

## ***Kuat Tekan Material Dari Bahan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)***

**Syurkarni Ali<sup>1</sup>, Rusman AR<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Dosen Teknik Mesin FT-Universitas Teuku Umar - Meulaboh  
E-mail : syurkarni@utu.ac.id

### ***Abstrak***

Limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) setiap tahun dihasilkan berkisar  $\pm 23,3$  ton limbah/perhektar. Sehingga dibutuhkan pengolahan untuk pemanfaatan selanjutnya, Pemanfaatan TKKS untuk produk teknologi masih sangat terbatas produk ekonomis yang sudah dilakukan seperti pembuatan papan partikel dengan perekat *fenol formaldehyde* dan bahan baku kertas, Indonesia sebagai Negara agraris dengan akumulasi perkembangan luar areal lahan rata-rata 11,12 pertahun. Produksi sawit 1,9 juta ton berat kering atau 4 juta ton berat basah pertahun. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kuat tekan material dari bahan komposit diperkuat serat TKKS. Dari hasil penelitian ini akan mengurangi produksi limbah TKKS dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan material yang memiliki nilai produk yang ekonomis dan berdaya jual tinggi. Metode pelaksanaan penelitian ini dengan mengolah limbah TKKS dan pengujian tekan statik material komposit dengan menggunakan alat uji servopulser hasil yang telah diperoleh nilai rata-rata Tegangan ( $\sigma$ ) 65,45 (N/mm<sup>2</sup>), Regangan ( $\epsilon$ ) 0,073 mm, Modulus Elastisitas ( $E$ ) 926,34 (MPa).

**Kata kunci** : Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit, produk ekonomis, kuat tekan material.

### ***Abstract***

*Oil palm empty fruit bunches waste (TKKS) is produced annually around  $\pm 23.3$  tons of waste per hectare. Therefore, the need for further utilization of the TKKS utilization for technological products is still very low used. And Economical products that have been done such as particle board manufacturing with phenol formaldehyde adhesive and paper raw materials, Indonesia as an agrarian country with accumulated development outside the average land area of 11.12 per year . Palm production 1.9 million tons of dry weight or 4 million tons of wet weight per year. This study aims to obtain the compressive strength of the material from fiber-reinforced composite TKKS material. From the results of this study will reduce the production of waste TKKS and can be utilized as material that has the value of economical products and high selling power. Method of execution of this research by treating TKKS waste and compressive static test of composite material by using test result of servopulser which has been obtained by average value of Voltage ( $\sigma$ ) 65,45 (N / mm<sup>2</sup>), Strain ( $\epsilon$ ) 0,073 mm, Modulus of Elasticity ( $E$ ) 926.34 (MPa).*

**Keywords** : *oil palm empty fruit bunch waste, economical products, compressive strenght of the material*

## **I. PENDAHULUAN**

Industri kelapa sawit saat ini berkembang semakin pesat, sehingga menghasilkan limbah semakin meningkat, Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan salah satu hasil industri sawit yang kerap menjadi limbah, selain itu juga pelepah sawit, bungkil

sawit, lumpur sawit (*sludge*) dan serabut sawit yang setiap tahunnya menghasilkan perhektar sebanyak  $\pm 23,3$  ton limbah sawit [1].

Pemanfaatan TKKS untuk produk teknologi yang bermanfaat masih sangat terbatas, TKKS umumnya diolah secara tradisional untuk dijadikan pupuk kompos yang akan dimanfaatkan kembali menjadi pupuk pada perkebunan kelapa sawit tersebut. Banyak penelitian ilmiah yang berhubungan dengan limbah tandan kosong kelapa sawit yang telah dikerjakan seperti: pembuatan papan partikel dengan perekat *fenol formaldehyde* [2], dan bahan baku kertas [3].

Keunggulan dari material komposit adalah bahan baku yang mudah disediakan, umur pakai dapat lebih lama, mudah didesain, dapat didaur ulang, tahan korosi, daya tahan tinggi dan mampu menyerap suhu panas, serta ekonomis, sehingga produk manufaktur hilir sdangat dibutuhkan salah satu pada rekayasa parking bumper[4]. Indonesia sebagai negara agraris, dengan akumulasi peningkatan luas areal perkebunan rata-rata 11,12% pertahun,data tahun 2009 [2], dan produksi sawit pertahun 1,9 juta ton berat kering atau setara 4 juta ton berat basah per tahun [5]. Sehingga untuk suplai bahan baku sangat berlimpah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan potensi limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) menjadi dasar referensi untuk produk teknik. Dalam tujuan penelitian ini dapat dilihat tujuan secara umum dan tujuan secara khusus sebagai berikut.

