OPTIMASI METODE PEMISAHAN SERAT PELEPAH KELAPA SAWIT TERHADAP KUAT TEKAN BATA RINGAN

Zainuri, Gusneli Yanti nti Wahyuni Megasari
Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning
Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai – Pekanbaru
E-mail : zainuri@unilak.ac.id

ABSTRAK

Satu hektar lahan perkebunan sawit menghasilkan limbah pelepah kelapa sawit kering sebesar 3,108 ton/bulan atau 37,296 ton/tahun sesuai perhitungan Devendra (1990). Itu artinya, dengan luas perkebunan sawit 2.399.172 hektar, limbah yang dihasilkan perbulan sebesar 89.479.518,912 ton/tahun. Pelepah kelapa sawit dapat menyebabkan terjadinya polusi udara. Limbah pelepah kelapa sawit masih dapat dimanfaatkan untuk membuat produk konstruksi bangunan seperti bata ringan yang lebih dikenal dengan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Permasalahan pada penelitian ini adalah bagaimana optimasi metode pemisahan serat pelepah kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan bata ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung metode kimia, biologi, mekanik pada pemisahan serat pelepah kelapa sawit terhadap kuat tekan bata ringan; untuk membandingkan metode pemisahan serat pelepah kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan bata ringan; untuk mengetahui berat bata ringan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan riset laboratorium. Hasil penelitian di laboratorium yang meliputi pembuatan produk berupa bata ringan, mengukur nilai kuat tekan dan berat bata ringan diuraikan sesuai dengan hasil yang diperoleh dari riset yang dilakukan. Dengan membandingkan hasil pengukuran yang diperoleh dapat ditentukan metode pemisahan serat yang lebih baik digunakan pada pembuatan bata ringan. Dari 3 metode pemisahan serat didapat hasil : 1) Nilai kuat tekan bata ringan serat-kimia 40,74 kg/cm² untuk serat 1%; 31,22 kg/cm² untuk serat 3% dan 25,20 kg/cm² untuk serat 5%. 2) Nilai kuat tekan bata ringan serat-biologi 42,32 kg/cm² untuk serat 1%; 31,08 kg/cm² untuk serat 3% dan 21,00 kg/cm² untuk serat 5%. 3) Nilai kuat tekan bata ringan serat-mekanik 33,60 kg/cm² untuk serat 1%; 24,22 kg/cm² untuk serat 3% dan 16,80 kg/cm² untuk serat 5%. 4) Serat pelepah kelapa sawit dengan metode kimia paling baik digunakan sebagai bahan tambah. 5) Berat bata ringan serat-kimia 4,047 kg untuk serat 1%; 4,173 kg untuk serat 3%; 3,970 kg untuk serat 5%. Bata ringan serat-biologi 4,060 kg untuk serat 1%; 4,057 kg untuk serat 3%; 4,059 kg untuk serat 5%. Bata ringan serat-mekanik 4,017 kg untuk serat 1%; 4,144 kg untuk serat 3%; 3,963 kg untuk serat 5%.

Kata kunci : bata ringan, kuat tekan, serat.

OPTIMIZATION METHOD OF SEPARATION OF OIL PALM FIBER MIDRIB STRONG BRICK LIGHT PRESS

Zainuri, Gusneli Yanti, Shanti Wahyuni Megasari
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Lancang Kuning University
Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai – Pekanbaru
E-mail : zainuri@unilak.ac.id

