



## PENGARUH CAMPURAN PARTIKEL ABU BOILER CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Putri Yani dan Karya Sinulingga

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan  
*putriyani0110@gmail.com*

Diterima: Desember 2020. Disetujui: Januari 2021. Dipublikasikan: Februari 2021

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai Pengaruh Campuran Partikel Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton dengan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan dan struktur beton. Beton dibuat dengan bentuk kubus 15 cm x 15cm x 15 cm dengan standar mutu K-225. Penelitian ini dibuat dengan variasi komposisi abu boiler cangkang kelapa sawit sebanyak 0%, 3%, 5%, dan 8%. Setelah beton berumur 24 jam cetakan dibuka dan diberi kode sampel dan dirawat dalam bak air perendaman. Setelah melalui masa perendaman 28 hari kemudian beton diuji. Metode pengujian yang digunakan yaitu kuat tekan, uji SEM, dan uji XRD. Dari hasil penelitian diperoleh kekuatan tekanan optimum dengan pengaruh campuran abu boiler cangkang kelapa sawit 3% yaitu sebesar 23.53 MPa. Hal ini melampaui kekuatan tekanan yang ditetapkan oleh Badan Standart Nasional K-225. Pengujian uji SEM didapatkan unsur struktur beton dengan campuran abu boiler memiliki pori-pori lebih sedikit dibandingkan beton normal dan hasil pengujian XRD diperoleh unsur-unsur berupa CaO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, dan AlO<sub>4</sub> dengan intensitas CaO<sub>3</sub> yang paling tinggi.

**Kata Kunci:** Abu Boiler, Kuat Tekan, SEM, XRD.

### ABSTRACT

*Research has been conducted on the Effect of The Mixture of Ash Particles Of Oil Shell Boilers Against Strong Press Concrete which aims to find out the characteristics of concrete with a mixture of oil shell boiler ash against strong press and concrete structure. Concrete is made with a cube shape of 15 cm x 15cm x 15 cm with a quality standard of K-225. This study was made with variations in the composition of oil palm shell boiler ash by 0%, 3%, 5%, and 8%. After the concrete is 24 hours old the mold is opened and coded a sample and treated in a tub of immersion water. After going through a 28-day immersion period then the concrete was tested. The testing methods used are strong press, SEM test, and XRD test. From the results of the study obtained the optimum pressure strength with the influence of a mixture of 3% oil palm shell boiler ash, which is 23.53 MPa. This exceeds the pressure strength set by the K-225 National Standards Agency. The SEM test showed that the structural elements of the concrete with boiler ash mixture had fewer pores than normal concrete and the XRD test results obtained elements in the form of CaO<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, and AlO<sub>4</sub> with the highest CaO<sub>3</sub> intensity.*

**Keywords:** Boiler Ash, Strong Press, SEM, XRD.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang menggunakan beton sebagai bahan bangunan dalam desain konstruksi. Pada dasarnya beton memiliki beberapa keunggulan, seperti kuat tekan yang tinggi, kemudahan dalam perawatan dan pembentukannya (Opirina et al, 2018). Beton biasanya merupakan hasil dari campuran semen, agregat kasar, agregat halus, dan air. Meski jumlah campurannya hanya 7%-15%, semen merupakan bagian terpenting dari beton (Sinulingga, 2014).

Perkembangan yang semakin meningkat telah meningkatkan permintaan semen dan harga semen juga meningkat. Hal ini menjadi landasan para peneliti untuk menggunakan bahan campuran (additive) dan bahan tambah (admixture) yang bertujuan mengurangi penggunaan semen agar lebih ekonomis, tetapi tanpa mengurangi sifat beton. Penggunaan bahan campuran semen (SCM) dengan komposisi yang inovatif mengurangi jumlah semen yang digunakan untuk mengurangi bahan bakar fosil di sektor semen (Bakri & Baharuddin, 2009).

Salah satu bahan campurannya adalah pemanfaatan limbah pertanian dan limbah industri yang tidak terpakai sebanyak mungkin. Berdasarkan data dari Dirjen Perkebunan, Kementerian Pertanian, luas areal kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2010 seluas 7.824.623 hektar dengan total produksi 19.884.901 ton. Dimana produksi kelapa sawit Indonesia sekarang ini memenuhi 40% kebutuhan dunia (Putri, 2014). Luas perkebunan tidak menutup kemungkinan tingginya limbah sawit.

