

# jTEP

## JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 4, No. 2, Oktober 2016



Publikasi Resmi  
**Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia**  
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)  
bekerjasama dengan  
**Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA**  
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA). JTEP terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. Sehubungan dengan banyaknya naskah yang diterima redaksi, maka sejak edisi volume 4 No. 1 tahun 2016 redaksi telah meningkatkan jumlah naskah dari 10 naskah menjadi 15 naskah untuk setiap nomor penerbitan, tentunya dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi *online*. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energy alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (*online submission*) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

**Penanggungjawab:**

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia  
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

**Dewan Redaksi:**

Ketua : Wawan Hermawan (Institut Pertanian Bogor)  
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)  
Kudang B. Seminar (Institut Pertanian Bogor)  
Daniel Saputra (Universitas Sriwijaya, Palembang)  
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta)  
Y. Aris Purwanto (Institut Pertanian Bogor)  
M. Faiz Syuaib (Institut Pertanian Bogor)  
Salengke (Universitas Hasanuddin, Makasar)  
Anom S. Wijaya (Universitas Udayana, Denpasar)

**Redaksi Pelaksana:**

Ketua : Rokhani Hasbullah  
Sekretaris : Lenny Saulia  
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah  
Anggota : Usman Ahmad  
Dyah Wulandani  
Satyanto K. Saptomo  
Slamet Widodo  
Liyantono  
Sekretaris : Diana Nursolehat

**Penerbit:** Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

**Alamat:** Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Darmaga, Bogor 16680.  
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,  
E-mail: [jtep@ipb.ac.id](mailto:jtep@ipb.ac.id) atau [jurnaltep@yahoo.com](mailto:jurnaltep@yahoo.com)  
Website: [web.ipb.ac.id/~jtep](http://web.ipb.ac.id/~jtep) atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

**Rekening:** BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

**Percetakan:** PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

---

## Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bebestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 4 No. 2 Oktober 2016. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Thamrin Latief, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Ade M. Kramadibrata, (Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran), Prof.Dr.Ir. Bambang Purwanto, MS (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Tineke Madang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Budi Indra Setiawan (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Siswoyo Soekarno, M.Eng (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya), Dr.Ir. Nugroho Triwaskito, MP (Prodi. Ilmu dan Teknologi Pangan, Universitas Muhammadiyah Malang), Dr.Ir. Lady Corrie Ch Emma Lengkey, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sam Ratulangi), Dr.Ir. Andasuryani, S.TP, M.Si. (Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas), Dr. Yazid Ismi Intara, SP.,M.Si. (Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman), Dr. Ir. Supratomo, DEA (Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr. Suhardi, STP.,MP (Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Dewa Made Subrata, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Lilik Pujantoro, M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Dyah Wulandani, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold O. Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Gatot Pramuhadi, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Sugiarto (Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Chusnul Arief, STP., MS (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor), Dr. Yudi Chadirin, STP.,M.Agr (Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor).

*Technical Paper*

**Pertimbangan Sifat Mekanik Pelepah Sawit Terhadap Proses Pengomposan Sebagai Acuan Desain Mesin Pencacah**

*Mechanical Properties of Palm Frond Consideration for Composting Process to Recommendation Chopper Machine Designing*

Ramayanty Bulan, Program Studi Ilmu Keteknikan Pertanian Institut Pertanian Bogor.  
E-mail: Ramayantyyulan@gmail.com

Tineke Mandang, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor  
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. E-mail: tineke\_mandang\_2003@yahoo.com

Wawan Hermawan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor  
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. E-mail: w\_hermawan@ipb.ac.id

Desrial, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor  
Jl. Lingkar Akademik, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. E-mail: desrial@ipb.ac.id

**Abstract**

*Physical and mechanical properties of palm frond are very important factor for the development of palm oil waste utilization technology. The objective of this research was to determine mechanical properties of palm frond Frond for Chopper Machine Designing. The research of composting conduct with two composting factor combination, namely: composting starter composition (i.e. Bokashi, vermi-compost and natural composting) and piece of frond dimension (2 cm, 4 cm, and 6 cm). Sample was obtained from 5 years and 20 years palm oil trees. The average length of palm frond was 675.89 cm, average leaflet length at the palm frond base was 103.89 cm and average leaflet length at palm frond tip was 23.83 cm. Maximum compression strength at the 20 years-palm frond base was 8134.62 N and at the 5 years-palm midrib base was 4893.52 N. Maximum force requirement for cutting palm leaf was 67.67 N. The composting process indicates that Bokashi starter composition gives higher percentage of mass reduction on all variant of piece of frond dimension. Smaller piece of frond (2 cm) enable the composting process quicker and had a better result. Statistical analysis reveals that combination of composting factors have significant effect on C/N ratio but insignificant on NPK content.*

**Keywords:** palm fronds, compression strength, chopper, composting, bokashi

**Abstrak**

Karakteristik fisik dan mekanik pelepah sawit merupakan faktor penting dalam pengembangan teknologi penanganan limbah pelepah sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan karakteristik fisik dan mekanik dari pelepah sawit untuk mendesain mesin pencacah daun sawit. Kombinasi metode pengomposan (bokashi, vermikompos, natural kompos) dan ukuran cacahan daun sawit (2 cm, 4 cm, 6 cm) juga diteliti. Sampel pelepah sawit diperoleh dari pohon yang berumur 5 tahun dan 20 tahun. Panjang pelepah sawit adalah 675.89 cm, panjang daun rata-rata pada pangkal adalah 103.89 cm dan panjang daun rata-rata pada ujung pelepah adalah 23.83 cm. Kekuatan tekan maksimum pelepah pada bagian pangkal pelepah yang berumur 20 tahun yaitu 8134.62 N dan pada pelepah yang berumur 5 tahun yaitu 4893.52 N. Tahanan potong maksimum daun adalah 67.67 N. Proses pengomposan menunjukkan bahwa metode pengomposan bokashi memberikan persentase penurunan massa yang paling besar dibandingkan dengan metode lainnya. Cacahan daun pelepah 2 cm memberikan proses pengomposan yang lebih baik. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa metode pengomposan memberikan pengaruh yang signifikan pada rasio C/N tetapi tidak signifikan pada kandungan NPK.

