

## PEMANFAATAN LIMBAH PABRIK KELAPA SAWIT DI PT. PRATAMA KARYA NIAGA JAYA MENJADI PUPUK ORGANIK

Suwandy Purba<sup>1)</sup>, Nelva Ginting<sup>1)</sup>, Indra Budiman<sup>1)</sup>, Anita Rizky Lubis<sup>1)</sup>, Sary Gea<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Mahkota Tricom Unggul, Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Corresponding author : Nelva Ginting  
E-mail : nelva.meyriani@gmail.com

Diterima 14 Mei 2023, Direvisi 21 Mei 2023, Disetujui 22 Mei 2023

### ABSTRAK

Berkembangnya perkebunan kelapa sawit diikuti dengan tumbuhnya pabrik kelapa sawit untuk produksi CPO dan turunan lainnya. Pabrik kelapa sawit menghasilkan limbah setelah produksi CPO. Limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit, baik limbah padat maupun cair, mengandung senyawa makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman. PT Pratama Karya Jaya Niaga merupakan pabrik kelapa sawit di Batubara, yang menghasilkan limbah, kotor dan mengganggu aktivitas pabrik serta menimbulkan polusi dan bau yang tidak sedap. Tujuan dari kegiatan pengabdian ini adalah untuk memberikan pengetahuan dan keterampilan kepada pekerja di pabrik kelapa sawit untuk memanfaatkan limbah pabriknya menjadi pupuk organik melalui proses fermentasi atau Pengomposan. Metode kegiatan ini adalah survei, sosialisasi, pelatihan pembuatan *composting*. Hasil dari pengabdian masyarakat ini adalah limbah pabrik kelapa sawit memiliki kadar Hara makro yang spesifik. Dengan pencampuran akan memberikan kualitas pupuk organik yang bagus. Pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit yang terakumulasi manfaatnya bagi tanaman yang akan berdampak positif bagi pekebun dan petani kelapa sawit serta lahan pertanian menjadi sehat kembali dan dapat meningkatkan hasil pertanian baik secara kualitas maupun kuantitas.

**Kata kunci:** limbah pabrik kelapa sawit; pupuk organik; pengomposan

### ABSTRACT

The development of oil palm plantations is followed by the growth of palm oil mills for the production of CPO and other derivatives. Palm oil mills produce waste after CPO production. The waste produced by palm oil mills, both solid and liquid waste, contains macro and micro compounds needed by plants. PT Pratama Karya Jaya Niaga is a palm oil mill in Batubara, which produces waste, dirty and disrupts factory activities and causes pollution and unpleasant odors. The purpose of this service activity is to provide knowledge and skills to workers at the palm oil mill to utilize their factory waste into organic fertilizer through a fermentation or composting process. The methods of this activity are survey, socialization, training in composting. The result of this community service is that palm oil mill waste has specific macro nutrient levels. Mixing will provide good quality organic fertilizer. Utilization of accumulated palm oil mill waste benefits plants which will have a positive impact on oil palm planters and farmers and agricultural land becomes healthy again and can increase agricultural yields both in quality and quantity.

**Keywords:** palm oil mill waste; organic fertilizer; composting

### PENDAHULUAN

Industri Kelapa sawit menjadi salah satu industri strategis dalam perekonomian Indonesia sebagai penghasil devisa negara, penggerak perekonomian nasional, penopang perekonomian rakyat, penyerapan tenaga kerja, industri *biofuel* atau *biodiesel* sebagai energi yang terbarukan (Irawan et al., 2021). Perkembangan perkebunan kelapa sawit diikuti dengan pertumbuhan pabrik kelapa sawit untuk menghasilkan CPO dan produk turunan lainnya. Pabrik-pabrik kelapa sawit akan menghasilkan limbah berupa Limbah padat

(Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut atau serat, sludge atau lumpur, dan bungkil) maupun limbah cair (kondensat dari proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik) (Andi Haryanti, Norsamsi, Putri Suci Fanny Sholiha, n.d.)

Pabrik Kelapa sawit akan menghasilkan limbah berupa Limbah padat (Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), cangkang atau tempurung, serabut atau serat, sludge atau lumpur, dan bungkil) maupun

limbah cair (kondensat dari proses sterilisasi, air dari proses klarifikasi, air *hydrocyclone* (*claybath*), dan air pencucian pabrik). Limbah yang dihasilkan dari Pabrik kelapa sawit dari setiap 1 Ton Kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 1 di bawah.