Pemanfaatan limbah pabrik belum maksimal dimanfaatkan. Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) hanya digunakan sebagai kompos, cangkang dimanfaatkan sebagai bahan paving, dan buah digunakan sebagai bahan baku minyak industri. Limbah-limbahnya lainnya dari TKKS seperti daun, batang, dan limbah pembakaran boiler cangkang kelapa sawit belum digunakan sama sekali (Putri, 2014). Untuk membantu pengolahan limbah dan pemulihan energi. Cangkang dan serat yang kurang optimal digunakan kembali sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap dipabrik kelapa sawit.

Boiler atau ketel uap adalah wadah yang digunakan sebagai tempat dimana uap dihasilkan. Wadah berisi bahan bakar dari limbah pertanian atau pertambangan. Dalam hal ini pabrik kelapa sawit (PKS) yang menggunakan bahan bakar boiler cangkang dan buah kelapa sawit (Ginting et al., 2014). Abu boiler cangkang kelapa sawit merupakan abu yang melewati proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 500-700° C pada dapur tungku boiler (Jamizar et al., 2013).

Abu boiler merupakan salah satu biomassa yang mengandung (SiO<sub>2</sub>) yang dapat dimanfaatkan kembali dan penggunaan limbah dari industri kelapa sawit masih terbatas (Ginting & Bukit, 2014). Cangkang dan serat buah yang melewati proses pembakaran pada suhu tinggi akan menghasilkan kerak yang keras berwarna putih keabu-abuan dengan komposisi kimia CaO 15,2%, SiO<sub>2</sub> 31,45% (Ginting et al., 2015) dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> setinggi 1,6% (Jamizar et al., 2013). Abu boiler yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu yang digiling dari kerak pada proses pembakaran dengan suhu tinggi. Abu boiler cangkang kelapa sawit yang digunakan berasal dari pabrik kelapa sawit PT. Perkebunan Nusantara IV (PTPN IV).

Penelitian memanfaatkan abu sawit pernah diteliti oleh Prianti et al (2015) abu kerak boiler dapat menggantikan peran pasir dan memperoleh kuat tekan maksimum pada kadar 25% yaitu 17,83 MPa, dan penambahan massa sebesar 24,16% dengan mutu 14 MPa pada perawatan beton 28 hari. Itteridi dan Rusandinata (2018) meneliti tentang "Pengaruh Substitusi Abu Cangkang Sawit Terhadap Kuat Tekan Beton". Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengganti campuran palm ash terhadap kuat tekan beton. Variasi umur beton 3 hari dan 28 hari. Mutu beton K250 dengan kadar abu dengan 0%, 10%, dan 15%. Hasil yang diperoleh dari campuran abu sawit 3 hari dan 28 hari terjadi peningkatan campuran 10% dan 15% pada umur 28 hari yaitu meningkat sebesar 20,59 MPa.

Vitri dan Hazmal (2019) meneliti tentang penggunaan limbah kelapa sawit sebagai sumber tambahan agregat halus dan kasar adalah 10% dan 20%. Agregat kasar menggunakan tempurung

kelapa sawit, dan agregat halus menggunakan abu ketel kelapa sawit. Kuat tekan rata-rata beton pada 28 hari adalah 21 MPa belum sesuai dengan perkiraan awal kuat tekan yang diinginkan sebesar 25 MPa.

Opirina et al (2020) meneliti tentang limbah hasil pengolahan kelapa sawit berupa tandan kosong dan abu dari boiler. Pada penelitian ini penambahan serat sebesar 4%, 5%, 6%, 7%, dan 8%. Skala boiler cangkang kelapa sawit dengan penambahan 10% dari berat semen dengan waktu perawatan selama 28 hari. Hasil penambahan tandan kosong serta abu kerak boiler diperoleh kuat tekan terbaik pada 8% yaitu 30,57 MPa. Monita et al (2021) pernah meneliti tentang “kuat tekan beton POFA (palm oil fuel ash) dengan bahan silica fume”. Penelitian ini menggunakan POFA dengan bahan tambah Silika Fume sebanyak 0%, 5%, 10%, dan 15% pada perawatan beton 28 hari. Hasil kuat tekan terbaik didapat pada campuran kadar Silika Fume sebanyak 15% sebesar 26,83 MPa.

#### METODE PENELITIAN

Lokasi pengambilan sampel dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Medan, dan sampel XRD dan SEM diuji di Laboratorium Fisika FMIPA UNIMED.