Penelitian ini adalah untuk memperoleh hasil kekuatan tekan komposit diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) untuk selanjutnya menjadi bahan teknik yang mampu dimanfaatkan untuk kebutuhan industry Juga dapat menjadi bahan pengembangan pembelajaran mahasiswa Teknik Mesin atau mahasiswa yang berkonsentrasi minat pada Bidang Material pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Teuku Umar sehingga mampu menciptakan peluang kewira usahaan atau enterpreunership bagi mahasiswa di Wilayah Pantai Barat Selatan ACEH (BASELA) secara khusus bertujuan Mendapatkan kuat Tekan Material Komposit diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan matriks digunakan Polyester Resin Tak Jenuh tipe BQTN-157.

#### Material Komposit

Material komposit merupakan material yang terdiri dari matriks dan penguat (*reinforcement*) yang menghasilkan sebuah material yang baru dengan sifat-sifat ataupun karakteristiknya yang didominasi oleh sifat-sifat material pembentuknya [8]. Material komposit terdiri dari dua bagian utama di antaranya: (1) Matriks, dan (2) Penguat (*reinforcement*). Material komposit ini menghasilkan sebuah material baru dengan sifat-sifat ataupun karakteristiknya yang masih didominasi oleh sifat-sifat material pembentuknya [6]. Sehingga pemilihan jenis material yang tepat dengan menggunakan jenis material komposit disebabkan oleh kekuatan materialnya lebih baik akibat penggabungan antara dua atau lebih material penyusunnya.

Pada material komposit terbentuk oleh adanya dua jenis fasa, yaitu fasa matriks dan fasa penguat. Fasa matriks adalah material fasa kontinyu yang selalu tidak kaku dan lemah. Sedangkan fasa penguat selalu lebih kaku dan kuat, akan tetapi fasa penguat ini lebih rapuh. penggabungan kedua fasa tersebut menghasilkan material yang dapat mendistribusikan beban yang diterima disepanjang penguat. Sehingga material menjadi lebih tahan terhadap pengaruh beban tersebut. Penguat umumnya berbentuk serat, rajutan, serpihan dan partikel yang dibenamkan kedalam fasa matriks. Penguat merupakan fasa diskontinyu yang selalu lebih kuat dan kaku daripada matriks dan merupakan kemampuan utama material komposit dalam menahan beban.

Matriks ini tergolong jenis polimer *thermoset* yang memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya [2]. Struktur material yang dihasilkan berbentuk *crosslink* dengan

keunggulan daya tahan yang lebih baik terhadap jenis pembebanan dinamik. Struktur molekul menghasilkan efek peredaman yang cukup baik terhadap beban yang diberikan data karakteristik mekanik material *polyester* seperti terlihat pada tabel 1.[9].

Tabel 1. Karakteristik mekanik polyester resin tak jenuh

SIFAT MEKANIK	SATUAN	BESARAN
<b>Berat Jenis (<math>\rho</math>)</b>	Mg.m <sup>-3</sup>	1,2 s/d 1,5
<b>Modulus Young ( E )</b>	GPa.	2 s/d 4,5
<b>Kekuatan Tarik (<math>\sigma_T</math>)</b>	(MPa)	40 s/d 90

#### Katalis MEKPO

Katalis MEKPO (metyl etyl ketone perokside) merupakan material kimia yang digunakan untuk mempercepat proses reaksi polimerisasi struktur komposit pada kondisi suhu kamar dan tekanan atmosfer. [7].

#### Serat TKKS

Serat TKKS secara fisik mengandung bahan-bahan serat seperti lignin (16,19 %), selulosa (44,14%) dan hemi selulosa (19,28%) [4]. Parameter tipikal serat TKKS seperti ditunjukkan pada tabel 2 berikut:

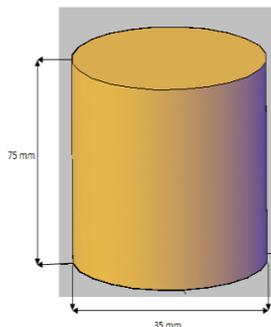
Tabel. 2. Parameter tipikal TKKS per kg [12].

