

JURNAL
ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT RAMI -
ZEOLIT - HDPE



SKRIPSI

Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana S-1
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Semarang

Disusunoleh:
FAJAR HARI WIBOWO
C2A014004

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2018

ANALISIS SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SERAT RAMI - ZEOLIT - HDPE

Fajar Hari Wibowo, Dr. Purnomo, S.T, M.Eng dan Muhammad Subri, ST, MT.

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : sifajarhariwibowo@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu (1)mengetahui sifat-sifat uji tarik pada pengaplikasian komposit dengan HDPE, serat Rami dan zeolit dibidang otomotif, (2) Mengetahui sifat mekanik dan karakteristik HDPE dengan uji SEM. Material komposit terdiri dari serbuk HDPE sebagai matrik, serat rami sebagai *filler* dan zeolit sebagai pengisi. Variasi fraksi volume serbuk HDPE sebagai komposisi specimen yaitu 100 wt. % (HDPE murni), komposit komposisi A serat rami 2 wt. % zeolit 3 wt. %, komposit komposisi B serat rami 3 wt. % zeolit 2 wt. % HDPE 95 wt. %, dan komposit komposisi C serat rami 4 wt. % zeolit 1 wt. % HDPE 95 wt. %. Spesimen dicetak melalui proses *injection molding* dengan temperatur 150°C. Pengujian komposit dalam penelitian ini berupa uji kekuatan tarik menurut standart ASTM D 638-02 dan ASTM DENT. Hasil analisa ketangguhan *fracture We* (*essensia* kerja) komposit terdapat pada specimen komposit komposisi C serat 4 wt. % zeolit 1 wt. % HDPE 95 wt. % dengan nilai 5,165 kJ/mm². Dapat disimpulkan komposit komposisi C serat 4 wt. % zeolit 1 wt. % memiliki hubungan linier *we* (*essensial* kerja) yang baik dibandingkan padakomposit lainnya.

Kata Kunci : Serat Rami ,Zeolit, HDPE, UjiTarik, Uji SEM.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini cukup pesat, salah satu dibidang material logam dan non logam. Selama ini keberadaan material logam mendominasi dalam bidang industri. Namun masih belum terpenuhi material yang mempunyai sifat tertentu dalam aplikasi di industri maka dikembangkan material non logam khususnya dengan penguat serat alam yang bersifat lebih ringan, mudah dibentuk, tahan korosi, harga murah dan memiliki kekuatan yang sama dengan material logam. Sehingga memang selayaknya jika bahan komposit digunakan secara luas dibidang industri, otomotif, dan arsitektur. Dalam dekade ini, material komposit dengan penguat serat alam telah diaplikasikan oleh para produsen mobil sebagai bahan penguat panel mobil, tempat duduk belakang, dashboard, dan perangkat interior lainnya. (Teguh Rahardjo, 2008).

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah dan berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal. Bahan komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu samalainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Karena karakteristik pembentuknya berbeda - beda maka akan diperoleh suatu material baru yang lebih baik dari material pembentuknya. Material pembentuk komposit ada 2, yaitu penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matriks*). Sifat komposit bahan sangat dipengaruhi oleh sifat dan distribusi unsure penyusunnya, serta interaksi antara keduanya. Parameter yang lain yaitu bentuk, ukuran orientasi dan distribusi dari penguat dan sifat – sifat matriksnya. (Kartini dkk, 2002).

Salah satu dari plastic sintetis adalah HDPE. HDPE memiliki nilai kuat tarik sebesar 3100-5500 Psi dengan elongasi sebesar 100%. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih keras, kuat, buram, dan lebih tahan terhadap suhu yang tinggi. HDPE mempunyai sedikit cabang, yang membuat HDPE memiliki ikatan *intermolecular* dan kekuatan tarik yang lebih besar dari LDPE. HDPE juga lebih keras dan opak, dan tahan temperature tinggi. Meskipun memiliki kekuatan mekanik yang tinggi plastic ini tidak dapat didegradasi oleh lingkungan, untuk

mengatasi masalah tersebut dilakukan pembuatan *plasticbiodegradable* dengan mencampurkan plastic sintetis dengan polimer alam. Polimer alam memiliki beberapa kelemahan diantaranya sifatmekanik yang rendah, tidak tahan pada suhu tinggi, dan getas. Oleh karena itu pencampuran antara plastic sintetis dengan polimer alam diharapkan menghasilkan plastik yang memiliki sifatmekanik yang tinggi, dan mampu terurai oleh mikro organisme (Inggawenidan Suyatno, 2015).

Saat ini, serat alam mulai mendapat perhatian yang serius dari para ahli material komposit karena:

- a. Serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi karena serat alam memiliki berat jenis yang rendah.
- b. Serat alam mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali, harganya relatif murah, dan tidak beracun. Teguh Rahardjo, (2008)

Umemura,(2006) menyebutkan bahwa pemanfaatan bahan baku dari alam dari pada bahan baku sintetis merupakan isulingkungan yang sudah lama berkembang. Hal ini berkaitan dengan beberapakelebihan bahan baku alam seperti lebih ramah lingkungan dan potensinya yang cukup banyak dan dapat diperbaharui.

Aini dan Indriati (2007) menggunakan zeolit sebagai pengisi kertas untuk menggantikan kaolin. Chen, dkk(2011) menambahkan zeolit pada sisi luar karton bergelombang sehingga karton lebih tahan terhadap kelembaban dan membantu sisi dalam bertahan lebih lama. Zeolit adalah nama umum untuk kelompok zeolit yang mana Kristal – kristalnya merupakan alumino silikat logam alkali dan alkali tanah yang mengandung air. Zeolit adalah zat berpori dengan pori – pori berskala nanometer (Mc.Bain, 1932).

