

# PERILAKU KUAT TEKAN BETON DENGAN ABU CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN SEMEN

Martin Lerry<sup>1)</sup>, Elhusna<sup>2)</sup>, Yuzuar Afrizal<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Alumni Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu, Telp (0736)344087, e-mail: lerry99@ymail.com

<sup>2),3)</sup>Dosen Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNIB, Jl. W.R. Supratman, Kandang Limun, Bengkulu e-mail: elhusna@yahoo.co.id

## Abstract

*The aim of this research was to know if palm oil (*Elaeis Guineensis*) fly ash could replace some cement. Palm oil fly ash which used was taken from palm oil factory PT.Sandabi Indah Lestari at North Bengkulu. The research was directed according to SK SNI-T-15-1990-03, used cylinder specimens, water cement ratio 0.5, and slump value 30-60 mm. The research was substituted partly cement with palm oil fly ash as 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% of cement weight. There were two types of sand used in the research namely oceanic sand and mountain sand. All the samples had the same curing until 28 days when the compression test carried out. Concrete compression strength showed decreasing trend. The strength decreased as the increasing of percent of palm oil fly ash used. The maximum decreases compared to the strength of concrete without the ash were 40% when the concrete used mountain sand and 45,19% when it used oceanic sand.*

**Key words:** Concrete compression strength, Palm oil fly ash.

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu hasil bumi terbesar di Bengkulu. Industri pengolahan minyak kelapa sawit dikembangkan oleh pemerintah daerah untuk meningkatkan nilai kelapa sawit. Proses ekstraksi kelapa sawit menjadi minyak sawit menghasilkan limbah padat. Salah satu limbah tersebut adalah abu cangkang kelapa sawit. Limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai material pengganti semen dalam campuran beton (Dedi, 2004).

Semen yang biasa digunakan untuk bahan beton adalah semen *portland* atau semen *portland pozzolan*. Semen tersusun dari bahan berupa batu kapur, batu lempung, pasir kuarsa, pasir besi, dan gipsum. Batu kapur merupakan komponen utama dalam semen dengan konsentrasi tertinggi mencapai 70% dari semen. Batu kapur/gamping adalah bahan alam yang mengandung senyawa Kalsium Oksida (CaO), sedangkan lempung/tanah liat adalah bahan alam yang mengandung senyawa Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>), Alumunium Oksida

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Besi Oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dan Magnesium Oksida (MgO) (Safitri dalam Warman, 2011).

Abu cangkang kelapa sawit berasal dari proses pembakaran cangkang menjadi abu. Proses pembakaran ini menghilangkan kandungan kimia *organic* dan meninggalkan silika Oksida (SiO<sub>2</sub>) hingga 58,02% serta senyawa lainnya yang juga terdapat pada semen. Adapun berbagai senyawa yang terdapat dalam abu cangkang kelapa sawit dan persentasenya disajikan dalam Tabel 1 sebagaimana yang dilaporkan oleh PT. Semen Padang dalam Rinaldo (2001).

Penelitian ini dimaksudkan untuk memanfaatkan kandungan Silika Oksida (SiO<sub>2</sub>) dan bahan lainnya yang terdapat dalam abu cangkang sawit. Pemanfaatan abu ini digunakan sebagai pengganti sebagian semen pada campuran beton.

**Abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis*)**

Abu cangkang kelapa sawit memiliki potensi sebagai bahan *pozzolan* pada semen. Abu cangkang kelapa sawit yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai kandungan *silika* yang sangat tinggi (PT.Semen Padang,

1990). Pembakaran cangkang menjadi abu membantu menghilangkan kandungan kimia *organic* dan meninggalkan *silika* yang cukup banyak (Dedi, 2004). Komposisi kimia abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) lolos saringan no 100 dapat dilihat pada Tabel 1

**Tabel 1.** Komposisi kimia abu cangkang kelapa sawit

Komposisi	Persentase (%)
<i>Chemical analysis</i>	
SiO <sub>2</sub>	58,02
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,60
CaO	12,65
MgO	4,23
Na <sub>2</sub> O	0,41
K <sub>2</sub> O	0,72
H <sub>2</sub> O	1,97
<i>Specific gravity</i>	2,01
Sisa ayakan 45 $\mu$	47
Hilang pijar	8,59

Sumber : PT.Seman Padang, 1990 dalam Rinaldo, 2003

Menurut Graile dalam Sentosa (2005) abu cangkang kelapa sawit secara visual memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Bentuk partikelnya tidak beraturan, ada butiran bulat panjang, bulat, dan bersegi.
2. Kehalusan abu cangkang kelapa sawit berkisar 0 – 2,3 mm.
3. Warna abu-abu kehitaman.

