

JURNAL
KETANGGUHAN FRAKTUR KOMPOSIT SERAT SUTRA –
ZEOLIT - HDPE



TUGAS AKHIR

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

Disusunoleh:
SAHRUL HIDAYAT
C2A015025

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG
2019

KETANGGUHAN FRAKTUR KOMPOSIT SERAT SUTRA – ZEOLIT - HDPE

Sahrul Hidayat, Dr. Purnomo, S.T, M.Eng dan Muhammad Subri, ST, MT.

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Semarang

Email : hidayatsahrul13@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu (1)mengetahui sifat tarik komposit HDPE yang di isi serat sutra dan zeolit dibidang Biomedis, (2) Mengetahui ketangguhan fraktur dalam kondisi quasi statis. Variasi fraksi volume serbuk HDPE sebagai komposisi specimen yaitu 95 wt. % (HDPE murni), serat sutra 0,2 wt. %, zeolit 4,8 wt. %. Spesimen dicetak melalui proses *Hot Press* dengan temperatur 130⁰C. Pengujian komposit dalam penelitian ini berupa uji kekuatan tarik menurut standart ASTM D 638-02 dan DENT. Hasil pengujian tarik dengan standart ASTM D 638-02 HDPE Murni di dapat nilai Rata-rata *Max.Force* 515,16 Newton, *Elongation* 6,25 %, *Modulus Young* 425,28 N/mm², *Tensile Strength* 12,88 N/mm², dan *Yield Strength* 10,53 N/mm². Sedangkan pada hasil pengujian tarik dengan standart yang sama pada specimen komposit di dapat nilai Rata-rata *Max.Force* 524,63 Newton, *Elongation* 5,66 %, *Modulus Young* 480,41 N/mm², *Tensile Strength* 13,11 N/mm², dan *Yield Strength* 10,93 N/mm². hasil analisa nilai *Fraktur* di dapat bahwa HDPE Murni nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,499 \text{ kJ/m}^2$ dan untuk We (*essential* patahan) sebesar 3,921 kJ/m². Sedangkan pada specimen komposit mengalami kenaikan untuk nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,1225 \text{ kJ/m}^2$ dan untuk We (*essential* patahan) juga mengalami kenaikan sebesar 3,7375 kJ/m².

Kata Kunci : Serat Sutra ,Zeolit, HDPE, UjiTarik.

PENDAHULUAN

Sejarah mengenai peradaban manusia dan perkembangan sosial berkaitan erat dengan peran universal *material*- yaitu bahan yang dapat diperoleh manusia dan dapat diproses untuk menampilkan sifat yang diinginkan guna membuat benda. Hubungan antara manusia dan material ini berkembang begitu pesat selama berabad-abad hingga kini miliaran ton bahan mentah dikeruk dari alam setiap tahunnya untuk diolah tahap demi tahap menjadi produk dan sistem yang tak terhingga jumlahnya. Terobosan terobosan baru senantiasa dilakukan dalam rangka mencapai suatu hasil yang dapat bermanfaat bagi umat manusia (Van Vlack, 2004). Salah satu yang banyak dikembangkan adalah dalam bidang komposit, yaitu dengan penggabungan dua macam bahan yang mempunyai sifat berbeda menjadi satu material baru dengan sifat yang berbeda pula.

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (Nayiroh, 2013). 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).

Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*. Salah satu bahan penambah yaitu plastik *high density polyethylene* (HDPE) Salah satu dari plastic sintetis. 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 sifat mekanik yang rendah, tidak tahan pada suhu tinggi, dan getas. Oleh karena itu pencampuran antara plastic sintetis dengan polimer alam diharapkan menghasilkan plastik yang memiliki sifat mekanik yang tinggi, dan mampu terurai oleh mikro organisme (Inggaweni dan Suyatno, 2015).

Umemura (2006) menyebutkan bahwa pemanfaatan bahan baku dari alam dari pada bahan baku sintetis merupakan isu lingkungan yang sudah lama berkembang. Hal ini berkaitan dengan beberapa kelebihan bahan baku alam seperti lebih ramah lingkungan dan potensinya yang cukup banyak dan dapat diperbaharui. Zeolit merupakan mineral padat berpori yang memiliki kemampuan adsorpsi yang baik (Ansari dkk, 2014). Zeolit terdiri dari unsure alumina, silica dan sodium sebagai penyusun utamanya (Steen dkk, 2004). Kemampuan adsorpsi zeolit dimanfaatkan oleh beberapa peneliti untuk dimodifikasi menjadi membran membran zeolit merupakan membran anorganik yang stabil pada suhu yang tinggi (Barbosa, 2016) Pemanfaatan zeolit telah mengalami pengembangan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam berbagai bidang, antara lain industri, pertanian, serta lingkungan, terutama untuk menghasilkan bau, karena zeolit dapat menyerap molekul-molekul gas CO, CO₂, H₂S dan lainnya. Banyaknya pemanfaatan mineral zeolit di berbagai bidang ini sehingga perlu adanya eksploitasi mineral zeolit.

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 (Rahardjo, 2008).