No	Bahan-Bahan Kandungan	Komposisi (%)
1.	Uap air	5.40
2.	Protein	3.00
3.	Serat	35.00
4.	Minyak	3.00
5.	Kelarutan air	16.20
6.	Kelarutan unsur alkali 1 %	29.30
7.	Debu	5.00
8.	K	1.71
9.	Ca	0.14
10.	Mg	0.12
11.	P	0.06
12.	Mn, Zn, Cu, Fe	1.07
<b>TOTAL</b>		<b>100,00</b>

Hasil pencacahan Serat TKKS dan selanjutnya dihaluskan untuk menjadi serat sehingga dapat digunakan untuk pembuatan material seperti terlihat pada gambar 4.

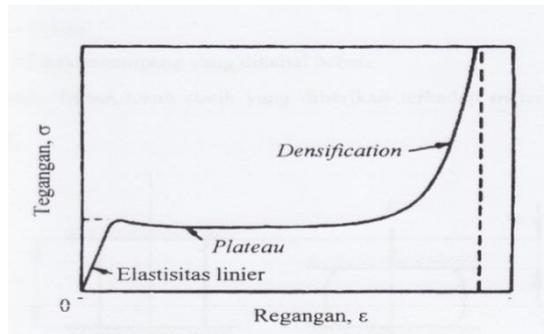
#### Pengujian Statik Tekan

Pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan standar ASTM D1621-00, yaitu standarisasi khusus untuk material plastik. Gambar spesimen seperti terlihat pada gambar.



Gambar 1 . Spesimen uji tekan ASTM D1621-00 [4]

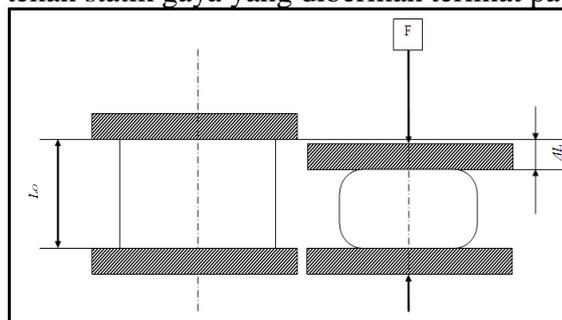
Mekanisme deformasi akibat beban tekan statik ditunjukkan oleh gambar 1. yaitu kurva tegangan dan regangan, berdasarkan kurva tegangan dan regangan uji tekan statik diperoleh tiga tingkatan respon yaitu: Elastisitas Linear (*bending*), *Plateau* (*buckling* elastis, *densification*).



Gambar 2. Tipikal kurva respon tegangan regangan terhadap komposit akibat beban statik

Elastisitas linear dapat ditandai oleh terjadinya *bending* terhadap dinding rongga dan kemiringan (tegangan-regangan) awal atau modulus elastisitas yang diperoleh dari tingkatan ini. *Plateau* adalah karakteristik respon yang terjadi akibat komposit mengalami elastisitas linier yang ditandai dengan berlipatnya rongga-rongga (*buckling* elastis). Pada saat rongga-rongga hampir terlipat seluruhnya dan dinding-dinding rongga menyatu mengakibatkan rongga-rongga menjadi lebih padat, tegangan normal tekan statik akan meningkat (tingkat *densification* atau elastisitas linear) [12].

Karakteristik material dapat diketahui melalui respon yang dialami material, respon tersebut diakibatkan akibat adanya gangguan (*disturbance*) yang diberikan terhadap sebuah sistem. Seperti F (gaya), T (temperatur) dan lain-lain. didalam pengujian tekan statik gaya yang diberikan terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram uji tekan statik [4]

Berdasarkan diagram yang ditunjukkan pada gambar 3. dapat ditentukan dengan adanya respon mekanik berupa tegangan normal dan regangan akibat beban tekan statik. Tegangan normal akibat beban tekan statik dapat ditentukan berdasarkan (persamaan 1). sementara untuk regangan akibat beban tekan statik adalah:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots \text{(pers. 1)}$$