**Tabel 1.** Persentase Potensi Limbah Sawit per Ton buah sawit

Jenis limbah	Pesentase per Ton TBS (%)	Manfaat
Tandan Kosong	23,0	Pupuk kompos, Pulp kertas, Papan partikel dan energi
Wet Decanter Solid Cangkang	4,0	Pupuk kompos dan pakan ternak
Serabut ( <i>fiber</i> )	6,5	Arang, Carbon aktif dan papan partikel
Limbah cair	13,0	Arang, energy, Papan partikel dan pulp kertas
Air Kondesat	50,0	Pupuk dan air irigasi
		Air umpan Broiler

TKKS mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, antara lain: 42,8% C, 2,9% K<sub>2</sub>O, 0,8% N, 0,22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30% MgO, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn. Sabut kelapa sawit mengandung nutrient, fosfor (P), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan karbon (C). Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung berbagai senyawa terlarut termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral.

Limbah yang dihasilkan pabrik kelapa sawit baik limbah padat maupun limbah cair sebenarnya mengandung senyawa unsur hara makro maupun mikro yang dibutuhkan tanaman. Jika tanpa pengolahan kadar senyawa-senyawa dalam limbah bisa melebihi kadar toleransi sehingga dapat merusak lingkungan. Jika dibuang ke lingkungan bisa mengakibatkan pencemaran lingkungan, jika tumpah ke sungai mengakibatkan air tidak lagi bisa digunakan sebagaimana mestinya (Muhammad Jusfar Simanjuntak, Syahbudin Hasibuan, 2019). Disamping itu limbah yang tidak diolah akan menimbulkan bau yang menyengat, tempat berkembangnya lalat yang dapat mengganggu kesehatan manusia. limbah padat terdiri dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), serabut (*fiber*) kelapa sawit yaitu ampas dari buah

kelapa sawit. Serabut (*fiber*) tersebut digunakan sebagai bahan bakar pada boiler untuk merebus dengan cara menguapkan kelapa sawit sebelum mencapai proses pengolahan (Syarifuddin & R, 2012).

Senyawa yang terdapat pada limbah tersebut masih bisa digunakan sebagai pupuk bagi tanaman untuk pertumbuhannya. Diperlukan proses fermentasi (*composting*) untuk menjadikan pupuk organik. *Composting* menjadikan senyawa – senyawa tersebut menjadi tersedia bagi tanaman dan terbebas dari organisme pengganggu tanaman. Dalam melakukan budidaya pertaniannya, petani akan melakukan pemupukan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pertanaman. Pemakaian pupuk kimia atau anorganik (proses pabrikan) secara terus menerus dengan tidak seimbang dapat menimbulkan degradasi kesuburan tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi. Salah satu cara untuk memperbaikinya adalah melalui pemberian pupuk organik.

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan, dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair dapat diperkaya dengan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, Kimia dan/atau biologi tanah. Pupuk organik adalah pupuk yang dibuat dari sisa tanaman, hewan dan manusia seperti pupuk hijau, pupuk kandang dan kompos, yang sangat diperlukan untuk kehidupan mikroorganisme di dalam tanah. Peranan pupuk organik dalam tanah selain menambah unsur hara juga dapat meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan porositas tanah, sehingga dapat memperbaiki pengeringan dan drainase tanah serta meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Nur et al., 2018). Pupuk organik cair adalah larutan hasil penguraian bahan organik yang komponen dasarnya berasal dari hewan atau tumbuhan yang difermentasi, dan produknya berbentuk cair. Keunggulan pupuk organik ini dapat dengan cepat memperbaiki kekurangan unsur hara, tidak ada masalah pencucian unsur hara, dan dapat menghantarkan unsur hara dengan cepat. Dibandingkan dengan pupuk cair anorganik, pupuk cair organik umumnya tidak merusak tanah dan tanaman, bahkan jika digunakan sesering mungkin. Selain itu, pupuk ini juga mengandung bahan pengikat, jadi tanaman dapat menggunakan larutan pupuk yang dioleskan langsung ke tanah (Fahri et al., 2018).

Limbah yang dihasilkan oleh pabrik Kelapa Sawit PT. Pratama Karya Jaya Niaga (Mitra) menjadi masalah. Dibiarkan menumpuk dilokasi pabrik menjadikan tempat yang kotor mengganggu aktivitas pabrik dan menimbulkan polusi serta bau yang tidak sedap. Jika dibuang ke lingkungan akan terjadi pencemaran lingkungan. Tujuan dari kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini adalah memberikan pengetahuan dan keterampilan kepada pabrik kelapa sawit untuk memanfaatkan limbah pabriknya menjadi pupuk organik melalui proses fermentasi atau *Composting*. Tidak terjadi pencemaran lingkungan akibat limbah sawit yang menumpuk, tetapi bisa dijadikan bermanfaat bagi tanaman yang akan memberikan dampak positif kepada para pekebun sawit maupun petani. Lahan menjadi sehat kembali, hasil pertanian yang semakin meningkat baik secara kualitas maupun kuantitas.