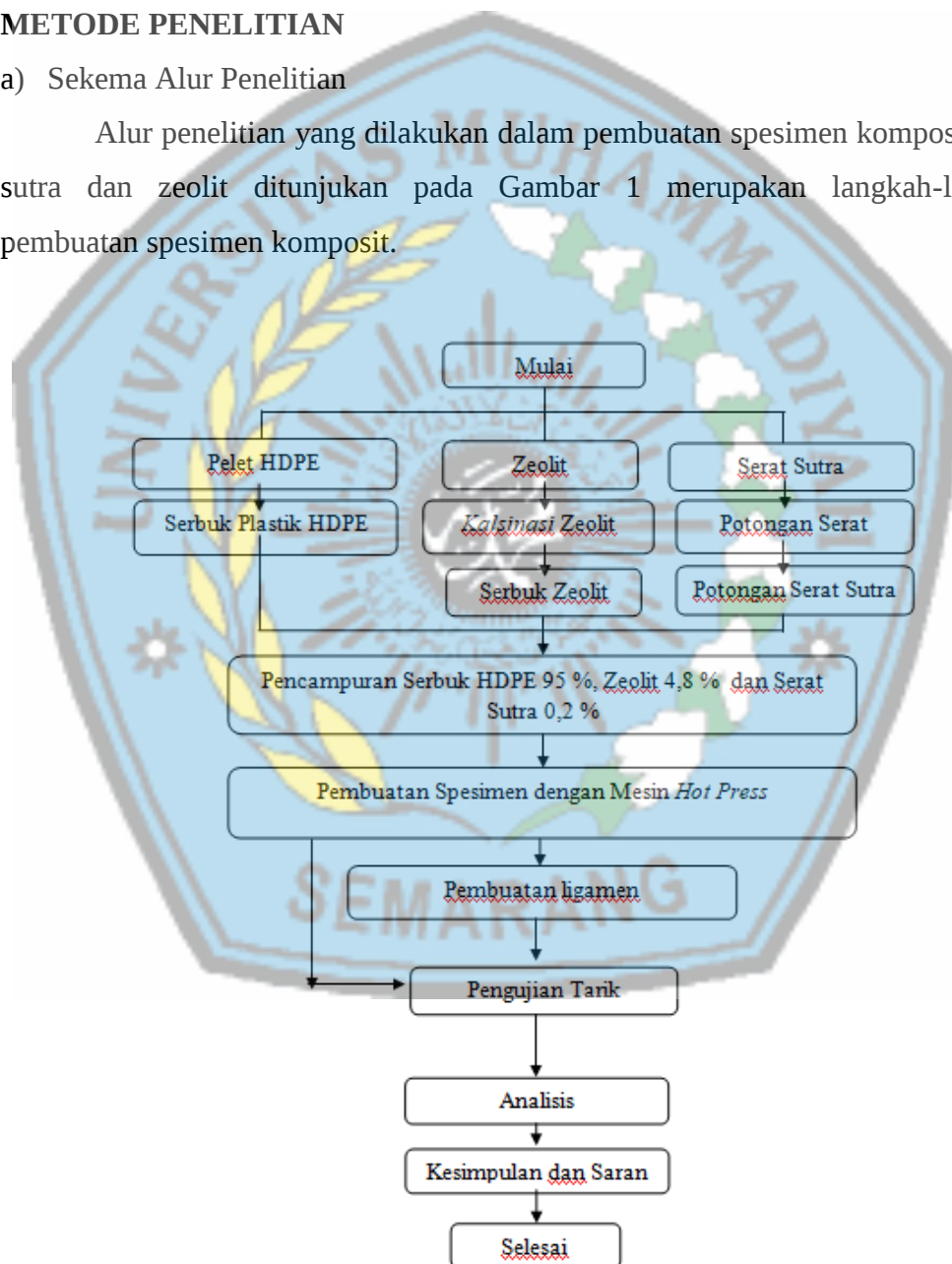
Serat dapat digolongkan berdasarkan asalnya, yaitu serat alami dan serat buatan. Dewasa ini serat alami semakin banyak diminati karena ramah lingkungan. Salah satu serat alami yang berasal dari hewan adalah serat sutra (*Bombyx mori* L.). Serat sutra memiliki kandungan fibroin yang menjadikan kekuatan mekanis serat tersebut tinggi. Kekuatan tarik serat sutra yaitu sebesar 600 MPa. Fleksibilitas dan biokompatibilitasnya baik, serta memiliki kemampuan penyerapan air yang sedikit (Sumantri, 2017).

Berdasarkan latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang campuran HDPE yang diisi serat sutra dan zeolit agar terciptanya komposit baru yang dapat digunakan untuk bahan material Bio Medis. penambahan serat sutra diharapkan dapat menambah kekuatan pada komposit, Peneliti menulis tugas akhir dengan judul **“Ketangguhan *Fraktur* Komposit Serat Sutra - Zeolit - HDPE”**.

METODE PENELITIAN

a) Sekema Alur Penelitian

Alur penelitian yang dilakukan dalam pembuatan spesimen komposit serat sutra dan zeolit ditunjukan pada Gambar 1 merupakan langkah-langkah pembuatan spesimen komposit.



