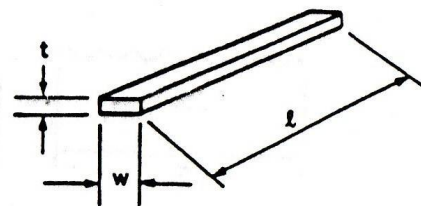
Rossi (1994) meneliti dengan menggunakan 2 tipe serat yaitu serat dengan penampang melintang silinder *hooked end* (ujung dibengkokkan) dan serat berbentuk pita. Pada tiap jenis serat divariasikan dengan 3 jenis panjang (15, 30 dan 60 mm) dan berbagai persentase serat yang ditambahkan, memberikan kesimpulan jumlah minimum serat yang diperlukan sekitar 1% dari volume beton, terjadi perubahan komposisi campuran untuk meningkatkan *workability*, jumlah pasta semen dan rasio air semen meningkat pada kuat tekan yang sama, kuat tekan dan kuat tarik belah menurun dibandingkan dengan beton normal.

Suhendro (1991), telah melakukan penelitian tentang beton serat kawat bendrat berbentuk lurus. Dengan volume fraksi serat bendrat sebesar 0,5% dan aspek rasio 60, serta pengujian benda uji (berupa silinder) pada umur 28 hari memberikan hasil bahwa kuat tekan beton bertambah 5% sampai 10% dibandingkan dengan beton tanpa serat. Sementara melalui pengujian *split cylinder* kuat tariknya bertambah sekitar 58%.

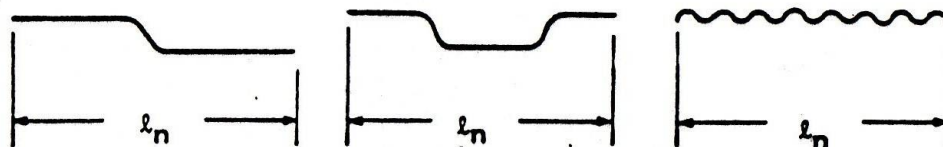
Sementara Sudarmoko (1993) dalam penelitiannya menggunakan serat kawat bendrat dengan panjang 60, 80 dan 100 mm menunjukkan bahwa tambahan serat sebesar 1% volume beton mampu meningkatkan kuat tekan sekitar 25% dan kuat tariknya sekitar 47%.



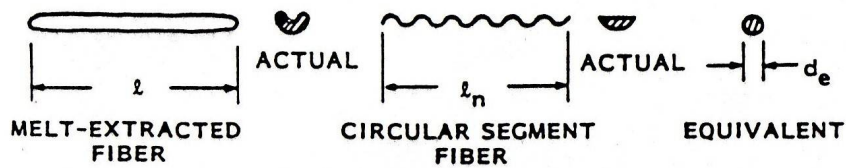
Gambar 3. Serat kawat yang dibentuk (helaian)



Gambar 4. Serat potongan tipis



Gambar 5. Serat helaian yang dibentuk



Gambar 6. Serat ekstrak leburan dan jenis lainnya

Tabel 1. Spesifikasi serat (Sumber : Soroushian dan Bayasi, 1987)

Serat	Berat jenis	Kuat tarik (Ksi)	Modulus elastisitas (10^3 Ksi)	Volume fraksi (%)	Diameter (inchi)	Panjang (inchi)
Baja	7,86	100 - 300	30	0,79 - 3	0,0005 – 0,04	0,5 – 1,5
Kaca	2,7	> 180	11	2 - 8	0,004 – 0,03	0,5 – 1,5
Plastik	0,91	> 100	0,14 – 1,2	1 - 3	> 0,1	0,5 – 1,5
Karbon	1,6	> 100	> 7,2	1 - 5	0,0004 – 0,0008	0,02 - 05

Tabel 2. Spesifikasi macam-macam kawat sebagai bahan serat lokal (Sumber : Suhendro,1991)

Jenis kawat	Kuat tarik (N/mm ²)	Perpanjangan saat putus (%)	Bera jenis
Baja	2300	10,5	7,77
Bendrat	385	5,5	6,68
Biasa	250	30,0	7,7