Graile dalam Sentosa (2005) lebih lanjut memisahkan abu buangan limbah kelapa sawit dalam tungku pembakaran (*boiler*) kepada pembakaran cangkang dan serabut buah kelapa sawit (serat). Abu dari serat dan cangkang memiliki komposisi yang berbeda sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Komposisi abu sawit hasil pembakaran serat dan cangkang (% berat)

Unsur/Senyawa	Serat	Cangkang
Kalium (K)	9,2	7,5
Natrium (Na)	0,5	1,1
Kalsium (Ca)	4,9	1,5
Magnesium (Mg)	2,3	2,8
Klor (Cl)	2,5	1,3
Karbonat (CaO <sub>3</sub> )	2,6	1,9
Nitrogen (N)	0,04	0,05
Pospat (P)	1,4	0,9
Silika (SiO <sub>2</sub> )	59,1	61,0

(Sumber: Graille dalam Utama dan Sentosa, 2005)

### Beton

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 dalam Elhusna, 2012). Beton masih merupakan pilihan utama dalam pembuatan struktur. Beton memenuhi kriteria konstruksi, yaitu; dapat dikerjakan dengan mudah, memiliki kuat tekan dan durabilitas yang baik (Mulyono, 2003).

Perhitungan kuat tekan beton ( $f'_c$ ) dalam MPa merupakan hasil pembagian beban (P) dengan luas area pembebanan (A). Persamaan ini sesuai dengan menurut SK-SNI M-14-1989-F.

### Analisa data

Menurut Spiegel (2011), standar deviasi adalah karakteristik data untuk ukuran dispersinya. Sedangkan rata-rata merupakan ukuran tendensi sentral data. Selanjutnya, Hines dalam Elhusna (2012) menjelaskan bahwa kedua ukuran ini berfungsi untuk menjelaskan informasi yang tepat tentang kondisi sampel.

Standar deviasi dapat ditentukan dari akar pangkat dua dari rasio komulatif kuadrat selisih setiap nilai benda uji dengan rata-ratanya dan selisih banyaknya benda uji dengan satu. persamaan ini tercantum dalam (Spiegel, 2011).

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan penyiapan material pembentuk beton berupa semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta abu cangkang sawit. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Universitas Bengkulu.

### Semen

Semen yang digunakan adalah semen Portland Komposit atau *Portland Composite Cement* (PCC) dengan kapasitas 50 kg dan memenuhi standar SNI . Semen yang digunakan merupakan semen yang secara visual memiliki kondisi yang memenuhi syarat sebagai bahan pembentuk beton (Mulyono, 2003) sebagai berikut.

1. Kantung semen tertutup rapi dalam keadaan terjahit.
2. Semen memiliki kehalusan yang seragam dan tidak menggumpal.
3. Semen ketika diraba terasa halus dan tidak kasar.

### Abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*)

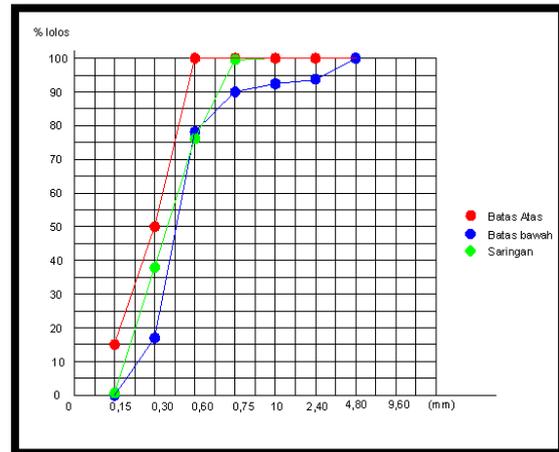
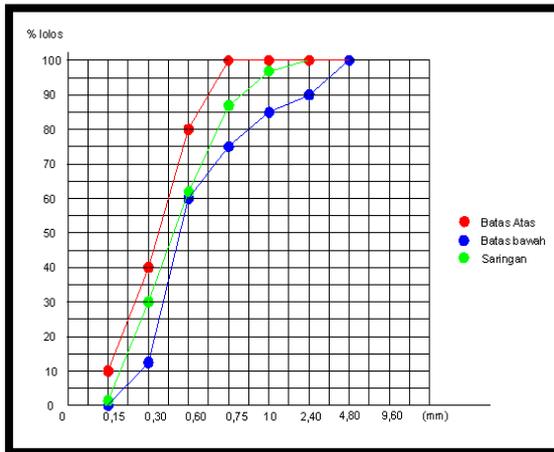
Abu cangkang kelapa sawit yang digunakan berasal dari Giri Mulya Unit VI Bengkulu Utara. Abu yang digunakan memiliki kadar air sebesar 146,9 % dan modulus halus butir 1,28.