Gambar 1 Skema Alur Penelitian

b) Bahan

Bahan baku pembuatan komposit HDPE (*High Density Polyethylene*), dengan campuran serat sutra dan zeolit, 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 sutra yang sudah berbentuk tali selain serat alam bahan tambahan lainnya adalah serbuk mineral dari batuan zeolit yang di peroleh dari dosen pembimbing.

c) Alat

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini berupa *Hot Press*. Beberapa alat pendukung lainnya berupa, Mesin uji tarik “Universal Testing Machine HT 2402, Mesin Uji SEM “ Jeol *JSM – 6510LA*, blender , ayakan, timbangan digital, gelas ukur, gillette, sendok, meja kayu, penggaris, oven, gunting, bok plastik, cetakan baja.

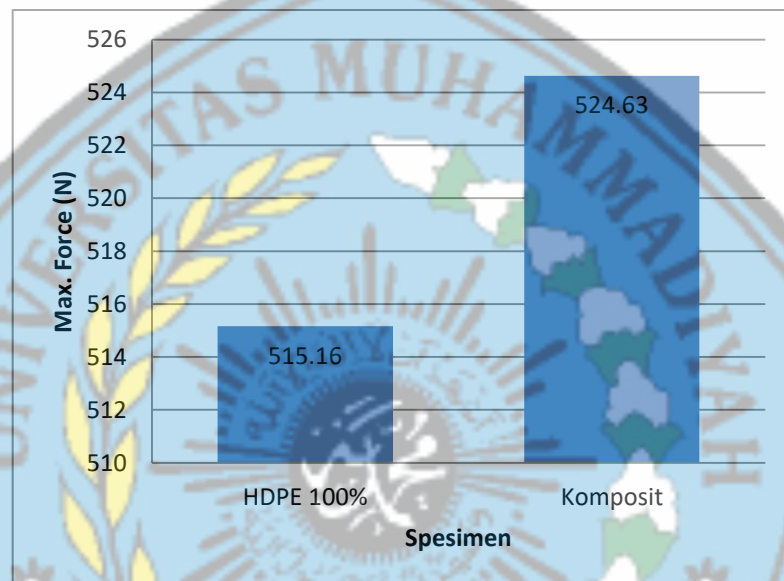
HASIL DAN PEMBAHASAN

- 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

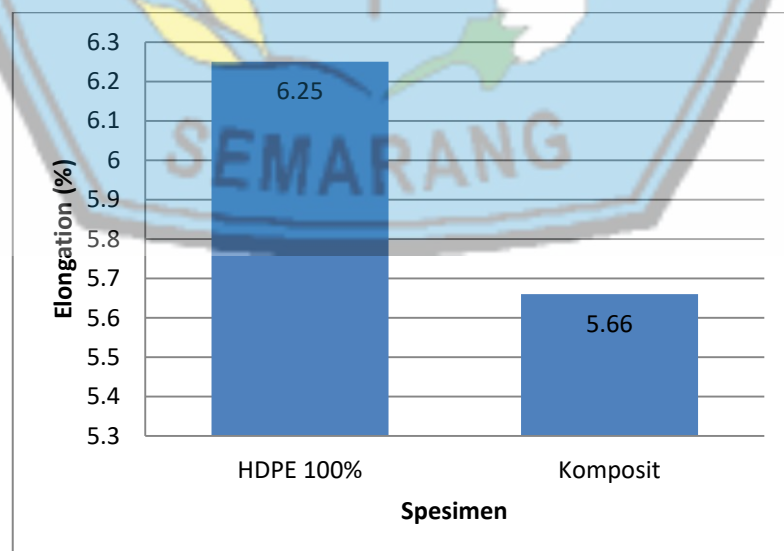
Tabel .1 Hasil Rata – rata Uji Tarik

Spesimen	<i>Max. Force (N)</i>	<i>Elongation (%)</i>	<i>Modulus Young (N/mm²)</i>	<i>Tensile Strength (N/mm²)</i>	<i>Yield Strength (N/mm²)</i>
HDPE Murni 100 %	515.16	6.25	425.28	12.88	10.53
Komposit Serat sutra 0,2 % Zeolit 4,8 % HDPE 95 %	524.63	5.66	480.41	13.11	10.93