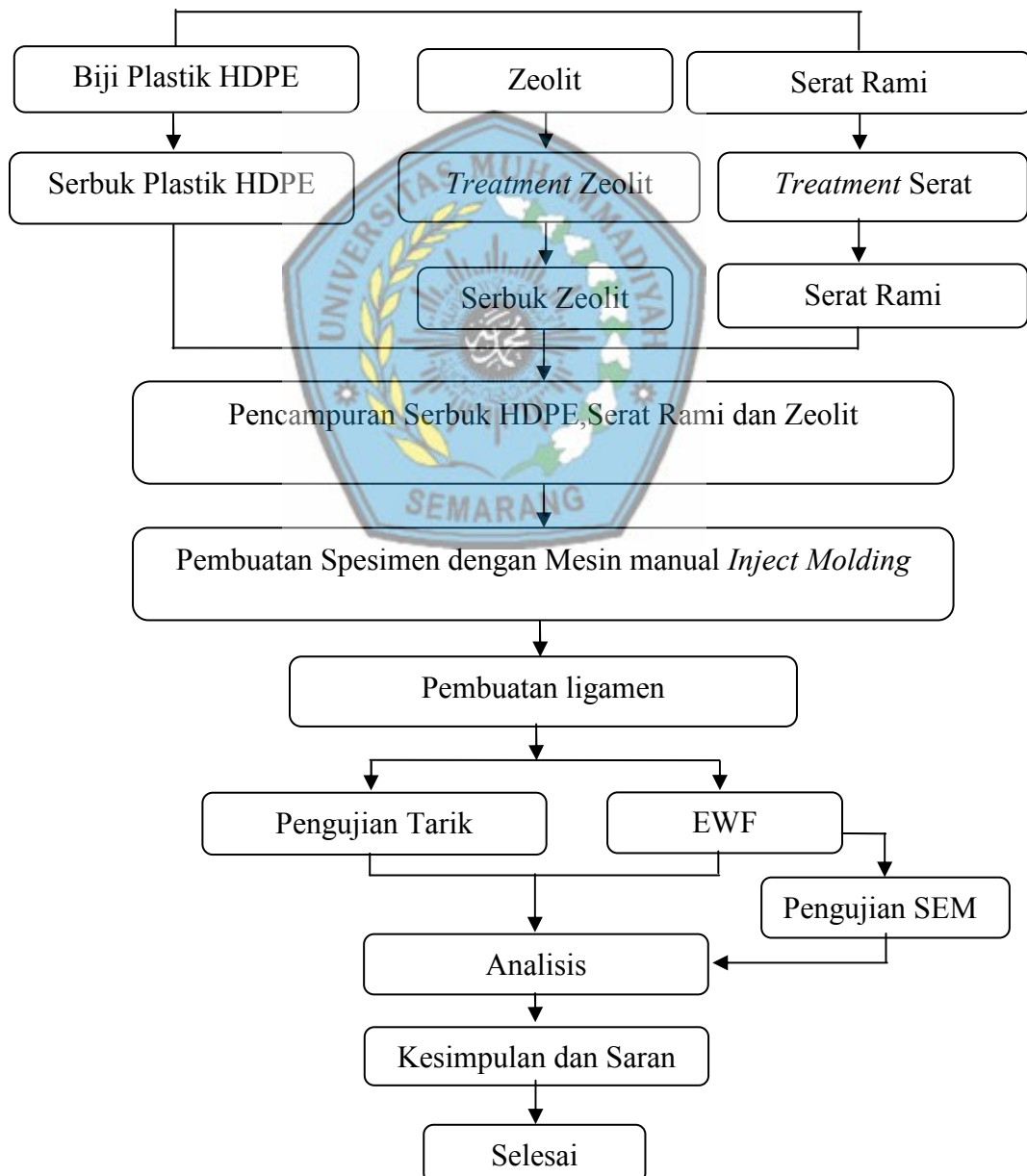
Penelitian Serat rami dilakukan untuk mendapatkan data tentang sifat-sifat mekanis dengan melakukan uji struktur serta uji tarik sebagai pertimbangan utama dalam pemilihan untuk bahan dasar alternatif pengganti serat sintetis sehingga terciptanya komposit baru yang dapat digunakan dalam industri khususnya dibidang otomotif interior mobil khususnya **handle pegangan tangan**, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang kekuatan tarik HDPE yang diisi serat batang rami dan zeolit agar terciptanya komposit baru yang dapat

digunakan dalam industri. Berdasarkan latar belakang diatas, penambahan serat rami diharapkan dapat menambah kekuatan pada komposit, Peneliti menulis tugas akhir dengan judul “**Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Rami - Zeolit - HDPE**”.

METODE PENELITIAN

a) Alur Penelitian

Penelitian komposit dilakukan secara bertahap dengan memperhatikan diagram alur penelitian, ini merupakan gambaran dari langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan pada (Gambar 1).



