

OPTIMASI SERABUT KELAPA TERHADAP PENINGKATAN KINERJA BETON SERAT

(Optimazing the coconut-fiber to improve the fiber concrete performance)

RR. M.I. Retno Susilorini¹⁾ Andri Priyo Indarto²⁾ Susilo Wardoyo²⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Katholik Soegijapranata Semarang

²⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Katholik Soegijapranata Semarang

ABSTRACT

Indonesia faces a very deep complicated multi crisis. It has influenced the role of construction field development in this country. The concrete technology field, as the major material engineering field, must create a breakthrough to cover the limited construction material that is cost higher and higher in every minutes. The innovation of concrete material, especially in fiber concrete, has developed by many researchers. Improving of local materials for fiber concrete, the materials of coconut fiber (coir) could be expected to become entrance gate to reach better future of public materials. The research conducted some experimental tests, with some concrete (mixed to coconut-fiber) cylinders specimens tested by splitting-tensile test. The volume of coconut fiber in concrete is 0.25%, the length of conconut-fiber vary with 40 mm, 60 mm, 80 mm, and 100 mm. Splitting-tensile test of specimens has performed good splitting-tensile stress of concrete. The research concluded : (1) The optimum value of splitting-tensile stress of coconut-fiber concrete has reached by volume of 25% variety with length 80 mm, (2) The coconut-fiber has given advantage in increasing the concrete performance that is avoiding the microcrack and giving a better splitting-tensile strength compared to normal concrete, (3) The performance of splitting-tensile stress of coconut fiber concrete increased by 13.62% compared to normal concrete.

Keywords : *concrete technology, fiber concrete, coconut-fiber, concrete performance, splitting-tensile strength*

PENDAHULUAN

Kerapuhan ekonomi akibat multi krisis telah cukup untuk menjadi dasar bahwa sudah saatnya bangsa Indonesia menggunakan konsep perencanaan pembangunan wilayah berbasis teknologi atau “technology-based development planning” (Alkadri *et al*, 1999), yang didefinisikan sebagai perangkat perencanaan pengembangan wilayah yang menitikberatkan perencanaan pada pengelolaan komponen-komponen teknologi yang ada di suatu wilayah melalui proses transformasi sumberdaya di wilayah yang bersangkutan. Konsep “technology-based development planning” menimbulkan pemikiran untuk memberdayakan teknologi beton dengan memanfaatkan sumberdaya di wilayah berupa bahan atau material setempat yang relatif mudah didapat, mudah dikerjakan, harga relatif terjangkau, namun tetap memenuhi syarat kekuatan dan keawetan.

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan halus, dan kadang-kadang ditambah dengan bahan tambahan bila diperlukan (Susilorini dan Suwarno, 2001). Beton mempunyai kuat desak yang besar, tetapi kuat tarik beton sangat rendah sehingga beton akan menjadi retak-retak. Salah satu usaha untuk memecahkan masalah tersebut adalah dengan menambahkan serat ke dalam adukan beton. Ide dasar dari beton serat ini adalah menulangi beton dengan serat yang disebarluaskan secara merata dalam adukan beton dengan orientasi random, sehingga mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini akibat pembebahan (Soroushian dan Bayasi, 1987, dalam Suhendro, 2000). Dalam ACI Committee 544. 1R-82 (1982) disebutkan bahwa beton

serat yaitu beton yang dibuat dari campuran semen hidrolis dengan agregat halus dan agregat kasar dengan bahan tambahan serat terputus.

Menurut Subakti (1995), workabilitas atau kemudahan penggeraan pada beton segar dapat diartikan sebagai kemudahan beton segar untuk dicampur, diangkut, dituang, dan dipadatkan tanpa kecenderungan untuk terjadi “segregasi” (pemisahan kerikil dari adukan) maupun “bleeding” (keluarnya air pada permukaan beton saat pengecoran). Workabilitas beton dapat dilihat dari kelecekan adukannya. Sudarmoko (1993), menyatakan bahwa penambahan serat di dalam adukan beton akan menurunkan kelecekan adukan secara cepat sejalan dengan pertambahan konsentrasi serat dan aspek ratio serat (perbandingan antara panjang serat dan diameter serat). Penurunan kelecekan adukan dapat dikurangi dengan penurunan diameter maksimal agregat, peninggian faktor air semen, penambahan semen, ataupun pemakaian bahan tambah. Briggs *et al*, 1974 (dalam Sudarmoko, 1993) menyimpulkan bahwa aspek ratio serat yang baik berkisar antara 50-100. Serat dengan aspek ratio lebih besar dari 100 akan menggumpal bersama (“balling effect”) jika dicampurkan kedalam adukan beton sehingga menyebabkan kesulitan dalam pengadukan, dan mengakibatkan menurunkan kekuatan beton.