## Air

Air yang digunakan berasal dari kawasan laboratorium. Air tersebut bersih dan layak minum. Secara visual, air tersebut terlihat bersih dan jernih, tidak mengandung endapan lumpur, tidak mengandung minyak, dan tidak mengandung kotoran-kotoran sampah serta tidak berbau.

## Agregat

Penelitian ini menggunakan *split* sebagai agregat kasar dan dua jenis pasir, yaitu pasir laut dan pasir gunung sebagai agregat halus. Gradasi pasir gunung berada pada zona 3, sementara gradasi pasir laut berada pada zona 4. Grafik posisi gradasi kedua pasir dapat dilihat pada Gambar 1.



a. Pasir Gunung (zona 3)

b. Pasir Laut (zona 4)

Gambar 1. Grafik gradasi pasir yang digunakan

## Pembuatan benda uji

Benda uji silinder beton pada penelitian ini dibuat menurut SK-SNI T-15-1990-03 dengan faktor air semen 0,5 dan nilai *slump* 3-6 cm. Realisasi nilai *slump* rata-rata pada pengadukan beton dengan pasir gunung adalah 4,17 cm dan 4,14 cm untuk beton dengan pasir laut. Proporsi bahan pembentuk beton yang digunakan dan abu

cangkang kelapa sawit untuk pasir gunung dan pasir laut disajikan dalam Tabel 3 dan 4.

Pengadukan dan pencetakan benda uji silinder beton dibuat secara terpisah untuk setiap persentase abu cangkang sawit. Terdapat 5 buah benda uji untuk setiap persentase abu. Perawatan dengan perendaman dilakukan sampai sehari sebelum pengujian.

Tabel 3. Proporsi bahan pembentuk beton (pasir gunung)

Bahan	Jumlah Campuran Abu Untuk Setiap Benda Uji (Satuan Kg)				
	0 %	5%	10%	15%	20%
Semen	2,227	2,116	2,005	1,893	1,782
Air	1,108	1,108	1,108	1,108	1,108
Agregat halus	2,889	2,889	2,889	2,889	2,889
Agregat kasar	6,616	6,616	6,616	6,616	6,616
Abu	-	0,111	0,223	0,334	0,445

**Tabel 4.** Proporsi campuran beton (pasir laut)

Bahan	Jumlah Campuran Abu Untuk Setiap Benda Uji (Satuan Kg)				
	0 %	5%	10%	15%	20%
Semen	2,439	2,116	2,005	1,893	1,782
Air	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Agregat halus	2,368	2,368	2,368	2,368	2,368
Agregat kasar	7,234	7,234	7,234	7,234	7,234
Abu	-	0,111	0,223	0,334	0,445

### Pengujian silinder beton

Pengujian tekan silinder beton dilakukan pada umur 28 hari menurut SK-SNI-03-1974-1990. Benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 24 jam sebelum pengujian tekan dilakukan. Benda uji lalu ditimbang dan diukur dimensinya menggunakan mistar dan dilakukan *capping* pada beton agar permukaan beton rata.

Benda uji yang siap untuk diuji kuat tekannya dimasukkan ke dalam mesin uji kuat tekan dan diberi beban. Beban yang dicatat sebagai beban untuk menghitung tegangan beton adalah beban ketika beton mulai retak.

### Pengolahan data

Pengolahan data dimulai dengan menentukan nilai kuat tekan beton dan dilanjutkan dengan melakukan analisa varian untuk membandingkan nilai rata-rata kuat tekan dari setiap perlakuan. Perhitungan kuat tekan beton dilakukan menurut SK-SNI M-14-1989-F seperti yang dicantumkan di atas. Selanjutnya dihitung rata-rata dan standar deviasi dari setiap persentase abu.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan pada 50 buah benda uji silinder beton berupa 5 benda uji untuk setiap sampel. Pengujian kuat tekan ini dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Compression Testing Machine* tahun 2009 dengan kapasitas 1500 KN.