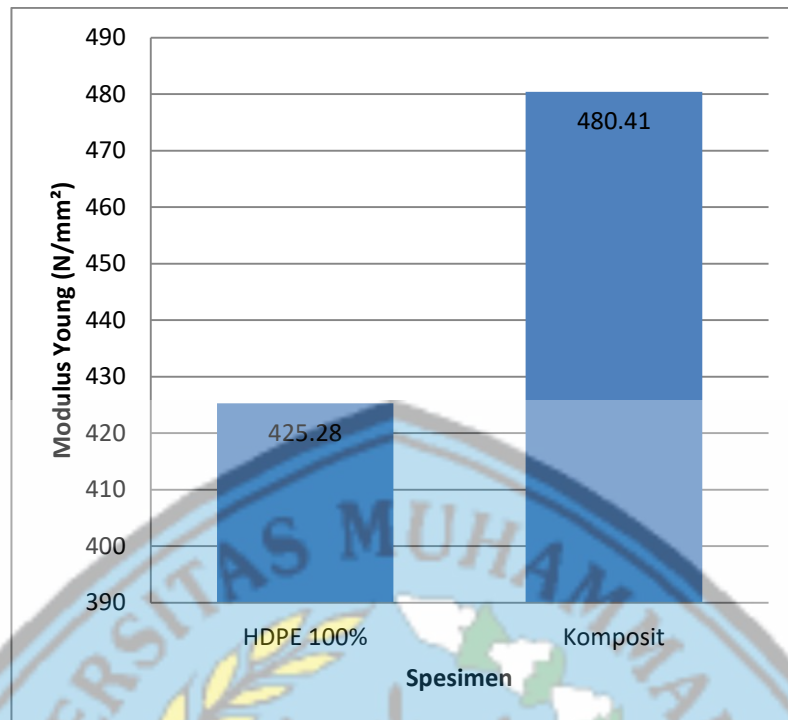
Berdasarkan hasil pengujian tarik HDPE murni memiliki rata – rata *maximum force* 515.16 N, *elongation* 6.25 %, *modulus young* 425.28 N/mm², *tensile strength* 12.88 N/mm² dan *yield strength* 10.53 N/mm². Sedangkan pada uji tarik spesimen komposit di dapat nilai rata – rata *maximum force* 524.63 N/mm², *elongation* 5.66 %, *modulus Young* 480.41 N/mm², *tensile strength* 13.11 N/mm² dan *yield strength* 10.93 N/mm². Berikut diagram dari pengujian tarik yang telah dilakukan, lebih jelasnya dapat dilihat pada (Gambar 2,3,4 dan 5).