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

b) Bahan

Bahan baku pembuatan komposit serat Rami dan zeolit dengan campuran serbuk HDPE (*High Density Polyethylene*), bahan utama berupa biji plastik HDPE yang diperoleh dari PT. LOTTE CHEMICAL TITAN NUSANTARA. Tbk. Jl. Merak Km. 116 Rawa Arum , Pulo Merak Cilegon 42436, Banten, Indonesia. Sedangkan bahan tambahan yang diperlukan adalah Serat alam yaitu serat rami yang diperoleh dari serat batang tanaman rami yang sudah berbentuk tali Selain serat alam bahan tambahan lainnya adalah serbuk mineral dari batuan zeolit yang di peroleh dari dosen pembimbing. Serat alam yang digunakan harus dilakukan treatment terlebih dahulu menggunakan bahan kimia, bahan kimia yang dibutuhkan dalam proses treatment komposit ini adalah larutan NaOH cair yang dibeli di sebuah toko kimia di daerah semarang.

c) Alat

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini berupa Injeksi Molding (*Injection Moulding*). Beberapa alat pendukung lainnya berupa, Mesin uji tarik “Universal Testing Machine HT 2402, Mesin Uji SEM “ Jeol *JSM – 6510LA*, blender , ayakan, kuas, timbangan digital, gelas ukur, gillette, ragum, oven, gunting, mangkok keramik, cetakan (molding).

HASIL DAN PEMBAHASAN

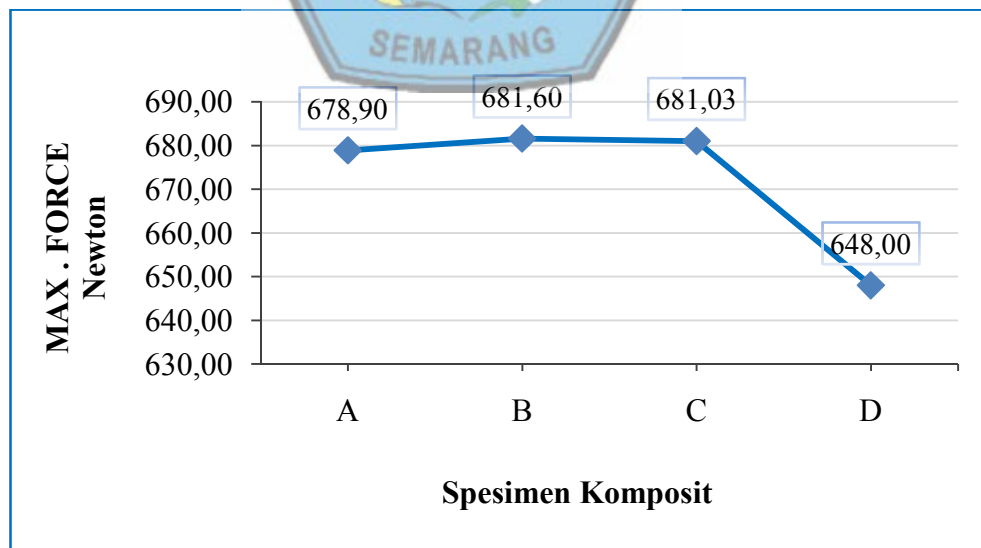
- a) Pengujian tarik spesimen komposit Hasil rata rata pengujian tarik spesimen komposit HDPE, serat rami dan zeolit dengan standart ASTM-D 638-02 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel .1 Hasil Rata – rata Uji Tarik

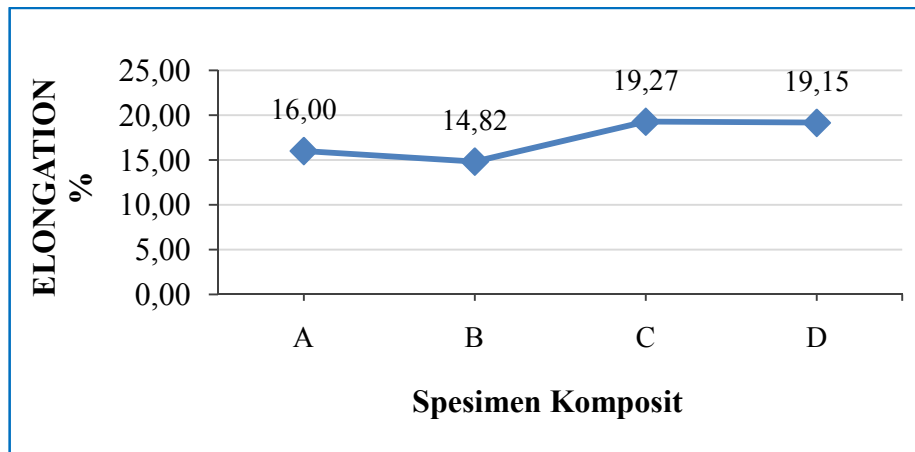
Nama Spesimen Komposit	Komposisi	Max. Force (N)	Elongation (%)	Modulus Young (N/mm²)	Tensile Strength (N/mm²)	Yield Strength (N/mm²)
A	HDPE Murni 100 wt. %	678,9	16,00	514,50	22,63	22,63
B	Serat rami 2 wt. % Zeolit 3 wt. % HDPE 95 wt. %	681,6	14,82	365,782	17,04	11,90
C	Serat rami 3 wt. % Zeolit 2 wt. % HDPE 95 wt. %	681,03	19,273	372,665	17,02	11,83
D	Serat rami 4 wt. % Zeolit 1 wt. % HDPE 95 wt. %	648	19,153	360,179	16,2	10,91

Pada penelitian ini spesimen komposit komposisi A, yaitu tanpa campuran serat rami dan zeolit 0 % tidak dilakukan, karena untuk pengujian tarik ini sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu (Marwan, 2016).

