

PENGARUH BEBAN TARIK TERHADAP VARIASI UKURAN SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT KOMPOSIT *POLYMERIC FOAM*

Taufan Arif Adlie^{1,2,*}, Zainal Arif^{1,2}, Fazri Amir², Samsul Rizal¹, Nurdin Ali¹, Syifaul Huzni¹, Sulaiman Thalib¹, Suheri²

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Darussalam – Banda Aceh, 23111

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Samudra, Kampus Meurandeh – Langsa Lama, Kota Langsa, 24416

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Mei 2018

Direvisi dari 20 Mei 2018

Diterima 31 Juli 2018

Kata Kunci:

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), komposit polimeric foam, kekuatan tarik, ukuran serat (meshing).

ABSTRAK

Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai serat pada material komposit mempunyai arti yang sangat penting sebagai alternatif dalam mengatasi permasalahan limbah pada industri kelapa sawit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan uji tarik sifat dari material komposit *polimeric foam* diperkuat serat ampas TKKS berdasarkan bentuk standar uji ASTM D-638. Spesimen cetakan dibuat dari besi plat dengan tebal, lebar dan panjang masing-masing 4, 22.5, dan 150 mm. Sisi kedua cetakan memiliki dinding cetakan yang menggunakan kaca transparan dengan tebal 5 mm. Komposisi setiap spesimen sama yaitu 70% Resin, 15% Serat TKKS, 15% *Polyurethane* dengan ukuran serat berbeda yaitu mesh 80, 60 dan 40. Nilai tegangan rerata spesimen A (mesh 80) yaitu 9,027 MPa dan nilai regangan yang diperoleh 0,026 mm/mm. Sedangkan nilai tegangan rerata spesimen B (mesh 60) yaitu 7,33 MPa dan nilai regangan yang diperoleh yaitu 0,02 mm/mm. Nilai tegangan rerata spesimen C (mesh 40) yaitu 7,09 dan nilai regangan yang diperoleh yaitu 0,022 mm/mm. Dari data hasil pengujian spesimen A lebih baik dibandingkan dengan spesimen B dan C. Semakin kecil ukuran serat TKKS maka kuat tarik material komposit *polimeric foam* akan bertambah baik.

© 2018 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. Pendahuluan

Penggunaan material komposit mempunyai sejarah yang panjang, awalnya tidak diketahui dengan pasti, tetapi dalam catatan sejarah menunjukkan bahwa pemakaian material komposit telah ada sejak jaman Mesir kuno dimana jerami digunakan untuk memperkuat lempung batu bata dan kayu yang disusun berlapis untuk mendapatkan ketahanan terhadap ekspansi panas serta mengatasi kelembaban (Ashaby, M. F., 1984).

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) adalah limbah pabrik kelapa sawit yang jumlahnya sangat melimpah. Setiap pengolahan 1 Ton Tandan Buah Segar (TBS) akan dihasilkan 22 – 23% TKKS atau sebanyak 220 – 230 kg. Sebuah pabrik dengan kapasitas besar mampu mengolah 100 ton/jam dalam waktu operasi selama 1 jam, maka akan dihasilkan sebanyak 23 Ton TKKS (Widiastuti, H., Tri P., 2007).

Potensi limbah TKKS khususnya di Aceh juga cukup melimpah maka diperlukan alternatif lain untuk memanfaatkan limbah TKKS tersebut menjadi material

yang lebih berdayaguna. Di Aceh terdapat 25 unit Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PKS). Lokasi PKS terletak di delapan kabupaten dengan total kapasitas operasi terpakai 551,12 Ton/jam. Data tersebut menggunakan asumsi 20% TBS akan menghasilkan limbah padat berupa TKKS dalam sehari sebanyak 110,224 ton. (Dinas Pertanian dan Perkebunan Aceh., 2015).

