

Kontribusi Produksi *Cellular Lightweight Concrete* Serat Limbah Pelepah Kelapa Sawit Terhadap Emisi CO₂

Zainuri¹, Sujianto², Adrianto Ahmad³, Feliatra⁴

¹Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning Jl. Yos Sudarso Km. 8 Rumbai - Pekanbaru

²Fakultas Ilmu Sosial dan Politik Universitas Riau Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru Pekanbaru.

³Dosen Fakultas Teknik Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12,5 Panam, Pekanbaru, 28293

⁴Dosen Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau, Kampus Bina Widya KM 12,5 Panam, Pekanbaru, 28293

Abstract : *The vast palm oil plantations in Riau province which are 2,430,500 hectares (BPS Indonesia, 2017) have great potential as a provider of CPO (Crude Palm Oil) and other by-products and include waste. The midrib is always lowered along with the decrease in oil palm fruit bunches at harvest. Handling of waste from the midrib is only by stacking it in the field and letting it dry and self-destruct. Oil palm midribs are still a problem today because they can affect the global climate with greenhouse gas emissions. Carbon emissions can still be minimized by utilizing oil palm midribs. This study aims to measure the reduction of CO₂ emissions as an added ingredient in the production of fiber CLC. Presentation of research results using descriptive methods. Research conducted in laboratories with an experimental approach is quantitative. The findings of this study are that the use of oil palm fronds as an added ingredient in producing CLC of solar and electric fuel fibers by 1 m³ can reduce CO₂ emissions. The conclusion of this study is that CO₂ emissions that can be reduced in the manufacture of 1 m³ of fiber CLC using diesel fuel is 111,582 tons/year and when using an electrically driven engine the CO₂ emissions that can be reduced are 120.887 tons/year.*

Key Words: *CO₂, emissions, midribs, fiber*

Perkebunan kelapa sawit yang sangat luas di provinsi Riau yaitu seluas 2.430.500 hektar (BPS Indonesia, 2017) memiliki potensi yang besar sebagai penyedia CPO (Crude Palm Oil) dan produk sampingan lainnya dan termasuk limbah. Hampir semua bagian tanaman kelapa sawit dapat dimanfaatkan, hanya pelepah dan akar yang belum dimanfaatkan. Pelepah selalu diturunkan bersamaan dengan penurunan tandan buah kelapa sawit pada saat panen. Penanganan limbah pelepah hanya dengan menumpukkan di lahan dan membiarkan kering dan hancur dengan sendirinya.

Limbah pelepah kelapa sawit masih menjadi masalah hingga saat ini sebab pelan tapi pasti ikut mempengaruhi iklim global dengan adanya emisi gas rumah kaca. Hasil penelitian (Saharjo et al., 2013) memperlihatkan bahwa emisi karbon terbesar tahun 2000 di provinsi Riau berasal dari lahan perkebunan kelapa sawit. Emisi karbon tersebut masih bisa diminimalisir dengan cara memanfaatkan pelepah kelapa sawit.

Proses pembuatan minyak kelapa sawit memberi andil pada peningkatan emisi karbon seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Mubekti (2014). Proses produksi industri kelapa sawit yang terdiri dari konversi tutupan lahan, pengelolaan perkebunan, transportasi dan pengolahan di pabrik semuanya memberikan dampak pada peningkatan emisi karbon sebesar 1.641,33 ton per hektar ekivalen CO₂.

Pemanfaatan pelepah kelapa sawit pada pengelolaan perkebunan dapat mengurangi andil emisi karbon. Penelitian terhadap pemanfaatan pelepah kelapa sawit ini bertujuan untuk mengukur pengurangan emisi CO₂ apabila serat pelepah kelapa sawit digunakan sebagai bahan tambah pada produksi *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) serat.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Pelepah kelapa sawit yang diambil seratnya untuk dimanfaatkan berasal dari tanaman kelapa sawit yang berumur 8 tahun lebih. Selain diambil seratnya, untuk pengukuran di laboratorium setiap pelepah yang diuji diambil sampel dengan dimensi (2 x 2 x 2) cm masing-masing 3 sampel pada bagian pangkal, 3 sampel pada bagian tengah dan 3 sampel pada bagian ujung..