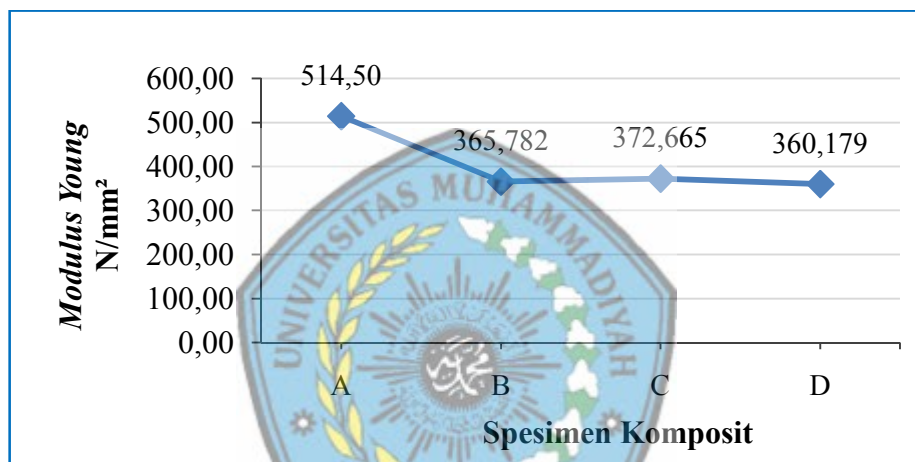
Berikut diagram dari pengujian tarik yang telah dilakukan, lebih jelasnya dapat dilihat pada (Gambar2,3,4 dan 5).



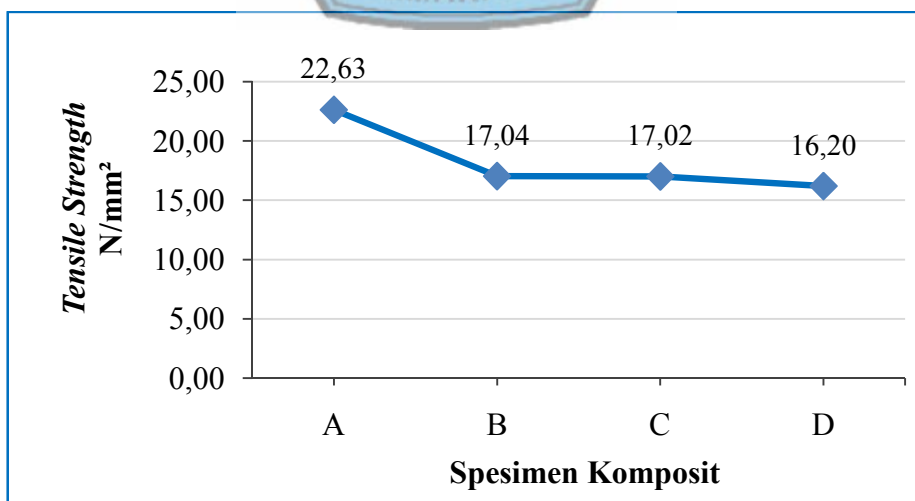
Gambar 2 Grafik *Maximum Force*



Gambar 3 Grafik *Elongation*



Gambar 4 Grafik *Modulus Young*



Gambar 5 Grafik *Tensile Strength*

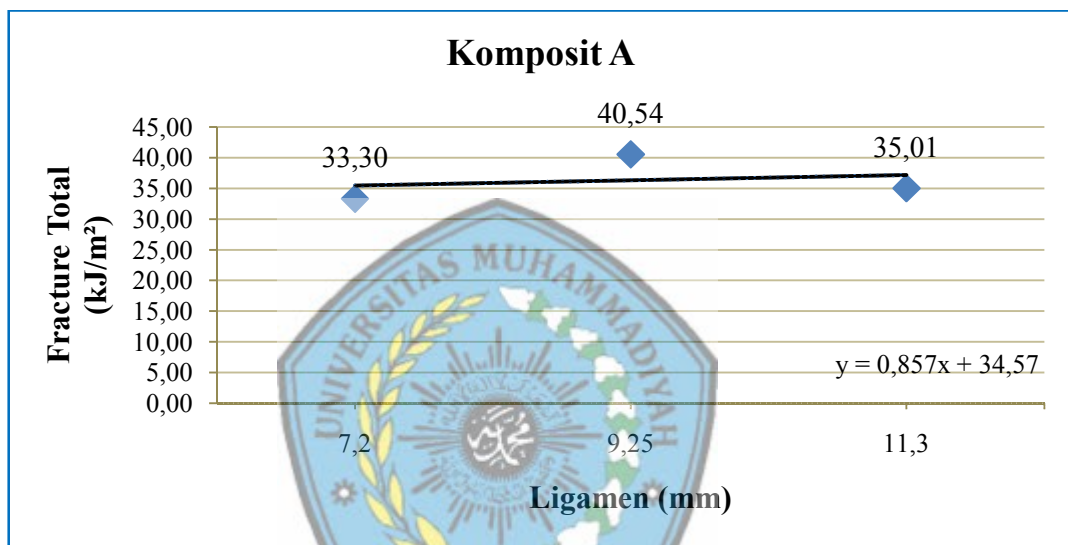
Berdasarkan hasil pengujian tarik HDPE murni memiliki rata – rata *maximum force* 678,9 N, *elongation* 16,00%, *modulus Young* 514,50 N/mm², *tensile strength* 22,63 N/mm² dan *Yield strength* 22,63 N/mm². Pada uji tarik dengan komposisi Komposit komposisi A memiliki rata – rata *maximum force* 681,6 N/mm², *elongation* 14,823%, *modulus Young* 365 N/mm², *tensile strength* 17,04 N/mm² dan *Yield strength* 11,90 N/mm². Uji tarik pada komposisi Komposit komposisi B, memiliki rata – rata *maximum force* 681,033 N, *elongation* 19,273%, *modulus Young* 372,665 N/mm², *tensile strength* 17,02 N/mm² dan *Yield strength* 11,83 N/mm². Dan yang terakhir pada komposisi Komposit komposisi C, memiliki rata – rata *maximum force* 648 N, *elongation* 19,153%, *modulus Young* 360,179 N/mm², *tensile strength* 16,2 N/mm² dan *Yield strength* 10,91 N/mm².

