

**ANALISA KEKUATAN BENDING  
AKIBAT PENGARUH MEDIA PERENDAMAN  
TERHADAP KOMPOSIT HDPE LIMBAH-CANTULA  
SEBAGAI BAHAN PANEL RAMAH LINGKUNGAN**

**Achmad Nurhidayat<sup>1</sup> dan Silvia Yulita Ratih Setyo Rahayu<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Sfaf Pengajar, Program Studi Teknik Mesin,

<sup>2</sup>Sfaf Pengajar, Program Studi Teknik Sipil,

Fakultas Teknik, Universitas Surakarta (UNSA)

Jl. Raya Palur Km. 5, Surakarta - 57772

E-mail: achkun72@yahoo.com atau achkun@telkom.net

Penelitian ini bertujuan menyelidiki pengaruh variasi media perendaman terhadap kekuatan bending serta menyelidiki patahan akibat beban impak komposit HDPE Limbah-Cantula sebagai bahan panel ramah lingkungan.

Material penelitian adalah serbuk HDPE limbah dan serat *Cantula* dengan perbandingan  $V_f$  serat 40%, dicampur menggunakan *mixer* dengan putaran 250 rpm selama 60 menit. Saat pencampuran ditambahkan isopropil alkohol, sebesar 0,5 wt%. Selanjutnya dioven selama 10 menit dengan temperatur 60 °C. Proses berikutnya dicetak dalam mesin *hot press* pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan variasi rasio fraksi volume awal hingga akhir selama 10 menit. Pengujian memakai alat uji impak izot, spesimen uji dibuat menurut ASTM D-5941, foto mikro dan SEM digunakan untuk analisis penampang patahan.

Hasil penelitian menunjukkan secara keseluruhan akibat perendaman komposit HDPE Limbah-Cantula terhadap karakteristik mekanik mengalami penurunan nilai kekuatan *bending*. Nilai kekuatan *bending* spesimen tanpa perlakuan perendaman 4,30 MPa, spesimen perlakuan media perendaman air destilasi mempunyai nilai kekuatan *bending* sebesar 2,64 Mpa, media air sumur 2,37 MPa, media air hujan sebesar 1,94 Mpa dan media oli bekas 1,62 Mpa. Perilaku patahan yang hampir bersamaan antara HDPE limbah dan *Cantula* pada spesimen tanpa perlakuan perendaman mengindikasikan bahwa serat dan matrik memiliki interaksi ikatan yang kuat. Spesimen yang direndam mengalami penurunan dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam. Hal ini disebabkan selama proses perendaman terjadi kerusakan ikatan antar muka komposit HDPE limbah-Cantula, sehingga menyebabkan kandungan kimia akan diserap spesimen sehingga melemahkan ikatan antar muka (*debonding*) dan menimbulkan *microcracks* yang berpotensi mempengaruhi ukuran pori semakin besar serta banyak.

Kata kunci : HDPE limbah-cantula, perendaman, kekuatan bending

## PENDAHULUAN

Perkembangan material alternatif komposit serat alam telah mampu bersaing dengan produk-produk berbahan logam atau produk lain. Keuntungan penggunaan material komposit serat alam antara lain tahan korosi, rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Gay, dkk, 2003).

Disamping ramah lingkungan komposit berpenguat serat alam mempunyai berbagai keunggulan (Raharjo, dkk, 2002) diantaranya yaitu harga murah, mampu meredam suara, mempunyai densitas rendah, jumlahnya melimpah, kemampuan mekanik tinggi dan salah satu jenis serat alam tersebut adalah serat *Agave cantula Roxb.*

Ketersediaan limbah plastik khususnya HDPE atau HDPE limbah cukup berlimpah, namun penggunaan sebagai material pengganti/alternatif masih sangat terbatas. Miyarso (2012) mengatakan, pada tahun 2012 konsumsi HDPE nasional diperkirakan mengalami kenaikan sekitar 7%-8. Komposit polimer merupakan rekayasa material gabungan yang mampu bersaing dengan bahan lain karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi, harga yang relatif murah serta mampu mengurai permasalahan lingkungan. Kebijakan negara Uni Eropa dan sebagian Asia telah mensyaratkan bahan daur ulang dan serat alam untuk pembuatan komponen otomotif untuk mengurangi dampak permasalahan lingkungan (*End of Life Vehicle directive 2000/53/EC*). Gabungan HDPE limbah-serat *Cantula* merupakan salah satu rekayasa alternatif material yang dapat digunakan untuk pembuatan komposit. Komposit HDPE limbah-*Cantula* berpotensi dapat dimanfaatkan sebagai alternatif material panel karena memiliki keunggulan dari sisi investasi lebih ekonomis dibanding bahan lain.