**Kata kunci:** Pelepah sawit, kekuatan tekan, mesin pencacah, pengomposan, bokashi.

*Diterima: 02 Februari 2016; Disetujui: 22 Maret 2016*

## Pendahuluan

Luas perkebunan kelapa sawit menurut laporan internasional dalam *Oil World Annual* tahun 2010 mengalami peningkatan sebesar 12.6 juta ha dengan produksi mencapai 32 juta ton CPO (Germer dan Sauerborn 2008). Mielke (2011) memprediksi permintaan global dari CPO akan terus meningkat hingga mencapai 63 juta ton pada tahun 2015. Perkebunan kelapa sawit yang luas tersebut juga menghasilkan biomassa sebesar 96 % dalam bentuk pelepah sawit, batang sawit dan tandan kosong sawit (Corley dan Tinker 2003). Biomassa dari perkebunan kelapa sawit dalam bentuk pelepah sawit yang dihasilkan dari proses kastrasi, penunasan (*pruning*) dan pemanenan belum dimanfaatkan secara baik. Pelepah sawit hanya ditumpuk sebagai limbah pada antar baris tanaman sawit (gawangan mati).

Hartmann (1991) menyebutkan bahwa biomassa hasil penunasan diperkirakan menghasilkan 10 ton per ha per tahun. Tanaman kelapa sawit menghasilkan 30 - 40 pelepah sawit per tahun ( $2.4 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{tahun}^{-1}$ ) pada fase tanaman belum menghasilkan (TBM) dan 18 - 24 pelepah sawit per tahun ( $52 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{tahun}^{-1}$ ) pada fase tanaman menghasilkan (TM) (Aholoukpe et al. 2013, Morel et al. 2011). Hasil penelitian lainnya oleh Zahari et al. (2002) menyebutkan bahwa dalam satu siklus hidup tanaman kelapa sawit menghasilkan 26 juta ton pelepah sawit. Besarnya potensi pelepah sawit yang dihasilkan tersebut maka diharapkan pemanfaatan pelepah sawit untuk berbagai keperluan perlu dikembangkan.

Salah satu potensi pemanfaatan limbah pelepah sawit adalah diadakannya sebagai pupuk organik dan mulsa organik. Sarwono (2008) menyebutkan bahwa pupuk organik dan mulsa organik dapat digunakan sebagai substitusi pupuk anorganik dalam usaha konservasi lahan. Hal tersebut tidak mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman kelapa sawit dimana pupuk organik dan mulsa organik yang digunakan berbahan dasar limbah tandan kosong sawit. Potensi pupuk organik dan mulsa organik berbahan dasar limbah dari kelapa sawit dapat ditambah dengan memanfaatkan pelepah sawit sebagai bahan dasar pembuatan pupuk organik.

Pelepah kelapa sawit secara umum terdiri menjadi tiga bagian yaitu daun, *rachis* dan *petiole* (Gambar 1). Daun yang menempel pada pelepah kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos dengan terlebih dahulu dilakukan proses pengecilan ukuran melalui pencacahan. *Rachis* dan *petiole* dapat dimanfaatkan sebagai mulsa organik dengan proses pengempaan (pemipihan) terlebih dahulu. Limbah biomassa dalam bentuk batang dan pelepah diperoleh pada masa produksi di lahan perkebunan kelapa sawit (Wanzhari et al. 2002).

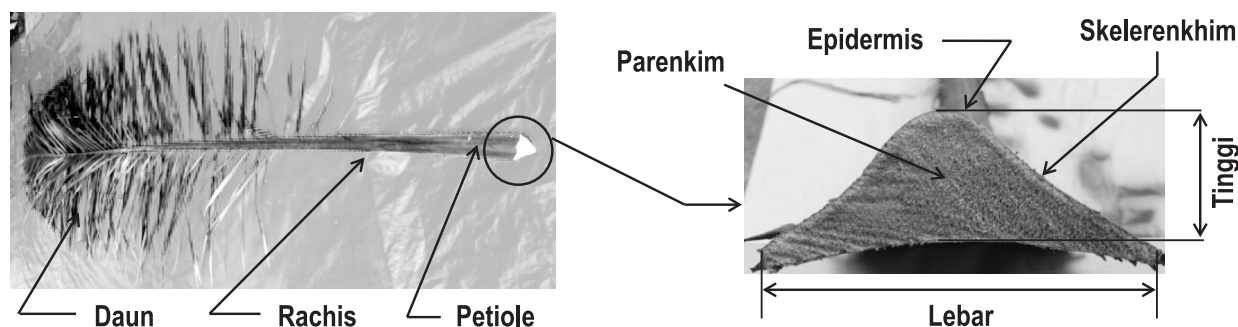
Pengomposan daun sawit dan menjadikan pelepah sawit menjadi mulsa memerlukan sebuah mesin pengempa pelepah sawit dan pencacah daun sawit untuk mempermudah dan mempercepat prosesnya. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik teknik pelepah dan daun sawit sebagai dasar perancangan mesin pengempa pelepah sawit dan pencacah daun sawit. Hasil cacahan daun sawit selanjutnya diuji untuk menentukan ukuran cacahan daun sawit dan teknik pengomposan daun sawit yang paling tepat sebagai pupuk organik.