## METODE

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dilaksanakan di Pabrik Kelapa Swit (PT Pratama Karya Jaya Niaga) di Kabupaten Batubara. Kegiatan PKM ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan kegiatan yaitu survei, sosialisasi, pelatihan pembuatan *composting*, hasil dari *composting* berupa pupuk organik, diseminasi manfaat Pupuk Organik kepada petani disekitar pabrik kelapa sawit atau mitra/peserta yang terlibat dalam kegiatan ini sebanyak 15 orang dari pabrik tersebut, serta evaluasi program. Program PKM akan dilaksanakan selama 6 bulan.

### 1. Survei

Kegiatan Survei dilakukan untuk mengetahui keadaan awal dalam mengelola limbah pabrik kelapa sawit menjadi pupuk organik. Survei dilakukan untuk menganalisis permasalahan yang dihadapi oleh pabrik kelapa sawit dalam mengelola limbah kelapa sawit.

### 2. Sosialisasi

Kegiatan ini dilakukan dalam bentuk diskusi interaktif langsung dengan pekerja dan pemilik PT Pratama Karya Jaya Niaga sebagai mitra PKM, dengan melakukan kegiatan sosialisasi tim PKM dapat mengerumuskan masalah dan menyelesaikan masalah dalam mengelola limbah kelapa sawit yang terdapat di pabrik kelapa sawit.

### 3. Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik

Pelatihan pembuatan pupuk organik ini dilakukan dengan beberapa tahap yaitu melakukan analisis laboratorium terhadap kandungan unsur hara yang terdapat pada limbah kelapa sawit yang dapat

dimanfaatkan sebagai pupuk organik, pembuatan pengomposan dari limbah kelapa sawit bersama tim PKM dan tahapan terakhir adalah aplikasi hasil pengomposan limbah kelapa sawit pada tanaman kelapa sawit

### 4. Diseminasi pupuk organik

Diseminasi pupuk organik kepada petani disekitar pabrik dan mitra pabrik dengan mengaplikasikan hasil pengomposan ke tanaman kelapa sawit maupun membagikan hasil pupuk organik kepada pekebun di sekitar pabrik kelapa sawit

### 5. Evaluasi Program

Kegiatan evaluasi dilakukan untuk menilai kegiatan dapat bermanfaat dan memberikan peningkatan kualitas kinerja pada kegiatan tersebut. Evaluasi bertujuan untuk mendapatkan informasi dan pengelolaan program (output, manfaat dan dampak) baik terhadap program yang baru selesai maupun yang sedang berjalan. Keberlanjutan adalah pemeliharaan atau efek tambahan dari perubahan positif yang disebabkan oleh program setelah berakhirnya program PKM. Dengan bantuan sumber daya yang berkelanjutan, program ini juga dapat dilanjutkan oleh PT. Pratama Karya Jaya Niaga

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) di lakukan di PT Pratama Karya Jaya Niaga) di Kabupaten Batubara yang memiliki masalah dalam pengelolaan limbah kelapa sawit. Kegiatan di mulai dari survei kegiatan, sosialisasi kegiatan, pelatihan pembuatan *composting*, hasil dari *composting* berupa pupuk organik, diseminasi manfaat Pupuk Organik kepada petani disekitar pabrik kelapa sawit atau mitra dari pabrik tersebut, serta evaluasi program. Secara rinci akan dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Survei Kegiatan

Kegiatan pertama dalam kegiatan PKM yaitu survei kegiatan. Survei kegiatan dilakukan untuk mengetahui keadaan limbah pabrik kelapa sawit. Hasil diskusi yaitu terdapat beberapa permasalahan dalam:

- a. Limbah yang menumpuk membuat lingkungan pabrik menjadi kotor
- b. Limbah Pabrik mengganggu aktivitas pabrik
- c. Limbah Pabrik menimbulkan polusi dan bau yang tidak sedap
- d. Jika limbah pabrik dibuang sembarangan akan menyebabkan pencemaran lingkungan

Dokumentasi kegiatan survei yang dilakukan di Pabrik kelapa sawit PT Pratama Karya Jaya Niaga dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Survei Kegiatan  
(Dokumentasi Pribadi)