Regangan akibat beban statik adalah perbandingan antara  $\Delta L$  perubahan panjang spesimen (m) dan  $L_0$  panjang awal spesimen (m). Berdasarkan respon

yang dialami oleh material maka karakteristik material tersebut dapat diketahui, seperti modulus elastisitas. Modulus elastisitas secara matematis (Hukum Hooke) dapat ditentukan berdasarkan persamaan. (2) atau (3).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2)$$

atau

$$E = \frac{F.L_0}{A.\Delta L} \dots\dots\dots (3)$$

## II. METODOLOGI

Penelitian ini telah dilakukan dan dalam penelitian ini dimulai dengan pengumpulan serat dan pemilihan serat tandan kosong kelapa sawit, selanjutnya serat yang telah di sortir dicacah secara manual kemudian direndam selama kurang lebih 24 jam dalam air dan campuran NaOH sebanyak 1%, untuk menghilangkan kadar lemak yang terdapat dalam TKKS. Selanjutnya dilakukan penggilingan serat, Serat – serat yang digunakan dipastikan bersih dan dalam keadaan baik.

### 2.1 Pemilihan Serat TKKS

Serat tandan kosong kelapa sawit hasil produksi dari pabrik kelapa sawit masih banyak terdapat kotoran- kotoran yang melekat, namun untuk itu diperlukan pemilihan dan pembersihan dilokasi sebelum tandan kelapa sawit tersebut digunakan pemilihan dilakukan secara manual atau melalui proses pemeriksaan atau pengamatan secara manual. Sehingga serat yang kemungkinan memerlukan proses perlakuan yang sulit dapat di kurangi. Umumnya serat dipilih yang masih segar dan kuat serta masih dalam keadaan utuh atau tidak hancur.

### 2.2 Persiapan Serat

Serat hasil pemilihan kemudian diangkat menuju laboratorium Teknik Mesin Universitas Teuku Umar yang berjarak kurang lebih 80 KM dari pabrik Kelapa Sawit. Selanjutnya serat dimasukkan kedalam wadah dan dicuci untuk menghilangkan kotoran kotoran yang masih melekat. Lalu dilakukan prose perendaman selama kurang lebih 24 jam dengan diberikan campuran NaOH kedalam air rendaman. NaOH ini berfungsi untuk menghilangkan kadar lemak pada tandan kosong kelapa sawit.

Setelah melalui proses perendaman selama 24 jam maka serat tersebut dikeringkan. Proses pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam tandan kosong kelapa sawit, proses ini dilakukan dengan manual dan kadar air dalam tandan kosong kelapa sawit berkurang sedikit. Setelah dari proses pengeringan pertama tandan kosong kelapa sawit dicacah kemudian dikeringkan kembali.

### 2.3 Penggilingan Serat

Setelah serat dicacah dan dikeringkan kembali, serat digiling dengan menggunakan mesin penggiling, tujuannya adalah untuk mendapatkan kualitas serat yang terbaik dan memiliki diameter serat yang seragam.

### 2.4 Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel sesuai standar ASTM D1621-00. Pada penelitian ini proses pembuatan dimulai dengan persiapan alat cetak. Alat cetakan dibuat dari pipa besi berukuran diameter 35mm dan panjang 250 mm dengan tujuan pada proses pencetakan pada hasil dapat dipilih dari hasil pencetakan yang sempurna.

Selanjutnya mempersiapkan bahan-bahan yang diperlukan yaitu : resin tipe BQTN 157, Serat TKKS, Wax dll, serta Cetakan sampel atau spesimen dan Wadah pengadukan. Langkah-langkah pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. Proses penimbangan serat sesuai dengan berat campuran yang ditetapkan. Seperti yang terlihat pada gambar 4.



Gambar 4 serat sesudah ditimbang

2. Campurkan terlebih dahulu *polyester resin* yang sudah diukur sesuai dengan yang kita perlukan dan serat tandan kosong kelapa sawit kemudian diaduk hingga merata seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Campuran *polyester resin* tak jenuh dengan serat *Polyester resin* tak jenuh dan serat tandan kosong kelapa sawit yang dipergunakan dalam proses pencampuran yang dilakukan dalam sebuah wadah.

3. Campurkan katalis dengan komposisi yang sudah ditentukan kedalam campuran serat dan resin dan aduk hingga merata.
4. Tuangkan adukan tersebut kedalam cetakan yang telah di persiapkan dan proses penuangan pun dilakukan secara langsung seperti terlihat pada gambar. 6.