LANDASAN TEORI

Hubungan Kandungan Serat Dengan Volume Fraksi

Menurut Hanant (1978) dalam Kadreni (2001) hubungan antara volume fraksi dengan kebutuhan serat dalam adukan beton dinyatakan dengan persamaan,

$$W_{fb} = V_f \cdot V_c \cdot G_{sfb} \quad (1)$$

dengan,

W_{fb} = kandungan serat atau berat serat yang dibutuhkan (kg)

V_f = volume fraksi serat (%)

V_c = volume beton (m³)

G_{sfb} = berat jenis serat (kg/m³)

Faktor Air Semen

Faktor air semen (FAS) adalah rasio antara berat air dengan berat semen dalam adukan beton. Secara umum semakin tinggi nilai FAS, semakin rendah kekuatan betonnya. Akan tetapi nilai FAS yang semakin rendah tidak selalu kekuatan betonnya semakin tinggi, karena FAS yang terlalu rendah mengakibatkan adukan beton sulit dipadatkan dan akhirnya kekuatan beton menjadi rendah. Umumnya nilai FAS minimum sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Mulyono, 2004).

Kemudahan Pengerjaan

Kemudahan pengerjaan atau workability merupakan ukuran tingkat kemudahan dari beton segar (*fresh concrete*) untuk diaduk dan dipadatkan. Kemudahan pengerjaan identik dengan tingkat keplastisan atau konsistensi (kelecekan). Semakin plastis adukan beton semakin mudah pengerjaannya.

Untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton dilakukan percobaan slam (*slump test*). Nilai slam yang kecil berarti adukan beton sulit untuk dikerjakan dan sebaliknya.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan tegangan normal yang dihasilkan dari pengujian benda uji (*specimens*). Berdasarkan ASTM C 873 – 94, pengujian terhadap kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan benda uji berupa silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, di mana kuat tekannya dihitung dengan persamaan :

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (2)$$

dengan,

- f_c = kuat tekan beton (MPa)
- P = beban maksimum yang menyebabkan benda uji hancur (N)
- A = luas penampang silinder (mm²)

Kuat Tarik Beton

Kuat tarik beton didapat dari hasil pengujian tarik belah (*splitting test*) dengan menggunakan benda uji silinder diameter 15 cm dan tinggi 30 cm yang diletakan dengan posisi rebah (tidur). Besarnya kuat tarik belah beton dihitung dengan persamaan sebagai berikut (ASTM C 496 – 94):

$$f_t = \frac{2P}{\pi dL} \quad (3)$$

dengan,

- f_t = kuat tarik beton (MPa)
- P = beban maksimum pada saat silinder hancur (N)
- d = diameter silinder beton (mm)
- L = tinggi/panjang silinder beton (mm).

METODOLOGI

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan (*eksperimental research*). Beberapa adonan beton diberi perlakuan dengan cara menambahkan serat potongan kaleng bekas kemasan kemudian diuji sifat mekaniknya (kuat tekan dan kuat tarik). Hasil uji yang didapat dibandingkan dengan hasil uji dari beton yang tidak diberi serat potongan kaleng.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah kaleng bekas kemasan (sudah dalam bentuk lembaran) di salah seorang pengepul bernama Bp. Hasyim Asari di Desa Karangsalam, Kecamatan Kedung Banteng, Kabupaten Banyumas. Berdasarkan pengamatan peneliti kaleng tersebut merupakan bekas kemasan berbagai produk seperti makanan (susu, biskuit, sarden dan lain-lain), minyak pelumas (oli), cat dan masih banyak lagi. Ditinjau dari banyaknya (kuantitasnya) populasi tersebut merupakan populasi terbatas (terhingga).

Apabila dilihat dari warnanya kaleng-kaleng tersebut ada yang berwarna kuning dan ada juga yang berwarna perak. Hal itu menunjukkan bahwa komposisi bahannya tidak sama, sehingga ditinjau dari sudut sifatnya populasi tersebut juga bersifat heterogen.

Apabila ditinjau dari ketebalannya, kaleng-kaleng tersebut mempunyai ketebalan yang hampir seragam. Dengan pengukuran secara acak terhadap 10 (sepuluh) lembar kaleng didapatkan ketebalan sekitar 0,2 mm.