b) Pengujian tarik spesimen komposit EWF (*Essensial Work of Fracture*) dan standart ESIS Protokol. Berikut adalah hasil rata-rata pengujian tarik dengan komposisi 0 wt.%, 2 wt.%, 3 wt.% dan 4 wt.% ditunjukkan pada **Tabel 2**, Berdasarkan hasil pengujian tarik (*tensile test*) yang dilakukan pada penelitian spesimen A,B,C dan D dengan ukuran ligamen 7,2 mm, 9,25 mm, dan 11,3 mm yang telah melalui proses uji tarik untuk mengetahui kekutan *fracture* dari spesimen komposit antara lain adalah *maximum force* (gaya maksimum), *elongation atbreak* (rengangan putus), *tensile strength* (Kekuatan tarik), dan *Yield strength* (kekuatan maksimum). Sehingga dapat diketahui kekuatan *fracture* dari material komposit. Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

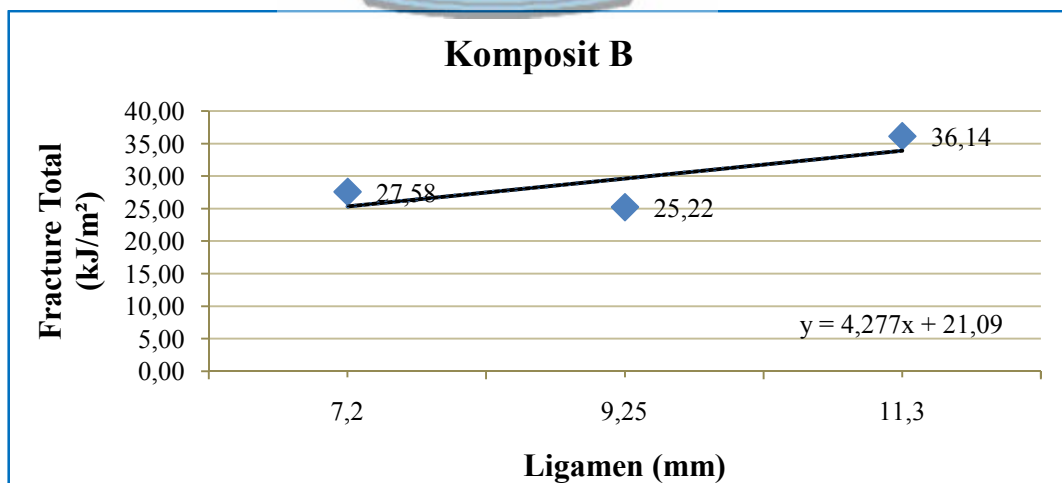
Tabel 2Hasil Rata – Rata Energi *Fracture*

Energi <i>Fracture</i> Total			
Ukuran Ligamen (mm)	Komposit Komposisi A	Komposit Komposisi B	Komposit Komposisi C
	Serat rami 2 wt. % Zeolit 3 wt. % HDPE 95 wt. %	Serat rami 3 wt. % Zeolit 2 wt. % HDPE 95 wt. %	Serat rami 4 wt. % Zeolit 1 wt. % HDPE 95 wt. %
	Energi (kJ/m ²)	Energi (kJ/m ²)	Energi (kJ/m ²)
7,2	33,30	27,58	39,08
9,25	40,54	25,22	42,34
11,3	35,01	36,14	49,41

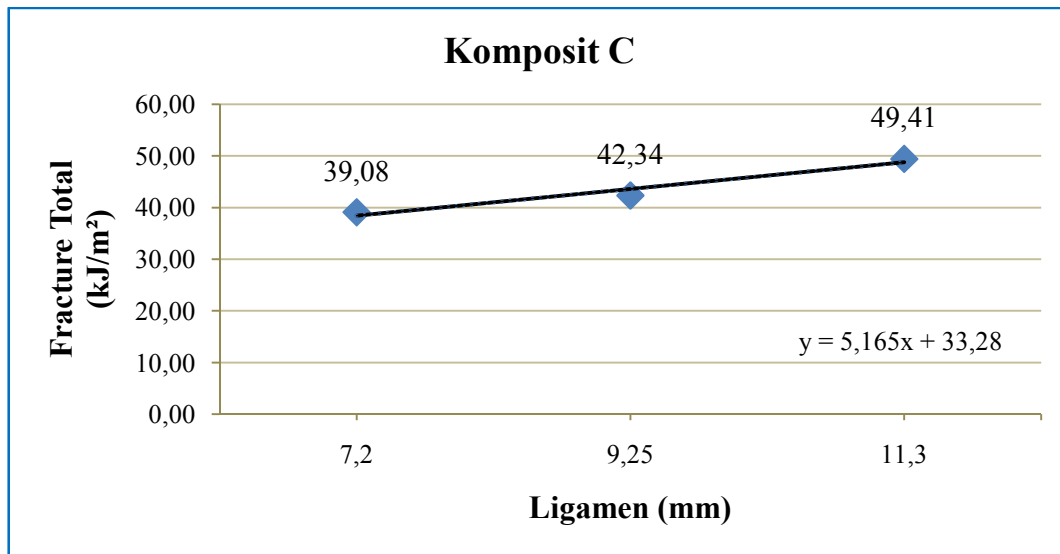
Berdasarkan hasil rata – rata kekuatan *fracture* yang didapat dari hasil rata – rata proses pengujian tarik spesimen komposit komposisi A,B,C dengan dengan ukuran ligamen 7,2 mm, 9,25 mm, dan 11,3 mm dengan HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai matrik, serat rami sebagai *filler* dan zeolit sebagai pengisi. Data yang diperoleh tersebut akan dilakukan pembahasan mengenai hubungan linier dari ketanguhan material komposit serat rami dan zeolit, berikut adalah penjelasan tentang energi *farcture* yang diperoleh antara hubungan wF dengan l saat pengujian tarik adalah antara lain sebagai berikut:



