

## KARAKTERISTIK KEKUATAN BETON YANG MENGGUNAKAN CANGKANG SAWIT SEBAGAI AGREGAT KASAR

Adiwijaya<sup>1)</sup>, Yohanis Sarungallo Tikupasang<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

### ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the influence of the palm shell as coarse aggregate on the mechanical characteristics of structural lightweight concrete. Palm shells were obtained of palm oil waste factories in several locations in the Mamuju Regency area of West Sulawesi. In this study, concrete cylindrical samples with 10 cm in diameter, 20 cm in height and concrete prism samples with size of 10 cm x 10 cm x 40 cm were casted with a cement water factor (FAS) of 0.4 with 60% of palm shells as coarse aggregate using Portland Cement Composite Cement (PCC) and Silica Fume (SF) as binders. Concrete samples were designed using Japanese Civil Society standard in which the sequence of sample preparation includes mixing, compaction, and water curing up to 28 days curing. After curing of 28 days, concrete samples were tested in compressive strength, flexural strength and tensile strength using the Compression Testing Machine and Flexural Testing Machine. The results concluded that addition of 60% palm shell in concrete reduce compressive strength, flexural strength and tensile strength of concrete. However, palm shell concretes with additional Silica Fume of 10% can improve the flexural strength and tensile strength of concrete. Also, the results are obtained that palm shell concrete that is potensial used as an aggregate in the production of structural lightweight concrete.

**Keywords:** *Palm oil, structural lightweight concrete, flexural strength, tensile strength*

### 1. PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi bangunan yang diperoleh dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dan air sebagai pencampur dan terkadang dengan bahan tambah (*mineral admixtures*) untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti beton ringan (*light weight*), kekuatan tinggi (*high strength*), kemudahan pengerjaan (*workability*) dan ketahanan terhadap kondisi lingkungan (*durability*). Material cangkang sawit merupakan hasil cangkang yang dihasilkan oleh industri pabrik minyak yang menyerupai agregat kasar dan cangkang yang keras, sehingga cangkang sawit ini berpotensi dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti agregat kasar dalam produksi beton. Pemanfaatan limbah cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar dapat diperoleh beberapa keuntungan antar lain; struktur beton lebih ringan, material ramah lingkungan (limbah industri), harga relatif murah (material buangan), dan menjadi material berkelanjutan (*sustainability*) dalam pengembangan IPTEK bidang teknologi material beton di masa mendatang.

Pemanfaatan cangkang sawit (beton cangkang sawit) sebagai pengganti agregat kasar pada produksi beton telah diteliti oleh peneliti sebelumnya [1]. Namun, penelitian terkait karakteristik kekuatan beton belum secara menyeluruh dilakukan. Oleh karena itu, penelitian dilakukan untuk menginvestigasi karakteristik kekuatan beton cangkang sawit sebagai lanjutan penelitian sebelumnya yang difokuskan pada investigasi kuat lentur dan kuat tarik beton. Pengaruh pemanfaatan cangkang sawit sebagai pengganti agregat kasar terhadap kekuatan lentur dan kekuatan beton akan didiskusikan dalam artikel ini. Dalam artikel ini akan dibahas juga pengaruh *mineral admixtures* seperti *silica fume* (SF) sebagai substitusi parsial semen terhadap karakteristik kuat lentur dan kuat tarik beton cangkang sawit.

### 2. METODE PENELITIAN

#### 2.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat halus pasir sungai, semen PCC dan air pencampur air tawar. Karakteristik agregat halus, agregat kasar batu pecah dan agregat kasar cangkang sawit ditunjukkan dalam **Tabel 1**. Sementara itu, **Tabel 2** memperlihatkan komposisi senyawa semen PCC yang diukur menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDS)* yang digunakan dalam penelitian ini.