Kuat tekan beton yang dari penelitian ini disajikan pada Tabel 5 untuk beton dengan pasir gunung dan Tabel 6 untuk beton dengan pasir laut. Terjadi penurunan kekuatan pada beton dengan pasir gunung (Tabel 5). Penurunan terjadi seiring dengan membesarnya persentase abu yang digunakan. Penurunan terbesar terjadi pada persentase abu terbesar yaitu sebesar 40,03% dari kekuatan beton tanpa abu.

Kekuatan beton dengan pasir laut dapat dilihat pada Tabel 6. Penurunan juga terjadi seiring membesarnya persentase abu yang digunakan seperti halnya beton yang menggunakan pasir gunung. Penurunan kuat tekan terbesar yaitu 45.19% terjadi pada persentase abu terbesar (20%) dibandingkan kekuatan beton tanpa abu.

**Tabel 5.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pasir Gunung

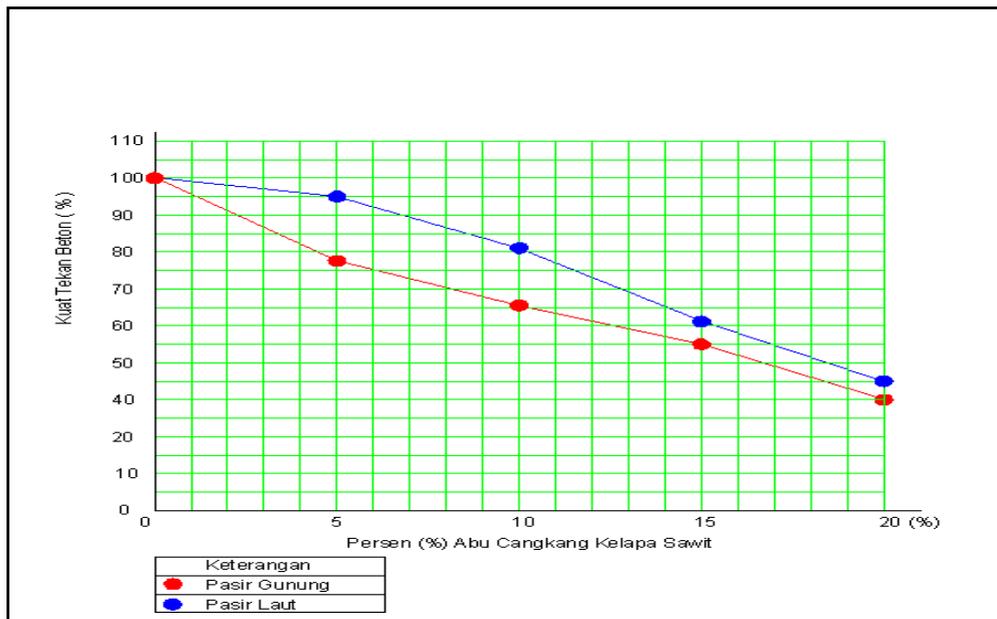
Data Hasil Pengujian	Persen penggantian semen dengan abu cangkang kelapa sawit ( <i>Elaeis Guineensis</i> )				
	0%	5%	10%	15%	20%
Rata-rata (MPa)	36,32	28,28	24,10	20,02	14,54
Standar deviasi	3,47	1,79	1,86	1,24	1,01
Penurunan $f'c$ tiap penggantian abu (Mpa)		-8,04	-12,22	-16,30	-21,78
Persentase kuat tekan terhadap beton tanpa Abu (%)	100	77,86	66,35	55,12	40,03

**Tabel 6.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Pasir Laut

Data Hasil Pengujian	Persen penggantian semen dengan abu cangkang kelapa sawit ( <i>Elaeis Guineensis</i> )				
	0%	5%	10%	15%	20%
Rata-rata (MPa)	29,30	27,94	23,87	18,55	13,24
Standar deviasi	4,30	3,50	1,23	2,13	2,45
Penurunan $f'c$ tiap penggantian (Mpa)	-	-1,36	-5,43	-10,75	-16,06
Persentase kuat tekan terhadap beton tanpa abu (%)	100	95,36	81,48	63,31	45,19