Metode

Pemaparan hasil penelitian menggunakan metode deskriptif. Penelitian yang dilakukan di laboratorium dengan pendekatan eksperimental bersifat kuantitatif. Pengujian dan pembuatan sampel dilakukan di laboratorium dan di pabrik CLC untuk menghitung emisi CO₂ dari proses produksi CLC serat.

Mesin yang digunakan untuk memproduksi CLC ada 2 jenis yaitu mesin berbahan bakar solar dan mesin yang digerakkan oleh tenaga listrik. Perhitungan emisi CO₂ menggunakan mesin berbahan bakar solar sesuai formula IPCC (2006) adalah :

$$Emisi_{GRK} = A_i \times E_{fi} \times NCV \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

- Emisi_{GRK} : Jumlah emisi CO₂ (ton)
- A_i : Konsumsi bahan bakar jenis (ton/tahun)
- E_{fi} : Faktor emisi bahan bakar jenis (kg/TJ)
- NCV : *Net Calorific Value* per unit massa (TJ/kg)

Nilai faktor emisi dari setiap bahan bakar dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Faktor emisi jenis bahan bakar

Jenis bahan bakar	Satuan	Faktor CO ₂
Bensin	Kg/TJ	69.300
Solar	Kg/TJ	74.100
Minyak tanah	Kg/TJ	71.900

Nilai *Net Calorific Value* (NCV) pada penelitian ini mengacu pada standar yang ditetapkan oleh IPCC (2006). Dimana besarnya nilai *Net Calorific Value* (NCV) jenis

bahan bakar solar adalah 43,0 TJ/Gg (0,0000430 TJ/kg).

Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan mesin yang digerakkan oleh tenaga listrik menggunakan rumus Calkins (2009) :

$$EC_E = EE \times E \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

- EC_E = *Embodied* emisi CO₂ per konsumsi energi
- EE = *Embodied Energy* (kWh)
- E = Besarnya emisi CO₂ yang dilepaskan dari setiap kWh (kg CO₂)

Angka faktor emisi CO₂ dari penggunaan listrik

Tipe Energi	Satuan	Faktor Emisi
Bensin	kg-C/liter	69.300
Gas	kg-C/kg	74.100
Listrik	kg-C/kWh	71.900

yang ditetapkan oleh Puslitbangkim (2002) terlihat dalam Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Faktor emisi bahan bakar

Nilai *Embodied Energy* (EE) menyatakan sejumlah energi yang digunakan ketika proses produksi berlangsung, sesuai dengan rumusan Calkins (2009) :

$$EE = P \times H \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- EE = *Embodied Energy* (kWh)
- P = Daya listrik (watt, kilowatt)
- H = Waktu proses produksi bahan bangunan

Pemeriksaan kadar karbon yang terkandung dalam pelepah kelapa sawit dilakukan terhadap pelepah yang baru didodos. Setiap pelepah ditimbang dan dibagi menjadi 3 bagian (pangkal, tengah dan ujung) masing-masing bagian diambil 3 sampel berukuran (2 x 2 x 2) cm yang kemudian dicincang halus dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105° C selama 24 jam. Sebelum dan sesudah pengeringan sampel uji ditimbang. Pengukuran yang dilakukan adalah :

1. Berat kering (kg/pelepah) = Berat basah x (100 - % Kadar air) (4)

2. Pendugaan karbon pada biomassa pelepah kelapa sawit diperkirakan menggunakan rumus :

$$C_{biomassa} \text{ (kg/pelepah) } = \text{ Berat kering (kg/pelepah) } \times \% C \dots\dots\dots(5)$$

3. Pengurangan emisi karbon dioksida (CO₂) karena pemanfaatan limbah serat pelepah kelapa sawit diperkirakan dengan rumus :

$$CO_2 = C_{\text{biomassa}} \times 44/12 \dots\dots\dots(6)$$

HASIL

Emisi CO₂ pada produksi CLC serat

Serat pelepah kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan tambah pada pembuatan batako dan *Cellular Lightweight Concrete* (CLC) serat dapat meningkatkan kekuatan produk seperti hasil penelitian (Zainuri et al., 2017 dan 2019). Keunggulan pemakaian serat pelepah kelapa sawit dalam produk batako dan CLC dapat dijadikan pertimbangan untuk memproduksi produk tersebut secara masal. Dengan demikian masalah keberadaan limbah pelepah kelapa sawit di perkebunan dapat diminimalisir, terutama masalah peningkatan emisi karbon yang memperparah efek gas rumah kaca. Pelepah yang dibiarkan lapuk dengan sendirinya saja sudah memberi andil dalam meningkatkan emisi karbon. Apabila pelepah kering dapat memicu kebakaran lahan atau hutan yang kerap terjadi setiap tahun sejak tahun 1980.