Alat yang digunakan pada penelitian ini berupa Gelas Ukur, Neraca Analitik, Mesin Molen, Sendok Semen, Cetakan Beton, Tongkat Padatan, Alat Uji Tekan (*Universal Testing Machine*), XRD dan SEM. Bahan penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa semen portland, agregat halus, agregat kasar, abu boiler cangkang kelapa sawit dan air.

Menyiapkan limbah dari boiler cangkang kelapa sawit, membersihkan peralatan yang digunakan, mengghaluskan limbah boiler cangkang kelapa sawit menggunakan *ball mill*. Menyediakan bahan pencampur beton berupa semen portland tipe I, agregat kasar, agregat halus, abu boiler cangkang sawit dan air. Membersihkan alat-alat yang digunakan. Setelah semua alat dan bahan disiapkan, tuangkan semen, pasir biasa, dan batu pecah ke dalam wadah pencampur, aduk rata, lalu tuangkan air sedikit demi sedikit. Setelah tercampur rata masukkan campuran kedalam

cetakan 1/3 bagian kemudian padatkan lalu masukkan kembali 2/3 dari cetakan dan masukkan kembali 1/3 bagian ke dalam cetakan hingga penuh kemudian padatkan kembali, kemudian beton di simpan dalam ruang pemrosesan selama 24 jam terlihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi pencampuran bahan baku beton.

Kode Sampel	Semen (Kg)	ABC KS (Kg)	Pasir Biasa (Kg)	Batu Pecah (Kg)	Air (Liter)
A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> A <sub>3</sub>	4.5	0	8.5	12.6	2.2
B <sub>1</sub> B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	4.36	0.14	8.5	12.6	2.2
C <sub>1</sub> C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	4.27	0.23	8.5	12.6	2.2
D <sub>1</sub> D <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	4.14	0.36	8.5	12.6	2.2

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

##### UV-Vis dye Kakao

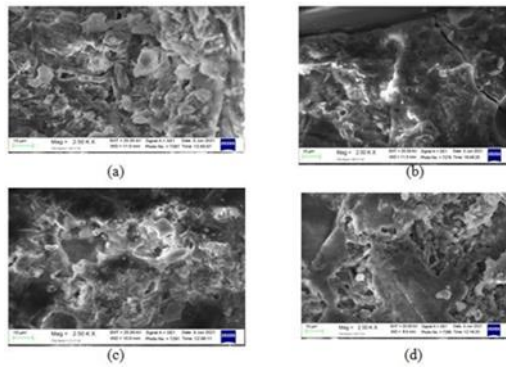
Pembuatan beton telah berhasil dibuat dengan perbandingan komposisi campuran beton adalah sebagai berikut: semen: agregat halus: agregat kasar = 1: 2: 3. Pengujian kuat tekan, uji SEM dan uji XRD Pada penelitian ini dilakukan pembuatan beton mutu K225 dengan proses menggunakan SNI 7394:2008.

Pengujian kuat tekan ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan beton sudah memenuhi standar yang ditentukan seperti tabel 2.

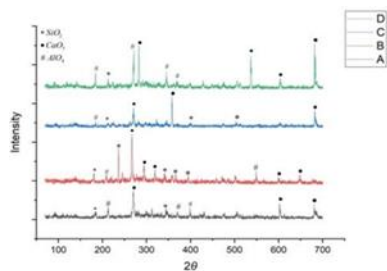
**Tabel 2.** Hasil Pengujian Kekuatan Tekan Beton Campuran Abu Boiler Cangkang Kelapa Sawit.

Kode Sampel	Luas Permukaan Rata-rata (m <sup>2</sup> )	Beban Tekan Rata-rata (kN)	Kekuatan Tekan Rata-rata (MPa)
A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub>	0.0225	527.9	23.46
B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	0.0225	529.3	23.53
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub>	0.0225	465.5	20.69
D <sub>1</sub> , D <sub>2</sub> , D <sub>3</sub>	0.0225	448.5	19.94

Uji SEM digunakan untuk mengamati morfologi dan ukuran partikel pori-pori pada sampel beton campuran abu boiler cangkang kelapa sawit. Dari perbesaran SEM 2500x, berikut adalah hasil pengujian SEM pada sampel beton seperti gambar 1.