Panel disebut juga papan berfungsi sebagai sekat, menaruh asesoris, menulis, pengaman dan penahan dari faktor luar baik didalam atau diluar rumah/kantor. Bahan panel umumnya terbuat dari kayu alam, kayu olahan, serbuk/limbah kayu (panel partikel), plat logam dan plastik. Dimensi panel lebih tebal dari plat, bahkan sangat mungkin memang terbuat dari beberapa lapis plat yang digabungkan menjadi satu. Salah satu jenis panel yang baru dikembangkan akhir-akhir ini terbuat dari bahan bekas/limbah yang digabungkan menjadi satu-kesatuan diikat dengan perekat dan disebut panel komposit. Panel komposit memiliki beberapa kekurangan dan kelebihan pada penggunaannya. Kelemahan utama dari partikel adalah bahwa hal itu sangat rentan terhadap ekspansi dan perubahan warna akibat kelembaban, terutama ketika tidak ditutupi dengan cat atau sealer lain. Sehingga panel komposit jarang digunakan di luar ruangan atau tempat yang memiliki tingkat kelembaban tinggi.

Pembuatan komposit dapat dilakukan salah satunya dengan metode *pressured sintering*, metode ini mengaplikasikan proses

kompaksi dan sintering. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan komposit dari teknologi serbuk antara lain adalah : ukuran partikel serbuk, besarnya tekanan, temperatur *sintering*, lamanya waktu penahanan *sintering*, dan volume zat pengikat.

Komposit serat alam memiliki dua permasalahan umum yaitu kecocokan resin dan pengaruh penyerapan air (PNNL, 2010). Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah pemanfaatan HDPE limbah yang dibuat serbuk (*filler*), dengan ditambah/dicampur penguat serat *Cantula* akan menjadi panel/papan. Komponen penyusun panel komposit ini adalah material organik (serat alam) yang berpotensi menyerap kelembaban, sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui perilaku penyerapan air serta efek penyerapan air terhadap degradasi karakteristik mekanik komposit HDPE limbah-*Cantula*. Aplikasi material komposit HDPE limbah-*Cantula* dalam berbagai keperluan sebagai panel/papan yang ramah lingkungan, menyebabkan perlunya ketahanan kelembaban/penyerapan air.

#### TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik komposit dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu fraksi *volume*, suhu sintering, tekanan sintering, waktu sintering. Penelitian komposit HDPE-limbah organik dengan variasi fraksi *volume* HDPE. Peningkatan fraksi *volume* HDPE akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit (Asshiddiqi, 2011). Fraksi *volume* terbaik yang digunakan untuk membuat komposit dengan HDPE adalah 20%-40% (Oza, 2010). Penelitian komposit HDPE-limbah organik dengan variasi suhu *sintering*. Peningkatan suhu *sintering* akan meningkatkan kekuatan *bending* dan menurunkan nilai serapan air turun (Riyanto, 2011).

Penelitian komposit tepung kanji-serbuk kulit kacang dengan variasi tekanan pengepresan. Kekuatan mekanik komposit meningkat sebanding dengan tekanan pengepresan. Tutuko (2007) mengatakan penambahan waktu *sintering* dari 10 hingga 25 menit akan meningkatkan kekuatan mekanik komposit HDPE-ban bekas. Proses *pressured sintering* pada suhu *sintering* 120°C akan meningkatkan jumlah ikatan antar serbuk

plastik, karena pada suhu ini serbuk plastik mulai melunak dan mengalami reposisi menempati ruang antar serbuk karet (Sukanto, 2008). Pembuatan komposit HDPE–karet ban bekas dengan metode *pressured sintering*. Semakin kecil ukuran serbuk akan meningkatkan kekuatan komposit (Yonanta, 2008).