Kandungan nutrisi kompos TKKS adalah C 35%, N 2,34%, C/N 15, P 0,31%, K 5,53%, Ca 1,46%, Mg 0,96%, dan Air 52%. Kompos TKKS dapat diaplikasikan untuk berbagai tanaman sebagai pupuk organik, baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk kimia (Widiastuti, H., Tri P., 2007).

Penelitian ini dilakukan untuk pemanfaatan limbah serat TKKS yang banyak tersedia di Aceh dan sudah dimanfaatkan sebagian sebagai pupuk kompos dan bahan bakar ketel uap pada pabrik kelapa sawit dan penelitian ini diolah sebagai bahan baku komposit untuk menghasilkan nilai ekonomis (Mahidin, et. al., 2013).

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh ukuran serat TKKS pada komposit *polymeric foam* terhadap kuat tarik dari material komposit tersebut.

2. Studi Literature

2.1 Komposit

Komposit pada dasarnya adalah gabungan bahan-bahan yang berbeda dalam skala makro. Adapun contoh komposit alami yang ada di alam adalah kayu yang merupakan gabungan serat selulosa didalam matriks lignin. Komposit buatan manusia biasanya merupakan gabungan antara material serat yang kuat seperti serat kaca, karbon yang digabungkan dalam matriks resin seperti epoxy atau polimer. Kelebihan komposit adalah sifatnya yang dapat diatur. Salah satu cara pengaturan sifat pada material komposit adalah dengan mengubah arah orientasi, susunan, dan sudut material penyusunnya (Gibson, F Ronald, 1994).

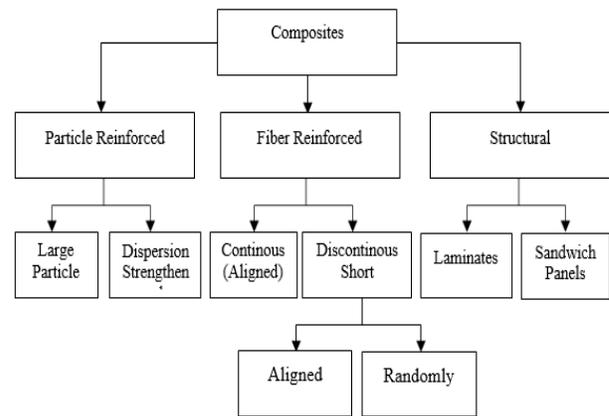
Salah satu keuntungan material komposit adalah kemampuan material yang dapat diatur kekuatannya sesuai dengan kebutuhan pemakaian. Hal ini dinamakan tailoring properties dan ini adalah salah satu sifat istimewa komposit dibandingkan dengan material konvensional lainnya. Selain itu komposit tahan terhadap korosi yang tinggi serta memiliki ketahanan yang tinggi pula terhadap beban. Oleh karena itu, untuk bahan serat yang digunakan bahan yang kuat, kaku, dan getas, sedangkan bahan matriks dipilih bahan-bahan yang liat dan lunak (Schwartz, M.M. 1984).

2.2 Klasifikasi Material Komposit

Komposit dapat dibagi ke dalam beberapa jenis. Klasifikasi komposit dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar 1 menjelaskan klasifikasi struktur komposit berdasarkan bentuk penguat (*reinforcement*) yang terdiri dari Komposit Partikel (*Particle Reinforced*), Komposit Serat (*Fiber Reinforced*) dan Komposit Struktur Laminat (*Structural Reinforced*).

2.3 Sifat Mekanik Material Komposit

Sifat mekanik secara umum ditentukan melalui pengujian destruktif dari sampel material pada kondisi pembebanan yang terkontrol. Sifat mekanik yang paling baik adalah didapat dengan melakukan pengujian prototipe atau desain sebenarnya dengan aplikasi pembebanan yang sebenarnya. Namun data spesifik seperti ini tidak mudah diperoleh sehingga umumnya digunakan data hasil pengujian standar seperti yang telah dipublikasikan oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*).



Gambar 1. Klasifikasi struktur komposit (Hull, Derek., 1981).