Berbagai jenis serat dapat dipakai untuk memperbaiki sifat-sifat beton, mulai dari serat karbon yang mahal sampai dengan serat alam yang murah (Wardoyo dan Indarto, 2002). Salah satu serat alami yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran beton adalah serabut kelapa (“coir”). Serabut kelapa termasuk serat alami, serabut terdiri dari dua bagian, yaitu sel-sel serat dan sel-sel non serat atau debu sabut/gabus. Menurut Palungkun

(1992), mutu serat ditentukan oleh warna, prosentase kotoran, kadar air dan proporsi berat antara serat panjang dan serat pendek. Menurut Balaguru dan Shah (1992), serabut kelapa memiliki kelemahan yaitu modulus elastisitasnya rendah dan peka terhadap kelembaban. Kinerja beberapa serat alami disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kinerja Beberapa Serat Alami

KINERJA	JENIS SERAT			
	SERABUT KELAPA	TEBU	BAMBU	GONI
Panjang serat (mm)	50-350	**	**	180-300
Diameter serat (mm)	0.1-0.4	0.2-0.4	0.05-0.4	0.1-0.2
<i>Specific Gravity</i>	1.12-1.15	1.2-1.3	1.5	1.02-1.04
Modulus elastisitas (GPa)	19-26	15-19	33-40	26-32
Kuat tarik ultimit (MPa)	120-200	170-290	350-500	250-350
Perpanjangan saat jeda (%)	10-25	**	**	**
Penyerapan air (%)	130-180	70-75	40-45	**

** = Data tidak tersedia

Sumber : Balaguru dan Shah, 1992

Hasil-hasil penelitian terdahulu tentang pemakaian serat alami pada beton, menunjukkan bahwa penambahan serat ijuk akan menurunkan kuat tekan beton menjadi 0.98 dan 0.657 kali beton biasa untuk konsentrasi ijuk 1% dan 2% (Wijaya, 1994). Widianto (1995) menyatakan bahwa beton yang diperkuat dengan serat bambu mempunyai kuat tarik 4 kali baja lunak. Beberapa jenis serat menghasilkan variasi kuat tarik belah yang berbeda (Tabel 2).

Tabel 2. Variasi Optimal Kuat Tarik-Belah Beton Serat dari Berbagai Jenis Serat

Jenis Serat	Variasi optimal ($f'cr$) (N/mm ²)
Serat senar pancing	3.961
Serat kaleng bekas	4.244
Serat bambu	4.93
Serat kawat bendarat	4.26

Sumber : Wibowo dan Septhina, Widianto, dalam Wardoyo dan Indarto, 2002

Didukung oleh ketersediaan serat kelapa yang cukup di wilayah Jawa Tengah, konsep tersebut di atas telah membawa ide untuk membuat beton dengan campuran serat kelapa. Pemanfaatan serabut kelapa sebagai bahan penyusun beton serat memberikan alternatif baru untuk memperoleh beton serat dari bahan serat alam (“natural fibre”).

Masalah yang dihadapi dalam inovasi dan perkembangan teknologi beton, khususnya beton serat, adalah meningkatnya harga berbagai jenis bahan bangunan, termasuk serat buatan produksi pabrik. Hal ini merupakan pukulan bagi masyarakat yang menginginkan bahan bangunan yang relatif terjangkau namun tetap berkekuatan baik.