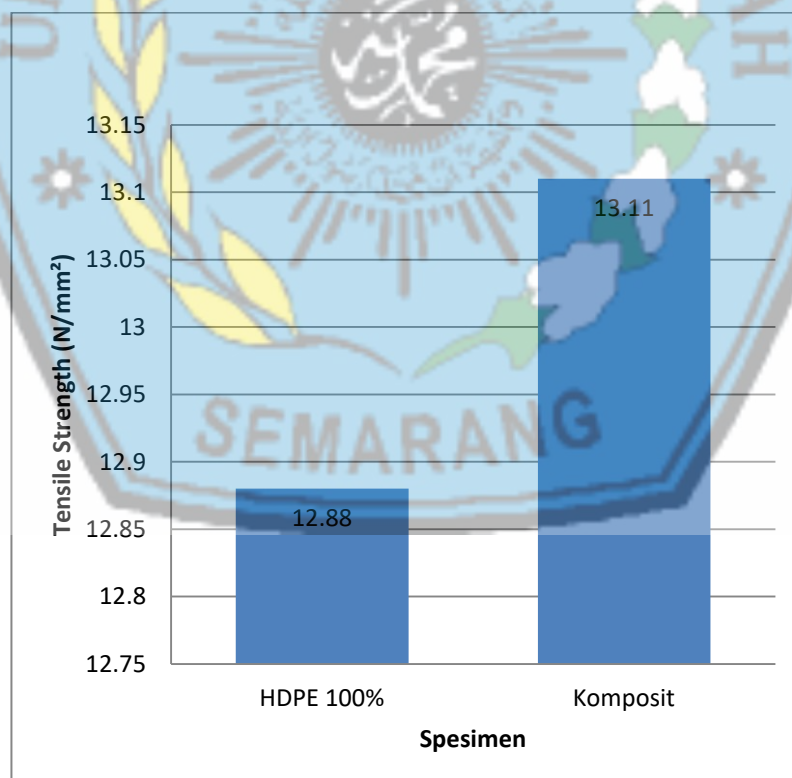
Gambar 2 Grafik *Maximum Force*



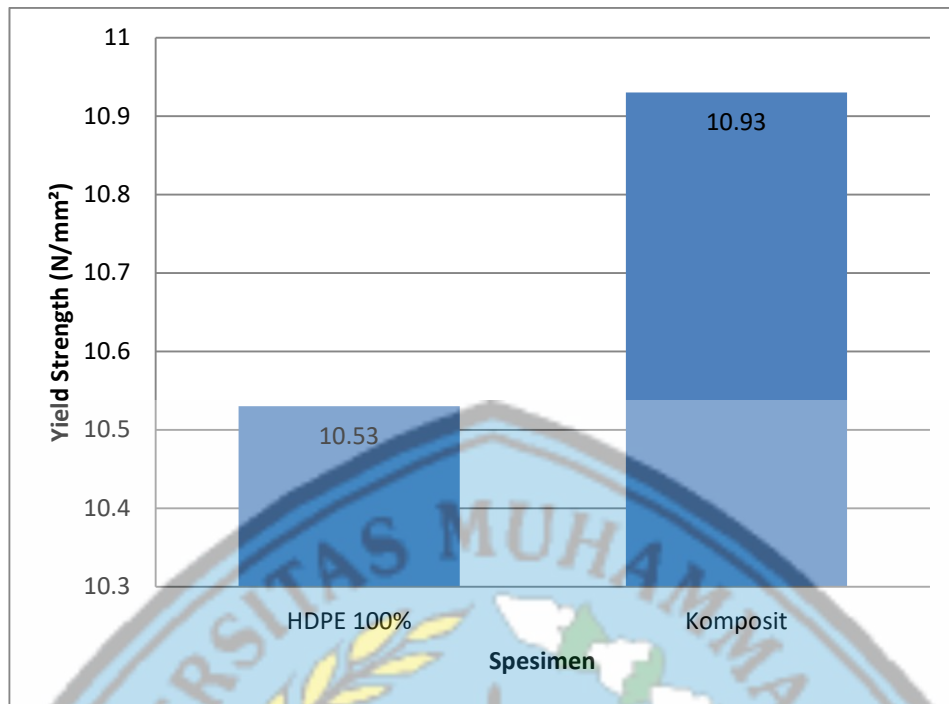
Gambar 3 Grafik *Elongation*



Gambar 4 Grafik *Modulus Young*



Gambar 5 Grafik *Tensile Strength*



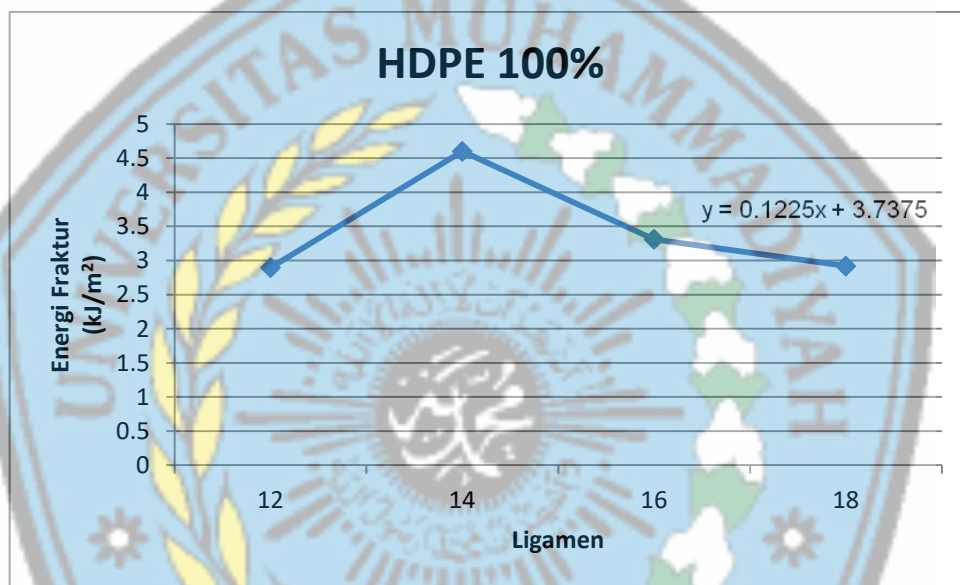
Gambar 6 Grafik Yield Strength

b). Pengujian tarik spesimen komposit EWF (*Essensial Work of Fracture*) Berikut adalah hasil rata-rata pengujian tarik ditunjukkan pada Tabel 2, yang dilakukan pada penelitian spesimen DENT (*Double Edge Notch Tensile*) ligamen 12 mm, 14 mm, 16 mm dan 18 mm yang telah melalui proses uji tarik untuk mengetahui kekuatan *fracture* dari spesimen komposit.

Tabel 2 Hasil Rata – Rata Energi Fracture (kJ/m²)

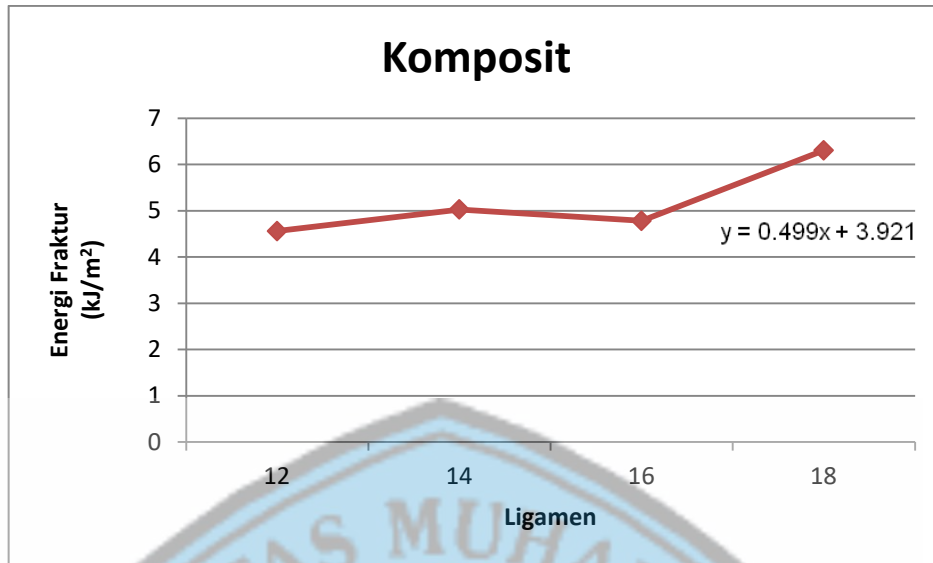
Spesimen	(Double Edge Notch Tensile)			
	Ligamen 12	Ligamen 14	Ligamen 16	Ligamen 18
	Energi	Energi	Energi	Energi
HDPE Murni 100%	2.897	4.599	3.311	2.918
Komposit Serat sutra 0,2 % Zeolit 4,8 % HDPE 95 %	4.559	5.029	4.781	6.305