ABSTRACT

One hectare of oil palm plantation produces waste of dry palm 3,108 ton/month or 37,296 ton/year as calculated by Devendra (1990). That means, with a palm plantation area of 2.399.172 hectares, the waste generated per month amounted to 89.479.518,912 tons/year. Oil palm stems can cause air pollution. Palm oil palm waste can still be utilized to make building construction products such as lightweight brick better known as CLC (Cellular Lightweight Concrete). The problem in this research is how to optimize the separation method of palm oil fiber to the value of compressive strength of light brick. The purpose of this study was to calculate chemical, biological, mechanical methods on the separation of palm-stem fiber against the compressive strength of lightweight brick; To compare the method of separation of palm stem's fiber to the value of the compressive strength of the lightweight brick; To know the weight of light brick. This research used experimental method with laboratory research. The results of the laboratory research which include the manufacture of lightweight brick products, measuring the value of compressive strength and the weight of light bricks are described in accordance with the results obtained from the research conducted. By comparing the measurement results obtained can be determined better method of separation of fibers used in the manufacture of lightweight brick. From 3 methods of separation of fiber obtained results : 1) The value of the strength of light-weight chemical fiber brick 40,74 kg/cm² for fiber 1%; 31,22 kg/cm² for 3% fiber and 25,20 kg/cm² for fiber 5%. 2) The value of the compressive strength of the biological fiber-light brick 42,32 kg/cm² for 1% fiber; 31,08 kg/cm² for 3% fiber and 21,00 kg/cm² for 5% fiber. 3) The value of compressive strength of lightweight mechanical fiber-brick 33,60 kg/cm² for fiber 1%; 24,22 kg/cm² for 3% fiber and 16,80 kg/cm² for 5% fiber. 4) The oil palm fiber bark with the best chemical method is used as the added material. 5) Light weight chemical-fiber brick 4,047 kg for 1% fiber; 4,173 kg for fiber 3%; 3,970 kg for fiber 5%. Mixed fiber-biological fibers 4,060 kg for 1% fiber; 4,057 kg for fiber 3%; 4,059 kg for fiber 5%. Lightweight fiber-mechanical brick 4,017 kg for 1% fiber; 4,144 kg for fiber 3%; 3,963 kg for fiber 5%.

Keywords : lightweight brick, compressive strength, fiber.

A. Pendahuluan

Pelepah kelapa sawit belum dimanfaatkan dan selalu dibiarkan menumpuk dan hancur dengan sendirinya di lahan perkebunan atau dibakar sehingga dapat menyebabkan terjadinya polusi udara. Setiap 1 hektar lahan dapat ditanami 148 pohon sawit. Setiap hektar lahan perkebunan sawit menghasilkan limbah pelepah kelapa sawit kering sebesar 3,108 ton/bulan atau 37,296 ton/tahun sesuai perhitungan Devendra (1990). Itu artinya, dengan luas perkebunan sawit 2.399.172 hektar, limbah yang dihasilkan perbulan sebesar 89.479.518,912 ton/tahun. Limbah yang demikian banyak berpengaruh terhadap lingkungan. Limbah pelepah kelapa sawit masih dapat dimanfaatkan untuk membuat produk konstruksi bangunan seperti bata ringan yang lebih dikenal dengan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*). Pada produksi bata ringan, serat pelepah kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan tambah. Ada beberapa metode pemisahan serat yang dapat dilakukan yaitu metode mekanik, kimia dan biologi. Serat yang dihasilkan dari masing-masing metode terlihat berbeda sesuai penelitian Widiastuti R. dan Dana Kurnia Syabana (2015) seperti mekanik menyebabkan serat agak kaku, kimia menyebabkan serat tidak kaku dan biologi menyebabkan serat serat agak kaku.

Rumusan masalah yang dikaji adalah bagaimana optimasi metode pemisahan serat pelepah kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan dan berat bata ringan. Dimana tujuan penelitian ini adalah : 1) Untuk menghitung kuat tekan bata ringan dengan penambahan variasi serat menggunakan metode kimia pada pemisahan serat pelepah kelapa sawit. 2) Untuk menghitung kuat tekan bata ringan dengan penambahan variasi serat menggunakan metode biologi pada pemisahan serat pelepah kelapa sawit. 3) Untuk menghitung kuat tekan bata ringan dengan penambahan variasi serat menggunakan metode mekanik pada pemisahan serat pelepah kelapa sawit. 4) Untuk membandingkan metode pemisahan serat pelepah kelapa sawit terhadap nilai kuat tekan bata ringan. 5) Untuk mengetahui berat bata ringan yang dihasilkan dari variasi penambah serat pelepah kelapa sawit dengan metode pemisahan serat yang berbeda-beda.

B. Tinjauan Pustaka

1. Karakteristik Serat Pelepah Kelapa Sawit

Sebatang pohon kelapa sawit terdapat lebih dari 60 pelepah. Pemisahan serat tersebut dapat dilakukan dengan beberapa metode. Seperti yang telah dilakukan oleh Widiastuti dan Syabana (2015), untuk memisahkan serat dari pelepah kelapa sawit dapat dilakukan dengan metode tertentu yaitu: metode mekanik (alat dekortikator), metode kimia (perendaman NaOH) dan metode biologi (fermentasi).