Penelitian ini bertujuan untuk : (1) Mencari nilai optimal dari konsentrasi serat dan panjang serat pada beton serabut kelapa, (2) Mengkaji penambahan serabut kelapa dengan beberapa variasi panjang serat terhadap kuat tarik beton, sehingga beton mampu menahan retak-retak akibat gaya tarik yang bekerja terhadapnya, dan (3) Membandingkan kinerja kekuatan beton serabut kelapa dengan beton normal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan

rujukan bagi implementasi dan aplikasi pembuatan beton serabut kelapa sebagai inovasi teknologi beton untuk bahan bangunan rakyat.

BAHAN DAN METODA

Spesifikasi Bahan dan Benda Uji

Spesifikasi bahan yang digunakan adalah : serabut kelapa dari desa Wirasaba, Kab. Purbalingga, Jawa Tengah, agregat halus berupa pasir Muntilan, agregat kasar berupa batu pecah dengan diameter maksimum 20 mm dan Semen Portland tipe I.

Spesifikasi benda uji adalah silinder beton ukuran 10 x 20 cm untuk Pra-Percobaan dan ukuran 15 x 30 cm untuk Percobaan Utama; dengan variasi konsentrasi serat terhadap volume beton sebesar 0,25%, 0,50%, 0,75%, dan 1,0% (Pra-Percobaan), variasi panjang serat adalah 40 mm, 60 mm, 80 mm, dan 100 mm (Percobaan Utama).

Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran beton normal adalah untuk mencapai mutu beton K-225 atau setara 19 MPa.

Rancangan Percobaan

Pra Percobaan

Rancangan Pra-Percobaan ini bertujuan untuk memperoleh konsentrasi volume serat yang optimal yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rancangan Pra-Percobaan

Konsentrasi Volume (%)	Jumlah Benda Uji Silinder (10X20)	Kode Benda Uji
0.5	3	TR-0.5
1	3	TR-1
1.5	3	TR-1.5
2	3	TR-2
3	3	TR-3

Percobaan Utama

Berdasarkan konsentrasi volume optimal dibuat benda uji dengan variasi panjang serat (Tabel 4).

Tabel 4. Rancangan Percobaan Utama

Kode Benda Uji	Panjang serat (mm)	Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Silinder dan Balok
TK-0	0	Kuat Tekan	3 + 3
KTB & KLT-40	40	Kuat Tarik Belah & Kuat Lentur	3 + 3
KTB & KLT-60	60	Kuat Tarik Belah & Kuat Lentur	3 + 3
KTB & KLT-80	80	Kuat Tarik Belah & Kuat Lentur	3 + 3
KTB & KLT-100	100	Kuat Tarik Belah & Kuat Lentur	3 + 3
TRK-0	0	Kuat Tarik Belah & Kuat Lentur	3 + 3

Pelaksanaan Penelitian

Persiapan Bahan. Serat serabut kelapa direndam selama 3 bulan dalam bak-bak perendaman, kemudian serat kelapa dipisahkan dari gabusnya dengan cara menyisir. Bahan-bahan lain (semen, pasir, dan batu pecah) dipersiapkan sesuai peruntukannya.

Pengujian Bahan. Pengujian bahan yang dilakukan meliputi pengujian kandungan lumpur dan kotoran organik dari pasir, konsistensi normal semen, pengikatan awal semen, berat jenis serabut kelapa, berat volume agregat kasar dan halus, kadar air agregat kasar dan halus, analisis *specific gravity* serta penyerapan agregat kasar dan halus, dan analisis saringan agregat halus.

Pra-Percobaan. Tujuan pra-percobaan adalah untuk memperoleh konsentrasi serat

terhadap beton yang optimal, dengan membuat benda uji pada konsentrasi serat 0,25%, 0,5%, 0,75%, dan 1%, serta panjang serat 100 mm. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tarik-belah. Dari hasil uji Pra-Percobaan dapat ditentukan konsentrasi serat optimal yang akan digunakan untuk Percobaan Utama.

Percobaan Utama. Tujuan percobaan utama adalah memperoleh panjang serat optimal dengan konsentrasi serat optimal hasil Pra-Percobaan. Parameter penelitian adalah kuat tarik-belah.

Analisis dan Penyusunan Laporan Penelitian. Analisis hasil pengujian mengacu pada studi pustaka dan landasan teori.

HASIL

Hasil Pengujian Bahan

Pengujian bahan menunjukkan bahwa bahan-bahan yang dipakai layak untuk digunakan sebagai bahan campuran beton.