Penurunan kekuatan beton dari kedua jenis pasir tersebut disajikan pada Gambar 1. Penurunan kekuatan pada pasir laut (garis sebelah atas) terlihat lebih kecil setiap tahapnya dibandingkan dengan pasir gunung yang ditunjukkan oleh garis yang lebih bawah pada Gambar 1 tersebut. Secara umum makin besar persentase penggantian semen dengan abu cangkang kelapa sawit

maka semakin besar pula penurunan yang terjadi pada kuat tekan beton tersebut. Beton dengan pasir laut (garis biru) menurun kekuatannya dengan kecenderungan hampir linear. Penurunan kuat tekan beton dengan pasir gunung terlihat besar pada posisi 5% abu sawit, selanjutnya menurun perlahan seperti halnya beton dengan pasir laut.



**Gambar 1.** Grafik Perbandingan Persentasi Kuat Tekan Beton Menggunakan (Pasir Gunung) dan (Pasir laut) Dengan Abu Cangkang Kelapa Sawit

Penurunan kuat tekan beton yang terjadi kemungkinan disebabkan karena gradasi abu cangkang kelapa sawit yang masih kasar. Kajian pustaka menjelaskan bahwa terdapat *Silika Oksida* ( $\text{SiO}_2$ ) pada abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) hingga 59,1%. Ada peluang bahwa kandungan *silika oksida* pada abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) tidak bisa menggantikan silika semen. Kandungan *silika* semen lebih kompleks dan komposisinya telah disempurnakan oleh pabrik semen.

Hasil pengujian memperlihatkan kuat tekan beton menggunakan pasir gunung mempunyai kuat tekan diatas kuat tekan pasir laut secara keseluruhan. Kuat tekan beton yang menggunakan pasir gunung memiliki penurunan kuat tekan yang lebih signifikan dari beton yang menggunakan pasir laut.

## KESIMPULAN

Penelitian dan pembahasan mengenai penggantian sebagian berat semen dengan abu cangkang kelapa sawit (*Elaeis Guineensis*) pada adukan beton memberikan sejumlah kesimpulan sebagai berikut.

1. Kuat tekan beton menurun seiring meningkatnya persen abu cangkang kelapa sawit yang digunakan.

2. Penurunan terbesar kuat tekan beton dengan pasir gunung terjadi pada beton yang menggunakan 20% abu cangkang sawit yaitu sebesar 21,78 MPa atau 40% dari kuat tekan beton normal.
3. Penurunan terbesar pada beton dengan pasir laut juga terjadi pada penggunaan 20% abu cangkang kelapa sawit, yaitu sebesar 16,06 MPa atau 45,19% dari beton normal

Peneliti memberikan rekomendasi penelitian lebih lanjut dengan memberikan perlakuan dioven terhadap abu cangkang kelapa sawit dan menggunakan abu yang 75% lolos saringan 100 sesuai dengan syarat semen SK-SNI-S-04-1989-F.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dedi, M., 2004, *Skripsi "Pengaruh Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton"*. Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Riau.
- DPU, 2002, *SK SNI 03-2847-2002: Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Departemen Pekerjaan Umum Yayasan Badan Penerbit PU, Bandung.
- DPU, 1990, *SK-SNI-03-1974-1990, Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*, Departemen Pekerjaan Umum Yayasan

- Badan Penerbit Pekerjaan Umum:  
Jakarta.
- DPU, 1990, **Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal SK-SNI-T-1990-03**, Departemen Pekerjaan Umum Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan: Bandung.
- Elhusna, 2012, **Penambahan Kuat Tarik Beton Akibat Penambahan Serat Sabut Kelapa**, Jurnal Inersia Volume 4, No.1, edisi April 2012
- Mulyono, T., 2003, **Teknologi Beton**, Andi Offset: Yogyakarta.
- Rinaldo, D., 2003, *Skripsi* "**Pengaruh Abu Cangkang kelapa sawit (palm oil fuel ash) terhadap mortar**". Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Riau.
- Salihuddin, R., 1993, *Skripsi* "**Pengaruh Abu Cangkang kelapa sawit Sebagai Pengganti Sebagian Semen Dalam Campuran Beton dengan persentase 10%-40%**". Fakultas Teknik Islam Riau, Riau
- Spiegel, M,R, dan Larry, J,S, 2011, **Statistik**, Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta