

ISSN 1411 - 3414



# INVOTEK

*Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*

Diterbitkan :

Fakultas Teknik  
Universitas Negeri Padang

JURNAL  
INVOTEK

Vol. XIV

No. 1

Halaman  
2875 - 2964

Padang  
Februari 2014

**INVOTEK**  
(Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi)

**SUSUNAN DEWAN REDAKSI**

***Penasehat***

Rektor UNP Padang (Prof. Dr. Phil. Yanuar Kiram)

***Penanggung Jawab***

Dekan Fakultas Teknik UNP Padang (Drs. H. Ganefri, M.Pd.,Ph.D)

***Pimpinan Redaksi***

Prof. Dr. H. Nizwardi Jalinus, M. Ed

***Sekretaris Redaksi***

Drs. Sukardi Umar, MT.

***Redaksi Ahli***

Prof. Dr. H. Jalius Jama, M.Ed.

Prof. Dr. H. Syahron Lubis, M.Ed.

Dr. Agamuddin, M. Ed.

Prof. Dr. Ungsi Antara Oku Marmai, M.Ed.

Prof. Dr. Hj. Elisna

***Redaktur Pelaksana***

Drs. Revian Body, M.SA.

Drs. Putra Jaya, MT.

Drs. Muhakir, M.P.

Dra. Lucy Fridayati, M. Kes.

Dr. Wakhinuddin, M.Pd.

***Alamat Redaksi***

Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang - 25131

Telp. (0751) 445118, Fax. (0751) 7055644

***Frekuensi Terbitan***

2 (dua) kali setahun (Februari dan Agustus)

***Terbit Pertama kali***

Februari 2000

### Pengantar Redaksi

Alhamdulillah, kali ini jurnal INVOTEK (Inovasi Vokasional dan Teknologi) kembali menjumpai pembaca dengan format baru dan tentunya dengan berbagai tulisan yang aktual. Sebagaimana terbitan sebelumnya, dalam terbitan Vol. XIV, No. 1 – Februari 2014 ini hadir dengan seleksi tulisan yang diharapkan memuaskan pembaca. Pada penerbitan edisi ini hadir 9 (sembilan) tulisan dengan topik inovasi dan aplikasi teknologi.

Mudah-mudahan terbitan ini dapat memenuhi harapan kita semua, dan dengan segala kerendahan hati kami menunggu tulisan-tulisan selanjutnya demi tercapainya eksistensi jurnal ini.

Wassalam,

Redaksi

**INVOTEK**  
(Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi)

**DAFTAR ISI**

Pengantar Redaksi .....	i
Daftar Isi .....	ii
• Rekonstruksi Model Sintetis 2D Seismik Tomografi Waktu Tempuh antar Lubang Bor dengan Metoda Beda Hingga <i>Adree Octova</i> .....	2875 – 2886
• Performansi Konverter AC-AC Satu Fasa dengan Teknik PWM Menggunakan Mikrokontroler ATmega8535 <i>Aswardi &amp; Hastuti</i> .....	2887 – 2894
• Perilaku Balok Beton Bertulang Pascabakar yang Diperkuat dengan <i>Carbon Fiber Strips</i> (CFS) <i>Eka Juliafad</i> .....	2895 – 2906
• Korelasi Minat Bekerja di Industri dengan Prestasi Belajar (Studi Kasus: Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan UNP Padang) <i>Fitra Rifwan &amp; M. Husni</i> .....	2907 – 2914
• Multimedia Interaktif Mengoperasikan Sistem Otomatis Change Over (Studi kasus: SMK Negeri 1 Padang) <i>Fivia Eliza</i> .....	2915 – 2926
• Penerapan Keselamatan Konstruksi pada Proyek Pembangunan Jembatan Kelok 9 Sumatera Barat <i>Henny Yustisia</i> .....	2927 – 2936
• Pemanfaatan Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit sebagai Agregat dalam Campuran Beton <i>Prima Yane Putri</i> .....	2937 – 2946
• Evaluasi Karakteristik Kimia dan Sifat Organoleptik Sosis Ikan Tongkol yang Disubsitusi dengan Tempe <i>Rina Yenrina, Novizar Nazir &amp; Riana Dewi</i> .....	2947 – 2954
• Kurva <i>Intensity-Duration-Frequency</i> (IDF) dan Debit Banjir Rencana DAS Batang Kambang Daerah Rawan Banjir Kabupaten Pesisir Selatan <i>Totoh Andayono</i> .....	2955 – 2962
Biodata Penulis .....	2963
Tata Cara Penulisan .....	2964

## PEMANFAATAN KERAK BOILER CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI AGREGAT DALAM CAMPURAN BETON

Prima Yane Putri

### Abstract

*Behaviour with variations in the crust concrete boiler instead of natural coarse aggregates investigated in this study. Aggregate crust boiler construction system is an idea for the utilization of waste palm oil mills that often cause problems (pollution) for the environment. The use of coarse aggregate boiler scale as alternative aggregates can partially replace natural aggregates in the concrete mix, is expected to provide economic value to the construction and reduce environmental problems. The results of laboratory tests indicate that the strength and stiffness of the specimens for natural aggregate concrete with higher strength and stiffness than the coarse aggregate concrete crust boiler with concrete compressive strength is 25 MPa. Use of coarse aggregate crust boilers up to 20 % of the weight percentages of natural coarse aggregate compressive strength still meet the planned (25 MPa). And coarse aggregate 20 % of boiler crust concrete compressive strength higher than the use of coarse aggregate 10 % of boiler crust. After that, the strength and stiffness of the specimen decreases proportional to the addition of coarse aggregate content of boiler crust. This is due to the absorption of coarse aggregate value crust boilers greater than the mean natural coarse aggregate coarse aggregate crust boilers absorb more water, causing a decrease in the compressive strength of concrete. The same behavior is also shown in the test splitting test.*

**Keywords:** *Coarse Aggregate Crust Boilers, Crust Concrete Boiler, Compressive Strength, Splitting Test*

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara agraris yang terbesar di dunia yang memiliki kekayaan alam dari struktur perkebunan diantaranya adalah perkebunan kelapa sawit. Hampir seluruh daerah di Indonesia memiliki lahan kelapa sawit yang luas. Berdasarkan data dari Dirjen Perkebunan, Kementerian Pertanian per tahun 2010 luas areal kelapa sawit di Indonesia seluas 7.824.623 Ha dengan total produksi 19.884.901 ton. Dimana produksi kelapa sawit Indonesia sekarang ini memenuhi 40% kebutuhan dunia. Pemerintah dalam beberapa tahun ke depan berencana untuk memperluas perkebunan kelapa sawit dengan target produksi pada tahun 2020 mencapai 52 juta ton per tahun.

Namun seperti dua sisi mata uang yang tidak dapat dipisahkan, dampak positif dari perkembangan seperti sektor agroindustri umumnya dan perkebunan kelapa sawit khususnya, juga diikuti oleh dampak negative terhadap lingkungan

akibat dihasilkannya limbah padat, cair, dan gas dari kegiatan kebun dan Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Maka perlu dikembangkan pemikiran dimana limbah yang dulu dikategorikan sebagai produk samping yang menimbulkan masalah, sekarang selayaknya harus ditanggulangi (*end-of-pipe*) melalui pendekatan-pendekatan instrument ekonomi.

Berdasarkan hasil observasi penulis di Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat terdapat perkebunan kelapa sawit dengan luas areal hampir mencapai 200.000 Ha (Perkebunan Besar Nasional, Perkebunan Besar Swasta Nasional, Perkebunan Rakyat, dan Petani Pekebun) dengan 9 unit pabrik pengolahan kelapa sawit. Namun limbah dari Pabrik Kelapa Sawit belum termanfaatkan secara optimal. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) hanya dimanfaatkan sebagai pupuk kompos, cangkang buah sawit hanya dimanfaatkan sebagai bahan material

pengeras jalan. Sedangkan limbah-limbah lainnya seperti pelepah, batang dan kerak boiler cangkang kelapa sawit belum memanfaatkan sama sekali.

Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500 – 700 °C pada dapur tungku boiler yang dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), dari pembakaran tersebut diperoleh kerak boiler. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomass dengan kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) yang potensial dimanfaatkan.

Pembakaran cangkang dan serat buah menghasilkan kerak yang keras berwarna putih – keabuan akibat pembakaran dengan suhu yang tinggi dengan kandungan silika 71,14 %. Setiap minggu satu pabrik kelapa sawit menghasilkan 5 (lima) ton abu kerak boiler, dan selama ini hanya menjadi timbunan limbah saja.

Berdasarkan data pabrik kelapa sawit PT. Inkud Agritama, Kinali, Pasaman Barat menunjukkan lebih dari 100 ton/minggu menghasilkan cangkang dan serabut buah sawit yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar PLTU.

Artikel ini menyajikan studi eksperimental yang dilakukan untuk menjawab permasalahan di atas. Dengan dikembangkannya penggunaan kerak boiler Cangkang Kelapa Sawit dalam sistem konstruksi merupakan ide untuk pemanfaatan limbah pabrik pengolahan kelapa sawit yang sering menimbulkan masalah bagi lingkungan. Usaha untuk memanfaatkan bukan saja akan mengurangi masalah lingkungan akan tetapi dapat memberikan nilai ekonomis terhadap konstruksi, serta suatu upaya pelestarian sumber daya alam. Limbah yang berasal dari pabrik pengolahan kelapa sawit inilah yang akan menjadi agregat alternatif, yang dapat menggantikan sebagian atau seluruh agregat alam di dalam campuran beton. Selain itu dengan menggunakan semen sebagai bahan pengikat dan metode desain konvensional, diharapkan campuran beton ini dapat menjadi beton ringan (karena agregat yang berasal dari kerak boiler berat jenisnya lebih ringan daripada agregat alam) dan memiliki kuat

tekan dan kuat belah yang minimal sama dengan beton agregat alam.

## METODE PENELITIAN

Metodologi yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

### 1. Studi literatur

Studi literatur adalah penelitian terhadap peraturan standar yang berlaku dan dipakai, serta mencari masukan-masukan dari kegiatan penelitian lain yang berhubungan dengan penggunaan kerak boiler cangkang kelapa sawit di dalam campuran beton.

### 2. Percobaan di laboratorium

Percobaan ini untuk meneliti dari kandungan agregat baik asli maupun agregat yang berasal dari kerak boiler cangkang kelapa sawit serta uji kuat tekan dan uji belah dari beton agregat kerak boiler tersebut.

Kerak boiler cangkang kelapa sawit diambil Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang ada di Pasaman Barat, Sumatera Barat. Sedangkan pemilahan fraksi agregat dilakukan pembagian material menjadi 2 (dua) fraksi yaitu agregat halus dan agregat kasar

Pemecahan kerak boiler dan pemilahan fraksi agregat dilakukan di laboratorium secara manual. Setelah agregat dipilah, hanya diambil agregat kasar kerak boiler cangkang kelapa sawit saja yang akan digunakan didalam campuran beton. Pengujian dilakukan di laboratorium, meliputi pengujian pendahuluan dan pengujian lanjutan. Pengujian pendahuluan dimaksudkan untuk menguji karakteristik dari material dasar yang digunakan dalam pembuatan campuran beton agregat kerak boiler cangkang kelapa sawit dan beton agregat alam, apakah memenuhi persyaratan atau tidak berdasarkan standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F. Kemudian data-data tersebut digunakan dalam perhitungan rencana campuran beton (*mix design*) berdasarkan Metode ACI. Pengujian lanjutan yang dilakukan adalah pengujian laboratorium berupa uji kuat tekan dan uji belah terhadap benda uji beton

agregat kerak boiler cangkang kelapa sawit dan beton agregat alam. Pengujian pendahuluan dan pengujian lanjutan dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari (masing-masing kondisi campuran 3 benda uji). Sedangkan uji belah dilakukan pada umur beton 28 hari (masing-masing kondisi campuran 3 benda uji). Sebelum diuji,

benda uji direndam (*curing*) dalam bak perendam sampai umur pengujian.

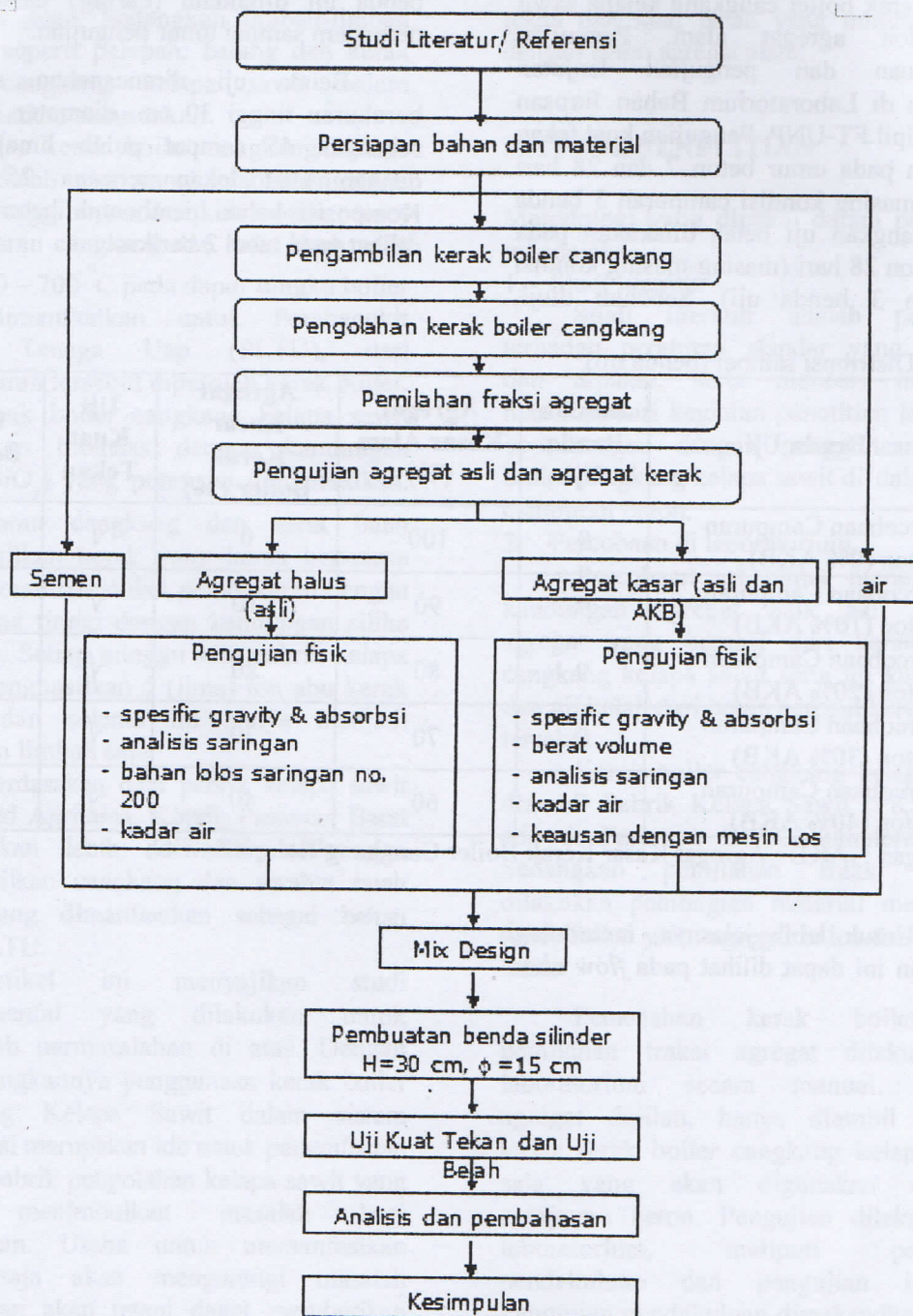
Benda uji direncanakan silinder berukuran tinggi 30 cm, diameter 15 cm, sebanyak 45 (empat puluh lima) buah dengan kuat tekan rencana 25 MPa. Komposisi bahan pembentuk beton dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 1. Distribusi sampel (benda uji)

No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Agregat Kasar Alam (%)	Agregat Kasar Kerak Boiler (%)	Uji Kuat Tekan	Uji Belah
1.	Percobaan Campuran Beton (0% AKB)	9	100	0	√	√
2.	Percobaan Campuran Beton (10% AKB)	9	90	10	√	√
3.	Percobaan Campuran Beton (20% AKB)	9	80	20	√	√
4.	Percobaan Campuran Beton (30% AKB)	9	70	30	√	√
5.	Percobaan Campuran Beton (40% AKB)	9	60	40	√	√

Keterangan : AKB : Agregat Kasar Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit

Untuk lebih jelasnya, metodologi penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* berikut :



Gambar 1. Metodologi Penelitian Pengujian *Beton Agregat Kerak Boiler*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan dimaksudkan untuk menguji karakteristik dari material dasar yang digunakan dalam pembuatan campuran beton, apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Pengujian material

berdasarkan standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F. Kemudian data-data tersebut digunakan dalam perhitungan rencana campuran beton (*mix design*) berdasarkan Metode ACI. Pengujian material ini dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP.



Pengujian pendahuluan yang dilakukan berupa :

- Specific gravity & absorpsi agregat halus dan agregat kasar
- Analisis saringan agregat halus dan agregat kasar
- Bahan lolos saringan no. 200 untuk agregat halus
- Kadar air agregat halus dan agregat kasar
- Zat organik dan kadar lumpur agregat halus
- Berat volume agregat halus dan agregat kasar
- Keausan dengan mesin los angeles untuk agregat kasar

Hasil pengujian pendahuluan dan *mix design* yang direncanakan dapat dilihat pada lampiran. Hasil pengujian pendahuluan menunjukkan material yang digunakan memenuhi persyaratan sesuai standar standar ASTM 04.02-1996 dan SK SNI S-04-1989-F.

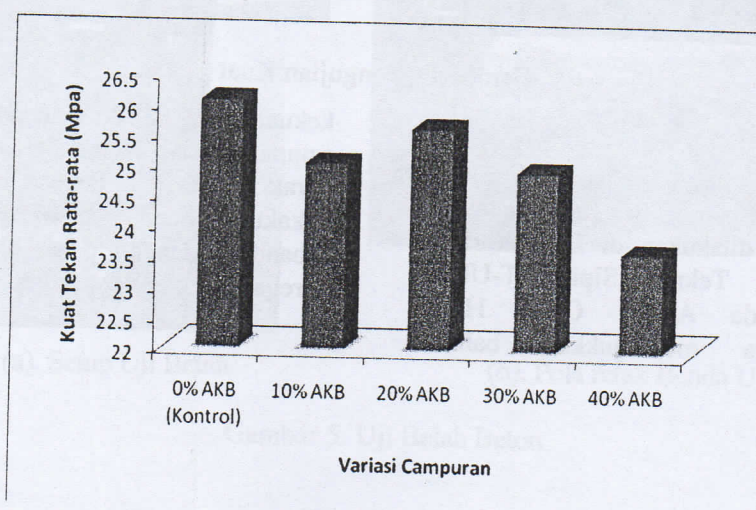
## Pengujian Lanjutan

### 1. Uji Kuat Tekan

Tes tekan yang dilakukan menunjukkan pengaruh penggunaan agregat kasar kerak boiler terhadap kekuatan tekan beton. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP, mengacu kepada ASTM C-39. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan dan kekakuan benda uji untuk beton dengan agregat alam lebih tinggi daripada kekuatan dan kekakuan beton agregat kasar kerak boiler. Tetapi beton agregat kasar kerak boiler 20% memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi daripada beton agregat kasar kerak boiler 10%. Setelah itu kekuatan dan kekakuan benda uji menurun menurun sebanding dengan penambahan kandungan agregat kerak boiler pada benda uji (Tabel 3 dan Gambar 6).

Tabel 2. Nilai rata-rata Kuat Tekan Benda Uji untuk berbagai Variasi Penggunaan Agregat Kasar Kerak boiler Kerak Boiler

No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Hasil Uji Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
1.	Percobaan Campuran Beton (0% AKB)	6	260.60
2.	Percobaan Campuran Beton (10% AKB)	6	250.31
3.	Percobaan Campuran Beton (20% AKB)	6	256.24
4.	Percobaan Campuran Beton (30% AKB)	6	249.21
5.	Percobaan Campuran Beton (40% AKB)	6	236.11



Gambar 2. Grafik Nilai rata-rata Kuat Tekan Benda Uji

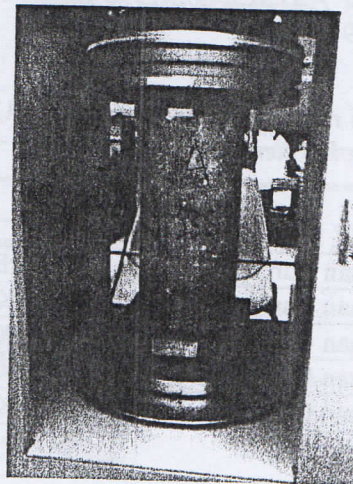
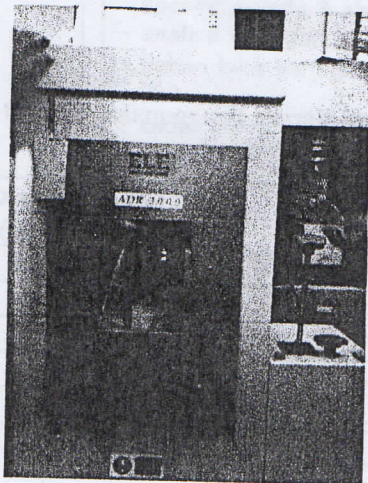
Dari grafik di atas, benda uji dengan campuran agregat alam memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji dengan campuran agregat kerak boiler. Kualitas agregat pada beton memiliki pengaruh yang cukup besar dalam menentukan kuat tekan benda uji. Dari hasil penelitian sebelumnya, pada penelitian *analysis specific gravity* dan *absorpsi* dari agregat kasar menunjukkan bahwa nilai absorpsi dari agregat kerak boiler lebih besar dari agregat alam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa agregat kerak boiler menyerap air lebih besar dari pada agregat alam. Hal ini akan menyebabkan penurunan pada kekuatan, baik kekuatan tekan maupun kekuatan pada uji belah.

Selain itu agregat kerak boiler memiliki kandungan lumpur dan abu yang tidak dianjurkan karena sifatnya yang tidak

dapat bereaksi dengan semen-air sehingga melemahkan pengikatan yang terjadi dan pada akhirnya akan menurunkan kekuatan beton.

Bila dilihat dari kondisi fisiknya bentuk agregat kerak boiler memiliki bentuk yang bulat, pipih dan panjang, ini merupakan bentuk yang tidak dianjurkan dalam pembentukan beton, karena akan melemahkan ikatan agregat dengan pasta semen. Sehingga dapat dikatakan bahwa kualitas agregat alam lebih baik dibandingkan agregat kerak boiler.

Namun secara umum, nilai kuat tekan yang diperoleh dengan penambahan agregat kasar kerak boiler sampai 30% masih sesuai dengan kuat tekan benda uji yang direncanakan.



Gambar 3. Pengujian Kuat Tekan

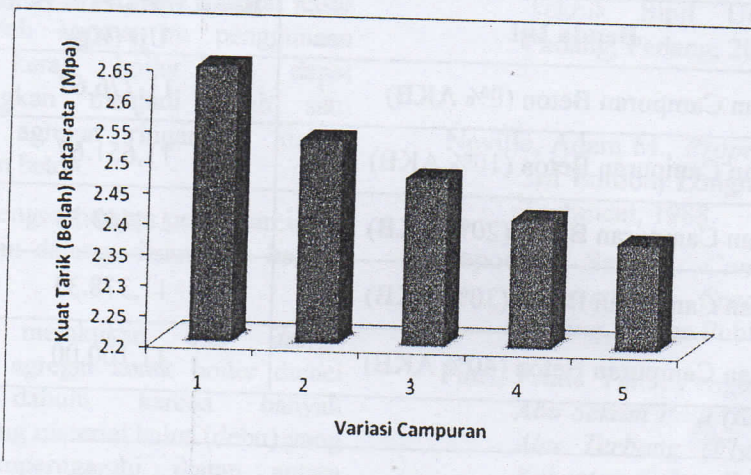
## 2. Uji Belah

Perilaku yang sebanding juga ditunjukkan pada pengujian belah benda uji. Pengujian juga dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil FT-UNP, mengacu kepada ASTM C-39. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa

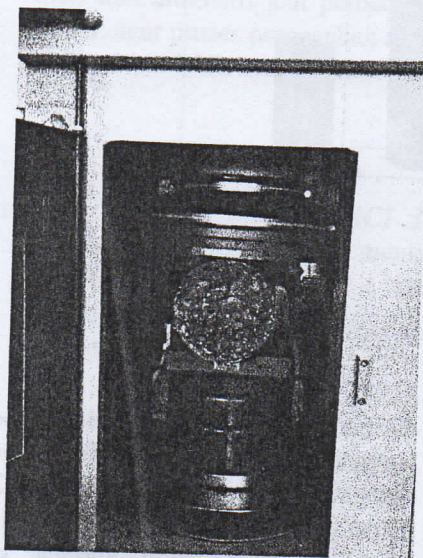
kekuatan dan kekakuan benda uji meningkat sampai dengan penambahan agregat kasar kerak boiler 20%. Setelah itu kekuatan dan kekakuan benda uji menurun menurun sebanding dengan penambahan kandungan agregat kerak boiler pada benda uji.

Tabel 3. Nilai rata-rata Uji Belah Benda Uji untuk berbagai Variasi Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang

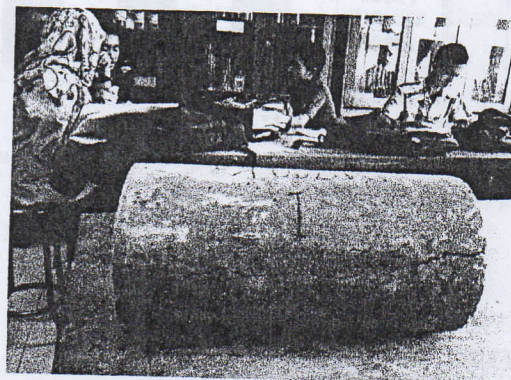
No	Benda Uji	Jumlah Benda Uji	Hasil Uji Belah Rata-rata (Mpa)
1.	Percobaan Campuran Beton (0% AKB)	3	2.65
2.	Percobaan Campuran Beton (10% AKB)	3	2.53
3.	Percobaan Campuran Beton (20% AKB)	3	2.47
4.	Percobaan Campuran Beton (30% AKB)	3	2.41
5.	Percobaan Campuran Beton (40% AKB)	3	2.37



Gambar 4. Grafik Nilai rata-rata Uji Belah Benda Uji



(a). Setup Uji Belah



(b). Pola retak Benda Uji

Gambar 5. Uji Belah Beton

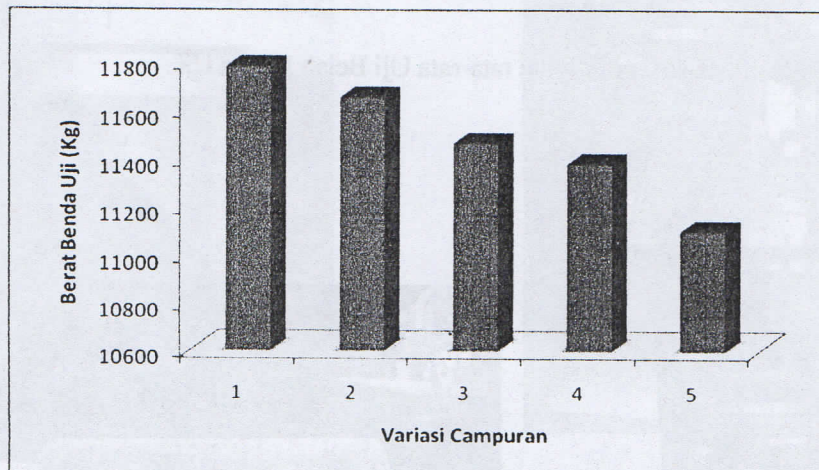
### 3. Analisis Berat Benda Uji

Hasil penimbangan menunjukkan berat rata-rata benda uji menurun seiring dengan penggunaan agregat kerak boiler (Tabel 5). Hal ini disebabkan karena kerak boiler memiliki berat jenis yang lebih kecil

daripada agregat kasar alam. Oleh karena itu penggunaan agregat kerak boiler ini dapat dikembangkan menjadi salah satu alternatif agregat ringan di dalam pembuatan beton.

Tabel 4. Berat rata-rata Benda Uji untuk berbagai Variasi Penggunaan Agregat Kasar Kerak Boiler

No	Benda Uji	Berat Rata-rata Benda Uji (Kg)
1.	Percobaan Campuran Beton (0% AKB)	11,776.67
2.	Percobaan Campuran Beton (10% AKB)	11,651.67
3.	Percobaan Campuran Beton (20% AKB)	11,463.33
4.	Percobaan Campuran Beton (30% AKB)	11,378.33
5.	Percobaan Campuran Beton (40% AKB)	11,100.00



Gambar 6. Grafik Berat rata-rata Benda Uji

### PENUTUP

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan agregat kasar kerak boiler sampai dengan 20% dari persentase berat agregat kasar alam masih memenuhi kuat tekan yang direncanakan (25 MPa).
2. Kekuatan dan kekakuan benda uji untuk beton dengan agregat alam lebih tinggi

daripada kekuatan dan kekakuan beton agregat kasar daur ulang. Tetapi beton agregat kasar kerak boiler 20% memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi daripada beton agregat kasar kerak boiler 10%. Setelah itu kekuatan dan kekakuan benda uji menurun menurun sebanding dengan penambahan kandungan agregat kerak boiler. Hal ini disebabkan karena nilai absorpsi dari agregat kasar kerak boiler lebih besar dari agregat alam.

Ini berarti agregat kerak boiler menyerap air lebih besar dari pada agregat alam. Hal ini akan menyebabkan penurunan pada kekuatan pada beton. Perilaku yang sama juga ditunjukkan pada uji belah.

3. Berat rata-rata benda uji menurun seiring dengan penambahan penggunaan agregat kerak boiler. Hal ini disebabkan karena kerak boiler memiliki berat jenis yang lebih kecil daripada agregat kasar alam. Oleh karena itu penggunaan agregat kerak boiler ini dapat dikembangkan menjadi salah satu alternatif agregat ringan di dalam pembuatan beton.

Untuk pengembangan penelitian ini di masa yang akan datang, disarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan *mix design* sebaiknya agregat kerak boiler dicuci terlebih dahulu karena banyak mengandung material halus (debu) yang akan mempengaruhi ikatan antara agregat dengan semen.
2. Jika ingin menggunakan beton agregat kerak boiler dalam skala besar, perlu dicarikan alternatif alat pemecah kerak boiler, agar proses pemecahan abu kerak boiler dapat lebih menghemat waktu.

#### DAFTAR PUSTAKA

American Concrete Institute, *ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part I, General Requirement*, Fifth Edition, Skokie Illinois, USA: PCA.1990. 5pp.

American Society for Testing and Materials, *Annual Book of ASTM Standards 2005.*, Vol. 04.02, *Concrete and Aggregates*, Philadelphia: ASTM 2005.

Jamizar, *Pengaruh Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Tambahan (Admixture) Semen Terhadap Kuat Tekan Mortar*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Padang, Padang, 2012.

Neville, Adam M., *Properties of Concrete*, 3rd Edition, Longman Scientific and Technical, 1988.

Popovics, Sandor, *Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing*, Noyes Publication, 1992.

Putri, Prima Yane, *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash dan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kekuatan Tekan Beton Mutu Tinggi*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Padang, 2000.

Siregar, Pordinan, *Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton*, Skripsi, Departemen Fisika Universitas Sumatera Utara, Medan, 2008.

Supartono, FX, *Beton, Bahan Dasar dan Unsur Kekuatannya*, Trend Teknik Sipil Era Milenium Baru, John Hi-Tech Idetama, Jakarta, 2001.