## 2. Sosialisasi Kegiatan

Sosialisasi kegiatan PKM dilakukan setelah mengetahui permasalahan dalam pabrik kelapa sawit pada saat kegiatan survei. Hasil kegiatan sosialisasi PKM dengan Pabrik Kelapa Sawit (PT Pratama Karya Jaya Niaga) yaitu :

- a. Pengecekan analisis laboratorium tentang unsur hara yang terdapat pada limbah kelapa sawit
- b. Pelatihan pengomposan limbah kelapa sawit
- c. Pendampingan pengomposan hingga menjadi pupuk organik yang siap digunakan untuk tanaman

Dokumentasi sosialisasi kegiatan yang dilakukan di Pabrik kelapa sawit PT Pratama Karya Jaya Niaga dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Sosialisasi Kegiatan  
(Dokumentasi Pribadi)

## 3. Pelatihan pembuatan Pupuk Organik

Ada beberapa proses yang harus dilakukan dalam pembuatan pupuk organik dari limbah kelapa sawit. Proses yang pertama adalah analisis laboratorium, proses selanjutnya pencacahan, yang bertujuan untuk memperkecil ukuran limbah kelapa sawit dan memperluas luas permukaan area limbah kelapa sawit (TKKS). Pencacahan ini dilakukan secara manual. Proses yang kedua adalah

inokulasi dengan dekomposer. Dalam proses ini dilakukan hal-hal sebagai berikut: penyusunan tandan kosong kelapa sawit sebanyak 200 kg, kemudian ditambahkan dengan 60 kg pupuk kandang, lalu ditaburi dengan 30 kg dolomit, kemudian disiram dengan limbah cair pabrik kelapa sawit sebanyak 20 liter. Setelah itu diinkubasikan selama sehari, kemudian disemprot dengan dekomposer (jika dekomposernya cairan). Khusus untuk Stardec, ditaburkan secara merata di atas bahan tumpukan TKKS, lalu disiram dengan air secukupnya sampai kelembaban merata. Agar aktivator bisa merata ke seluruh permukaan TKKS perlu dilakukan pembalikan. Proses yang ketiga adalah inkubasi. Pada proses ini, tumpukan TKKS ditutup dengan menggunakan terpal yang cukup tebal dan kuat serta tahan UV. Tutup terpal berfungsi untuk menjaga kelembaban dan suhu agar optimal untuk proses dekomposisi TKKS. Proses dekomposisi dilakukan selama 2 bulan. Proses yang keempat adalah pemeliharaan dan pengambilan data. Pemeliharaan dilakukan dengan cara tumpukan dibolak-balik. Pembalikan ini dilakukan dalam periode dua minggu sekali. Data yang diambil berupa suhu dan sampel TKKS untuk dianalisis rasio C dan N. Proses yang kelima adalah pemanenan kompos. Ciri-ciri kompos yang sudah matang yaitu warna menjadi coklat kehitaman, suhu sudah turun mendekati suhu awal proses pengomposan, jika diremas TKKS mudah putus seratnya. Dokumentasi pelatihan pembuatan pupuk organik yang dilakukan di Pabrik kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Pelatihan Pembuatan  
(Dokumentasi Pribadi)

## 4. Diseminasi manfaat pupuk organik kepada pekebun

Diseminasi ini dilakukan agar Pabrik kelapa sawit dapat mengatasi masalah limbah kelapa sawit yang mengganggu aktivitas pabrik dan juga dapat memanfaatkannya menjadi pupuk organik

yang berguna bagi pertumbuhan tanaman, serta dapat membagikan pupuk organik kepada pekebun yang tinggal disekitar Pabrik kelapa sawit tersebut yang juga bermanfaat bagi mereka. Dokumentasi diseminasi manfaat pupuk organik kepada pekebun dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diseminasi manfaat pupuk organik kepada pekebun (Dokumentasi Pribadi)

## 5. Evaluasi Program

Tahap terakhir dari kegiatan pelatihan ini adalah evaluasi kegiatan dan rencana tindak lanjut. Sambutan positif dan antusiasme petani cukup baik, pelaksanaan pelatihan dan konversi pengetahuan serta pembuatan pupuk organik dari limbah pabrik kelapa sawit (TKKS) berjalan lancar. Kegiatan selanjutnya yang dilakukan oleh tim PKM adalah diskusi mengumpulkan informasi dari para mitra pemelihara dalam hal ini pabrik kelapa sawit (PT Pratama Karya Jaya Niaga) tentang peningkatan pengetahuan dan manfaat dari kegiatan PKM ini. Dokumentasi evaluasi program dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Evaluasi Program (Dokumentasi Pribadi)