## Bahan dan Metode

### Bahan dan Peralatan Uji

Bahan uji adalah pelepah sawit (varietas tenera) yang diambil dari tanaman berumur 5 dan 20 tahun dari perkebunan kelapa sawit AGH Cikabayan IPB (Gambar 1). Pengujian karakteristik pelepah disiapkan pelepah yang segar (baru dipotong) dan yang telah disimpan pada 3, 5, 7, 9 hari setelah dipotong dari tanaman sawit. Bahan yang digunakan dalam pengomposan adalah *effective microorganism* (EM<sub>4</sub>), kotoran sapi, cacing *Lumbricus Rubellus* dan aluminium foil.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian kekuatan tekan adalah mesin instron type 3369P7905. Untuk pengujian sifat fisik pelepah sawit dan daun sawit digunakan jangka sorong, timbangan digital, oven, dan desikator. Alat untuk percobaan pengomposan adalah bak fermentasi dan termometer.



Gambar 1. Pelepah sawit dan penampang melintang pelepah kelapa sawit.

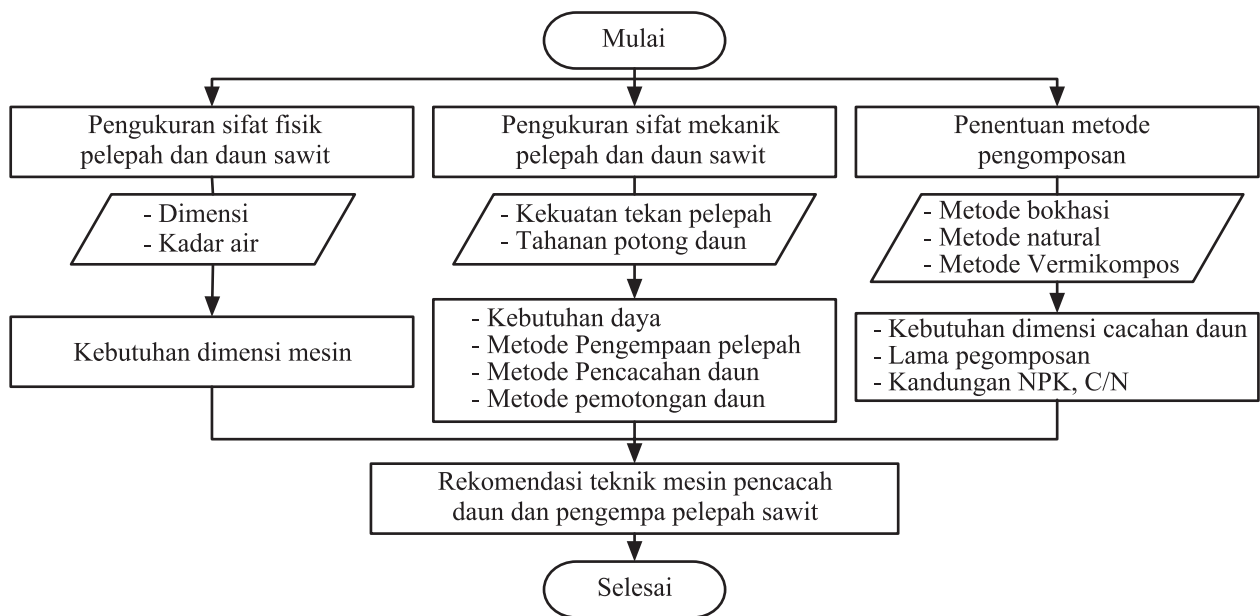
**Prosedur Penelitian**

Pertimbangan sifat fisik dan mekanik pelepah sawit terhadap metode pengomposan dilakukan melalui tiga tahap seperti pada Gambar 2. Tiap tahap tersebut akan memberikan rekomendasi teknik dalam merancang mesin pencacah daun dan pengempa pelepah sawit. Dimensi pelepah dan daun sawit yang diukur adalah pada bagian pangkal, tengah dan ujung pada umur tanaman 5 dan 20 tahun. Kadar air daun sawit diukur pada durasi penyimpanan 3, 5, 7, 9 hari. Kadar air pelepah diukur pada bagian parenkim dan kulit pelepah pada durasi penyimpanan 3, 5, 7, 9 hari.