Teknik pengambilan sampel adalah *purposive sampling* (sampling pertimbangan) di mana diambil sampel yang memenuhi kriteria (1) kondisi kaleng masih bagus (belum berkarat) karena kaleng yang masih bagus kekuatannya belum berkurang, (2) bukan kaleng bekas kemasan minyak pelumas (oli) karena kaleng bekas kemasan oli diprediksi akan menurunkan daya lekat dengan pasta semen.

Kaleng (sampel) yang telah diambil kemudian dipotong-potong berbentuk helaian dengan ukuran lebar (w) 3 mm dan panjang (L) 5 cm. Dengan ketebalan (t) sebesar 0,2 mm maka serat kaleng tersebut mempunyai aspek rasio (λ_n) sebesar 60.

Variabel Penelitian

Berdasarkan fungsinya, variabel-variabel dalam penelitian ini meliputi (1) variabel bebas, (2) variabel terikat, (3) variabel kendali. Yang bertindak sebagai variabel bebas adalah banyaknya kandungan (volume fraksi V_r) serat kaleng yang digunakan yaitu 0%, 0,15%, 0,30%, 0,45%, 0,60%, 0,75% dan 0,90%. Sementara yang bertindak sebagai variabel terikat adalah sifat mekanik beton (kuat tekan dan kuat tarik) pada umur 28 hari. Kemudian faktor air semen (fas) dijadikan sebagai faktor kendali. Adapun fas yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0,45.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan terdiri dari agregat kasar (split) berasal dari daerah Banyumas (pecah mesin) dengan ukuran butir maksimum 20 mm, agregat halus (pasir) berasal dari Sungai Serayu dan bahan pengikat menggunakan semen tipe I produksi PT Semen Gresik.

Teknik Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini sebagian besar merupakan data kuantitatif (berupa angka-angka) dan teknik pengumpulannya hampir semuanya melalui pengujian dilaboratorium. Data-data tersebut dilihat dari fungsinya terdiri dari data pendukung dan data utama. Data pendukung adalah data material yang digunakan dalam membuat rancangan adukan seperti gradasi agregat, berat jenis agregat dan berat jenis serat kaleng. Sedangkan data utama adalah

data yang akan dianalisis yaitu nilai slam adukan beton, kuat tekan benda uji dan kuat tarik belah benda uji.

Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini adalah analisis *bivariate* (terhadap dua variabel yang diduga saling berhubungan), di mana dicari hubungan antara variabel bebas (*independent variable*) dengan variabel terikat (*dependent variable*). Penambahan serat kaleng ke dalam adukan beton (dalam beberapa volume fraksi V_r) sebagai variabel bebas dicari hubungannya dengan sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) dan sifat mekanik beton (kuat tekan dan kuat tarik) selaku variabel terikat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Material

Pengujian terhadap bahan-bahan adukan beton didapatkan data-data gradasi pasir masuk dalam zona I (pasir kasar), berat jenis pasir (SSD) 2,575, berat jenis kerikil 3,120, dan berat jenis serat kaleng 7,22.

Rancangan Campuran Beton

Dengan ditentukan nilai FAS sebesar 0,45, maka kebutuhan masing-masing material penyusun per kubik beton seperti tampak pada Tabel 3 (Suhendro, 1991).

Tabel 3. Kebutuhan material per kubik beton

Tpe adukan	Volume Fraksi (%)	Kebutuhan material (kg/m ³)				
		PC	Pasir	Kerikil	Air	Serat
Normal	-	451,06	902,12	902,12	202,98	-
Serat	0,15	450,40	900,800	900,800	202,68	10,83
	0,30	449,70	899,40	899,40	202,37	21,66
	0,45	449,00	898,00	898,00	202,05	32,49
	0,60	448,35	896,70	896,70	201,76	43,32
	0,75	447,68	895,36	895,36	201,46	54,15
	0,90	447,00	894,00	894,00	201,15	64,98

Berdasarkan hasil perancangan campuran beton (*mix design*), tampak bahwa semakin tinggi jumlah serat (volume fraksi) dalam adukan beton maka kebutuhan semen semakin berkurang. Karena FAS tetap maka penurunan jumlah semen akan diikuti dengan penurunan jumlah air dalam adukan. Perubahan jumlah semen dan air juga diikuti oleh perubahan jumlah pasir dan kerikil.

Nilai Slam Adukan

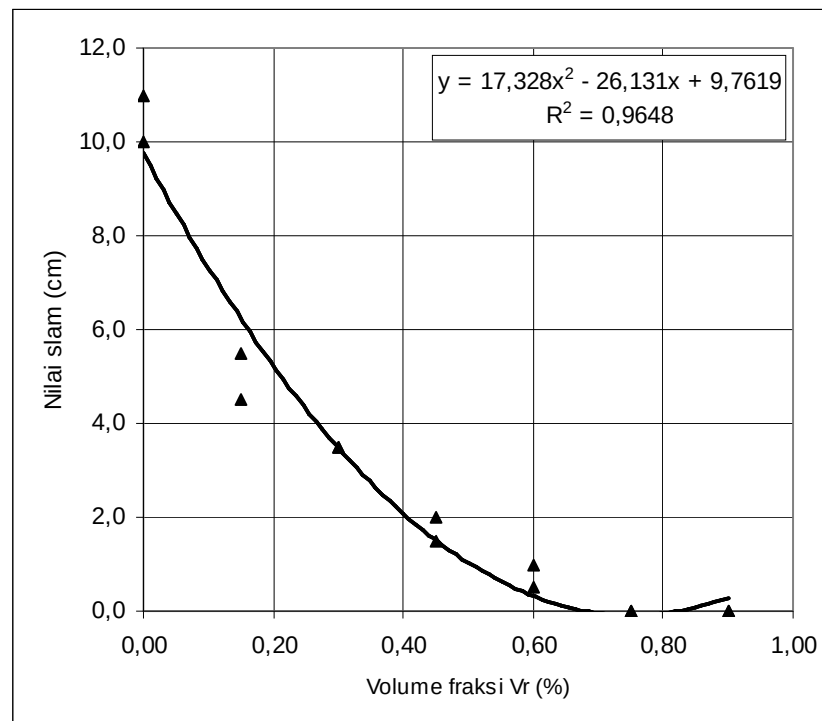
Hasil pengujian slam terhadap beton normal dan beton serat diperlihatkan pada Tabel 4 dan Gambar 7. Menurut ACI 544. 3R – 84 nilai slam yang disyaratkan adalah untuk beton normal berkisar antara 5 – 12,5 cm sedangkan untuk beton serat minimal 1 inchi (2,54 cm).

Tabel 4. Hasil pengujian slam (Sumber : hasil pengujian)

Volume fraksi (%)	Nilai slam (cm)		
	I	II	Rerata
0	11,0	10,0	10,5
0,15	5,5	4,5	5,0
0,30	3,5	3,5	3,5
0,45	1,5	2,0	1,75
0,60	1,0	0,5	0,75
0,75	0,0	0,0	0,0
0,90	0,0	0,0	0,0

Nilai slam beton serat yang memenuhi persyaratan adalah adukan dengan volume fraksi 0,15% dan 0,30% yaitu masing-masing 5 cm dan 3,5 cm. Nilai slam terkecil yaitu nol terjadi pada beton dengan volume fraksi 0,75% dan 0,90%. Berkurangnya nilai slam dari beton normal ke beton serat volume fraksi 0,15% (volume fraksi terkecil) cukup signifikan yaitu separuhnya. Hal ini membuktikan bahwa keberadaan serat dalam adukan beton sangat berpengaruh terhadap sifat kemudahan pengerjaan beton (*workability*).

Apabila mengacu pada nilai slam beton serat yang disyaratkan oleh ACI 544. 3R – 84, berarti nilai slam untuk adukan beton volume fraksi 0,75% dan 0,90% tidak memenuhi syarat. Nilai slam tersebut bisa diperbaiki atau ditingkatkan dengan menambahkan air diikuti semen (agar nilai FAS tetap) atau menambahkan admixture tipe A (*water reducing admixture*).