Gambar 6 Grafik Energi *Fracture* Komposit komposisi A

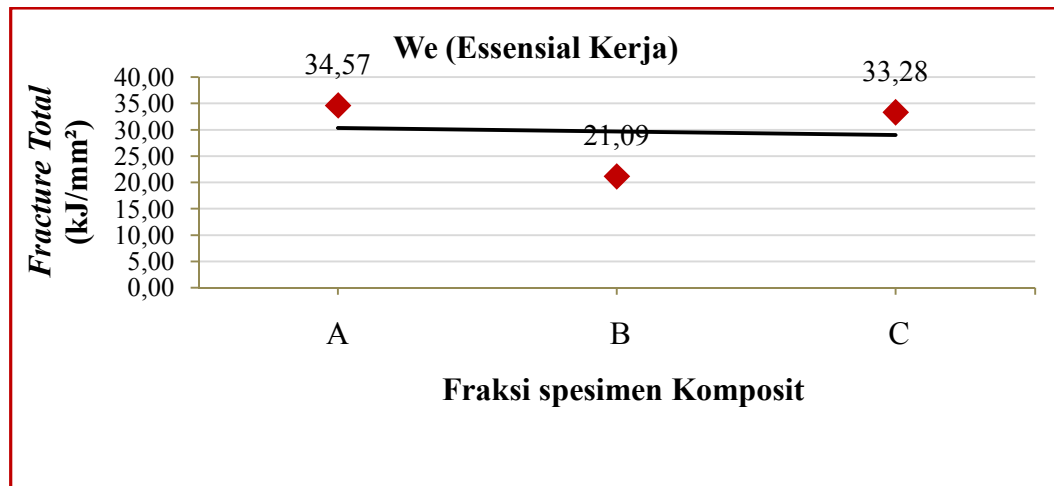


Gambar 7 Grafik Energi *Fracture* Komposit komposisi B



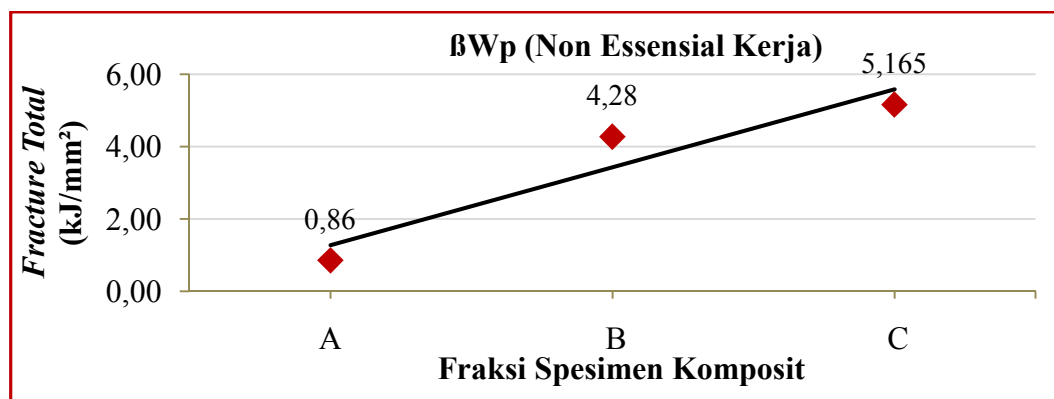
Gambar 8 Grafik Energi *Fracture* Komposit C

Berdasarkan hasil rata – rata yang didapatkan dari nilai *We* (*esensial* kerja) yang dapat dilihat pada grafik analisa sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.28 dengan kecenderungan nilai yang menurun menurut dari variasi serat pada spesimen yaitu dengan specimen komposit komposisi A dengan didapat nilai 34,57 kJ/mm² kemudian untuk komposit komposisi B dengan mengalami penurunan dengan nilai yang didapat adalah 21,09 kJ/mm² dan untuk komposit komposisi C dengan mengalami kenaikan nilai yang drastis dengan nilai 33,28 kJ/mm² serta untuk nilai terkecil diperoleh pada komposit komposisi B dengan dengan nilai 21,09 kJ/mm², ukuran dari ligamen berpengaruh secara signifikan pada hasil dari nilai *essensial* kerja (*We*). Dari hasil yang diperoleh untuk nilai *essensial* kerja (*We*) dipengaruhi oleh variasi serat rami serta variasi zeolit dengan perbedaan nilai terbesar ada pada komposit komposisi B dengan komposit komposisi C sedangkan perbedaan yang tidak terlalu besar nilai *essensial* kerja berada pada komposit komposisi A dan Komposit komposisi B, pada komposit komposisi A dengan memiliki hubungan linier yang baik dan dapat disimpulkan bahwa variasi serat rami dan zeolit mempengaruhi nilai dari *essensial* kerja dan analisa pada spesimen komposit serat rami dan zeolit diperoleh kekuatan patahan *essensial* spesifik berada pada Komposit komposisi B dengan nilai 34,57 kJ/mm² sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4.28.