Menurut Nurhidayat, A., dan Wijoyo, (2014), bahwa nilai massa jenis komposit HDPE limbah-*cantula* untuk fraksi volume serat *cantula* 10%-90% mengalami kenaikan rata-rata 10,86%, sehingga semakin tinggi fraksi volume HDPE limbah-*cantula* akan menaikkan nilai massa jenisnya. Kekuatan *impact* komposit HDPE limbah-*Cantula* terjadi peningkatan ketangguhan sebesar 23,2% pada fraksi volume serat *cantula* 10% sampai dengan 40% dan mengalami penurunan sebesar 20,48% pada fraksi volume serat *cantula* 40% sampai dengan 90%.

Komposit PP-henegin Fiber (*Agave fourcroydes*) dengan serat yang dipotong panjang 10 mm dan diberikan perlakuan rendaman air dengan NaOH 6 wt% selama 60 menit menghasilkan IFSS yang tinggi yaitu 9,47 Mpa. Sedangkan serat tanpa perlakuan menghasilkan IFSS 4,05 Mpa. (Lee, 2008). Komposit Polyester 157 BQTN-serat rami dengan diberi perlakuan NaOH 5% selama 2 jam, memiliki kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama, dapat menyebabkan mengalami degradasi kekuatan yang signifikan yaitu memiliki kekuatan yang lebih rendah (Diharjo K., 2006).

Komposit serat alam sebagai *filler* masih sedikit diaplikasikan sebagai bahan bangunan karena masih terbatas pemahaman keraguan terhadap kekuatannya apabila terkena faktor alam. Pengujian *water absorption* komposit polyester-serat kenaf, dengan variasi larutan air destilasi, air laut, dan larutan asam, didapatkan kadar air maksimum pada komposit yang direndam dalam larutan asam, diikuti air laut dan air destilasi selama 21 hari (Nosbi, 2010). Balaji (2011) mengatakan, peningkatan kadar asam sulfat 15 % sampai 35% terhadap pengujian *water absorption*

komposit serat rami-epoksi menurunkan kekuatan mekaniknya.

## METODOLOGI

### 1. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang dipakai adalah plastik HDPE limbah botol kosmetik, serat *cantula*, *realeaser mirror glase wax*/FRP Wax, isopropil alkohol, oli bekas mesin, air sumur, air hujan dan air destilasi. Peralatan yang digunakan mesin *hot press* kapasitas 10 ton, timbangan digital, *mesh* (saringan), *moisture wood meter*, *crusher* (pemecah/penggiling), mesin *oven*, mesin uji *impact izod*, alat *mixer*, *foto mikro* dan SEM.

### 2. Pembuatan spesimen uji

HDPE limbah menggunakan jenis limbah botol kosmetik yang dipotong-potong  $\pm 10$  mm (Lee, dkk. 2008). Terlebih dahulu dicuci dengan air hingga bersih, lalu dikeringkan dibawah sinar matahari. HDPE yang sudah kering kemudian digiling dengan menggunakan mesin *chruser* dan hasilnya diayak, dengan ayakan manual mesh 40-60.

Serat *Cantula* dicuci dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Selanjutnya dioven pada temperatur 110 °C selama 45 menit untuk menyisakan kadar air serat 4% (Raharjo 2002), kemudian dipotong-potong panjang 10 mm.

Bahan terdiri dari serbuk HDPE limbah dan serat *Cantula* dengan perbandingan  $V_f$  serat 40%, dicampur menggunakan *mixer* dengan putaran 250 rpm selama 60 menit. Saat pencampuran ditambahkan isopropil alkohol (Wang, dkk. 2009), sebesar 0,5 wt%. Serbuk HDPE dan serat *cantula* yang telah bercampur, selanjutnya dioven selama 10 menit dengan temperatur 60 °C (Wang, dkk. 2009). Proses berikutnya dicetak dalam mesin *hot press* pada tekanan 30 bar, temperatur 120 °C dan fraksi volume serat *Cantula* 40% selama 10 menit. Titik cair HDPE limbah 130 °C (Corneliusse 2002).