Gambar 7. Hubungan antara volume fraksi dengan nilai slam

Kuat Tekan Beton

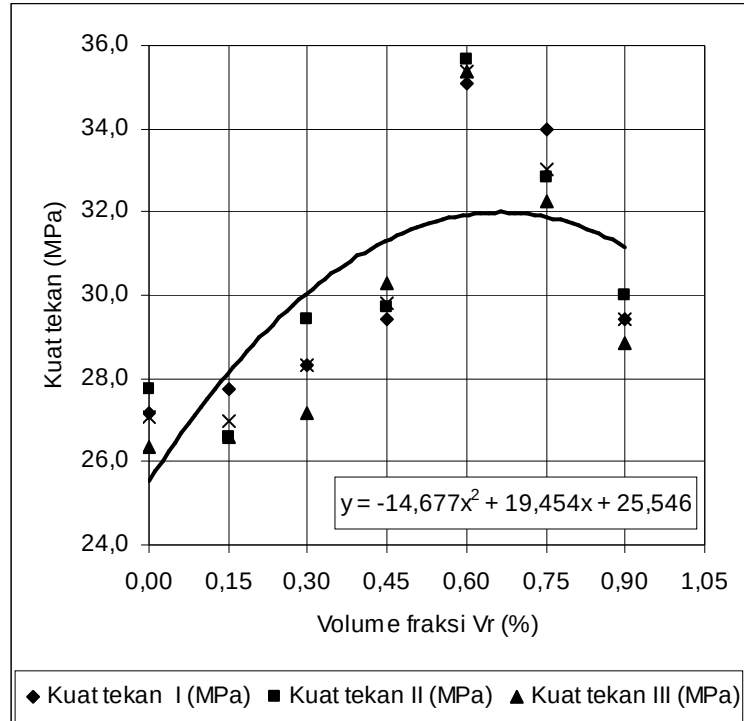
Berdasarkan pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari (Tabel 5) ternyata ada perbedaan yang cukup signifikan antara kuat tekan beton normal (tanpa serat) dengan kuat tekan beton serat. Hal ini membuktikan bahwa penambahan serat kaleng ke dalam adukan beton bisa meningkatkan kuat tekan beton. Makin besar volume fraksi yang digunakan ada kecenderungan makin besar peningkatan kuat tekannya. Tapi pada volume fraksi 0,75% kuat tekan beton cenderung turun lagi. Sehingga nilai optimum dicapai pada volume fraksi 0,60% dengan peningkatan kuat tekan mencapai 30,65% dari beton normal.

Tabel 5. Kuat tekan silinder beton umur 28 hari (Sumber : hasil pengujian)

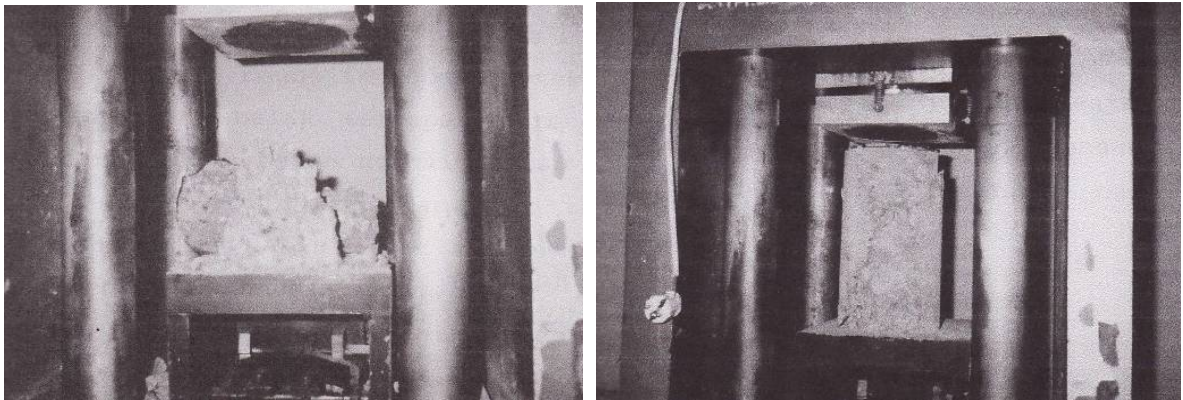
Volume fraksi (%)	Kuat tekan silinder (MPa)			
	I	II	III	Rata-rata
0,00	27,18	27,74	26,33	27,08
0,15	27,74	26,61	26,61	26,99
0,30	28,31	29,44	27,18	28,31
0,45	29,44	29,72	30,29	29,82
0,60	35,10	35,67	35,39	35,39
0,75	33,97	32,84	32,27	33,03
0,90	29,44	30,01	28,87	29,44

Kalau dikaitka dengan nilai slam terlihat bahwa nilai slam mulai volume fraksi 0,75% adalah nol, ini berarti adukan beton sangat kental sehingga sifat kemudahan pengerjaannya menjadi turun. Karena sifat kemudahan pengerjaannya turun maka adukan beton sulit dipadatkan, sehingga hal ini diprediksi sebagai salah satu penyebab yang mengakibatkan kuat tekan beton mengalami penurunan.