#### 2.2 Matriks Spesimen Beton

---

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Adiwijaya, Telp 081342487102, adiwijaya\_ali@poliupg.ac.id

Agregat kasar cangkang sawit (CS) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari industri sawit di Kabupaten Mamuju. Adapun matriks sampel beton pada penelitian ini didemonstrasikan pada **Tabel 3**. Sedangkan, **Tabel 4** menunjukkan rancangan campuran beton yang digunakan pada penelitian ini yang mengacu pada standar *Japan Society of Civil Engineer* [2]. Rancangan campuran didesain dengan faktor air semen (FAS) sebesar 0.4 dengan persentasi agregat halus terhadap total kebutuhan agregat (s/a) sebesar 40%.

**Tabel 1.** Karakteristik agregat kasar dan agregat halus

Jenis Pengujian	Agregat halus	Aggregat kasar batu pecah	Aggregat kasar cangkang sawit
Kadar Lumpur (%)	0.42	0.20	0.02
Kadar Organik	Warna No. 1	-	-
Modulus Kehalusan	2.83	7.94	7.84
Berat Volume (kg/liter)	1.43	1.40	0.49
Berat Jenis SSD	2.52	2.58	1.34
Penyerapan (%)	2.48	3.44	25.37
Keausan (%)	-	24.01	3.13
Kekerasan (%)	-	29.68	4.41

**Tabel 2.** Komposisi senyawa kimia semen PCC

Semen	Kandungan senyawa (%)									
	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	FeO
PCC	0,11	2,34	3,40	21,49	1,87	1,57	67.02	-	-	1,82

**Tabel 3.** Matriks sampel penelitian

No.	Kode Sampel	Agregat Kasar		Binder		Keterangan
		Bt. Pecah	CS	PCC	SF	
1	BN	100%	0%	100%	0%	Masing-masing sampel diuji pada umur 28 hari
2	BS	40%	60%	100%	0%	
3	BS-SF	40%	60%	90%	10%	

Keterangan: BN = Beton normal; BS = Beton cangkang sawit; BS-SF = Beton cangkang sawit SF; PCC = Portland Composite Cement; SF = *Silica fume*; CS = Cangkang sawit

**Tabel 4.** Rancangan campuran beton (*Mixtures*)

Uraian	Komposisi campuran (kg/m <sup>3</sup> ) beton		
	BN	BS	BS-SF
FAS	0.4	0.4	0.4
s/a	40%	40%	40%
Air	175.0	175.0	175.0
PCC	437.5	437.5	393.8
SF	-	-	43.8
Pasir	638.3	638.3	633.0
Batu pecah	980.2	392.1	388.8
Cangkang sawit	-	305.4	302.9
<i>Plasticizer sikament</i> LN	5.5	5.5	5.5
Nilai <i>Slump</i> (cm)	19.0	3.0	2.5

Keterangan: *Plasticizer* digunakan 1,25% dari berat binder (semen)

### 2.3 Metode Pengujian

Setelah rancangan campuran beton ditentukan, dilanjutkan dengan pembuatan benda uji silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm dicetak mengacu pada SNI 4810:2013 [3]. 24 jam setelah dicetak, spesimen silinder beton dibuka dari cetakan lalu direndam dalam air perawatan. Sampai pada perawatan umur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik belah. Pengujian kuat lentur (*modulus*

of rupture) sampel balok beton 10 x 10 x 40 cm menggunakan alat *Flexural Testing Machine* kapasitas 50 kN dengan model pembebanan 1/3 bentang (*three points loading*) yang mengacu pada standar ASTM C78 - 03. Sedangkan, pengujian kuat tarik belah (*splitting test*) benda uji silinder beton menggunakan alat *Compression Testing Machine* kapasitas 1500 kN mengacu pada standar ASTM C449 - 03. Tiga sampel silinder dan sampel balok setiap pengujian dicatat sebagai data kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik beton.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Berat Volume dan Kuat Tekan

Pengujian berat volume beton diperiksa sebelum sampel silinder beton dilakukan *capping*, dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan. Hasil pengujian berat volume dan uji kuat tekan ( $f_c'$ ) sampel beton pada umur 28 hari tiap variasi sampel ditunjukkan pada **Tabel 5**.