Hasil Pra-Percobaan

Pra-percobaan dilakukan untuk memperoleh nilai konsentrasi serat optimal terhadap beton. Hasil pra-percobaan menunjukkan nilai kuat tarik-belah tertinggi dari beberapa variasi konsentrasi serat terhadap beton yang diuji adalah sebesar 0,25% (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tarik-Belah Pra-Percobaan

NO	KONSENTRASI SERAT (%)	KODE BENDA UJI	BERAT BENDA UJI (kg)	BEBAN MAKS (N)	KUAT TARIK-BELAH (N/mm ²)	KUAT TARIK-BELAH RERATA (N/mm ²)
1	0.25	TR-0,25-1	3.86	190,000	6.047	5.730
		TR-0,25-2	3.87	170,000	5.411	
		TR-0,25-3	3.65	180,000	5.730	
		TR-0,50-1	3.85	170,000	5.411	
2	0.50	TR-0,50-2	3.855	160,000	5.093	5.305
		TR-0,50-3	3.86	170,000	5.411	
		TR-0,75-1	3.86	170,000	5.411	
3	0.75	TR-0,75-2	3.86	150,000	4.775	4.987
		TR-0,75-3	3.86	150,000	4.775	
4	1.00	TR-1-1	3.87	180,000	5.730	5.305
		TR-1-2	3.88	170,000	5.411	
		TR-1-3	3.88	150,000	4.775	

Hasil Percobaan Utama

Percobaan utama dilakukan untuk memperoleh nilai panjang serat optimal dari beberapa variasi panjang serat. Hasil percobaan utama menunjukkan bahwa kuat tarik-belah tertinggi dari silinder beton dengan panjang serat 80 mm (Tabel 7).

Hasil uji kuat tarik belah beton normal pada percobaan utama dapat disajikan Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tarik-Belah Beton Normal Percobaan Utama

NO	KONSENTRASI SERAT UJI (%)	KODE BENDA UJI	BERAT BENDA (kg)	BEBAN MAKS (N)	KUAT TARIK-BELAH (N/mm ²)	KUAT TARIK-BELAH RERATA (N/mm ²)
1	0	TR1	12.82	270,000	3.819	
2	0	TR2	12.75	280,000	3.961	
3	0	TR3	12.65	260,000	3.678	3.819

Hasil uji kuat tarik belah beton serat dengan bahan serabut kelapa pada Percobaan Utama dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Kuat Tarik-Belah Beton-Serabut Kelapa Percobaan Utama

NO	PANJANG SERAT (mm)	KODE BENDA UJI	BERAT BENDA UJI (kg)	BEBAN MAKS (N)	KUAT TARIK-BELAH (N/mm ²)	KUAT TARIK-BELAH RERATA (N/mm ²)
1	40	TR4	12.45	240,000	3.395	
		TR5	12.41	240,000	3.395	3.819
		TR6	12.55	230,000	3.253	
		TR7	12.66	260,000	3.678	
2	60	TR8	12.65	255,000	3.608	
		TR9	12.60	240,000	3.395	
		TR10	12.74	290,000	4.103	
3	80	TR11	12.65	300,000	4.244	
		TR12	12.65	330,000	4.669	
		TR13	12.78	280,000	3.961	
4	100	TR14	12.74	290,000	4.103	
		TR15	12.67	280,000	3.961	4.009

PEMBAHASAN

Pembahasan yang dilakukan meliputi workabilitas beton, jumlah, kelekatan, dan panjang serat beton, serta analisis hasil uji kuat tarik-belah beton.

Penambahan serat amat berpengaruh terhadap workabilitas beton, karena menurunkan tingkat workabilitas beton, sejalan dengan peningkatan konsentrasi serat dan aspek ratio serat (perbandingan antara panjang serat dan diameter serat) dalam beton. Dalam penelitian ini, nilai kuat tarik-belah beton tertinggi diperoleh pada konsentrasi serat terhadap beton sebesar 0,25% (Tabel 5) dan panjang serat optimal sebesar 80 mm (Tabel 7). Pada panjang serat 80 mm, aspek ratio serat adalah sebesar $0.05/80=1600$. Sejalan dengan Briggs *et al* (1974) dalam Sudarmoko (1993), bahwa aspek ratio serat sebesar 1600 tersebut lebih besar dari 100 sehingga terjadi “balling effect” yang menyebabkan serat tertekuk dan tidak terdistribusi secara merata. Hal-hal tersebut mereduksi kekuatan tarik-belah beton.