Apabila dilihat dari model kehancuran beton, pecahnya benda uji beton normal terjadi secara tiba-tiba tidak diawali tanda-tanda akan hancur. Benda uji pecah dengan diiringi bunyi letusan yang sangat keras dan hancur berkeping-keping. Hal itu sangat berbeda dengan model kehancuran beton yang diberi tambahan serat kaleng. Sebelum mencapai gaya maksimum atau sebelum hancur benda uji mengalami retak-retak terlebih dahulu (disertai dengan bunyi retakan) tapi tidak ada bunyi letusan yang keras. Benda uji tidak hancur (berkeping-keping), tapi hanya retak-retak dan kondisinya masih menyatu. Hal ini bisa disimpulkan bahwa penambahan serat kaleng bekas kemasan selain mampu meningkatkan kuat tekan beton juga mengakibatkan mekanisme kehancuran tekan beton bersifat *ductile*.



Gambar 8. Hubungan antara volume fraksi dengan kuat tekan beton



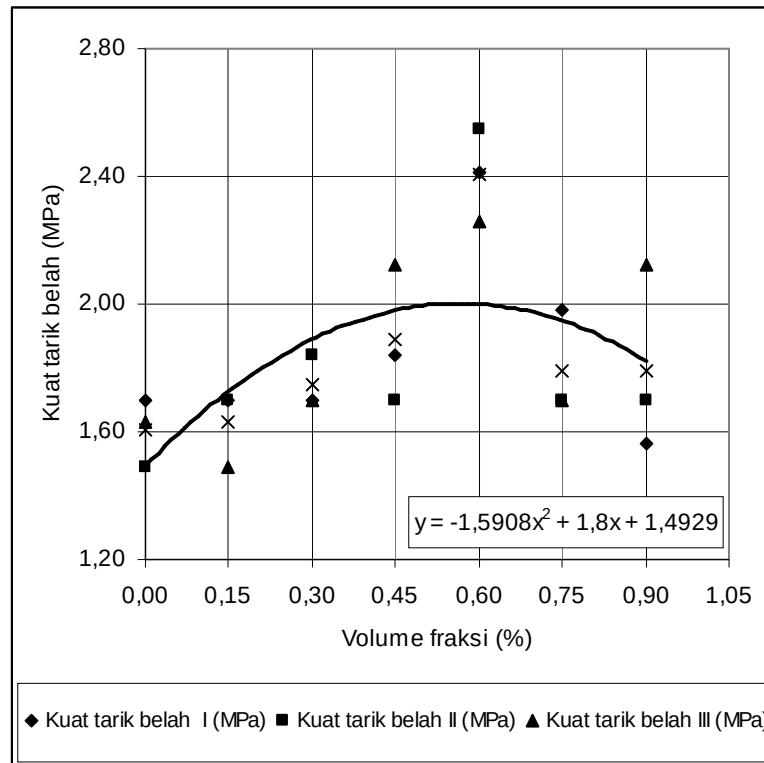
Gambar 9. Model kehancuran tekan beton normal dan beton serat volume fraksi 0,9%

Kuat Tarik Belah Beton

Berdasarkan pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari (Tabel 6) sama seperti hasil pengujian kuat tekan ternyata ada perbedaan yang cukup signifikan juga antara kuat tarik belah beton normal (tanpa serat) dengan kuat tarik belah beton serat. Hasil pengujian kuat tarik belah juga membuktikan bahwa makin besar volume fraksi yang digunakan, kecenderungannya makin besar kuat tarik belah yang dihasilkan dengan nilai optimum juga terjadi pada volume fraksi 0,60%. Peningkatan kuat tarik belah pada volume fraksi 0,60% mencapai angka 49,69%.