## SIMPULAN DAN SARAN

Pengelolaan limbah kelapa sawit (Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)) pada PT Pratama Karya Jaya Niaga Batubara mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, antara lain: 42,8% C, 2,9% K<sub>2</sub>O, 0,8% N, 0,22% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,30% MgO, 23 ppm Cu, dan 51 ppm Zn. Limbah cair pabrik kelapa sawit mengandung berbagai senyawa terlarut

termasuk serat-serat pendek, hemiselulosa dan turunannya, protein, asam organik bebas dan campuran mineral-mineral. limbah pabrik kelapa sawit memiliki kadar Hara makro yang spesifik. Dengan pencampuran akan memberikan kualitas pupuk organik yang bagus. Pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit yang terakumulasi manfaatnya bagi tanaman yang akan berdampak positif bagi pekebun dan petani kelapa sawit serta lahan pertanian menjadi sehat kembali dan dapat meningkatkan hasil pertanian baik secara kualitas maupun.

Diperlukan pemantauan secara berkala untuk mengetahui kegiatan PKM tetap berjalan dengan baik dalam membuat pupuk organik dari limbah kelapa sawit sehingga walaupun kegiatan PKM telah berakhir PT Pratama Karya Jaya Niaga dapat tetap melakukan kegiatan ini secara berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada PT Pratama Karya Jaya Niaga sehingga kegiatan PKM dapat berjalan dengan baik dan lancar dan baik. Kami juga ucapkan terimakasih kepada Universitas Mahkota Tricom Unggul yang telah memfasilitasi kegiatan ini dengan baik.

## DAFTAR RUJUKAN

- Andi Haryanti, Norsamsi, Putri Suci Fanny Sholiha, N. P. P. (n.d.). STUDI PEMANFAATAN LIMBAH PADAT KELAPA SAWIT. *Konversi*, Vol. 3, No. 2.
- Duaja, M. D., Kartika, E., & Buhaira, B. (2019). Response of Soybean (Glycine Max) to The Reduction of Inorganic Fertilizer with Palm Oil Factory Waste Decanter Cake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 391(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/391/1/012015>
- Fahri, A., Meriatna, & Suryati. (2018). Pengaruh Waktu Fermentasi dan Volume Bio Aktivator EM 4 ( Effective Microorganisme ) pada Pembuatan Pupuk Organik Cair ( POC ) dari Limbah Buah-Buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(Mei), 13–29.
- Gusta, A. R., Kusumastuti, A., & Parapasan, Y. (2015). Pemanfaatan Kompos Kiambang dan Sabut Kelapa Sawit sebagai Media Tanam Alternatif pada Prenursery Kelapa Sawit ( *Elaeis guineensis* Jacq ). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 15(2), 151–155.
- Irawan, B., Nining, D., & Soesilo, I. (2021). Dampak Kebijakan Hilirisasi Industri Kelapa Sawit Terhadap Permintaan Cpo

Pada Industri Hilir. *Jurnal Ekonomi & Kebijakan Publik*, 12(1), 29–43.  
<https://dx.doi.org/10.22212/jekp.v11i1.2023>

- Kurniawan, E., Ginting, Z., & Nurjannah, P. (2017). Pemanfaatan Urine Kambing Pada Pembuatan Pupuk Organik Cair Terhadap Kualitas Unsur Hara Makro (npk). *Eddy Kurniawan Zainuddin Ginting Putri Nurjannah*, 1(2407 – 1846), Hlm. 1-10. Fakultas Teknik. Universitas Muhammadiyah.  
[jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek](http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek)
- Muhammd Jusfar Simanjuntak, Syahbudin Hasibuan, M. (2019). Efektivitas Penggunaan Bokashi Blotong Tebu dan Pemberian Pupuk Organik Cair Kulit Nanas Terhadap Produktifitas Tanaman Kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus L.*). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, Vol 1 No.2, 3.
- Nur, T., Noor, A. R., & Elma, M. (2018). Pembuatan Pupuk Organik Cair Menggunakan Biokatalisator Biosca dan EM4. *PROSIDING SNTK TOPI 2012*, 5(2), 5.
- Nursanti. (2017). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67–73.
- Syarifuddin, & R, H. (2012). Perbandingan Penggunaan Energi Alternatif Bahan Bakar Serabut (Fiber) dan Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Bahan Bakar Batubara dan Solar pada Pembangkit Listrik. *Prosiding Seminar Jurusan Teknik Elektro Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta*, 162–170.