**Tabel 5.** Hasil pengujian berat volume dan kuat tekan 28 hari

Kode Sampel	Berat volume ( $\text{kg/m}^3$ )	Kuat Tekan, $f_c'$ (MPa)
BN	2340	36.23
BS	2043	19.09
BS-SF	2026	23.08

Hasil pengujian berat volume beton menunjukkan bahwa penambahan cangkang sawit sebesar 60% sebagai pengganti agregat kasar menyebabkan berat volume beton cangkang sawit (BS) menurun sebesar 297  $\text{kg/m}^3$  atau mengalami penurunan berat mencapai 12 % dibandingkan beton normal (BN), meskipun nilai berat beton masih diatas standar sebagai kategori beton ringan,  $\leq 1900 \text{ kg/m}^3$  [4]. Penurunan berat volume beton juga terjadi pada beton cangkang sawit dengan penambahan SF (BS-SF) dibandingkan dengan beton cangkang sawit (BS). Selanjutnya, penambahan cangkang sawit dalam campuran beton mempengaruhi kuat tekan beton pada umur 28 hari mencapai penurunan sebesar 47% dari kuat tekan beton normal (BN). Namun, pada sampel beton cangkang sawit dengan penambahan *silica fume* (BS-SF), kuat tekan beton mencapai peningkatan 23,08 MPa (meningkat 21%) dari kuat tekan beton cangkang sawit (BS). Fenomena ini membuktikan bahwa substitusi *silica fume* sebesar 10% sebagai pengganti semen PCC dapat memperbaiki kinerja kuat tekan beton cangkang sawit.

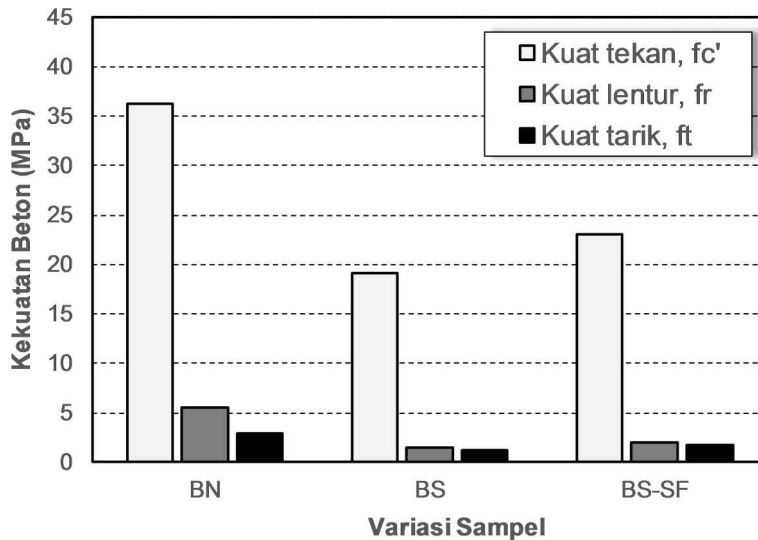
#### 3.2 Kuat Kuat Lentur dan Kuat Tarik

Perawatan sampel beton menggunakan air tawar (Air PDAM) dalam bak perendaman yang ditempatkan dalam ruangan gedung (*indoor*). Perawatan sampel silinder beton dan balok beton dilakukan sampai pada umur 28 hari, lalu diuji kuat lentur ( $f_r$ ) dan tarik ( $f_t$ ). Hasil pengujian kuat lentur dan kuat tarik diperlihatkan pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Hasil pengujian kuat lentur dan kuat tarik 28 hari