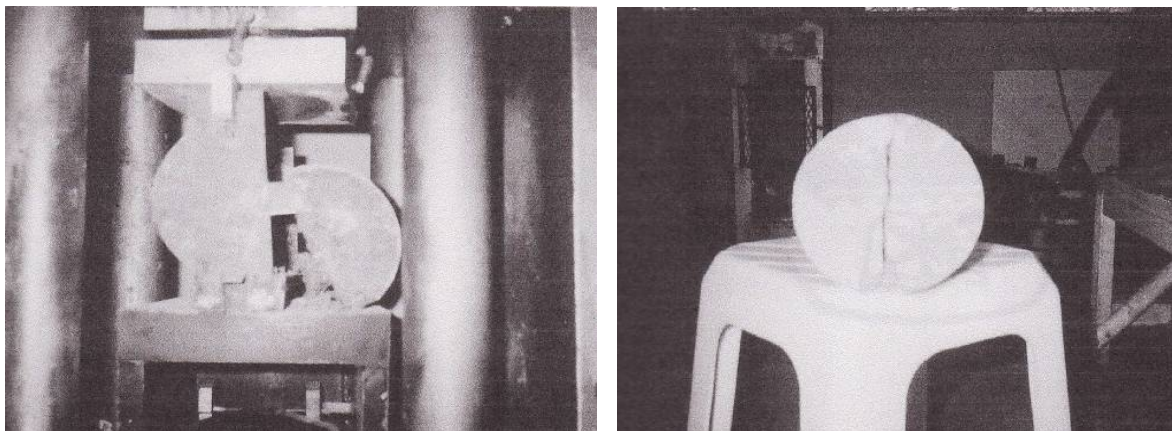
Tabel 6. Kuat tarik belah beton umur 28 hari (Sumber : hasil pengujian)

Volume fraksi (%)	Kuat tarik belah beton (MPa)			
	I	II	III	Rata-rata
0,00	1,70	1,49	1,63	1,61
0,15	1,70	1,70	1,49	1,63
0,30	1,70	1,84	1,70	1,75
0,45	1,84	1,70	2,12	1,89
0,60	2,41	2,55	2,26	2,41
0,75	1,98	1,70	1,70	1,79
0,90	1,56	1,70	2,12	1,79



Gambar 10. Hubungan antara volume fraksi dengan kuat tarik belah beton

Di lihat dari model kehancuran beton, sama seperti pada pengujian tekan, pada beton normal hancurnya benda uji terjadi secara tiba-tiba dan disertai bunyi letusan. Benda uji pecah terbelah dua dalam arah diameternya di mana beban P bekerja. Sedangkan untuk beton yang ditambah serat kaleng, hancurnya benda uji diawali dengan retak-retak terlebih dahulu. Begitu jarum penunjuk gaya pada alat uji berhenti (berbalik) yang menandakan gaya sudah mencapai maksimum, benda uji masih menyatu dan tidak ada bunyi letusan.



Gambar 11. Model kehancuran tarik belah beton normal dan beton serat volume fraksi 0,9%

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sifat kemudahan pengerjaan (*workability*) adukan beton semakin berkurang akibat penambahan serat potongan kaleng bekas kemasan. Nilai slam terkecil yaitu nol terjadi pada adukan beton .dengan vorume fraksi 0,75% dan 0,90%.
2. Kuat tekan beton mengalami peningkatan yang cukup signifikan seiring dengan makin besarnya volume fraksi serat yang digunakan. Peningkatan kuat tekan paling tinggi adalah sebesar 30,65% (dari beton normal) terjadi pada beton dengan volume fraksi 0,60%.
3. Peningkatan kuat tarik belah beton tertinggi adalah sebesar 49,69% (dari beton normal) juga terjadi pada beton dengan volume fraksi serat 0,60%.