Berdasarkan hasil rata – rata kekuatan *fracture* yang didapat dari hasil pengujian tarik spesimen HDPE Murni 100% dimana HDPE Murni dengan ukuran ligamen 12 mm mendapatkan hasil rata – rata 2,897 kJ/m², ligamen 14 mm mendapatkan hasil rata – rata 4,599 kJ/m², ligamen 16 mm mendapatkan hasil rata – rata 3,311 kJ/m², dan ligamen 18 mm mendapatkan hasil rata – rata 2,918 kJ/m². dengan hasil untuk nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,1225$ kJ/m² untuk We (*essential* patahan) sebesar 3,7375 kJ/m² dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Energi *Fraktur* HDPE Murni

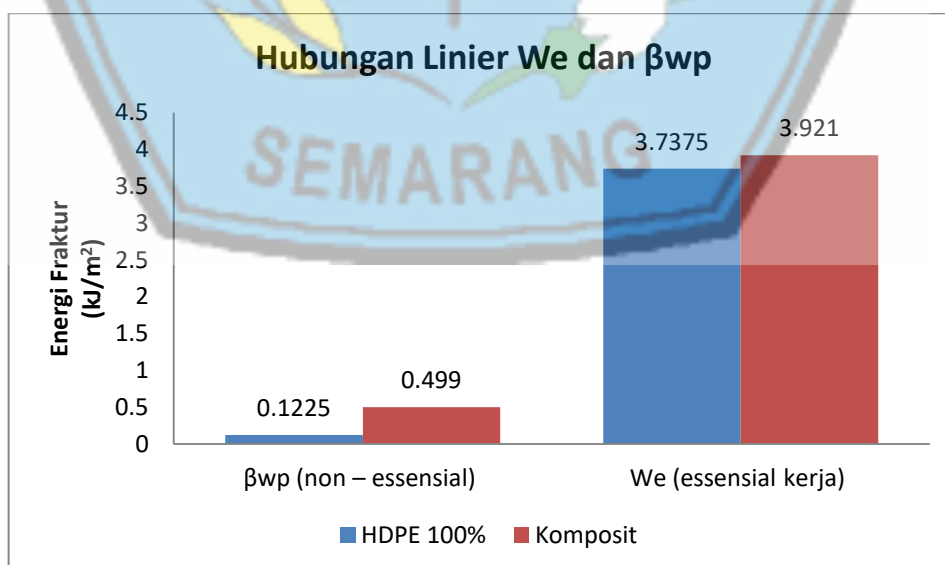
Sedangkan pada pengujian tarik spesimen komposit Serat sutra 0,2 %, Zeolit 4,8 %, dan HDPE 95 % ukuran ligamen 12 mm, 14 mm, 16 mm dan 18 mm dengan HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai matrik, serat sutra sebagai *filler* dan zeolit sebagai pengisi. Spesimen komposit dengan ukuran ligamen 12 mm mendapatkan hasil rata – rata 4,559 kJ/m², ligamen 14 mm mendapatkan hasil rata – rata 5,029 kJ/m², ligamen 16 mm mendapatkan hasil rata – rata 4,781 kJ/m², dan ligamen 18 mm mendapatkan hasil rata – rata 6,305 kJ/m². untuk nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,499$ kJ/m² dan nilai We (*essential* patahan) sebesar 3,921 kJ/m² dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Energi Fraktur Komposit

4.2.3 Hubungan Linier We dan β_{wp}

Berdasarkan hasil uji tarik HDPE Murni untuk nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,499 \text{ kJ/m}^2$ dan untuk We (*essential* patahan) sebesar $3,921 \text{ kJ/m}^2$. Sedangkan hasil uji tarik komposit mengalami kenaikan nilai β_{wp} (*non – essential*) $wf = 0,1225 \text{ kJ/m}^2$ untuk We (*essential* patahan) juga mengalami kenaikan sebesar $3,7375 \text{ kJ/m}^2$ dibandingkan dengan HDPE Murni dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Linier We dan β_{wp}

KESIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian HDPE murni dan komposit serat sutra 0,2 %, zeolit 4,8 %, HDPE 95 % menggunakan pengujian tarik menurut ASTM D-638-02 dan (ASTM D (DENT) dengan (ASTM D (DENT) ligamen 12 mm, 14 mm, 16 mm dan 18 mm didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Hasil pengujian tarik dengan standart ASTM D 638-02 HDPE Murni di dapat nilai Rata-rata *Max.Force* 515,16 Newton, *Elongation* 6,25 %, *Modulus Young* 425,28 N/mm², *Tensile Strength* 12,88 N/mm², dan *Yield Strength* 10,53 N/mm². Sedangkan pada hasil pengujian tarik dengan standart yang sama pada spesimen komposit di dapat nilai Rata-rata *Max.Force* 524,63 Newton, *Elongation* 5,66 %, *Modulus Young* 480,41 N/mm², *Tensile Strength* 13,11 N/mm², dan *Yield Strength* 10,93 N/mm².
- b. Berdasarkan hasil uji *Fraktur* dapat di simpulkan bahwa untuk β_{wp} (*non – essential*) HDPE Murni nilai hubungan linier $wf = 0,499 \text{ kJ/m}^2$ dan untuk We (*essential* patahan) sebesar $3,921 \text{ kJ/m}^2$. Sedangkan pada spesimen komposit mengalami kenaikan untuk nilai β_{wp} (*non – essential*) hubungan linier $wf = 0,1225 \text{ kJ/m}^2$ dan untuk We (*essential* patahan) juga mengalami kenaikan sebesar $3,7375 \text{ kJ/m}^2$ dibandingkan dengan HDPE Murni.

DAFTAR PUSTAKA

- Akai, H. 1997. Recent Apects of Wild Silkmooths and Silk Research. *Makalah Dalam Seminar Pengembangan Ulat Sutra Liar Indonesia Prospek Kerjasama dalam Propinsi DIY-Kyoto*. Pusat Studi Jepang. UGM. Jogjakarta.
- Ansari, M., Aroujalian, A., Raisi, A., Dabir, B., & Fathizadeh, M. (2014). *Preparation and characterization of nano-NaX zeolite by microwave assisted hydrothermal method*. *Advanced Powder Technology*, 25(2), 722–727. <http://doi.org/10.1016/j.appt.2013.10.021>.
- Atikah Wulan Safrihatini. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil* Vol. 32 No. 1, 2017: 17-24. Politeknik STTT Bandung, Jalan Jakarta No.31 Bandung 40272.
- Barbosa, G. P., Debone, H. S., Severino, P., Souto, E. B., & Da Silva, C. F. (2016). *Design and characterization of chitosan/zeolite composite films - Effect of zeolite type and zeolite dose on the film properties*. *Materials Science and Engineering C*, 60, 246–254. <http://doi.org/10.1016/j.msec.2015.11.034>
- Billmeyer, W. F. 1994, *Texbook of Polymer Science*. 3rd Edition, Jhon Wiley & Son, New York
- BPOM, 2008, *Informatorium Obat Nasional Indonesia*, Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, Jakarta
- Corneliusse, R.D., 2002, *Property High Density Polyethylene*, *Modern Plastic Encyclopedia* 99, p.198.
- Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral kabupaten Malang. 2010. *Data Sumber Daya Mineral di Kabu-paten Malang*. Malang: Dinas E dan S D M kabupaten Malang.
- Ellyawan.,(2008),*Panduan untuk Komposit* ,ITB Press Bandung, Bandung.
- Ferdiansyah, E. 2013. *Ilmu Bahan Teknik 1*. Jakarta: Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan.

- Fajri Rahmat Iskandar, Tarkono Sugiyanto. (2013) Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria Cylindrica* Dengan Variasi Fraksi Volume Bermatrik *Polyester*. JURNAL FEMA, Volume 1, Nomor 2. Lampung. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung.
- Gibson, Ronald F. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: Mc Graw hill, Inc.
- Harahap, S, (2006), “*Kajian Bahan Laporan Akhir, Badan Penelitian dan Pengembangan Propinsi Sumatera Utara, Medan*.”
- Harper. 1975. *Handbook of Plastic and Elastomer*. Westing House Electric Corporation. Baltimore. Maryland
- Hartanto L. 2009. Studi Perlakuan Alkali Dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan *Bending*, Tarik, Dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik *Polyester* BQTN 157. Tugas Akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Inggaweni, L. dan Suyatno. 2015. “Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Dari Komposit High Density Polyethylene (HDPE) Dan Pati Kulit Singkong.” In : Prosiding Seminar Nasional Kimia, 3-4.
- Ishlah, A.S. 2017. Karakteristik Ketangguhan Fraktur Komposit Low *Density Polyethylene* Berpenguat Sabut Kelapa. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Jones, R, M, 1999, *Mechanise of Compasite Material*. International Student Edition New York
- Kartini, Ratni. 2002. Skripsi, Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Instintut Pertanian Bogor.
- Kiran, G.B, Suman. K.N.S, Rao N.M, Rao U.M. 2011. A study on the influence of hot press forming process parameters on mechanical properties of green composites using Taguchi experimental design. *International Journal of Engineering, Science and Technology* .Vol. 3, No. 4, , pp. 253-263.
- Ludi Hartanto, (2009) Study Perlakuan ALKALI dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan *Bending*, Tarik, dan Impek Komposit Berpenguat Serat Rami Bermatrik Polyester BQTN157.