Pemanfaatan serat pelepah kelapa sawit pada pembuatan CLC serat masih memberikan andil pelepasan CO₂ selama proses produksi, namun bila dibandingkan dengan pembiayaan limbah pelepah kelapa sawit di lahan perkebunan, pelepasan emisi karbon ke udara dapat diminimalisir.

Mesin mixer pengaduk bahan-bahan pembuat CLC serat ada yang digerakkan oleh bahan bakar solar ada juga yang digerakkan listrik. Emisi karbon yang dihasilkan kedua mesin tersebut berbeda. Perhitungan emisi karbon dari 2 macam mesin pengaduk tersebut diperhitungkan sesuai dengan kapasitas produksi dalam hal ini dengan satuan 1 m³ produk CLC serat.

Mesin dengan bahan bakar solar

Untuk memproduksi 1 m³ CLC serat dibutuhkan solar 2,5 liter. Kapasitas produksi harian CLC serat adalah 5 m³, hari kerja per tahun adalah 300 hari, sehingga produksi CLC serat dalam setahun 1.500 m³. Berat jenis solar 0,82 – 0,86 kg/liter, dalam perhitungan digunakan BJ solar sebesar 0,82 kg/liter.

- a. Konsumsi solar per tahun

$$= 1.500 \text{ m}^3/\text{thn} \times 2,5 \text{ liter} \times 0,82 \text{ kg/liter}$$

$$= 3.075 \text{ kg/thn} = 3,075 \text{ ton/thn}$$

- b. Emisi CO₂ yang dilepaskan ke udara per tahun

$$\text{Emisi}_{\text{GRK}} = A_i \times E_{fi} \times \text{NCV}$$

$$= 3,075 \text{ ton/thn} \times 74.100 \text{ kg/TJ} \times 0,000043 \text{ TJ/kg}$$

$$= 9,798 \text{ ton/tahun}$$

- c. Produksi CO₂ untuk CLC serat dalam 1 m³

$$= 9,798 \text{ ton/thn} : 1.500 \text{ m}^3/\text{thn}$$

$$= 0,006532 \text{ ton/m}^3$$

$$= 6,532 \text{ kg/m}^3$$

Mesin dengan tenaga penggerak listrik

Kapasitas putaran mesin 1 m³/12 menit dengan tipe mesin menggunakan daya 5 HP (1 HP = 0,7457 kWh). Proses pengadukan 1 m³ CLC serat dengan berbagai kendala dilapangan membutuhkan waktu rata-rata 30 menit. Satu hari kapasitas produksi 5 m³ sehingga total operasi mesin 2,5 jam.

- a. Jumlah energi yang digunakan untuk memproduksi CLC serat dalam 1 hari.

$$= 5 \text{ HP} \times (0,5 \text{ jam} \times 5 \text{ kali})$$

$$= (5 \times 0,7457 \text{ kWh}) \times 2,5 \text{ jam}$$

$$= 9,32125 \text{ kWh/hari}$$

$$= 9,32125 \text{ kWh/hari} \times 300 \text{ hari}$$

$$= 2.796,375 \text{ kWh/tahun}$$

- b. Besarnya emisi CO₂ yang dikeluarkan oleh pembangkit tenaga listrik.

$$= 2.796,375 \text{ kWh/tahun} \times 0,179 \text{ kg}$$

CO₂/kWh

$$= 500,551125 \text{ kg CO}_2/\text{tahun}$$

$$= 0,500551125 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

$$= 0,501 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

- c. Emisi CO₂ memproduksi CLC serat 1 m³.