Gambar 6. Proses penuangan kedalam cetakan

5. Proses Pengerasan akan terjadi dengan terbentuknya gelembung gas pada seluruh bagian komposit. Setelah  $\pm 45$  menit spesimen dibuka dan dikeluarkan dari cetakan, dan proses pengerasan spesimen selanjutnya dilakukan dengan menjemur atau membiarkannya dengan suhu kamar agar spesimen benar-benar mengeras dibutuhkan waktu  $\pm 5$  jam.
6. Proses finishing, dengan cara memotong menjadi beberapa bagian dengan ukuran panjang masing-masing 75cm dan kemudian membersihkannya dengan mengamplas.

## 2.5 Persiapan Pengujian

Persiapan alat uji untuk pengujian tekan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Aktifkan sumber arus yang terdapat pada kotak *power supply* dengan cara menaikkan *switch* pada posisi ON.
2. Aktifkan sistim pendingin untuk pompa hidrolik. Sistim ini berfungsi mempertahankan kondisi suhu pelumas agar tetap stabil selama proses pengujian.
3. Periksa katup penutup pada pipa penghubung antara pompa air pendingin dengan sistim hidrolik. Pastikan katup tersebut dalam posisi terbuka dengan tujuan agar sirkulasi aliran air pendingin dapat bekerja dengan baik.
4. Tekan tombol ON yang berada pada bagian belakang *Controller*. Alat *controller* ini berfungsi sebagai sistim operasi utama alat uji.
5. Pastikan tekanan dalam tabung hidrolik sama dengan tekanan atmosfer.
6. Aktifkan pompa hidrolik melalui layar *controller* dengan menekan tombol HYD.
7. Tunggu hingga lebih kurang 20 hingga 50 detik, atau ditandai dengan suara dentuman kedua, kemudian tekan tombol LOAD untuk memberikan tekanan pada pompa hidrolik. Set tekanan yang dibutuhkan untuk pengujian dengan cara memutar katupnya. Tekanan pengujian pada umumnya berkisar antara 5 hingga 15 MPa, atau sesuai dengan kebutuhan, tetapi jangan mencapai batas maksimum (daerah yang ditandai warna merah).
8. Kembalikan layar pada pilihan TEST, yang berarti pengujian telah siap untuk dilaksanakan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengujian Tekan

Dari hasil pengujian tekan pada sampel no. 1 serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) diperoleh hasil

Tegangan ( $\sigma$ ) 68,3 mm<sup>2</sup>, Regangan ( $\epsilon$ ) 0,067 mm, dan Modulus Elastisitas ( $E$ ) 1007,68 MPa, sehingga dapat diketahui perubahan pendek pada sampel dari Panjang Awal ( $L_0$ ) = 75 mm menjadi Panjang Akhir ( $L_1$ ) 69,918 mm Dengan luas Penampang ( $A$ ) 961,625 mm<sup>2</sup>.

Sampel no. 2 diperoleh Tegangan ( $\sigma$ ) 63,66675 mm<sup>2</sup>, Regangan ( $\epsilon$ ) 0,0528 mm, dan Modulus Elastisitas ( $E$ ) 1205,81 MPa, sehingga dapat diketahui perubahan pendek pada sampel dari Panjang Awal ( $L_0$ ) = 75 mm menjadi Panjang Akhir ( $L_1$ ) = 71,040 mm.

Sampel no. 3 diperoleh Tegangan ( $\sigma$ ) 68,74527,mm<sup>2</sup>, Regangan ( $\epsilon$ ) 0,094307 mm, dan Modulus Elastisitas ( $E$ ) 728,9546 MPa, sehingga dapat diketahui perubahan pendek pada sampel dari Panjang Awal ( $L_0$ ) = 75 mm menjadi Panjang Akhir ( $L_1$ ) = 67,927 mm.

Sampel no. 4 diperoleh Tegangan ( $\sigma$ ) 60,80611 mm<sup>2</sup>, Regangan ( $\epsilon$ ) 0,06612 mm, dan Modulus Elastisitas ( $E$ ) 919,6327 MPa, sehingga dapat diketahui perubahan pendek pada sampel dari Panjang Awal ( $L_0$ ) = 75 mm menjadi Panjang Akhir ( $L_1$ ) = 70,041 mm.