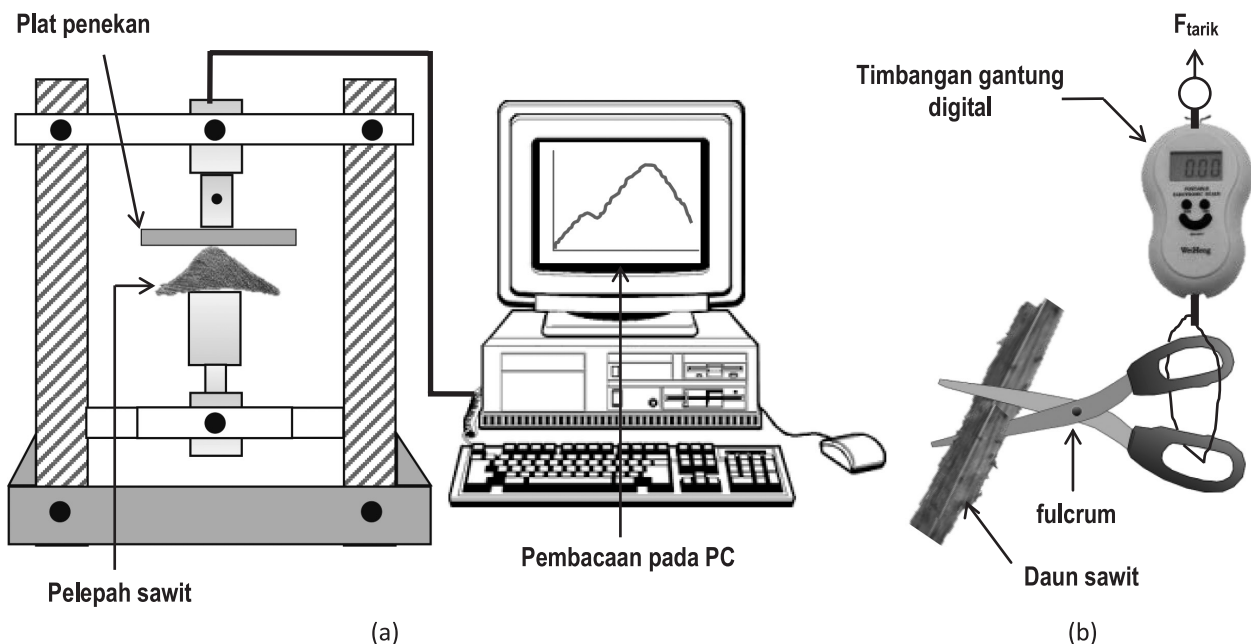
Karakteristik mekanik pelepah sawit yang diukur adalah kekuatan tekan dengan skema pada Gambar 3a. Pengujian kekuatan tekan pada pelepah dilakukan pada pangkal, tengah dan ujung

dari pelepah sawit. Karakteristik mekanik daun sawit yang diukur adalah tahanan potong statis. Tahanan potong daun sawit menggunakan metode gunting (Gambar 3b). Tahanan potong pada daun dilakukan pada pangkal, tengah dan ujung dari daun sawit.

Cara pengomposan yang optimum untuk cacahan daun sawit dilakukan dengan variasi metode pengomposan dan ukuran cacahan daun sawit. Perlakuan dalam metode pengomposan terdiri dari dimensi cacahan daun sawit (2 cm, 4 cm, 6 cm) dan metode pengomposan (bokashi, vermikompos, natural). Rancangan percobaan untuk menentukan metode pengomposan menggunakan rancangan acak lengkap. Parameter perlakuan diukur dalam durasi waktu 10 dan 20 minggu setelah pengomposan.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.



Gambar 3. Skema pengujian karakteristik mekanik (a) pelepah sawit (b) daun sawit.

Tabel 1. Dimensi pelepah dan daun sawit.

Sample	Parameter	Nilai	Satuan
Pelepah	Panjang pelepah	675.89	cm
	Berat pelepah	9.5	kg
	Lebar maksimum	180	mm
	Lebar minimum	11	mm
	Tinggi maksimum	64.5	mm
	Tinggi minimum	23.5	mm
Daun	Panjang daun di pangkal pelepah	103.89	cm
	Panjang daun di ujung pelepah	23.83	cm
	Berat daun pada pelepah	3.0	kg
	Diameter lidi	2.2	mm
	Tebal daun	0.2	mm
	Lebar daun	27.2	mm

**Hasil dan Pembahasan**

**Sifat Fisik Daun dan Pelepah Sawit**

Sifat fisik dari daun dan pelepah sawit dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil pengukuran sifat fisik pelepah dan daun pada Tabel 1 akan dijadikan sebagai dasar dalam menentukan dimensi dari mesin pengempa pelepah dan pencacah daun sawit. Salah contoh pada unit pengempa akan menggunakan pengempa tipe *roll* dengan jarak antar *roll* maksimum 20 mm. Hal ini didasarkan pada bahwa tinggi pelepah minimum adalah sebesar 23.5 mm.

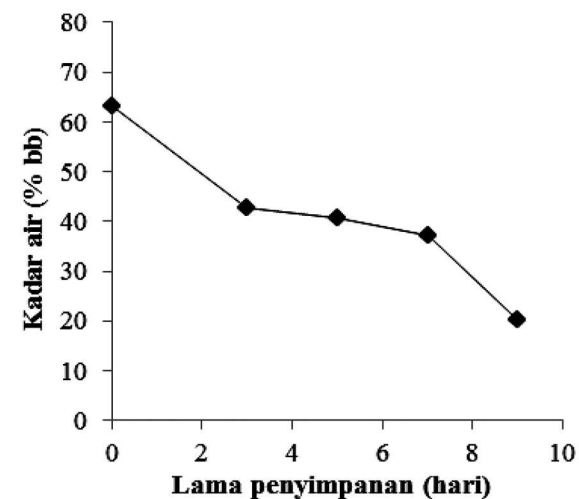
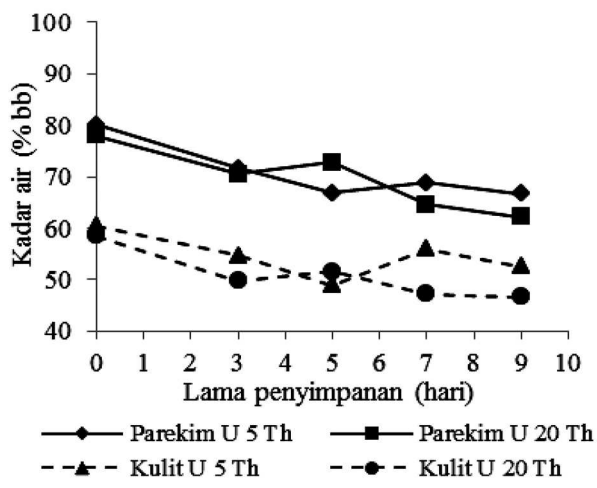
Hasil pengujian kadar air pada pelepah dan daun sawit ditunjukkan pada Gambar 4. Hasil pengukuran kadar air tersebut menunjukkan bahwa kulit memiliki kadar air yang lebih rendah dibandingkan kadar air pada parenkhim. Hal ini disebabkan oleh struktur serat kulit lebih rapat dibandingkan struktur serat parenkhim sehingga air yang tersimpan dalam kulit lebih sedikit dibandingkan air yang tersimpan dalam parenkhim. Kulit pada pelepah tanaman