### 3. Tahap Perendaman

Sebelum dilakukan pengujian mekanik (*bending*) spesimen terlebih dahulu mendapatkan perlakuan perendaman pada fluida cair (*fluid absorption*) mengacu ASTM (D5229) dengan waktu perendaman 504 jam (21 hari). Adapun variasi media perendaman yaitu tanpa perendaman, perendaman dalam air sumur, perendaman dalam air hujan, perendaman dalam air destilasi, dan perendaman dalam oli bekas mesin. Dimensi spesimen mengacu pada pengujian yang akan dilakukan.

### 4. Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas digunakan untuk memprediksikan sifat mekanik komposit, serta mengecek spesimen sesuai dengan standar deviasi, dengan mengacu pada ASTM D1037.

### 5. Pengujian kekuatan lentur/*bending* (ASTM D-6272)

Suatu material perlu dilakukan uji lentur, untuk mengetahui kekuatan lentur bahan. Pada material jenis plastik pengujian lentur (*bending*) mengacu ASTM D-6272 dengan metode *four point bending*. Bagian atas spesimen akan mengalami tegangan tekan dan pada bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dimensi spesimen panjang 127 mm, lebar  $12,7 \pm 0,2$  mm, tebal  $3,2 \pm 0,2$  mm. Pengujian *bending* dengan fraksi volume serat *Cantula* sebesar 40%, masing masing dilakukan 6 kali ulangan

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran densitas komposit HDPE limbah-*Cantula* variasi media perendaman dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Densitas komposit HDPE limbah-*Cantula*

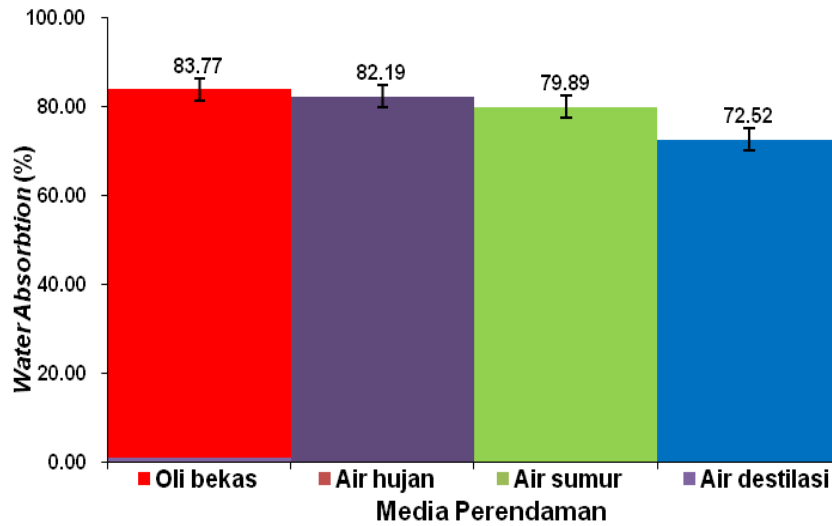
No	Dimensi (mm)			Berat (g)	Volume (mm <sup>3</sup> )	Densitas (g/mm <sup>3</sup> )	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )
	Panjang	Lebar	Tebal				
Tanpa Perendaman	194,04	50,15	6,17	27,46	60.024,71	0,0004575339	457,53
Oli bekas	194,04	50,15	6,17	27,38	60.008,49	0,0004575083	456,21
Air Hujan	194,03	50,14	6,16	27,27	59.891,19	0,0004572307	455,27
Air Sumur	194,21	50,14	6,17	27,25	60.051,45	0,0004571598	453,69
Air Destilasi	194,05	50,15	6,19	26,86	60.182,44	0,0004568418	446,28

Hasil pengukuran densitas menunjukkan nilai densitas relatif sama. Hal ini menunjukkan keseragaman saat proses pembuatan spesimen dengan metode *pressured sintering*. Setiap variasi pengujian selisih antara rata-rata dengan deviasi atas dan deviasi bawah tidak lebih dari 10 %, sehingga telah memenuhi standar penelitian. Nilai rata-rata densitas komposit HDPE limbah-*Cantula*

pada fraksi volume 40% tanpa perendaman adalah 457,53 kg/m<sup>3</sup>.