SARAN-SARAN

1. Penambahan serat potongan kaleng bekas kemasan terhadap adukan beton sangat mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan (*workability*). Agar nilai slam memenuhi nilai standar (masih dalam toleransi yang disyaratkan), maka bisa ditambahkan air dan semen.
2. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton maksimum dicapai pada pada volume fraksi serat potongan kaleng bekas kemasan 0,60%. Atau dengan kata lain volume fraksi serat optimum adalah sebesar 0,60%. Sehingga apabila akan dilakukan penelitian lanjutan (bersifat aplikasi) maka volume fraksi yang digunakan adalah 0,60%.
3. Supaya serat potongan kaleng bekas kemasan mernpunyai dimensi yang seragam, maka pemotongan sebaiknya dilakukan secara mekanis sehingga perlu dibuat suatu alat atau mesin untuk memproduksi serat dari kaleng bekas kemasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional yang telah mendanai penelitian ini dan Bapak Hasyim Asari yang beralamat di Desa Karangsalam, Kecamatan Kedung Banteng Kabupaten Banyumas yang telah menyediakan limbah kaleng bekas kemasan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1982, ACI 544. 1R 82 , "State of The Art Report on Fiber Reinforced Concrete", May, pp. 9 – 25.
- Anonymous, 1984, ACI 544. 3R 84, "Guide for Specifying, Proportioning, Mixing, Placing and Finishing Steel Fiber Reinforced concrete", March - April, Vol. 81, No. 2.
- Anonymous, 1990, ASTM A 820 – 90, "Standard Specification for Steel. Fiber Reinforced Concrete", Volume 04. 02 Concrete and Aggregate, American Society for Testing and Material, Philadelphia, pp. 440 – 442.
- Anonymous, 1994, ASTM C 496 - 94, "Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens", Volume 04. 02 Concrete and Aggregate, American Society for Testing and Material, Philadelphia, pp. 269 – 272.
- Anonim, 1982, " Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI - 1982)", Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Bandung.
- Anonim, 2001, "Sampah yang Bukan Sampah", Kompas Edisi:- 8 Desember 2001, Jakarta
- Anonim, "Sampah : Ancaman Bagi Kawasan Wisata Alam", http://www.dephut.go.id/INFORMASI/SETJEN/PUSSTAN/info_5_1_0604/isi_4.htm
- Anonim, "Sistem Daur Ulang Limbah", <http://www.bapedal-jatim.go.id/menuisi/jelajah/daur.htm>
- Anonim, Warga Jakarta Produksi Sampah 6.500 Ton per Hari", <http://www.republika.co.id/berita/nasional/jabodetabek-nasional/13/02/21/mikcau-warga-jakarta-produksi-sampah-6500-ton-per-hari>
- Apriadji, W.H. ,2004, "Memproses Sampah", Penebar Swadaya, Jakarta.
- Balaguru, P., Narahari, R., Patel, M., 1992, "Flexural Toughness of Steel Fiber Reinforced Concrete", ACI Materials Journal, November - December, pp. 541 – 545.
- Hartini, S., 2000, "Perusahaan Pengolah Sampah", Kompas Edisi 11 Oktober 2000, Jakarta.
- Kadreni, E., 2001, "Pengaruh Steel Fiber pada Sifat Mekanis Beton dan Kapasitas Balok Beton Bertulang Pasca Kebakaran", Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- Mulyono, T., 2004, "Teknologi Beton",. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Murdock, L., T., dan Brook, K., M., 1986, ".Bahan dan Praktek Beton", Edisi ke empat, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Notoatmojo, S., 1993, "Metodologi Penelitian", Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

Riduwan, 2005, "Belajar Mudah Penelitian", Penerbit Alfabeta, Bandung.

Soroushian, P., and Bayasi, Z., 1987, "Concept of Fiber Reinforced Concrete", Proceeding of The International Seminar on Fiber Reinforced Concrete, Michigan State University, Michigan, USA.

Sudarmoko, 1993, "Pengaruh Panjang Serat pada Sifat Struktural Beton Serat", Media Teknik, Edisi 1/XV April, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.

Suhendro, B., 1991, "Pengaruh Fiber Kawat Lokal pada Sifat-sifat Beton", Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian UGM, Yogyakarta.

Suryabrata, S., 2003, "Metodologi Penelitian", Penerbit PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta.

Tjokrodinuljo, K., 1996, "Teknologi Beton", Penerbit Naviri, Yogyakarta.

Usman, H. U. , dan Akbar, P. S., 2003, , "Metodologi Penelitian", Penerbit Bumi Aksara, Jakarta.