usia 20 tahun memiliki kandungan air lebih sedikit dibandingkan usia tanaman 5 tahun karena serat telah mengalami perkembangan dan memiliki struktur yang jauh lebih rapat. Hasil pengujian juga menunjukkan cenderung terjadi penurunan kadar air pada pelepah dan daun terhadap lama waktu penyimpanan. Hal tersebut diduga terjadi akibat pelepasan kadar air tidak terikat pada daun dan pelepah. Intara *et al.* (2005) juga menyebutkan bahwa jaringan parenkhim pelepah sawit akan menjadi layu (alot) ketika sudah mengalami penyimpanan.

**Sifat Mekanik Pelepah Sawit**

Kekuatan tekan yang dibutuhkan untuk menekan pelepah paling besar yang dihasilkan dari tanaman berusia 5 tahun adalah pada bagian pangkal yaitu sebesar 4893.52 N. Pelepah yang dihasilkan tanaman yang berusia 20 tahun, kekuatan tekan yang paling besar terdapat pada bagian pangkal yaitu sebesar 8134.62 N. Sebagai perbandingan menurut Lakkad dan Patel (1981), bambu memiliki kekuatan tekan sebesar 164160 N. Besarnya kekuatan tekan untuk mengempa pelepah pada umur tanam 20 tahun ini akan dijadikan sebagai dasar untuk menentukan daya yang harus disediakan dalam perancangan mesin pencacah dan pengempa limbah panen sawit.

Hasil uji penekanan pelepah yang diambil dari tanaman berusia 20 tahun dan berusia tanaman 5 tahun pada berbagai umur simpan dapat dilihat pada Gambar 5. Hasilnya menunjukkan bahwa cenderung terjadi penurunan nilai kekuatan tekan terhadap lama waktu penyimpanan. Pelepah segar membutuhkan nilai uji tekan yang lebih besar dibandingkan pelepah yang telah disimpan. Pelepah pada bagian pangkal memberikan nilai uji tekan yang paling besar dari bagian tengah dan ujung pelepah. Hal ini disebabkan oleh struktur serat pelepah bagian pangkal lebih padat sehingga menghasilkan nilai uji tekan yang lebih besar agar



Gambar 4. Kadar air pada durasi penyimpanan (a) pelepah sawit (b) daun sawit.

terjadi pemipihan. Perubahan bentuk yang lebih pipih mengakibatkan kerusakan struktur kulit dan parenkhim pelepah dan akan menjadi lebih cepat terdekomposisi.

Besarnya tahanan potong daun sawit dengan metode gunting (Gambar 6) adalah sebesar 67.67 N pada bagian pangkal daun pada durasi penyimpanan 3 hari. Besarnya tahanan potong pada bagian pangkal daun sawit ini diduga disebabkan oleh besarnya diameter dari lidi pada bagian pangkal sawit. Besarnya diameter lidi ini menyebabkan tahanan potong yang dibutuhkan untuk memotongnya semakin besar. Besarnya tahanan potong daun sawit dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam penentuan metode pencacahan. Metode pencacahan daun sawit yang akan dipilih akan menentukan kualitas cacahan untuk proses pengomposan. Bernal *et al.* (2009) menyebutkan bahwa dimensi bahan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan mikroorganisme pengomposan.

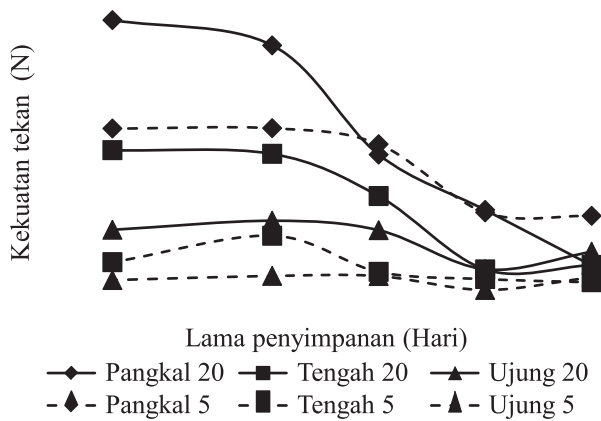
**Fluktuasi Suhu dan Penyusutan Massa Selama Proses Pengomposan**

Setiap tahapan proses pengomposan diindikasikan dengan fluktuasi suhu tumpukan. Suhu tumpukan pada masing-masing kombinasi komposisi dan ukuran pelepah berfluktuasi seiring berjalannya proses pengomposan. Komposisi bokashi mengalami peningkatan suhu tertinggi jika dibandingkan dengan komposisi kompos lainnya.