Gambar 9 Grafik Nilai *Essensial* Kerja (We)

Berdasarkan hasil rata – rata yang didapat untuk *Non - Essensial* Kerja Spesifik (β_{wp}) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.29 untuk komposit komposisi A dengan memiliki nilai yaitu $0,86 \text{ kJ/mm}^2$, Sedangkan Komposit komposisi B merupakan nilai meningkat signifikan yaitu $4,28 \text{ kJ/mm}^2$, dan untuk komposit komposisi C dengan nilai tertinggi untuk *non – essensial* kerja pada komposit komposisi C memiliki nilai sebesar $5,165 \text{ kJ/mm}^2$. Komposit komposisi A, Komposit komposisi B, dan Komposit komposisi C dengan ukuran ligamen 7,2 mm, 9,25 mm, dan 11,3 mm dari pengujian yang dilakukan dapat dianalisa untuk hasil wF dengan nilai tertinggi didapat pada komposit komposisi C pada grafik *non – essensial* dan *essensial* dengan hubungan linier $wF = 5,165 \text{ kJ/mm}^2$ dikarenakan komposit komposisi C dengan komposisi memiliki hubungan linier yang lebih tinggi dibandingkan dengan hubungan linier diantara komposisi serat rami dan zeolit yang lainnya.

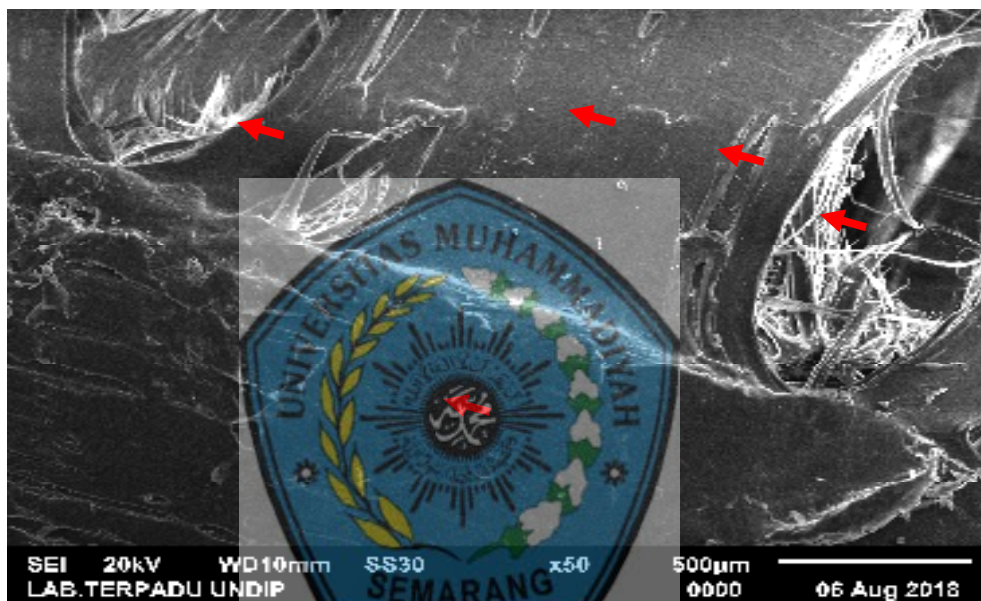


Gambar 10 Grafik β_{wp} (*Non – Essensial* Kerja)

PENGUJIAN SEM (*SCANNING ELECTRON MICROSCOPY*)

Uji SEM(*Scanning Electron Microscope*) dengan pengujian ini dapat dilihat permukaan sisa hasil pengujian tarik pada komposit serat rami dan zeolit tersebut dengan perbesaran berukuran mikro, material yang diuji SEM ialah titik letak patahan material komposit yang diakibatkan dari pengujian tarik dengan Komposit komposisi B komposisi Pengujian SEM diambil 1 titik diantaranya sisi bagian keseluruhan tampak gambar 4.30 dari samping dengan pembesaran ukuran 50x, sisi bagian tengah.

Sisi Bagian Keseluruhan



Gambar 11 hasil SEM

Hasil yang didapat pada proses pengujian SEM dengan pembesaran 50 x dalam pengujiannya. Pengujian SEM menunjukkan morfologi permukaan dari sisi bagian keseluruhan pada sisi saat spesimen putus dari hasil pengujian tarik, dalam pengujian ini terlihat sisa hasil patahan saat proses pengujian tarik yang tercampur oleh serat rami dan zeolit, secara keseluruhan serat dan HDPE yang terlihat garis – garis yang menandakan penyebaran serat secara homogen antara inforcemen serat rami dan matrix HDPE dari sisa hasil proses pengujian tarik sehingga membentuk serat – serat panjang. dengan WD atau *Working Distance* jarak antar detektor dengan sampel yaitu 10 mm. Hasil yang didapat menunjukkan morfologi dari permukaan pada pencampuran HDPE Sedangkan zeolit terlihat pada pembesaran 50 x terlihat yang di tunjukkan anak panah.