- Marwan Muhammad, 2016, *Ketangguhan Impact Fracture Komposit High Density Polyethylene Berpenguat Serat Eceng Gondok*, Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Mediastika, Christian E. 2013. *Hemat Energi dan Lestari Lingkungan Melalui Bangunan*. Yogyakarta : Katalog Dalam Terbitan
- Muhammad Said, Arie Wagi Prawati, Eldis Murenda. 2008. *Atifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
- Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aktif*. Jurnal Traksi. Vol. 3. No. 5
- Nasution, A. 2011. *Pembuatan Papan Partikel Komposit Polietilena Kerapatan Rendah Daur Ulang Dan Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Diakses : 20,2017, dari:<http://www.google.com/url?q=http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/4/Chapter%252011.pdf>
- Nayiroh ,N .2013. Teknologi Material Komposit. <http://blog.uinmalang.ac.id/nurun/files/2013/03/Material-Komposit.pdf>. diakses pada 26 Mei 2019. Hal 1 – 3
- Ni'mah, Y.L., Atmaja, L., dan Juwono, H., (2009), *Synthesis and Characterization of HDPE Plastic Film for Herbicide Container Using Fly Ash Class F as Filler*, Indo.J. Chem 9(3) : 348-354.
- Nurdin Bukit, Eva Marlina Ginting, Mukti Hamjah Harahap. 2014. "Preparasi Bentonit Alam Menjadi Nano Partikel Sebagai *Filler* Pada Termoplastik HDPE". Jurnal Sainika Volume 15(11): 106-118, 2014 .ISSN 1412-2995. Jurusan Fisika , FMIPA, Universitas Negeri Medan.
- Nurmaulita, 2010. "*Pengaruh Orientasi Serat Sabut Kelapa Dengan Resin Polyester Terhadap Karakteristik Papan Lembaran*". Uniersitas sumatra utara.
- Oktaviana, T. D. 2002. *Pembuatan dan Analisa Film Bioplastik dari Kitosan Hasil Iradiasi Kitin yang Berasal dari Kulit Kepiting Bakau (Scylla serata)*. (Skripsi). Universitas Pancasila. Jakarta

- Schwartz, M.M., 1984, *Composite Materials Handbook*, Mc Graw-Hill Book Co., New York.
- Sears, Zemansky. (2002). *Fisika Untuk Universitas*. Jilid 2. Erlangga. Jakarta.
- Setyawan, P.D dkk. 2012. Pengaruh Orientasi dan Fraksi Volume Serat Daun Nanas (Anans Comous) Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Polyester tak Jenuh (UP). *Dinamika Teknik Mesin*, Volume 2 No.1, Teknik Mesin Universitas Mataram NTB. Hal 1-2
- Sirait, D. H. (2010, September 22). Material Komposit Berbasis Polimer Menggunakan Serat Alami. Dipetik Mei 25, 2019, dari <http://dedyhariantowordpress.com>
- Sitepu, I.P., 2009, pengaruh konsentrasi maleat anhidrat terhadap derajat grafting maleat anhidrat pada HDPE dengan inisiator benzoil peroksida, Skripsi USU, Medan.
- Steen, E. Van, Callanan, L. H., & Division C. (2004). Synthesis and characterization of the nanocrystalline zeolite ZSM-35.pdf, 154(1), 189-194.
- Stevens, M. P. 2001. *Kimia Polimer*, Edisi Pertama. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surdia T., (1995). *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradya paramita: Jakarta.
- Surono, U. B. 2013. *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra. Yogyakarta
- Taslimah, Tono Eko Prayitno, Salih Muharam, Damin Sumardjo. 2004, Pengaruh Perlakuan Hidrotermal Terhadap Komposisi Mineral Penyusun Zeolit Alam, J. Kim. Sains & Apl. Vol. VII. No. 2 Agustus 2004, Fakultas MIPA Universitas Diponegoro.
- Teguh Rahardjo, 2008, *Study Eksperimental Pemanfaatan Serat Rami (Boemeria Nivea) Sebagai Bahan Penguat Komposit Polimer Matrik Polisterin*, Institut Teknologi Malang.
- Tiaradenta diah ayu sumantri, 2017, Pengaruh Penambahan Serat Kepompong Ulat Sutra (*Bombyx Mori L.*) Terhadap Kekuatan Fleksural Resin Komposit *Flowable*, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- Umemura, K. 2006. Wood-based Materials and Wood Adhesives: Recent Trend in Japan. Cibinong: Makalah Wood Science School di UPT Biomaterial LIPI.
- Vlack, L. H. (2004). Elemen-elemen Ilmu dan Rekayasa Material. (S. Djaprie, Penerj.) Jakarta: Erlangga.
- Wang, M. W., Tze-Chi H., and Jie-Ren Z., 2009, *Sintering Process and Mechanical Property of MWCNTs/HDPE Bulk Composite*, Departmen of Mechanical Engineering, Oriental Institute of Technology, Pan-Chiao, Taipei Hsien, Taiwan, pp. 821-826.
- Yuniari, A., 2011, *Morfologi dan Sifat Fisika Polipaduan Low Density Polyethylene-Pati Tergrafting Maleat Anhidrat*, Jurnal Riset Industri, 5: 239-247
- Zulfikar, 2010. *Keseimbangan Larutan*. <http://www.chem-is-try.org>. (1 Agustus 2011).