#### A. Pengaruh Media Perendaman Terhadap *Water Absorption*

Grafik hasil pengukuran *water absorption* spesimen *bending* komposit HDPE limbah-*Cantula* dalam variasi media perendaman dapat dilihat pada Gambar 1.



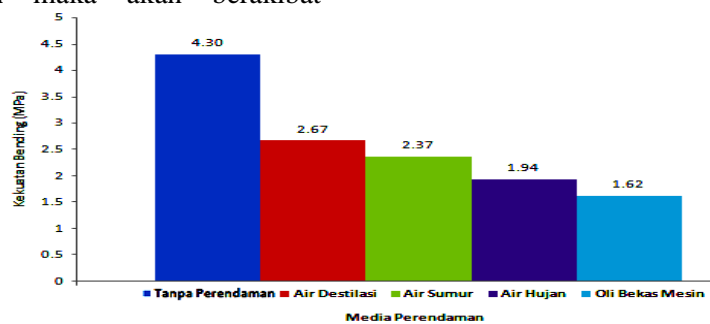
Gambar 1. Pengaruh media perendaman terhadap *water absorption*

Nilai maksimum *water absorption* selama perendaman 504 jam dengan media oli bekas mesin diikuti air hujan, air sumur dan air destilasi menunjukkan perbedaan tetapi tidak begitu signifikan. Perendaman didalam oli bekas didapatkan nilai 83,77%, air hujan sebesar 82,19%, air sumur sebesar 79,89% dan air destilasi 72,52%. Terhadap perendaman pada oli bekas menunjukkan kenaikan yang lebih besar karena pengaruh rapat massa dan kandungan kimianya berpotensi menjadi sebab kerusakan serat *Cantula*. Sehingga semakin tinggi tingkat kerusakan akibat media perendaman maka akan berakibat

ikatan antarmuka semakin lemah dan meningkatkan jumlah rongga antar serat lebih banyak. Meningkatnya jumlah rongga akan meningkatkan media perendaman yang diserap juga semakin banyak.

**B. Pengaruh Media Perendaman Terhadap Kekuatan Bending**

Grafik hasil pengujian spesimen *bending* komposit HDPE limbah-*Cantula* dalam variasi media perendaman dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh media perendaman terhadap uji bending

Secara umum nilai kekuatan *bending* terhadap perendaman spesimen mengalami penurunan dibandingkan spesimen yang tanpa perlakuan perendaman. Nilai kekuatan *bending* spesimen tanpa perlakuan perendaman 4,30 MPa, spesimen perlakuan media

perendaman air destilasi mempunyai nilai kekuatan *bending* sebesar 2,64 MPa, media air sumur 2,37 MPa, media air hujan sebesar 1,94 MPa dan media oli bekas 1,62 MPa.

Spesimen yang direndam mengalami penurunan dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam. Hal ini

disebabkan selama proses perendaman terjadi rapat massa dan kandungan kimia yang diserap spesimen akan melemahkan ikatan antar muka (*debonding*) dan menimbulkan *microcracks* yang berpotensi mempengaruhi ukuran pori semakin

besar dan banyak. Hal ini akan menyebabkan energi yang diserap spesimen uji semakin sedikit, sehingga kekuatan *bending* komposit menurun, sebagaimana pada foto mikro pada gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh perendaman terhadap *debonding*

Pori-pori yang terdapat pada material komposit tersebut merupakan tempat awal terjadinya retakan (*initial crack*). Tingkat kerusakan ikatan antar muka dipengaruhi oleh media perendaman, didalam gambar 4 terlihat perbandingan spesimen yang direndam dalam air destilasi dan oli bekas.

Kandungan kimiawi oli bekas akan merusak material organik semakin rapuh sehingga berpotensi menimbulkan kerusakan besar ikatan antar muka (*debonding*) yang menciptakan *microcracks*, seperti pengamatan menggunakan foto SEM berikut:



Air destilasi: ikatan mengikat



Oli bekas mesin: ikatan melemah

Gambar 4. Pengamatan foto SEM terhadap ikatan akibat media perendaman

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa data, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Variasi media perendaman merusak ikatan antar muka sehingga menurunkan kekuatan mekanik komposit HDPE limbah-Cantula dibandingkan dengan spesimen yang tidak direndam.
- b. Perendaman dalam oli bekas mesin mengalami penurunan kekuatan bending paling tinggi, diikuti perendaman dalam air hujan, air sumur dan air destilasi.