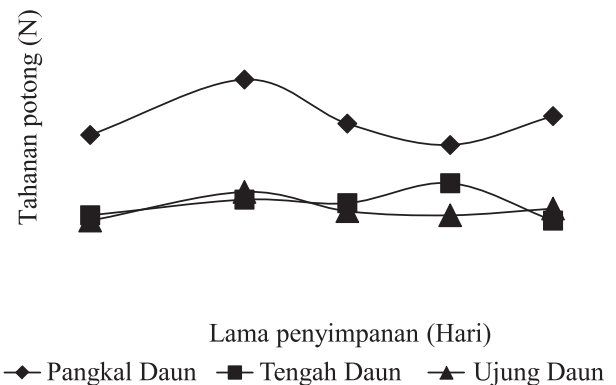
Hal ini sesuai dengan Francou *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa pada tahapan awal, suhu tumpukan akan mendekati suhu 41°C. Peningkatan suhu dimungkinkan karena bakteri mesofilik sedang aktif bekerja mendekomposisi dan aktif melepaskan panas dari bahan organik yang diurai.

Hasil penelitian sebagaimana tampak pada Gambar 7, menunjukkan bahwa faktor perlakuan ukuran cacahan pelepah terkecil (2 cm) memberikan reduksi massa terkecil, yaitu 34.07% pada komposisi bahan katalisator kompos bokashi. Selama proses pengomposan, adanya energi panas yang dihasilkan oleh mikroorganisme berakibat mudah teruapnya uap air dan gas-gas lain ke udara bebas yang dihasilkan selama proses pengomposan. Gas-gas tersebut meliputi karbon dioksida, nitrogen monoksida dan gas-gas lainnya (Oviasogie *et al.* 2010).

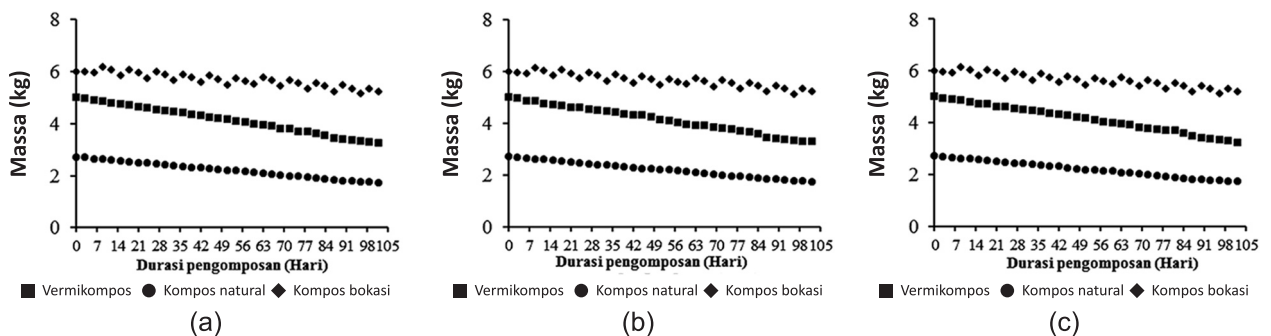
Partikel kompos yang lebih besar mengakibatkan menurunnya rasio luas permukaan terhadap massa. Kompos dengan partikel yang lebih besar tidak terdekomposisi dengan baik karena bagian dalam dari partikel sulit dijangkau oleh mikroorganisme. Namun demikian, partikel kompos yang terlalu kecil akan mengakibatkan produk kompos yang padat dan porositasnya berkurang. Porositas dari produk kompos yang dihasilkan ditentukan oleh faktor-faktor yang berhubungan dengan bahan penyusun kompos, meliputi ukuran partikel dan distribusinya, bentuk, kepadatan, serta kadar air. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Bernal *et al.* (2009)



Gambar 5. Hasil uji tekan pelepah pada berbagai durasi penyimpanan.



Gambar 6. Hasil uji tahanan potong daun sawit pada berbagai durasi penyimpanan.



Gambar 7. Persentase penurunan berat kompos cacahan (a) 2 cm (b) 4 cm (c) 6 cm.



Tabel 2. Hasil pengukuran N P K dan rasio C/N pada produk kompos.

Lama pengomposan (minggu)	Dimensi cacahan (cm)	Jenis Pupuk		
		Bokashi	Natural	Vermikompos
Kandungan N (%)				
10	2	0.93	0.82	0.84
	4	0.87	0.75	0.82
	6	0.80	0.65	0.72
20	2	0.99	0.89	0.92
	4	0.95	0.85	0.90
	6	0.92	0.83	0.87
Kandungan P (%)				
10	2	1.18	0.89	0.95
	4	1.13	0.85	0.89
	6	1.02	0.82	0.85
20	2	1.37	1.27	1.29
	4	1.34	1.27	1.25
	6	1.31	1.18	1.22
Kandungan K (%)				
10	2	0.29	0.27	0.27
	4	0.27	0.21	0.26
	6	0.23	0.17	0.24
20	2	0.35	0.29	0.31
	4	0.32	0.28	0.30
	6	0.31	0.22	0.28
Rasio C/N				
10	2	13.37a	18.30a	14.73a
	4	13.90b	18.67b	15.85b
	6	14.40c	18.67c	18.24c
20	2	11.05	12.72	12.21
	4	11.65	12.98	12.58
	6	12.09	13.24	13.15

Keterangan: Nilai yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji DMRT taraf 5%

Tabel 3. Analisis teknik desain mesin.