Pada umumnya sifat-sifat komposit ditentukan oleh beberapa faktor antara lain: (a) jenis bahan-bahan penyusun, yaitu bahan serat yang akan digunakan seperti serat sabut kelapa, ijuk, serat nanas, serat pisang, dan lain-lain. (b) bentuk geometris dan struktur bahan penyusun, yaitu bentuk dari serat, serakan, dan struktur bahan-bahan penyusun dalam pembuatan material komposit. (c) rasio perbandingan bahan-bahan penyusun, yaitu perbandingan bahan yang akan digunakan untuk menghasilkan material komposit yang baru dan baik. (d) daya lekat antar bahan-bahan penyusun, merupakan kemampuan serat untuk saling mengikat antar bahan penyusunnya. (e) proses pembuatan, pada proses ini perlu diperhatikan langkah-langkah dalam membuat material baru sehingga diperoleh material yang baik dan sesuai dengan standar (Hull, Derek., 1981).

Penelitian yang dilakukan Diharjo, K. (2006) menyimpulkan bahwa komposit yang diperkuat serat rami dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu $S = 190.27$ MPa dan $E = 0.44\%$. Semakin lama perlakuan serat rami, maka modulus elastisitas kompositnya pun meningkat. Patahan komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan dan dengan perlakuan 5% NaOH selama 2 jam dapat diklasifikasikan sebagai jenis patah banyak (*splitting inmultiple area*). Penampang patahan komposit yang diperkuat serat rami tanpa perlakuan didominasi perilaku kegagalan *fiber pull out*. Namun pada komposit yang diperkuat serat dengan perlakuan 5% NaOH, penampang patahannya mengindikasikan tanpa adanya *fiber pull out*.

Investigasi serat TKKS dengan melakukan perbandingan sifat termal dan fisik serat TKKS yang diberi perlakuan kimia dan yang tidak diperlakukan kimia. Pengujian dengan termal dilakukan dengan Thermal Gravimetry Analysis (TGA) & Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Pengujian ini menunjukkan sifat termal serat TKKS yang diberi

perlakuan kimia, begitu pula dengan Scanning Electron Microscope (SEM), sifat fisiknya juga lebih baik TKKS yang diberi perlakuan kimia (Khalili, P., et. al., 2018)

Hibridisasi pada bionanokomposit *polyurethan foam* dengan bahan pengisi TKKS dan nano tanah liat yang telah dilakukan menghasilkan efek yang positif terhadap peningkatan sifat kuat tekan maupun stabilitas termal dari material komposit ini dibandingkan dengan biokomposit yang hanya menggunakan serat TKKS namun biaya produksi untuk membuat nano TKKS dan nano tanah liat sangat tinggi (Ali, E.S., Ahmad, S., 2012).

Penelitian nanokomposit dengan epoxy sebagai matrik menunjukkan bahwa penambahan 3% nano TKKS sebagai pengisi mampu meningkatkan sifat fisik, struktural dan termomekanik dari nanokomposit dengan epoxy sebagai matrik karena distribusi dan dispersi yang tepat dalam matriks epoksi (Saba, N., et. al. 2017)

Penambahan selulosa dari TKKS yang dilakukan pada biokomposit film menghasilkan peningkatan kuat tarik dan modulus elastisitas serta morfologi yang baik pada biokomposit (Nur Liyana, et. al. 2016)

Penelitian sifat mekanis dari anyaman kenaf bast fiber/tandan kosong kelapa sawit hibrid diperkuat biokomposit *polyhydroxybutyrate* sebagai bahan bangunan non-struktural. Hasil dari uji tarik dan lentur serat anyaman hibrida KBFw/TKKS diperkuat biokomposit *polyhydroxybutyrate* (PHB) dengan 11 lapisan memiliki kemampuan sebagai material alternatif menggantikan beberapa jenis kayu sebagai bahan bangunan non-struktural (Khoshrava, S.M., et. al. 2017)

Kajian juga telah dilakukan dengan menganalisa sifat mekanik bata ringan dari limbah potong batu marmer diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kuat tekan bata ringan komposit dari limbah potong batu marmer diperkuat serat TKKS baik dan layak di produksi (Fitriadi, N., 2018)

2.4 Polimeric Foam

Polyuretan adalah suatu jenis polimer yang mengandung jaringan uretan, yaitu: $-NH-CO-O-$. Poliuretan dibentuk oleh reaksi senyawa isosianat yang bereaksi dengan senyawa yang memiliki hidrogen aktif, seperti diol (*polyol*), yang mengandung grup hidroksil dengan pemercepat reaksi (katalis). Unsur nitrogen yang bermuatan negatif pada isosianat akan tertarik ke arah unsur oksigen yang bermuatan positif pada kelompok alkohol (*polyol*) untuk membentuk ikatan uretan antara dua unit monomer dan menghasilkan dimer uretan. Reaksi isosianat ini akan membentuk amina dan gas karbon dioksida (CO_2). Gas ini yang kemudian akan membentuk busa pada material polimer yang terbentuk. Material yang terbentuk

dari campuran *Blowing agent* dan polimer disebut dengan material *polymeric foam*.

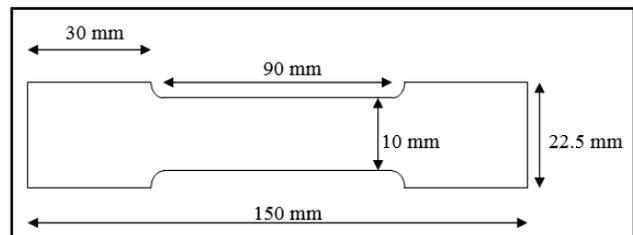
Polymeric foam merupakan *polyester* resin tak jenuh yang merupakan material polimer kondensat yang dibentuk berdasarkan reaksi antara kelompok *polyol*, yang merupakan organik gabungan dengan alkohol multiple atau gugus fungsi hidroksi, dan *polycarboxylic* yang mengandung ikatan ganda. Tipikal jenis polyol yang digunakan adalah *glycol*, seperti *ethylene glycol*. Sementara asam *polycarboxylic* yang digunakan adalah asam *phthalic* dan asam *maleic*.

Blowing agent ini berfungsi untuk menghasilkan jenis plastik dengan struktur bangunan sel-sel berongga. Bahan ini akan mempermudah terbentuknya busa dengan munculnya gelembung-gelembung kecil dan kestabilan koloid terhadap penyatuan gelembung-gelembung tersebut. Jenis *blowing agent* yang digunakan sebagai bahan campuran pembuatan kerucut lalu lintas (*traffic cone*) yang akan dianalisa ialah *Polyurethane* terdiri dari *polyol* 55 % dan *isocyanate* 45 % (M. Mohamed., 2015).

3. Metodologi

3.1 Pembuatan Spesimen

Pola spesimen berukuran panjang 150 mm dengan tinggi 4 mm dan lebar 22.5 mm. Pola spesimen berbentuk persegi panjang, seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Pola spesimen uji tarik berdasarkan ASTM D-638

Proses pembuatan cetakan spesimen terbuat dari plat besi 5 mm yang sudah di potong di bentuk dengan mesin milling hingga berbentuk persegi panjang dengan ukuran sesuai standar ASTM D-638. Dinding pada cetakan ini menggunakan kaca yang berwarna transparan untuk memudahkan melihat dari proses reaksi pada saat melakukan pencetakan. Dinding kaca dan pola cetakan di jepit dengan menggunakan penjepit agar tidak mudah tergeser antar dinding kaca dan pola cetakan.

3.2 Pembuatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Bahan baku pengujian spesimen adalah serat ampas TKKS yang telah dikeringkan. Serat ampas TKKS yang merupakan bahan utama.



Gambar 4. Proses Pembuatan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Bahan ampas TKKS di ambil yang baru keluar dari mesin perebusan pada pengolahan pabrik, selanjutnya dibersihkan. untuk mendapatkan hasil yang lebih baik TKKS direndam selama 24 jam dengan larutan NaOH. Setelah proses perendaman selesai selanjutnya TKKS harus melalui tahap pengeringan. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan memanfaatkan energi matahari atau mesin pengering. Setelah TKKS kering dilakukan penggilingan dengan mesin pengayak dengan mesh masing-masing 80, 60, dan 40.

3.3 Pengujian Spesimen

Uji tarik pada suatu bahan atau struktur merupakan pemberian beban yang saling berlawanan arah untuk melihat kekuatannya. Kekuatan tarik dapat diukur dengan cara menguji material tersebut dan menghasilkan kurva faya dan perubahan panjang. Kemudian data tersebut dijadikan kurva tegangan-regangan. Bahan mengalami patah jika melewati batas kekuatan luluh.

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan luluh bahan, dan dapat memprediksikan jenis dan sifat material, yaitu getas atau ulet.

Untuk mendapatkan material komposit yang kuat, serat TKKS dicampur dengan resin termoset dengan material penyusun seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Table 1. Material-material penelitian

No	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Resin Polyester tak jenuh	BQTN 157-EX	
2	Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)		Fiber
3	Blowing Agent	Polyurethane	
4	Katalis	MEKPO	
5	Perbersih serat	NaOH, 1M	1%
6	Pelumas ksusus	WAX	Pelumasan

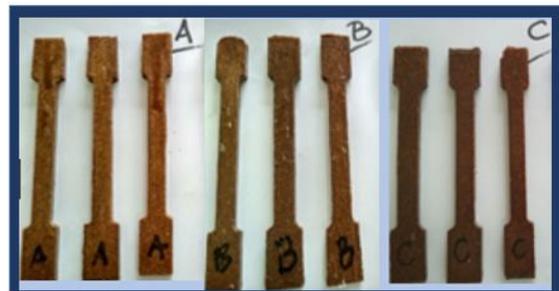
Komposisi bahan serat TKKS yang telah melalui proses pencampuran dapat dilihat pada Tabel 2. Selanjutnya dicetak dengan menggunakan pola yang telah disediakan.

Komposisi bahan spesimen dapat dilihat pada tabel 2. Adapun spesimen yang akan diuji untuk setiap komposisi berjumlah 6 spesimen uji.

Tabel 2. Komposisi Bahan Spesimen Uji

Bahan	Komposisi (% Berat Jenis)		
	A	B	C
Resin Polyester	75	75	75
Serat	10	10	10
Polyurethane	15	15	15
Jumlah	100	100	100

Pada gambar 5 diperlihatkan bentuk spesimen yang telah dicetak dan siap untuk dilakukan proses pengujian.



Gambar 5. Spesimen uji

3.4 Peralatan Pengujian

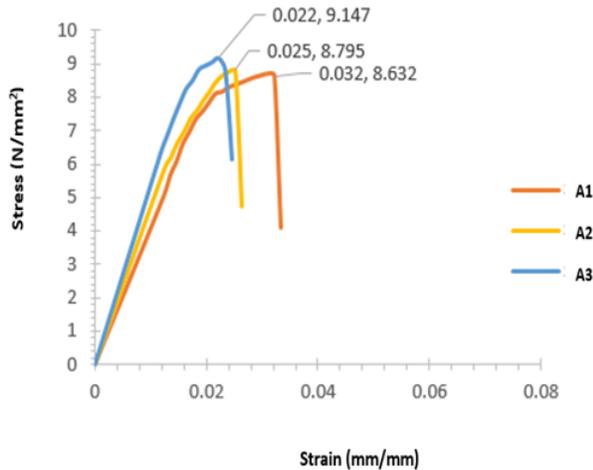
Adapun peralatan pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah mesin uji tarik universal (*RTF Series Tensilon Universal Testing Machine*).



Gambar 6. Alat uji tarik universal

4. Hasil dan Pembahasan

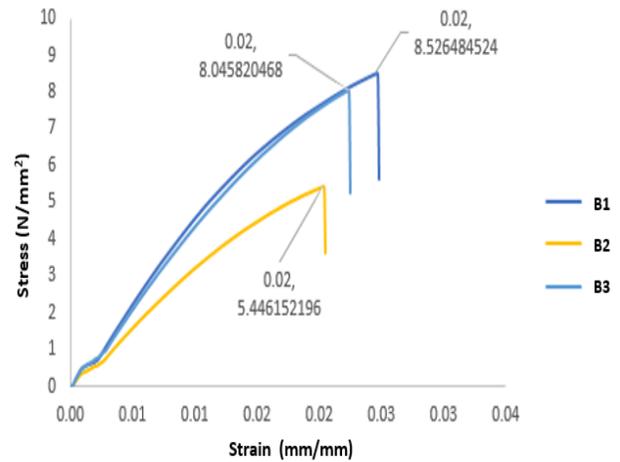
Gambar 7 merupakan hasil pengujian pada spesimen A. Grafik tersebut memperlihatkan tegangan rerata pada spesimen A sebesar 8,86 MPa dan regangan sebesar 0,03 mm/mm.



Gambar 7. Grafik tegangan-regangan spesimen A

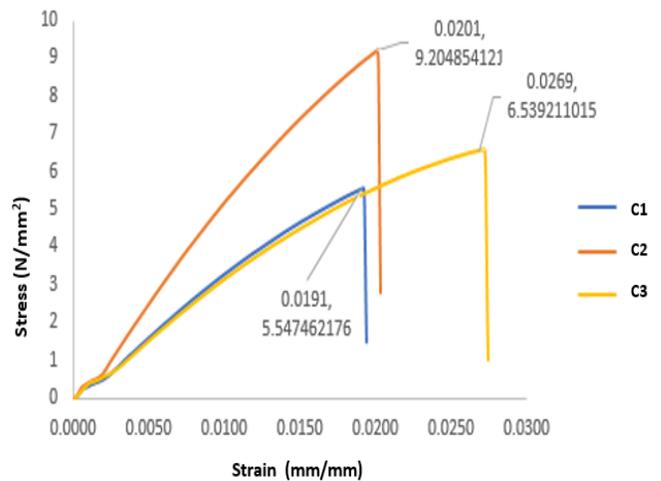
Gambar 8 merupakan hasil pengujian spesimen B dengan ukuran serat TKKS mesh 60. Dari grafik tersebut

menunjukkan bahwa besarnya tegangan spesimen tersebut adalah 7,33 MPa dan besar regangan adalah 0,02 mm/mm.



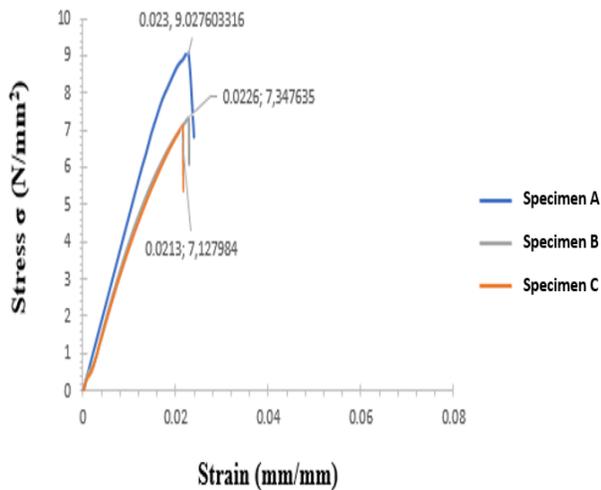
Gambar 8. Grafik tegangan-regangan spesimen B

Hasil yang diperoleh dari pengujian spesimen C pada Gambar 9 menunjukkan bahwa besarnya tegangan tarik adalah 7,09 MPa sedangkan regangan yang terjadi sebesar 0,02 mm/mm.