2. Bata Ringan

Bata ringan atau CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) dimaksudkan untuk bata yang dibuat dengan memasukan butiran gelembung udara pada campuran mortar sehingga butiran udara tersebut mampu mempertahankan struktur gelembung selama periode pengerasan (*curing*) tanpa menyebabkan terjadinya reaksi kimia, demikian dijelaskan Krisanti dan Tansajaya (2008) menyadur pengertian yang digariskan DPU (1982). Bata ringan dikenal ada 2 (dua) jenis yaitu *Autoclaved Aerated Concrete* (AAC) dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). Keduanya didasarkan pada gagasan yang sama yaitu menambahkan gelembung udara ke dalam mortar akan mengurangi berat beton yang dihasilkan secara drastis. Perbedaan bata ringan AAC dengan CLC dari segi proses pengeringan yaitu AAC mengalami pengeringan dalam oven autoklaf bertekanan tinggi sedangkan bata ringan jenis CLC yang mengalami proses pengeringan alami.

3. Kuat Tekan

Nilai tegangan yang dihasilkan dari uji kuat tekan beton yang berbentuk kubus, dihitung dengan rumus :

$$f_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

f_c' = kuat tekan beton (MPa)

P = beban maksimum (MPa)

A = luas penampang (cm²)

Dari hasil pengumpulan data kekuatan hancur tekan beton, dilakukan penentuan kuat tekan beton rata-rata dengan mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$f_{c' \text{ rt}} = \frac{\sum_{i=1}^N f_{c'}}{N} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

f_c' = kekuatan tekan beton (MPa)

f_c' rt = kekuatan tekan rerata (kg/cm^2)

N = jumlah seluruh nilai hasil

Syarat fisis dari bata beton sesuai isyarat SNI tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 1. Syarat-syarat fisis bata beton

Mutu	Kuat Tekan Bruto Rata-rata Min (Kg/cm^2)	Penyerapan Air Rata-rata (%)
I	100	25
II	70	35
III	40	-
IV	25	-

(Sumber : SNI 03-0349-1989)

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan riset laboratorium. Hasil penelitian di laboratorium yang meliputi pembuatan produk bata ringan, mengukur nilai kuat tekan dan berat bata ringan diuraikan sesuai dengan hasil yang diperoleh dari riset yang dilakukan.

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru dan pabrik pembuatan bata ringan P.T. Byru yang berada di Jalan Rambutan, Pekanbaru. Pelepah kelapa sawit diperoleh dari tanaman kelapa sawit yang ada di sekitar lingkungan Universitas Lancang Kuning. Waktu penelitian penelitian adalah selama 6 bulan.

2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dikelompokkan menjadi dua sesuai kebutuhannya, yaitu : 1) Bahan untuk memperoleh serat organik terdiri dari : pelepah kelapa sawit, kostik soda (NaOH) dan ragi. 2) Bahan untuk membuat bata ringan adalah : serat jadi, *foaming agent*, semen dengan jenis PCC (*Portland Composite Cement*) type I produksi PT. Semen Padang, agregat halus berupa pasir yang berasal dari kabupaten Kampar dan air.

Peralatan yang dibutuhkan pada masing-masing kelompok adalah : 1) Peralatan untuk mengambil pelepah kelapa sawit antara lain : golok, pisau, alat pendodos, gerobak. 2) Peralatan pemisah serat terdiri dari : mesin dekortilator, ember, sisir kawat/besi, palu, nyiru, gunting, kompor. 3) Alat yang dibutuhkan pada pembuatan CLC : *Concrete Compression Machine*, *foam generator*, palu

kayu, ember, alat pengaduk/mesin molen/*mixer*, gerobak dorong, sekop, cangkul, sendok semen, ayakan/saringan untuk memisahkan agregat berdasarkan ukuran, bak yang berfungsi untuk merendam benda uji, cetakan kubus yang berfungsi untuk mencetak benda uji, gelas ukur berfungsi untuk takaran air, oven. 4) Alat pengukur yang dibutuhkan adalah : mistar yang berfungsi untuk mengukur dimensi benda uji, piknometer dengan kapasitas 1000 ml, timbangan dengan ketelitian 0,1% dari berat contoh.

3. Rancangan Campuran Penelitian

Rancangan campuran penelitian bata ringan dilakukan dengan variasi penambahan serat pelepah sawit sebanyak 0%; 1%; 3% dan 5%. Jumlah sampel bata ringan yang dirancang untuk pengujian kuat tekan sebanyak 3 sampel per variasi penambahan serat pelepah. Pengujian kuat tekan bata ringan dilakukan pada saat bata ringan telah berumur 28 hari atau lebih.