$$= 0,501 \text{ ton/tahun} : 1.500 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

$$= 0,000334 \text{ ton/m}^3$$

$$= 0,334 \text{ kg/m}^3$$

Emisi CO₂ limbah pelepah kelapa sawit

Kadar karbon (C) pada limbah pelepah kelapa sawit dapat diukur dengan cara melakukan pengujian di laboratorium. Hasil pengujian tertera dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Rata-rata kadar karbon pelepah kelapa sawit

Uraian	Berat basah (kg)	Berat kering (kg)	Kadar karbon (%)	Berat karbon (kg)
Pelepah 1	5,30	1,69	51,04	0,28
Pelepah 2	5,50	1,67	57,48	0,34
Pelepah 3	4,20	1,49	61,00	0,30
Pelepah 4	5,20	1,48	76,43	0,36
Pelepah 5	4,20	1,50	61,62	0,34
Rerata/pelepah	4,88	1,56	61,52	0,32
Rerata/bagian	1,63	0,52	20,51	0,11

Berat rata-rata karbon per pelepah adalah 0,32 kg dari berat basah pelepah 4,88 kg. Potensi CO₂ dapat diperhitungkan dengan mengalikan stok karbon (C) dengan koefisien 44/12 atau 3,67 sesuai dengan perhitungan Lukito (2013). Nilai koefisien yang digunakan tersebut dihitung berdasarkan massa atom dari senyawa CO₂ dan unsur C. Massa atom C adalah 12 dan O adalah 16. Jumlah massa atom CO₂ adalah 44 ((1 x 12) + (2 x 16)). Massa

senyawa tersebut dibandingkan dengan massa karbon (C) sehingga angka koefisien yang digunakan adalah $44/12 = 3,67$.

Perkiraan serapan CO₂ dapat dikonversikan dengan stok karbon (C) dari pelepah kelapa sawit. Hasil perhitungan konversi tersebut tertera dalam Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Faktor emisi bahan bakar

Uraian	Berat C (kg)	Konversi C ke CO ₂	CO ₂ (kg)
Per Bagian	0,11	44/12	0,40
Per Pelepah	0,32	44/12	1,19
Per Hektar	1.297,36	44,12	4.757,00

Potensi karbon yang terkandung di dalam pelepah kelapa sawit akan dikeluarkan selama proses pembusukan. Apabila pelepah tersebut dimanfaatkan dalam pembuatan CLC serat maka potensi emisi karbon dalam pelepah dapat diminimalisir. Hasil penimbangan terhadap 3 sampel pelepah kelapa sawit dengan berat 5.893 gram menghasilkan 176,8 gram serat atau 3,07% dari berat pelepah.

Produksi CLC serat sebanyak 1 m³ memerlukan 12 kg serat pelepah kelapa sawit kering. Dengan porsi serat 12 kg diperoleh dari pelepah kelapa sawit seberat 390,8795 kg. Jika berat rata-rata pelepah kelapa sawit 5,7567 kg/pelepah, maka setiap memproduksi 1 m³ CLC serat dibutuhkan 68 pelepah (390,8795 kg : 5,7567 kg/pelepah = 67,8999 kg). Potensi emisi CO₂ dalam pelepah tersebut adalah :

$$\begin{aligned} \text{CO}_2 \text{ pelepah} &= 68 \text{ pelepah/m}^3 \times 1,19 \text{ kg CO}_2 \\ &= 80,92 \text{ kg/m}^3 \text{ CO}_2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tersebut memperlihatkan bahwa pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit pada pembuatan CLC serat dapat dikurangi sebesar selisih emisi CO₂ yang

dihasilkan mesin pembuat CLC. Emisi CO₂ yang dapat diminimalisir adalah:

1. CO₂ = 80,92 kg/m³ - 6,532 kg/m³
= 74,388 kg/m³
2. Emisi karbon yang dikurangi dalam sehari :
= 74,388 kg/m³ CO₂ x 5 m³/hari
= 371,94 kg/hari CO₂
3. Emisi karbon yang dapat dikurangi dalam 1 tahun :
= 371,94 kg/hari CO₂ x 300 hari/tahun
= 111.582 kg/tahun CO₂
= 111,582 ton/tahun CO₂