Gambar 9. Grafik tegangan-regangan spesimen C

Gambar 10 merupakan grafik perbandingan besarnya tegangan tarik dan regangan antara spesimen A, B dan C. Grafik tersebut menunjukkan tegangan tarik rerata tertinggi dari ketiga material tersebut adalah spesimen A dengan ukuran serat TKKS meshing 80, selanjutnya spesimen B dengan ukuran serat meshing 60 dan spesimen C dengan ukuran serat meshing 40.



Gambar 10. Grafik perbandingan tegangan-regangan spesimen

5. Kesimpulan

Dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa kekuatan tarik spesimen A lebih baik daripada spesimen B dan spesimen C dengan nilai masing-masing adalah tegangan tarik spesimen A 9,03 MPa dan regangan 0,023 mm/mm, spesimen B dengan tegangan tarik 7,34 MPa dan regangan 0,022 mm/mm, spesimen C dengan tegangan tarik 7,12 MPa dan regangan 0,021 mm/mm. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin kecil ukuran serat TKKS maka kekuatan tarik material komposit *polymeric foam* bertambah baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, E.S., Ahmad, S., *Bionanocomposite hybrid polyurethane foam reinforced with empty fruit bunch and nanoclay*. Compos. Part B Eng. 43, 2813–2816, 2012
- Ashby, Michael f., *Engineering Material An Introduction*, Cambridge University, England, 1984.
- Dinas Pertanian dan Perkebunan Aceh. *Komoditi Perkebunan Rakyat Angka Tetap Tahun 2015*.
- Diharjo, K. *Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin UNS, 2006.
- Fitriadi, N., *Kajian Sifat Mekanik Bata Ringan Dari Limbah Potong Batu Marmer Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*. J. Teknovasi J. Tek. dan Inov. 4, 27–39, 2018.
- Gibson, F Ronald. *Principles of Composite Material Mechanics*. Internasional Edition, Mc Graw – Hill Inc, New York, 1994.
- Hull, Derek., *An Intoduction to Composite Material*, Cambridge Universty Press, England, 1981.
- Khalili, P., Tshai, K.Y., Kong, I., *Comparative Thermal and Physical Investigation of Chemically Treated and Untreated Oil Palm EFB Fiber*. Mater. Today Proc. 5, 3185–3192, 2018.
- Khosnava, S.M., Rostami, R., Ismail, M., Rahmat, A.R., Ogunbode, B.E., *Woven hybrid Biocomposite: Mechanical properties of woven kenaf bast fibre/oil palm empty fruit bunches hybrid reinforced poly hydroxybutyrate biocomposite as non-structural building materials*. Constr. Build. Mater. 154, 155–166, 2017.
- Mahidin, Machdar, I., Faisal, M., Nizar, M., *CDM Potential in Palm Solid Waste Cogeneration as An Alternative Energy in Aceh Province*. MAKARA J. Technol. Ser. 16, 192–200, 2013.
- M. Mohamed, S. Anandan, Z. Huo, V. Birman, J. Volz, and K. Chandrashekhara, *Manufacturing and characterization of polyurethane based sandwich composite structures*, Compos. Struct., vol. 123, pp. 169–179, May 2015
- Nur Liyana Izyan Zailuddina, S.H., *Tensile Properties and Morphology of Oil Palm Empty Fruit Bunch Regenerated Cellulose Biocomposite Films*. Procedia Chem. 19, 366–372, 2016.
- Saba, N., Jawaid, M., Paridah, M.T., Alothman, O., *Physical, structural and thermomechanical properties of nano oil palm empty fruit bunch filler based epoxy nanocomposites*. Ind. Crops Prod. 108, 840–843, 2017.
- Schwartz, M.M. *Composite Materials Handbook*. New York: Mc. Graw-Hill Inc, New York, 1984.
- Widiastuti, H., Tri Panji. *Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sisa Jamur Merang (VolvariellaVolvacea) (TKSJ) sebagai Pupuk Organik pada Pembibitan Kelapa Sawit*. Jurnal Menara Perkebunan vol 75 (2), hal. 70-79, 2007.