Komponen Analisis Desain	Unit Pengempa	Unit Penggantung	Unit Pencacah
Kekuatan tekan/tahanan potong (N)	8134.62	67.67	67.67
Torsi (N.m)	650.99	12.16	3.43
Diameter unit (mm)	160	180	100
Putaran (rpm)	100	120	1200
Kebutuhan daya (hp)	9.27	0.1	0.58
Diameter poros (mm)	46.79	9.86	8.10

menyatakan bahwa besarnya partikel kompos dan distribusinya merupakan faktor yang sangat penting guna menyeimbangkan luas permukaan partikel untuk pertumbuhan mikroorganisme dan mempertahankan aerasi udara yang cukup untuk proses pengomposan.

#### Kandungan NPK dan Rasio C/N Hasil Proses Pengomposan

Hasil pengukuran unsur hara NPK dan rasio C/N ditampilkan pada Tabel 2. Hasil analisis statistik

menunjukkan bahwa unsur hara NPK pada dua kali pengukuran (10 dan 20 minggu) tidak dipengaruhi secara signifikan oleh paduan kedua faktor perlakuan yang diberikan. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh rasio C/N pada pengukuran 10 minggu, dimana paduan kedua faktor perlakuan berpengaruh signifikan terhadap rasio C/N. Pada pengukuran rasio C/N 20 minggu, diketahui bahwa interaksi antar faktor perlakuan tidak signifikan.

Hasil penelitian ini memiliki kecenderungan yang sama terkait unsur NPK dan rasio C/N

Tabel 4. Spesifikasi komponen mesin.

Unit Mesin	Dimensi	Keterangan
Unit penggunting daun		Dimensi mesin dari unit penggunting dirancang menggunakan data karakteristik fisik daun (Tabel 1) dan hasil uji tahanan potong daun (Gambar 6))
1. Diameter poros	25 mm	
2. Diameter gunting	180 mm	
3. Jumlah penggunting	2 unit	
4. Jarak antar gunting	180 mm	
Unit pengempa pelepah		Dimensi dari unit pengempa dirancang menggunakan data karakteristik fisik pelepah (Tabel 1) dan hasil uji tekan pelepah (Gambar 5)
1. Poros silinder pengempa	50 mm	
2. Diameter <i>roll</i>	160 mm	
3. Panjang <i>roll</i>	400 mm	
4. Jarak antar <i>roll</i>	20 mm	
Unit pencacah daun		Dimensi dari unit pencacah dirancang menggunakan data karakteristik fisik daun (Tabel 1) dan hasil pengukuran NPK C/N rasio pengomposan daun (Tabel 2)
1. Poros pisau pencacah	25 mm	
2. Kecepatan putar pisau	1200 rpm	
3. Panjang pisau pencacah	500 mm	
4. Jumlah pisau	4	

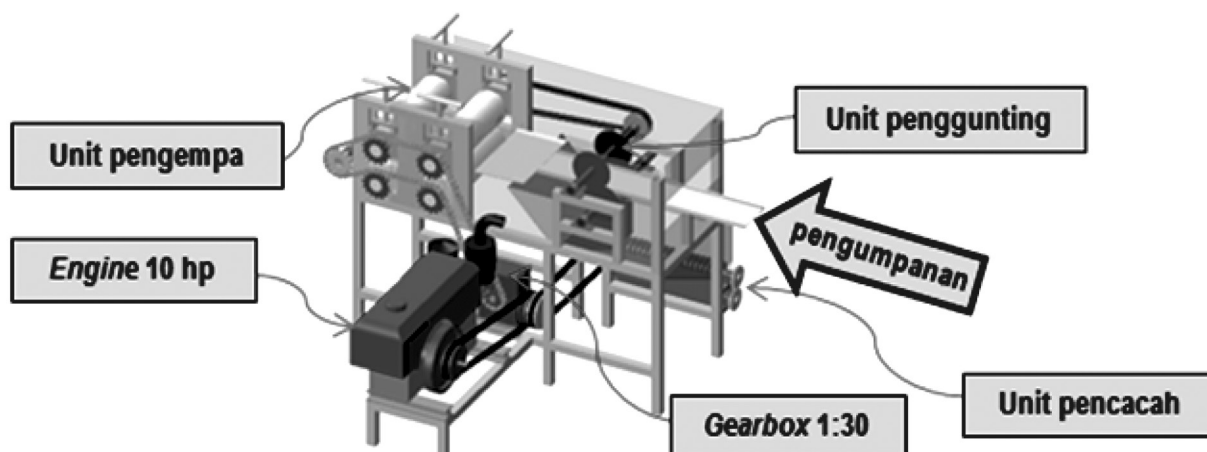
dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Suhaimi dan Ong (2001) yang melakukan proses pengomposan dengan bahan dasar tandan kosong sawit (*fruit empty bunch*). Penelitian tersebut mengindikasikan bahwa unsur NPK pada produk kompos cenderung naik seiring dengan berjalannya waktu pengomposan. Kecenderungan yang berbeda terdapat pada rasio C/N, dimana seiring dengan berjalannya waktu pengomposan, nilai rasio C/N akan menurun. Penelitian tersebut juga menyebutkan faktor lain selama proses pengomposan, seperti pengomposan terbuka atau tertutup serta pemberian pengadukan pada tumpukan bahan akan mempengaruhi nutrisi yang terkandung pada produk kompos yang dihasilkan.

Hasil kajian yang telah dilakukan, tampak bahwa kombinasi proses pengomposan dengan komposisi kompos bokashi dengan ukuran cacahan pelepah 2 cm dengan durasi pengomposan 10 minggu, merupakan kombinasi proses yang optimal. Hal ini mengingat unsur hara NPK yang tidak dipengaruhi secara nyata oleh kombinasi faktor perlakuan yang diberikan. Selain itu, komposisi kompos bokashi

dengan ukuran cacahan pelepah 2 cm lebih dipilih karena lebih mudah dari sisi ekonomi dan kepraktisan pembuatan.