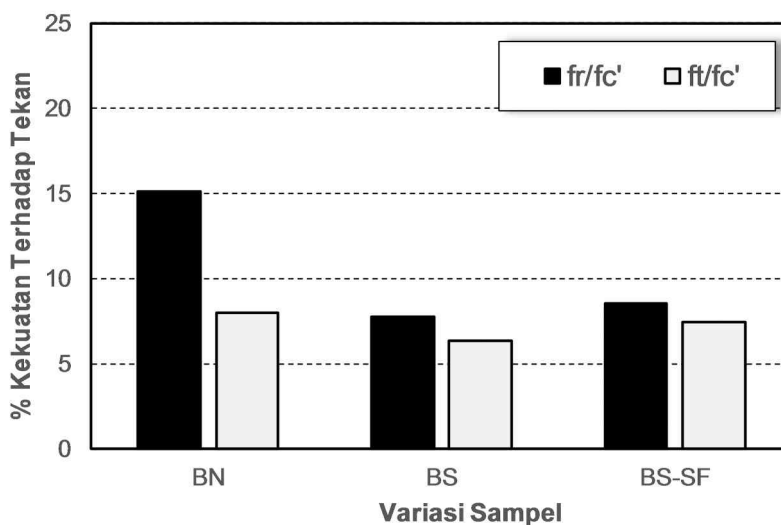
Kode Sampel	Kuat Lentur, $f_r$ (MPa)	Kuat Tarik, $f_t$ (MPa)	Rasio $f_r / f_c'$	Rasio $f_t / f_c'$
BN	5.49	2.89	0.15	0.08
BS	1.48	1.22	0.07	0.06
BS-SF	1.98	1.72	0.08	0.07

**Gambar 1** memperlihatkan bahwa kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton menurun akibat penambahan cangkang sawit seperti pada fenomena kuat tekan beton cangkang sawit. Penurunan kuat lentur beton signifikan terjadi pada variasi sampel BS dibandingkan beton normal BN mencapai 73%. Namun, dengan penambahan *silica fume* 10% sebagai pengganti sebagian semen dapat meningkatkan kekuatan lentur ( $f_r$ ) beton cangkang sawit sebesar 34%. Demikian pula hasil pengamatan kuat tarik beton, penambahan cangkang sawit 60% menurunkan sebesar 57% kekuatan tarik beton dibandingkan beton normal BN. Sementara itu, dengan penambahan *silica fume*, sampel beton cangkang sawit BS-SF mengalami peningkatan kuat tarik mencapai 41% dari sampel beton BS.



**Gambar 1.** Karakteristik mekanis beton cangkang sawit

Nilai rasio kekuatan lentur beton terhadap kekuatan tekan ( $f_r/f_c'$ ) dan rasio kekuatan tarik beton terhadap kekuatan tekan ( $f_t/f_c'$ ) didemonstrasikan pada **Gambar 2**. Hasil analisis menunjukkan bahwa persentase kuat lentur terhadap kuat tekan beton cangkang sawit SF lebih besar dibandingkan persentase kuat tarik terhadap kuat tekan pada sampel beton cangkang sawit BS. Persentase kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton cangkang sawit BS masing-masing diperoleh 7% dan 6% dari kuat tekan ( $f_c'$ ).



**Gambar 2.** Rasio kekuatan terhadap tekan

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Penambahan cangkang sawit 60% menurunkan kekuatan tekan, kekuatan lentur dan kekuatan tarik beton, tetapi penambahan *silica fume* 10% dapat memperbaiki kuat lentur dan kuat tarik beton cangkang sawit.
2. Hasil penelitian diperoleh bahwa beton cangkang sawit potensi digunakan sebagai material agregat pada produksi beton ringan struktural.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yohanis S., Adiwijaya, dan Irka TD, Studi Fundamental Pemanfaatan Limbah Cangkang Sawit sebagai Agregat Kasar pada Produksi Beton Ringan Kekuatan Tinggi, Makassar: Laporan Hasil Penelitian Politeknik Negeri Ujung Pandang, 2018.

- [2] Japan Society of Civil Engineers, Standard Specifications for Concrete Structures-2002: Material and Construction, Japan: JSCE, 2002.
- [3] Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan (SNI 4810:2013), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2013.
- [4] Standar Nasional Indonesia, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2002

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis utama ingin menyampaikan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung, mulai proses seleksi proposal, pelaksanaan penelitian hingga proses perampungan laporan. Juga, ucapan terima kasih dan apresiasi kepada Institusi Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan dana kepada peneliti, sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan sukses.