4. Tahapan Penelitian

Secara rinci tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- 1) Pelepah kelapa sawit dipotong-potong dengan panjang 20 cm. Untuk memisahkan serat pelepah kelapa sawit dilakukan dengan 3 metode yaitu cara kimia (perendaman NaOH), cara biologi (fermentasi) dan cara mekanik.
- 2) Semen yang digunakan adalah semen type I produksi PT. Semen Padang.
- 3) Agregat halus yang digunakan berasal dari kabupaten Kampar.
- 4) Air yang digunakan yaitu air yang bersih.
- 5) *Foam agent*.
- 6) Membuat bata ringan dengan peralatan dan bahan yang telah disediakan.
- 7) Bata ringan yang telah siap untuk dilakukan pengujian kuat tekan.
- 8) Hasil kuat tekan yang dicapai masing-masing sampel dicatat untuk kemudian dibandingkan

D. Hasil dan Pembahasan

1. *Job mix desain*

Pada percobaan pertama setelah perhitungan disesuaikan dengan volume kubus ternyata hasil adukan kurang dan kemudian disesuaikan sehingga takaran bahan menjadi 1,7 kali dari *job mix* dari PT. Byru. Komposisi bahan yang dipergunakan sesuai tabel berikut :

Tabel 2. Job mix desain

Bahan	Job mix desain penyesuaian	Keterangan
Pasir	2,0081 kg	- Penyesuaian dengan mengalikan 1,7 dari job mix cetakan.
Semen	1,7213 kg	
Air	0,768 liter	
Foam air	0,046 liter	
Serat :	0,1262 liter	- Air & foam agent disesuaikan lagi
1 %	0,0172 kg	
3 %	0,0516 kg	
5 %	0,08607 kg	

(Sumber : data penelitian, 2017)

2. Uji kuat tekan bata ringan/CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)

Benda uji yang telah melewati umur 28 hari siap diuji kekuatannya. Hasil uji kuat tekan bata ringan dibahas berikut ini.

1) Bata ringan tanpa campuran serat (bata ringan normal/ CLCnormal)

Hasil uji kuat tekan terhadap 3 sampel dari benda uji bata ringan tanpa campuran serat pelepah kelapa sawit dapat dilihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. Nilai kuat tekan bata ringan tanpa campuran serat

No.	Bata Ringan	σ_c (kg/cm ²)	Faktor Koreksi	σ_c 28 (kg/cm ²)
1	Normal	18,13	1,079	16,80
2	Normal	49,85	1,079	46,20
3	Normal	27,19	1,079	25,20
Rerata		31,72		29,40

(Sumber : analisis data, 2017)

2) Kuat tekan bata ringan serat-kimia (CLC-kimia)

Hasil uji kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari terhadap bata ringan (CLC-kimia) yang ditambah dengan serat pelepah kelapa sawit dari proses kimiawi tertera dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. Kuat tekan bata ringan (CLC) serat-kimia

No.	Bata Ringan	σ_c (kg/cm ²)	Faktor Koreksi	σ_c 28 (kg/cm ²)
1	Serat 1%	43,96	1,079	40,74
2	Serat 1%	49,40	1,079	45,78
3	Serat 1%	38,52	1,079	35,70
Rerata		43,96		40,74
1	Serat 3%	36,26	1,079	33,60
2	Serat 3%	33,99	1,079	31,50
3	Serat 3%	30,82	1,079	28,56
Rerata		33,69		31,22
1	Serat 5%	27,19	1,079	25,20
2	Serat 5%	31,72	1,079	29,40
3	Serat 5%	22,66	1,079	21,00
Rerata		27,19		25,20

(Sumber : analisis data, 2017)

Gambar 3. Grafik kuat tekan CLC-kimia 1%, 3%, 5%

3) Kuat tekan bata ringan serat-biologi (CLC-biologi)

Serat-biologi adalah penyebutan yang digunakan untuk serat pelepah kelapa sawit yang dipisahkan dengan cara biologi dengan menggunakan ragi. Perbedaan nilai kuat tekan rata-rata bata ringan/CLC-biologi pada umur 28 hari dengan bahan tambah serat-biologi dengan 3 komposisi penambahan serat 1%, 3% dan 5% dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut ini.