#### Penggunaan Data Karakteristik untuk Analisis Desain

Keseluruhan komponen mesin dipilih dan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran karakteristik fisik mekanik dan teknik pengomposan terbaik untuk pelepah sawit (Tabel 4). Mesin pencacah terdiri dari unit pengempa pelepah, unit pemotong dan pencacah daun. Pengempa pelepah menggunakan tipe *roll* dan pemotong daun menggunakan mekanisme pisau rotari. Pencacah daun menggunakan mekanisme pemotong tipe *reel bedknife*. Jarak antar *roll* ditentukan berdasarkan pada tinggi pelepah minimum yaitu 23.5 mm sehingga didesain jarak antar *roll* 20 mm. Jarak antar pisau pemotong daun 180 mm didasarkan pada lebar pelepah maksimum. *Pitch* pencacah daun 20 mm berdasarkan dari hasil pengomposan yang terbaik pada dimensi cacahan 2 cm. Kebutuhan torsi, daya dan diameter poros (Tabel 3)



Gambar 8. Rancangan mesin pengempa dan pencacah pelepah kelapa sawit.

dihitung menggunakan standar ASME berdasarkan sifat mekanik kekuatan tekan pelepah dan tahanan potong daun (Sularso dan Suga 2004). Gambar dari hasil analisis desain ditampilkan pada Gambar 8.

### Simpulan

1. Sifat fisik, mekanik dari pelepah sawit dan metode pengomposan cacahan daun sawit telah berhasil diperoleh dan dapat digunakan sebagai dasar pertimbangan dalam merancangan mesin pencacah daun dan pengempa pelepah sawit.
2. Metode pengomposan bokhasi dengan cacahan daun sawit 20 mm memberikan kandungan N, P, K dan C/N terbaik dengan durasi pengomposan 10 minggu.
3. Kekuatan tekan pelepah pada usia tanaman 20 tahun adalah 8134.62 N dan pada usia tanaman 5 tahun adalah 4839.52 N. Tahanan potong daun sawit maksimum 67.67 N per daun pada bagian pangkal daun.
4. Hasil pengujian karakteristik fisik dan mekanik pelepah sawit digunakan sebagai dasar perancangan mesin pencacah yang terdiri dari tiga unit yaitu unit pengempa, penggunting dan pencacah.

### Daftar Pustaka

- Aholoukpe, H., B. Dubos, A. Flori, P. Deleporte, G. Amadji, J.L. Chotte, D. Blavet. 2013. Estimating aboveground biomass of oil palm: allometric equations for estimating frond biomass. *Journal Forest Ecology Management* 292: 122-129.
- Bernal, M.P., J.A. Albuquerque, R. Moral. 2009. Composting a animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Journal Bioresource Technology* 100: 5444-5453.
- Corley, R.H.V., P.B. Tinker. 2003. *The Oil Palm, fourth ed. World Agriculture*. 562p.
- Francou, C., M. Poitrenaud, S. Houot. 2005. Stabilization of organic matter during composting: influence of process and feedstocks. *Journal Compost Science Utilization* 13(1): 72-83.
- Germer, J., J. Sauerborn. 2008. Estimation of the impact of oil palm plantation establishment on greenhouse gas balance. *Journal ED Sustainability* 10: 697-716.
- Hartmann, C. 1991. *Evolution et comportement des sols sablo-argileux ferralitiques sous culture du palmiers à huile. Cas de la plantation R. Michaux à Dabou en Côte d'Ivoire*. Thèse de Doctorat de l'Université de Paris 6.
- Intara, Y.I., IN. Suastawa, R.P.A. Setiawan. 2005. Sifat fisik dan mekanik parenkhim pelepah dan batang tandan sawit. *Jurnal keteknikan pertanian*. 19 (2): 117-126.
- Mielke, T. 2011. *The 22<sup>nd</sup> Palm and Lauric Oils Conference and Exhibition (POC 2011)*. Global demand for palm oil growing rapidly.
- Morel, A.C., S.S. Saatchi, Y. Malhi, N.J. Berry, L. Banan, D. Burslem, R. Nilus, R.C. Ong. 2011. Estimating aboveground biomass in forest and oil palm plantation in Sabah, Malaysian Borneo using ALOS PALSAR data. *Journal Forest Ecology and Management* 262: 1786-1798.
- Lakkad, S.C., J.M. Patel. 1981. Mechanical properties of bamboo, a natural composite. *Journal Fibre Science and Technology* 14 (4): 319-322.
- Oviasogie, P.O., N.O. Aisueni, G.E. Brown. 2010. Oil palm composted biomass: A review of the preparation, utilization, handling and storage. *African Journal of Agricultural Research* 5(13): 1553-1571.
- Sarwono, E. 2008. Pemanfaatan Jajang Kosong Sebagai Substitusi Pupuk Tanaman Kelapa Sawit. *Jurnal Aplikasi* 8 (1): 19-23.
- Suhaimi, M., H.K. Ong. 2001. Composting empty fruit bunches of oil palm. FFTC Publication. Malaysia Agricultural Resource Dev. Inst. Malaysia 1 November 2001.
- Sularso, K. Suga. 2004. *Dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Zahari, M.W., O.A. Hassan, H.K. Wong, J.B. Liang. 2003. Utilization of Oil Palm Frond-Based Diets for Beef and Dairy Production in Malaysia. *Asian-Aust Journal Anim* 16(4): 625-634.