Emisi karbon dari proses pembuatan CLC serat dari 1 pabrik dapat lebih diminimalisir lagi bila menggunakan mesin listrik. Besaran emisi CO₂ yang dapat dikurangi adalah sebagai berikut :

1. Pengurangan emisi CO₂ dengan kapasitas produksi 1 m³ :
= 80,92 kg/m³ - 0,334 kg/m³
= 80,586 kg/m³
2. Emisi CO₂ yang dapat dikurangi dalam sehari :

$$= 80,586 \text{ kg/m}^3 \times 5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 402,93 \text{ kg/hari}$$

3. Emisi CO₂ yang dapat dikurangi dalam 1 tahun adalah :

$$= 402,93 \text{ kg/hari} \times 300 \text{ hari/tahun}$$

$$= 120.879 \text{ kg/tahun}$$

$$= 120,879 \text{ ton/tahun}$$

Emisi CO₂ yang dapat dikurangi 120,879 ton/tahun berasal dari 1 pabrik CLC serat dengan kapasitas produksi 5 m³/hari. Dapat dibayangkan emisi CO₂ yang akan dihindari apabila seluruh limbah pelepah dimanfaatkan untuk produksi CLC serat dari beberapa pabrik dengan kapasitas besar. Lingkungan dapat terselamatkan dari emisi karbon yang berasal dari limbah pelepah kelapa sawit dan akan mengurangi dampak gas rumah kaca.

PEMBAHASAN

Meskipun dalam memproduksi CLC serat memberi andil pada peningkatan emisi karbon sebesar 6,532 kg/m³ untuk mesin yang berbahan bakar solar dan 0,334 kg/m³ untuk mesin yang digerakkan dengan listrik, namun andil tersebut sangat kecil bila dibandingkan dengan sektor transportasi seperti hasil penelitian (Sofaniadi et al., 2018) yang meneliti perubahan pola pergerakan sektor transportasi. Sektor transportasi menyumbang 1.110.204 ton CO₂ pada tahun 2010 dan terus meningkat, pada tahun 2016 menjadi 7.366.513 ton CO₂/tahun. Dengan perbandingan 0,5 – 9,8 ton/tahun : 7.366.513 ton/tahun CO₂, maka emisi karbon dari proses pembuatan CLC dapat diabaikan.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Zainuri et al., 2019) apabila serat pelepah kelapa sawit digunakan sebagai bahan tambah dalam pembuatan batako serat, selain dapat meningkatkan kekuatan produk batako serat, pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit pada pembuatan batako dapat mengurangi emisi karbon. Emisi karbon yang dapat dikurangi oleh 1 pabrik batako serat adalah sebesar 231.420,06 ton/tahun.

Selain pelepah kelapa sawit, batang kelapa sawit juga mengandung karbon. (Siswoko et al., 2017) memperkirakan emisi CO₂ dari batang sawit. berat kering batang sawit dengan rata-rata 394,11 kg/pohon dan

setiap hektar pohon sawit memiliki berat kering 50,45 ton. Perhitungan kandungan karbon biomassa bagian batang diperoleh nilai rata-rata 223,66 kg C/pohon sehingga tiap hektar memiliki potensi 26,63 ton C yang berekivalen dengan kadar CO₂ sebanyak 104,97 ton CO₂/ha.

Emisi karbon tidak hanya dihasilkan dari limbah perkebunan saja. Aktivitas rumah tangga pun menyumbangkan emisi CO₂ ke udara dalam jumlah yang besar. Penelitian (Wirosoedarmo et al., 2017) menghitung total emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas di Perumahan Sawojajar yaitu sebesar 13.540.001,95 kg/tahun. Kemampuan penyerapan CO₂ dari ruang terbuka hijau di lokasi tersebut diperhitungkan sebesar 5.760.532,25 kg/tahun, berarti emisi CO₂ yang belum terserap sebesar 7.779.469,7 kg/tahun sehingga kelebihan emisi CO₂ tersebut memberi andil pada peningkatan gas rumah kaca. Jika ruang terbuka hijau tidak segera ditambah maka emisi CO₂ yang dihasilkan oleh aktivitas perumahan tersebut akan berdampak buruk terhadap lingkungan.