Tabel 5. Kuat tekan bata ringan (CLC) serat-biologi

No.	Bata Ringan	σ_c (kg/cm ²)	Faktor Koreksi	σ_c 28 (kg/cm ²)
1	Serat 1%	43,96	1,079	40,74
2	Serat 1%	49,40	1,079	45,78
3	Serat 1%	38,52	1,079	35,70
Rerata		43,96		40,74
1	Serat 3%	36,26	1,079	33,60
2	Serat 3%	33,99	1,079	31,50
3	Serat 3%	30,82	1,079	28,56
Rerata		33,69		31,22
1	Serat 5%	27,19	1,079	25,20
2	Serat 5%	31,72	1,079	29,40
3	Serat 5%	22,66	1,079	21,00
Rerata		27,19		25,20

(Sumber : analisis data, 2017)

Gambar 2. Grafik kuat tekan CLC-kimia 1%, 3%, 5%

4) Kuat tekan bata ringan serat-mekanik (CLC-mekanik)

Penurunan nilai kuat tekan rata-rata bata ringan serat-mekanik dapat dilihat pada tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 6. Kuat tekan bata ringan (CLC) serat-mekanik

No.	Bata Ringan	σ_c (kg/cm ²)	Faktor Koreksi	σ_c 28 (kg/cm ²)
1	Serat 1%	36,26	1,079	33,60
2	Serat 1%	33,99	1,079	31,50
3	Serat 1%	38,52	1,079	35,70
Rerata		36,26		33,60
1	Serat 3%	26,29	1,079	24,36
2	Serat 3%	24,93	1,079	23,10
3	Serat 3%	27,19	1,079	25,20
Rerata		26,13		24,22
1	Serat 5%	13,60	1,079	12,60
2	Serat 5%	18,13	1,079	16,80
3	Serat 5%	22,66	1,079	21,00
Rerata		18,13		16,80

(Sumber : analisis data, 2017)

Gambar 5. Grafik kuat tekan CLC-mekanik 1%, 3%, 5%

5) Perbandingan nilai kuat tekan bata ringan

Mutu bata ringan yang hendak dicapai adalah kelas IV sesuai ketentuan SNI untuk bata beton pejal. Sebelum membandingkan dengan SNI, terlebih dahulu dibandingkan dari hasil bata ringan yang telah dibuat sampel berupa benda uji. Nilai perbandingan kuat tekan yang diperoleh dapat dilihat dalam tabel 13 berikut ini.

Tabel 7. Perbandingan kuat tekan rata-rata

Bata Ringan	σ_c (kg/cm ²)	Faktor Koreksi	σ_c 28 (kg/cm ²)
Normal	31,72	1,079	29,40
CLC-kimia			
Serat 1%	43,96	1,079	40,74
Serat 3%	33,69	1,079	31,22
Serat 5%	27,19	1,079	25,20
CLC-biologi			
Serat 1%	45,32	1,079	42,00
Serat 3%	33,54	1,079	31,08
Serat 5%	22,66	1,079	21,00
CLC-mekanik			
Serat 1%	36,26	1,079	33,60
Serat 3%	26,13	1,079	24,22
Serat 5%	18,13	1,079	16,80

(Sumber : analisis data, 2017)

6) Berat bata ringan

Setelah berumur 28 hari benda uji yang dibuat diukur kembali dimensinya dan ditimbang berat masing-masing benda uji. Berat rata-rata yang didapat dari masing-masing metode pada penelitian adalah sebagai berikut : berat rata-rata bata ringan normal 4,017 kg; berat rata-rata bata ringan dengan penambahan serat-kimia adalah untuk serat 1% sebesar 4,047 kg, serat 3% sebesar 4,173 kg, serat 5 % sebesar 3,970 kg; berat rata-rata bata ringan dengan penambahan serat-biologi adalah serat 1% sebesar 4,060 kg, serat 3% sebesar 4,057 kg, serat 5% sebesar 4,059 kg; berat rata-rata bata ringan dengan penambahan serat-mekanik adalah untuk serat 1% sebesar 4,017 kg, serat 3% sebesar 4,144 kg, serat 5% sebesar 3,963 kg. Berat benda uji juga tidak sama, dimana perbedaan berat tidak sampai 25%. Perbedaan tersebut dapat saja disebabkan oleh ceceran bahan ketika pengadukan dan faktor kembang busa setelah pengadukan dengan material lainnya. Dalam hal perbedaan pengukuran yang terjadi maka angka yang lebih baik digunakan dalam perhitungan adalah angka rata-rata dari setiap sampel yang diuji dengan spesifikasi yang sama.

E. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Dari 3 metode pemisahan serat yang digunakan sebagai bahan tambah bata ringan atau CLC (*Cellular Lightweight Concrete*) dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Nilai kuat tekan rata-rata bata ringan menggunakan serat-kimia/CLC-kimia sebesar 40,74 kg/cm² penambahan serat 1%; 31,22 kg/cm² penambahan serat 3% dan 25,20 kg/cm² penambahan serat 5%.
- 2) Nilai kuat tekan rata-rata bata ringan menggunakan serat-biologi/CLC-biologi sebesar 42,32 kg/cm² penambahan serat 1%; 31,08 kg/cm² penambahan serat 3% dan 21,00 kg/cm² penambahan serat 5%.
- 3) Nilai kuat tekan rata-rata bata ringan menggunakan serat-mekanik/CLC-

mekanik sebesar 33,60 kg/cm² penambahan serat 1%; 24,22 kg/cm² penambahan serat 3% dan 16,80 kg/cm² penambahan serat 5%.

- 4) Serat pelepah kelapa sawit dengan metode kimia paling baik digunakan sebagai bahan tambah.
- 5) Berat rata-rata bata ringan serat-kimia/CLC-kimia seberat 4,047 kg untuk serat 1%; 4,173 kg untuk serat 3%; 3,970 kg untuk serat 5%. Bata ringan serat-biologi/CLC-biologi seberat 4,060 kg untuk serat 1%; 4,057 kg untuk serat 3%; 4,059 kg untuk serat 5%. Bata ringan serat-mekanik/CLC-mekanik seberat 4,017 kg untuk serat 1%; 4,144 kg untuk serat 3%; 3,963 kg untuk serat 5%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada LPPM Unilak atas penyediaan dana penelitian dan tim teknisi Laboratorium Beton Prodi Teknik Sipil Unilak serta PT. Riau Mas Bersaudara atas bantuan yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

- Departemen Pekerjaan Umum. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI 1982)*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Fauzi, Y. 2006. *Kelapa Sawit : Budidaya, Pemanfaatan Hasil dan Limbah, Analisis Usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Hadi, M. M. 2004. *Teknik Berkebun Kelapa Sawit*. ed. I, cet. I, Adicita Karya Nusa. Yogyakarta.
- Husin, A. dan Setiaji R. 2009. *Pengaruh Penambahan Foam Agent Terhadap Kualitas Bata Beton*. Pusat Litbang Permukiman. Bandung.
- Intara, Y. I. dan Banun Diah P. 2012. Studi Sifat Fisik dan Mekanik Parenkhim Pelepah Daun Kelapa Sawit Untuk Pemanfaatan Sebagai Bahan Anyaman. *Jurnal Agrotek*. 6 (1): 36-44.
- K. Krishna Bhavani Siram. 2012. Cellular Light-Weight Concrete Blocks as a Replacement of Burnt Clay Bricks. *International Jurnal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. 2 (2): 149-151.
- Krisanti, N. dan Tansajaya, A. 2008. Studi Pembuatan *Cellular Lightweight Concrete (CLC)* dengan Menggunakan Beberapa *Foaming Agent*. Skripsi. Tidak dipublikasikan. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Petra Surabaya.
- Muhandis, M. 2011. Pengaruh Substitusi Limbah Karbit Pada Campuran Beton (Skripsi). Program Sarjana Universitas Riau. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Yogyakarta.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. ed. II. Andi. Yogyakarta.
- SNI 03-0349-1989. *Bata Beton Untuk Pasangan Dinding*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- SNI 03-3421-1994. *Cara Uji Kuat Tekan Beton Ringan Isolasi*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- T. Sofyan, B. 2011. *Pengantar Material Teknik*. Salemba Teknika. Jakarta.
- T. Subramani dan V. Angappan. 2015. Experimental Investigation of Papercrete Concrete. *International Jurnal of Applicattion or Innovation in Engineering & Management (IJAIEEM)*. 4 (5): 134-143.
- Widiastuti, R. dan Dana Kurnia Syabana. 2015. Serat Pelepah Kelapa Sawit (Sepawit) Untuk Bahan Baku Produk Kerajinan. *Prosiding Seminar Nasional 4th UNS SME's Summit & Awards*. Hal. 7-14.
- Winarno, S., M. Guntur Basyarah dan Ilman Noor. 2015. Pembuatan Bata Ringan Menggunakan Limbah Penggergajian Batu Andesit. *Prosiding Seminar Nasional*

Menuju Masyarakat Madani dan Lestari. Hal. 405-412.

Zainuri, Gusneli Yanti dan Shanti Wahyuni Megasari. 2015. Analisis Beton Ringan Tanpa Agregat Kasar Dengan Penambahan *Polymer Concrete*. *Jurnal Sainstek*. 3 (1): 1-9.