## SARAN

Penelitian dapat dilakukan dengan menambahkan perlakuan siklus thermal pasca *mixing*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asshiddiqi, M., 2011, *Pengaruh Variasi Fraksi Volume HDPE Terhadap Karakteristik Komposit Berpori Berbahan Dasar HDPE-Limbah Organik*, Skripsi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- ASTM D1037-99, *Standart Test Methods for Evaluation Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials*.

- ASTM D5229/D5229M-92, *Standard Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials*.
- ASTM D5941-96, *Standard Test Method for Determining the Izod Impact Strength of Plastics*.
- Balaji, R., Dev, V., Mohamed A., 2011, *Acid Resistance of Flax Braided Reinforced Epoxy Composite Tubes*, Anna University, Chennai 600 025, India.
- Corneliusse, R.D., 2002, *Property High Density Polyethylene*, modern plastic encyclopedia 99, p. 198.
- Diharjo, K., 2006, *Kajian Pengaruh Teknik Pembuatan Lubang terhadap Kekuatan Tarik Komposit Hibrid Serat Gelas dan Serat Karung Plastik*, TEKNOIN, Vol. 11, No.1, hal. 55-64.
- Gay, 2003, *Composite Material, Design and Applications*, Boca Raton: CRC Press.
- Lee, B.J., 2004, *Rice-husk Flour Filled Polypropylene Composites, Mechanical and Morphological Study*, Composite Structures, Vol. 63, pp. 305-312.
- Miyarso, S., "Konsumsi Plastik Bisa capai 8%." <http://economy.okezone.com/read/2012/01/10/320/554834/konsumsi-plastik-bisa-capai-8> (diakses 10 Januari 2012).
- Nosbi, N., Akil, H., Izhak, Z., Bakar, A., 2010, *Water absorption behavior of pultruded kenaf fiber reinforced unsaturated polyester composite and its effects on mechanical properties*, School of Material and Mineral Resources Engineering, Universiti Sains Malaysia, 14300 Nibong Tebal, Penang, Malaysia.
- Nurhidayat, A., dan Wijoyo, (2014), *Pengaruh Fraksi Volume Serat Cantula Terhadap Ketangguhan Impak Komposit Cantula-Hdpe Daur Ulang Sebagai Bahan Core Lantai Ramah Lingkungan*, prosiding SNATIF 2014, ISBN: 978.602.1180-04-4, Universitas Muria Kudus.
- Oza, S., 2010, *Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density polyethylene/hemp Fiber Composites*, University City Blvd Charlotte, NC, 28223, USA., pp. 31-36.
- Raharjo, W.W., 2002, *Pengaruh Waktu Perendaman Pada Sifat mekanik Komposit Unsaturated Polyester yang Diperkuat Serat Cantula*, Simposium Nasional I RAPI, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Riyanto, D., 2011, *Pengaruh Variasi Suhu Sintering Terhadap Densitas, Water Absorption dan Kekuatan Bending Komposit Limbah Organik-HDPE*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 36.
- Sukanto, H., 2008, *Sifat Komposit Plastik-Karet Hasil Pressured Sintering dengan Variasi Ukuran Partikel Plastik*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Tutuko, S., 2007, *Kajian Eksperimental Pengaruh Waktu Sintering Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Material Komposit Plastik-Karet Berbahan Dasar Limbah Plastik HDPE dan Ban Bekas*, Skripsi Universitas Sebelas Maret, Surakarta, hal. 32.
- Wang, M.W., Tze-Chi H., and Jie-Ren Z., 2009, *Sintering Process and Mechanical Property of MWCNTs/HDPE Bulk Composite*, Department of Mechanical Engineering, Oriental Institute of Technology, Pan-Chiao, Taipei Hsien, Taiwan, pp. 821-826.
- Yonanta R., 2008, *Pengaruh Ukuran Serbuk HDPE Terhadap Karakteristik Komposit HDPE-Ban Menggunakan Pressured Sintering*, Skripsi, UNS, Surakarta.