Pada pengamatan pola retak, lebar dan panjang retak yang terbesar diperoleh pada beton dengan variasi panjang serat 100 mm. Pada nilai kuat tarik-belah optimal pada beton dengan variasi panjang serat 80 mm, hanya terjadi retak-retak rambut, sehingga pada variasi tersebut beton serat dapat dikatakan mampu menahan retak-retak akibat gaya tarik yang bekerja. Hal ini sesuai dengan ide dasar dari beton serat untuk menulangi beton dengan serat yang disebarluaskan secara merata dalam adukan beton dengan orientasi random, sehingga mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987, dalam Suhendro, 2000).

Kinerja kuat tarik-belah maksimum beton serat dengan bahan serabut kelapa sebesar 4,339 MPa (Tabel 7) meningkat sebesar 13,62% dibandingkan kuat tarik-belah beton normal sebesar 3,819 MPa (Tabel 6), sehingga dapat dikatakan bahwa kuat tarik-belah beton serat dengan bahan serabut kelapa lebih tinggi daripada kuat tarik-belah beton normal. Dibandingkan beton dengan penambahan serat dari bahan non-alami (Tabel 2), kinerja kekuatan tarik-belah beton-serabut kelapa dengan panjang serat 80 mm menunjukkan kuat tarik yang lebih tinggi yaitu sebesar 4,339 MPa (Tabel 7).

SIMPULAN

Nilai optimal kuat tarik-belah beton diperoleh pada variasi dengan konsentrasi serat terhadap beton sebesar 0,25% dan panjang serat 80 mm. Penambahan serat serabut kelapa meningkatkan kinerja beton serat sehingga beton mampu menahan retak-retak akibat gaya tarik yang bekerja terhadapnya, serta memiliki kuat tarik-belah yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Kinerja kekuatan tarik-belah beton serat dengan bahan serabut kelapa meningkat sebesar 13,62% dibandingkan beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 544. 1982. State of the art report on fiber reinforced concrete - Report : ACI 544 IR-82. Farmington Hills:American Concrete Institute.
- Alkadri, Muhdie, dan Suhandojo. 1999. Tiga pilar pengembangan wilayah – sumberdaya alam, sumberdaya manusia, teknologi. Jakarta: BPPT.

- Balaguru, PN, dan Shah, SP. 1992. Fiber-Reinforced Cement Composite. International Editions. Singapore:McGraw-Hill.
- Palungkun, R. 1992. Aneka Produk Olahan Kelapa. Jakarta:Penebar Swadaya.
- Subakti, A. 1995. Teknologi Beton dalam Praktek. Surabaya:Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- Sudarmoko, B. 1993. Pengaruh panjang serat pada sifat struktural beton serat. Media Teknik. No 1 Tahun XV:22-40.
- Suhendro, B. 2000. Teori model dan eksperimen. Yogyakarta:Jurusan Teknik Sipil-UGM.
- Susilorini, R, dan Suwarno, Dj. 2001. Mengenal dan Memahami Teknologi Beton. Semarang:Penerbit Laboratorium Bahan Bangunan – Unika Soegijapranata.
- Timoshenko dan Gere. 1987. *Mekanika bahan*. Jakarta:Penerbit Erlangga.
- Wardoyo, S, dan Indarto, AP. 2002. Penelitian kuat tarik-belah beton serat dengan bahan serabut kelapa. (Tugas Akhir). Semarang. Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata.
- Wijaya, C. 1994. Karakteristik redaman balok sederhana beton bertulang berserat ijuk. Di dalam Prosiding Seminar Nasional “Pengembangan wilayah rawan gempa”. Yogyakarta, 3-4 Oktober 1994.
- Widianto, D. 1995. Perilaku beton diperkuat dengan fiber bambu. Semarang:Jurusan Teknik Sipil Universitas Katolik Soegijapranata.