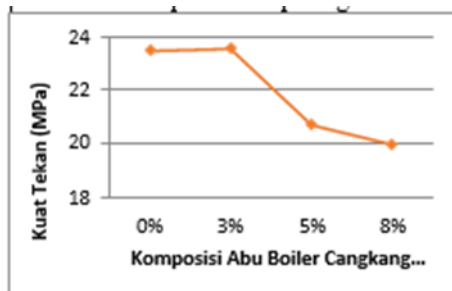
Gambar 1. SEM pada sampel beton (a) A<sub>2</sub>, (b) B<sub>3</sub>, (c) C<sub>1</sub>, dan (d) D<sub>3</sub>.



Gambar 2. Pola difraksi sampel (a) A<sub>2</sub>, (b) B<sub>3</sub>, (c) C<sub>1</sub>, dan (d) D<sub>3</sub>.

Hasil foto SEM pada gambar 2 memperlihatkan morfologi permukaan beton. Dapat dilihat bahwa pada beton terdapat rongga (pori-pori) yang ditandai dengan warna hitam (gelap).

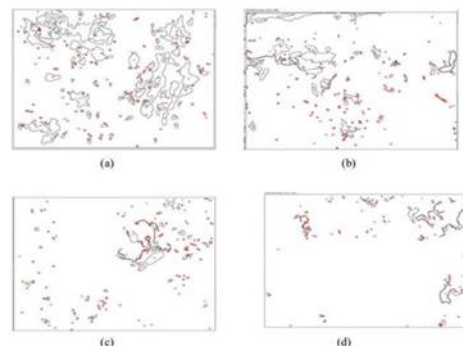
Pengujian tekanan beton dilakukan setelah berumur 28 hari setelah pengecoran dan perendaman. Besar kecilnya tekanan beton dipengaruhi oleh komposisi bahan penyusun dan lekatan pasta semen dengan agregat. Bentuk sampel uji pada penelitian ini adalah berbentuk kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm. Hasil dari pengujian kekuatan tekan beton dengan variasi komposisi campuran abu boiler cangkang kelapa sawit 0%, 3%, 5% dan 8%. Dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Hubungan kuat tekan terhadap variasi komposisi abu boiler cangkang kelapa sawit.

Terlihat bahwa variasi komposisi campuran abu boiler cangkang kelapa sawit mempengaruhi nilai kekuatan tekanan beton. Beton dengan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit 0%, 3%, 5%, dan 8% mengalami penurunan kuat tekan rata-rata secara berturut-turut sebesar 23.46 MPa, 23.53 MPa, 20.69 MPa, dan 19.94 MPa. Beton campuran abu boiler cangkang kelapa sawit memiliki kekuatan tekan rata-rata maksimum pada komposisi 3% yaitu 23.53 MPa. Dari data yang diperoleh dalam penelitian, terlihat beton campuran abu boiler cangkang kelapa sawit memenuhi standar mutu beton K225 yaitu 18 MPa dengan penambahan abu boiler cangkang kelapa sawit 3% tela mencapai K-275 dari K-225 yang ditetapkan oleh Badan Standart Nasional Indonesia. Kuat tekan rendah pada beton dengan penggunaan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit disebabkan oleh karakteristik abu boiler cangkang kelapa sawit yang menghambat pengikatan semen karena dapat menyerap air lebih cepat dibandingkang dengan beton normal.

Faktor penurunan kuat tekan juga dipengaruhi oleh gradasi ukuran butiran pasir yang kurang merata yang akan berpengaruh pada kepadatan beton. Hal ini juga disebabkan karena pasir yang tersedia cenderung memiliki ragam ukuran yang homogen sehingga agregat kurang mampu untuk saling terikat. Gradasi agregat yang seragam mempengaruhi nilai kekuatan tekan beton yang dihasilkan karena berpengaruh terhadap kemudahan kerja pada campuran beton.



Gambar 4. Foto SEM pada sampel beton (a) A<sub>2</sub>, (b) B<sub>3</sub>, (c) C<sub>1</sub> dan (d) D<sub>3</sub>

Analisis pori partikel campuran komposisi pada sampel beton yang ditunjukkan pada Gambar 4. diatas menunjukkan bahwa

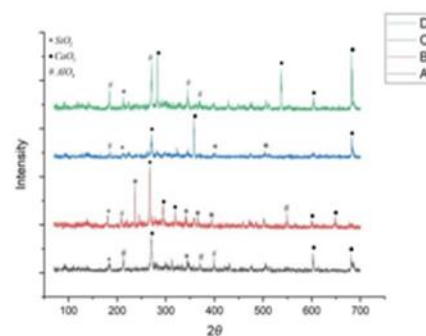
pori-pori gambar (a), (b), (c) dan (d) tampak memiliki susunan pori yang hampir sama. Pada morfologi tersebut ukuran pori rata-rata pada gambar (a), (b), (c), dan (d) adalah (419.798, 168.368, 70.175, dan 52.781) nm.