KESIMPULAN

Setelah dilakukanya penelitian komposit serat rami dan zeolit dengan komposisi HDPE 100 wt. %, dan sebagai pembanding dilakukan penambahan Komposit komposisi A serat rami 2 wt. % zeolit 3 wt. % HDPE 95 wt. %, Komposit komposisi B serat rami 3 wt. % zeolit 2 wt. % HDPE 95wt. %, dan Komposit Komposisi C serat rami 4 wt. % zeolit 1 wt. % HDPE 95 wt. %, dengan ligamen 7,2 mm, 9,25 mm dan 11,3 mm sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Hasil pengujian Tarik dengan standart ASTM D 638-02 HDPE Murni untuk gaya maksimum diperoleh nilai 678,90 N, *elongation* diperoleh 16,0%, *modulus Young* dengan nilai 514,50 N/mm². Pada Komposit komposisi A didapat gaya maksimum 681,60 N, *elongation* 14,82 % dan *modulus Young* 365,782 N/mm². Pada Komposit komposisi B diperoleh gaya maksimum 681,03 N, *elongation* 19,27 % dan *modulus Young* 372,665 N/mm². Pada Komposit komposisi C diperoleh gaya maksimum 648,00 N, *elongation* 19,15 % dan *modulus Young* 360,179 N/mm². Hasil pengujian Tarik dengan standart ASTM D DENT (*Double Edge Notch Tension*) Dapat disimpulkan bahwa semakin lebar ukuran ligament semakin besar nilai gaya maksimum, *elongation*, *Tensile Strength*, dan *Yield Strength*.
- b. Ketangguhan *fracture We (essensial kerja)* komposit terdapat pada specimen komposit komposisi C dengan nilai 33,28 kJ/mm² sedangkan nilai dari βW_p (*Non - Essensial Kerja*) terdapat pada komposit dengan Komposit komposisi C dengan nilai 5,165 kJ/mm². Dapat disimpulkan komposit komposisi C memiliki hubungan linier *we (essensial kerja)* yang baik dibandingkan pada komposit lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Nur Hidayat, Neng Sri Suharty, Didik Djoko Susilo 2013, *Pengaruh Fraksi Volume Pada Pembuatan Komposit HDPE Limbah Cantula dan Berbagai Jenis Perekat Dalam Pembuatan Laminat*
- Alaya Fadlu Hadi, Bambang Setyoko, 2014, *Studi Kelayakan Mekanik Komposit Serat Rami Acak-Polyester Sebagai Bahan Helm Standar SNI*, Universitas Diponegoro.
- ASTM D 638-02, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic*.
- ASTM D 638-97 (DENT) *Plastic Tensile Strength Standard Test*.
- Bárány T., Czigány T., Karger-Kocsis J., 2010, Application of the essential work of fracture (EWF) concept for polymers, related blends and composites: a review, *Progress in Polymer Science*, 35, 1257.
- Emma C.Y., dan Yiu-Wing, M., 2006, Essential Work of Fracture Analysis for Short Glass Reinforced and Rubber Toughened Nylon-6., kowloon, Hongkong.
- Fabiano Moreno Peres^a, José Ricardo Tarpanib, Cláudio Geraldo Schönc, 2014 Essential Work of Fracture testing method applied to medium density Polyethylene, *Department of Metallurgical and Materials Engineering, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Mello Moraes 2463, São Paulo - SP, São Paulo, CEP 05580-900, Brazil*
- Nasir Mehmood, Tan Mao, Gaurav Bhupati. 2012. *Fracture Mechanical Trousar Tear Testing in Thin Polymer Films. Department of Mechanical Engineering Blekinge Institute of Technology Karlskrona, Sweden.*
- Purnomo, Soenoko, R.; Suprpto, A, Irawan, Y.S. 2016. Impact Fracture Toughness Evaluation by Essential Work of Fracture Methode in High Density Polyethylene Filled with Zeolite, *FME Transactions*, Vol.44, pp. 180-187
- Purnomo, Soenoko, R, Irawan, Y.S, Suprpto, A., 2017. Deformation under quasi static loading in high density polyethylene filled with natural zeolite, *Journal of Engineering Science and technology*, vol.12, (5), pp. 1191 – 1203.

- Purnomo and Subri.M. 2016. Tensile behavior of Zeolite-filled High Density polyethylene Annealed Composite, Proceeding of the 2nd International Seminar and Conference on Global Issues (ISCoGI) 2016: European and Asian in the Age of Globalization: Cooperation and Challenge Wahid Hasyim University, Semarang, Indonesia Rami Dan SS304L Screen Mesh Sebagai Panel Peluru Level II Standar NIJ. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sitepu, I.P., 2009, pengaruh konsentrasi maleat anhidrat terhadap derajat grafting maleat anhidrat pada HDPE dengan inisiator benzoil peroksida, Skripsi USU, Medan.
- Schuh, T., Gayer, U., 1997, Lignocellulosic-Plastics Composites, Botucatu. Brazil
- Susila, Dkk, 2011, *Biodegradable Plastics From a Mixture of LDPE and Cassava Starch With the Addition of Acrylic Acid* Universitas Syiah Kuala Darussalam, Banda Aceh
- Teguh Rahardjo, 2008, *Study Eksperimental Pemanfaatan Serat Rami (Boemeria Nivea) Sebagai Bahan Penguat Komposit Polimer Matrik Polisterin*, Institut Teknologi Malang
- Yuniari, A., 2011, *Morfologi dan Sifat Fisika Polipaduan Low Density Polyethylene-Pati Tergrafting Maleat Anhidrat*, Jurnal Riset Industri, 5: 239-247
- Zhu Aiguo, 2014 Ramie (*Boehmeria nivea*) Production and Its Diverse Uses in China, Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences (IBFC, CAAS)