Sampel no. 5 diperoleh Tegangan ( $\sigma$ ) 65,80168,mm<sup>2</sup>, Regangan ( $\epsilon$ ) 0,0085493 mm, dan Modulus Elastisitas ( $E$ ) 769,6703 MPa, sehingga dapat diketahui perubahan pendek pada sampel dari Panjang Awal ( $L_0$ ) 75 mm menjadi Panjang Akhir ( $L_1$ ) 68,588 mm.

Berdasarkan grafik dari hasil pengujian tekan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) seperti terlihat pada tabel 5.1. berikut ini :

Tabel 5.1. Hasil Grafik Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit

No	No. Sampel	A mm <sup>2</sup>	$\sigma$ N/mm <sup>2</sup>	L <sub>0</sub> mm	Stroking mm	L1 Mm	$\epsilon$ mm	E MPa
1	I	961,62	68,28	75	5,08	69,91	0,067	1007,68
2	II	961,62	63,66	75	3,96	71,04	0,052	1205,81
3	III	961,62	68,74	75	7,07	67,92	0,094	728,95
4	IV	961,62	60,80	75	4,95	70,04	0,066	919,63
5	V	961,62	65,80	75	6,41	68,58	0,085	769,67

Data tabel 5.1.diatas didapat kekuatan rata-rata semua sampel Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), nilai rata-rata Tegangan ( $\sigma$ ) 65,46 (N/mm<sup>2</sup>), Regangan ( $\epsilon$ ) 0,073 mm, Modulus Elastisitas ( $E$ ) 926,34 (MPa).

#### IV. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini berdasarkan data hasil penelitian adalah telah berhasil memperoleh hasil dari pengujian sampel dengan nilai hasil uji sebagai berikut : rata-rata Tegangan diperoleh ( $\sigma$ ) 65,5 (N/mm<sup>2</sup>) dan Regangan ( $\epsilon$ ) 0,073 mm, serta Modulus Elastisitas ( $E$ ) 926,34 (MPa).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Umar, S. Potensi Limbah Kelapa Sawit Dan Pengembangan Peternakan Sapi Berkelanjutan Di Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit. Jurnal Wawasan, Vol 13., No.3, Tahun 2008,
- [2] Subiyanto, Bambang, dkk. *Utilization of Empty Fruit Bunch Waste from Oil Palm Industry for Particleboard Using Phenol Formaldehyde Adhesive*. Warta PPKS 1-4.
- [3] Isroi, Pengolahan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit), (online) (<http://www.isroiwordpress.com>, diakses tanggal 14 April 2011).
- [4] Ali, S. Pengaruh Pengaruh Beban Impak Jatuh Bebas Pada Produk Inovasi *Parking Bumper* Dari Bahan *Polymeric Foam* Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), jurnal mekanova vol. 1 edisi 1.
- [5] Nuryanto, E. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Bahan Kimia. Warta PPKS : 137-144. 2004.
- [6] Roozenburg, N. F. M. Eekels, J., *Product Desain : Fundamentals and Methods*; John Willey & Sons (1991).
- [7] Hashim, J., *Pemrosesan Bahan*, Edisi pertama, Johor Bahru: Cetak Ratu Sdn. Bhd., 2003.
- [8] Gunawan, F.E., dkk, *Mechanical Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber*, Journal of Solid Mechanics & Materials Engineering, Vol. 3., No. 7, 2009.
- [9] Sivertsen, K., *Polymeric Foam.*, (online) ([http://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-063-polymer-physics-spring-007/assignments/polymer\\_foams.pdf](http://ocw.mit.edu/courses/materials-science-and-engineering/3-063-polymer-physics-spring-007/assignments/polymer_foams.pdf)., diakses 15 Januari 2011.)
- [10] Zulfikar, *Pembuatan Dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Material Polymeric*

- Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Statik Dan Impak. Tesis Master (tidak dipublikasikan), 2010.*
- [11] EnviroCarbon Sdn. Bhd., *Typical Parameters of EFB Fiber*, (diakses, tgl 23 Juli, 2011),
- [12] Fergyanto E.G, Homma H, Satryo S B, dkk; *Mechanical Properties of Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber.*, *Jurnal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, hal 943-951, vol.3 No.7, 2009.