Pada gambar (a), terlihat penyebaran pori-pori membentuk memanjang dan menyebar. Gambar (a) merupakan beton tanpa campuran abu boiler cangkang kelapa sawit. Sedangkang pada gambar (b) memiliki pori-pori menyebar dan lebih kecil dibandingkan dengan gambar (a). Gambar (b) merupakan beton dengan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit dengan komposisi campuran 3%. Pada gambar (c) dan (d) terlihat memiliki pori-pori kecil dan penyebarannya kurang merata. Gambar (c) dan (d) merupakan beton dengan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit dengan komposisi campuran 5% dan 8%. %.

Dapat disimpulkan bahwa beton dengan abu boiler cangkang kelapa sawit memiliki pori-pori yang lebih sedikit dibandingkan dengan beton normal.

Agregat terkecil digunakan sebagai alternatif untuk meningkatkan kekuatan beton. Gradasi agregat pun memegang peranan penting untuk menentukan kualitas beton kinerja tinggi. Jika agregat memiliki butiran yang lebih halus dan dengan berbeda ukuran, maka volume pori-pori beton menjadi kecil. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil akan mengisi pori-pori antara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit dan beton memiliki kapasitas tinggi (Purwati, 2014).

Identifikasi fasa pada setiap sampel beton dilakukan dengan pengujian fasa dengan menggunakan XRD. Melalui pengujian ini diperoleh pembentukan fasa, struktur kristal, dan fraksi volume dari sampel. Data yang diperleh dianalisis dengan menggunakan software Match v3.1. Berikut ini adalah pola difraksi sampel beton dengan campuran abu boiler cangkang kelapa sawit 0% (A2), beton dengan komposisi variasi 3% (B3), beton dengan komposisi variasi 5% (C1) dan beton dengan variasi komposisi 8% (D3).



**Gambar 5.** Pola difraksi sampel (a) A2, (b) B3, (c) C1 dan (d) D3.

Pada pola difraksi gambar 1.5 terlihat pembentukan fasa  $CaO_3$ ,  $SiO_2$ , dan  $AlO_4$ . Pergeseran sudut fasa optimum dapat dilihat pada tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3.** Pergeseran sudut fasa

Kode Sampel	Fasa Yang Terbentuk		
	$SiO_2$	$CaO_3$	$AlO_4$
A2	18.71°	27.25°	21.57°
B3	18.22°	26.84°	21.02°
C1	21.07°	26.91°	18.37°
D3	21.32°	28.28°	18.48°

Berdasarkan gambar 5 dapat disimpulkan bahwa  $CaO_3$  memiliki intensitas yang paling besar dibandingkan dengan unsur lain yang terkandung dalam beton. Pembentukan dan penghilangan sudut fasa disebabkan bedanya komposisi dan kepadatan yang terkandung dalam beton juga pengaruh penyebaran unsur terdapat pada beton sehingga menyebabkan perbedaan dalam penyebaran puncak yang terjadi.

Struktur kristal yang terbentuk pada sampel A2, B3, C1, dan D3 adalah sama yaitu  $SiO_2$  struktur kristal yang terbentuk adalah hexagonal, pada fasa  $AlO_4$  struktur kristal yang terbentuk adalah hexagonal, dan pada fasa  $CaO_3$  struktur kristal yang terbentuk adalah orthorombic. Berikut ini disajikan perbandingan fraksi volume sampel A2, B3, C1, D3.

**Tabel 4.** Perbandingan fraksi volume

No	Sampel	Fraksi Volume (%)		
		$SiO_2$	$CaO_3$	$AlO_4$
1	Sampel 1 (A2)	6.6	86.4	7.0
2	Sampel 2 (B3)	39.0	3.8	57.2
3	Sampel 3 (C1)	21.0	61.3	17.7
4	Sampel 4 (D3)	16.5	31.3	52.2

Pada tabel 4 terlihat bahwa fraksi volume SiO<sub>2</sub> menurun dengan penambahan abu boiler cangkang kelapa sawit. Hal ini menunjukkan bahwa dengan adanya pencampuran pada beton mengakibatkan kandungan SiO<sub>2</sub> berkurang.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tekanan dengan pengaruh campuran abu boiler cangkang kelapa sawit terhadap kuat tekan dengan campuran (0%, 3%, 5%, dan 8%) yaitu (23.46, 23.53, 20.69, dan 19.94) MPa dengan kekuatan tekanan optimum terdapat pada komposisi 3% yaitu sebesar 23.53 MPa. Terlihat bahwa penambahan abu boiler cangkang kelapa sawit lebih dari 3% mengakibatkan penurunan kekuatan tekan. Data kuat tekan yang diperoleh dari campuran 3% telah mencapai K-275 dari K-225.