Khusus emisi CO₂ yang dihasilkan oleh limbah pelepah kelapa sawit diperkebunan, dengan dimanfaatkannya limbah pelepah kelapa sawit tersebut maka emisi CO₂ dapat diminimalisir. Temuan dari penelitian ini adalah bahwa pemanfaatan serat pelepah kelapa sawit pada pembuatan CLC serat dari 1 pabrik dengan kapasitas produksi 5 m³/hari menggunakan mesin berbahan bakar solar atau listrik dapat mengurangi emisi CO₂ dari limbah pelepah kelapa sawit sebesar 111,582 ton/tahun dan 120,879 ton/tahun.

SIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini adalah emisi CO₂ yang dapat dikurangi dengan memanfaatkan limbah pelepah kelapa sawit pada pembuatan CLC serat sebanyak 1 m³ menggunakan bahan bakar solar adalah 74,388 kg/m³ CO₂ (111,582 ton/tahun CO₂). Apabila dalam memproduksi CLC serat sebanyak 1 m³ dengan menggunakan mesin yang digerakkan dengan listrik, maka potensi emisi CO₂ yang dapat dikurangi adalah 80,586 kg/m³ CO₂ (120,879 ton/tahun CO₂).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan fasilitas dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. (2016). Provinsi Riau Dalam Angka 2016. Pekanbaru.
- Calkins, M. (2009). *Materials for Sustainable Sites*. John Wiley & Sons. Inc. Canada.
- IPCC. (2006). *Pedoman IPCC Untuk Inventarisasi Nasional Gas Rumah Kaca; Nasional Greenhouse Gas Inventories Program*. Jepang
- Lukito, M. dan Rohmatiah, A. (2013). Estimasi Biomassa dan Karbon Tanaman Jati Umur 5 Tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyen Kabupaten Magetan). *Jurnal Agri-tek*, 14 (1), 1-23.
- Mubekti. (2014). Carbon Estimation in Palm Oil Industry. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 15 (1), 35-42.
- Puslitbangkim (Pusat Penelitian dan Pengembangan Pemukiman) Departemen Pekerjaan Umum. (2002). Keputusan Menteri Pemukiman dan Prasarana Wilayah Republik Indonesia No. 403/KPTS/M/2002 Tentang Pedoman Teknis Pembangunan Rumah Sederhana Sehat (Rs. Sehat). Bandung.
- Saharjo, B.H., Putra, E.I. and Putra, R.M. (2013). Pendugaan Emisi Karbon (CO₂) Akibat Kebakaran Hutan dan Lahan pada Berbagai Tipe Penutupan Lahan di Propinsi Riau Tahun 2000-2009. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 4 (3), 130-135.
- Siswoko, E., Mulyadi, A., Thamrin dan Bahrudin. (2017). Estimating Carbon Stock of Oil Palm Trunks Waste as Replanting Management in Riau Province. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 11 (2), 154-163.
- Sofianiadi, S., Purwanto, P. and Riyanto, B. (2018). Evaluation of Greenhouse Gas Emission from Transportation Sector in Semarang, Indonesia. "Pollution Research" EM International, 37 (3), 658-662.
- Wirosoedarmo, R., Haji, A.T.S. and Gustinasari, K. (2017). Effect of Conversion of Agriculture Land on Air Pollution Emission of CO₂ (The Case Study in The Settlement Sawojajar, Malang, East Java, Indonesia. EM International "Pollution Research", 36 (4), 729-736.
- Zainuri, Yanti, G. and Megasari, S.W. (2017). Batako Quality Optimization with Addition of Palm Oil Stem Fiber from Kampar District and Dumai City. *International Conference on Environment and Technology (IC-Tech) 2017*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 97 (1), 1-6. 26-27 July 2017, Pekanbaru, Indonesia. Published under licence by IOP Publishing Ltd. doi:10.1088/1755-1315/97/1/012018.
- Zainuri, Zargustin, D., Yanti, G. and Megasari, S.W. (2019). Reduction of CO₂ Emissions from Utilization of Palm Oil Midrib Waste in Fiber Brick Production. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20 (1), 37-44.
- Zainuri, Sujianto, Ahmad, A., and Feliatra (2019). Comparison of Cellular Lightweight Concrete With Addition of Palm Oil Midribs. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10 (04), 1211-1218.