Dari pengujian XRD dengan pengaruh abu boiler cangkang kelapa sawit menghasilkan unsur-unsur SiO<sub>2</sub>, AlO<sub>4</sub>, dan CaO<sub>3</sub>. Dibandingkan dengan unsur-unsur lain yang terkandung dalam beton, CaO<sub>3</sub> memiliki intensitas paling tinggi. Struktur kristal yang dihasilkan pada setiap perubahan komposisi campuran abu boiler cangkang kelapa sawit adalah pada fase SiO<sub>2</sub> dan fase AlO<sub>4</sub> struktur kristal yang terbentuk adalah heksagonal, dan fase CaO<sub>3</sub> struktur kristal yang terbentuk adalah orthorombic. Pada pengujian SEM didapatkan unsur struktur beton dengan campuran abu boiler memiliki pori-pori lebih sedikit dan berukuran kecil dibandingkan beton normal.

Perlu ada perhatian yang lebih hati-hati untuk penelitian lebih lanjut dalam proses pengecoran yang lebih baik untuk mencapai homogenitas campuran untuk meningkatkan kekuatan tekan beton.

### DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional. (2008). *Tata cara perencanaan lingkungan perumahan sederhana tidak bersusun di daerah perkotaan*. SNI 03-6981-2008.

Bakri & Baharuddin. (2009). *Absorpsi air komposit semen sekam padi dengan*

*penambahan pozzolan abu sekam padi dan kapur pada matriks semen*. Jurnal Perennial, 6(2) : 70-78.

- Ginting, E. M., Basuki, W., Nurdin, B., & Harry, A. (2014). *Pengolahan dan karakterisasi abu boiler cangkang kelapa sawit menjadi nano partikel organik*. Prosiding Seminar Nasional Kimia.
- Ginting, E. M. & Bukit, N. (2014). *Karakterisasi material*. Unimed Press: 978-602-1313-65-7.
- Ginting, E. M., & Nurdin, B. (2014). *Thermal analysis and structure of nano composite palm oil boiler ash*. Proceeding: The First Internasional Seminar On Trends In Science And Science Education.
- Ginting, E. M., Basuki, W., Nurdin, B. & Harry, A. (2015). *Pengolahan abu boiler kelapa sawit menjadi nano partikel sebagai bahan pengisi termoplastik HDPE*. Majalah Polimer Indonesia. 18(1): 26-32.
- Itteridi, V., & Rusandinata. (2018). *Pengaruh susstitusi abu cangkang sawit terhadap kuat tekan beton*. Jurnal Ilmiah Bering's. 5(1): 21-26.
- Jamizar., Iskandar G. R., &Prima Y. P. (2013). *Pengaruh pemanfaatan abu kerak boiler cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambahan (admixture) semen terhadap kuat tekan mortar*. CIVED. 1(1).
- Opirina L., Inseun Y. S., & Abdul R. (2018). *Pemanfaatan kerak boiler cangkang sawit sebagai substitusi agregat halus terhadap kuat tekan beton*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 12.
- Putri P.Y. (2014). *Pemanfaatan kerak boiler cangkang kelapa sawit sebagai agregat dalam campuran beton*. IVOTEK. 14(1).
- Rais A. (2007). *Pengaruh Air Payau Terhadap Beton yang memakai Semen Padang di Kota Padang Sumatera Barat*. Tesis. Sekolah Pasca Sarjana Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Siregar, S., & Nurmaida. (2016). *Pengaruh penggunaan tempurung kelapa sebagai penambahan agregat kasar mutu beton fc 17 Mpa terhadap kuat tekan beton*. Jurnal Education Building. 2(1): 64-69.

Sinulingga, K. (2014). *Pengaruh penambahan abu sekam padi dan abu boller kelapa sawit terhadap efisiensi penggunaan semen pada kontruksi beton*. Jurnal Sainika. 14(1): 54 -63.