

PENGARUH ORIENTASI SERAT KACA TERHADAP KEKUATAN IMPACT PADA BODI PROTOTIPE MOBIL LISTRIK

Widya Emilia Primaningtyas¹, Suheni², Irvan Ibrahim³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rahman Hakim No.100 Surabaya, 60117

Email : widyaemilia@itats.ac.id

ABSTRACT

The enormous development of electric motor vehicle production has occurred nowadays, become one of the efforts to solve the world energy crisis problem. Study of electric car body made by composite also being improve to reach the car body where lightweight, flexible, affordable, yet have strength and toughness. Research on the effect of orientation variations (30°, 45°, 60°, and random) of fiber glass on the variation of composition reinforce and matrix (1: 2.7 and 1: 4.4) to the impact strength of electric car prototype body is done, and showed the highest impact strength values of variations in the composition of 1: 2.7 with the random orientation fiber glass. For composites with random orientation of fibers with a mixture of composition 1: 2,7 obtain impact strength values of 557.33± 38.68 kgm/m², while in the composition of 1: 4.4 obtained value only 400 kgm/m², whereas each of these impact strength values respectively are the highest compared to the other uniform angle composites arrangement in each composition of mixture. Also concluded that the impact strength values will increase with the addition of fiber composition on the composite mixture.

Key Word : Fiber Glass, Composite, Orientation, Impact Strength

ABSTRAK

Pengembangan produksi kendaraan bermotor berpengerak listrik tengah berjalan pesat dewasa ini, sebagai salah satu upaya pemecahan masalah krisis energi dunia. Studi perihal bodi mobil listrik berbahan komposit pun juga sedang dikembangkan untuk mencapai bodi mobil yang ringan, fleksibel, ekonomis, namun kuat dan tangguh. Penelitian tentang pengaruh variasi penyusunan orientasi serat kaca (30°, 45°, 60°, dan Acak) pada variasi komposisi material penguat dan material pengikat (1:2,7 dan 1:4,4) terhadap kekuatan *impact* pada bodi mobil listrik tipe prototipe dilakukan, dan didapatkan hasil nilai kekuatan *impact* tertinggi dari variasi komposisi 1 : 2,7 dengan penyusunan serat gelas secara acak. Untuk komposit dengan susunan serat acak dengan campuran komposisi 1:2,7 didapatkan nilai kekuatan *impact* sebesar 557.33 ± 38.68 kgm/m², sedangkan untuk komposisi 1:4,4 didapat nilai 400 kgm/m², dan masing-masing nilai tersebut merupakan kekuatan *impact* tertinggi dibandingkan dengan komposit yang tersusun secara seragam dengan variasi sudut di setiap komposisi campuran. Disimpulkan juga bahwa nilai kekuatan *impact* akan meningkat dengan bertambahnya komposisi penambahan serat pada campuran komposit.

Kata Kunci : Serat Gelas, Komposit, Orientasi, Kekuatan *Impact*

PENDAHULUAN

Perkembangan era globalisasi berdampak langsung pada kebutuhan konsumsi energi yang semakin meningkat. Nilai konsumsi energi konvensional berbanding terbalik terhadap ketersediaan sumber energinya. Ketidakseimbangan penggunaan energi fosil, eksplorasi sumber energi, bahkan eksploitasi mengakibatkan terjadinya krisis energi dunia. Selain itu, penggunaan energi fosil sebagai energi yang tidak dapat diperbaharui juga berbagai permasalahan lingkungan. Konsumsi energi terbesar saat ini yaitu pada sektor transportasi, dimana sebahagian besar masih bergantung pada energi konvensional. Seiring dengan permasalahan yang sedang berkembang, pengembangan produksi kendaraan bermotor berpengerak listrik tengah berjalan pesat dewasa ini, sebagai salah satu upaya pemecahan masalah krisis energi dunia. Studi perihal bodi mobil listrik berbahan

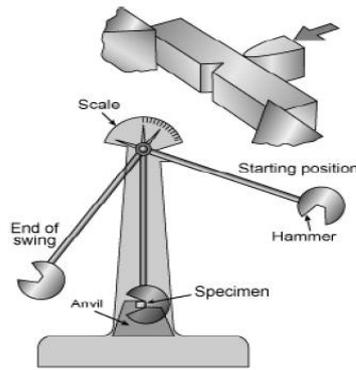
komposit pun juga sedang dikembangkan untuk mencapai bodi mobil yang ringan, fleksibel, ekonomis, namun kuat dan tangguh.

Komposit dikenal sebagai suatu campuran dua komponen atau lebih, yang menghasilkan material baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya[1]. Penggunaan material komposit di era ini sangatlah luas di berbagai aplikasi teknik, seperti barang-barang luar angkasa, transportasi laut, dan otomotif, karena komposit memiliki sifat mekanik yang luar biasa, dari segi hubungan antara kekuatan terhadap berat, kekakuan terhadap berat, *formability*, dan toleransi kerusakan[2]. Jika dibandingkan dengan material *isotropic* yang lain, pendekatan prediksi kegagalan material pada komposit bisa dikatakan tidak mudah, hal tersebut dikarenakan beberapa ketidakpastian mengenai hubungan antara geometri mikrostruktur dan sifat mekaniknya[3-5]. Pada kemampuan pembebanan material komposit, ditemukan nilai yang bersifat acak, hal ini disebabkan oleh kompleksitas material akibat sifat anisotropi, sifat heterogen, dan deposit cacat selama proses manufaktur[6,7]. Secara sederhana sifat komposit dituliskan dengan sifat material penyusunnya dalam fraksi volume (sifat matriks x fraksi volume matriks + sifat penguat x fraksi volume penguat). Namun kenyataannya tidaklah demikian, karena terdapat berbagai faktor interaksi antara matriks dengan penguat yang mempengaruhi, antara lain geometri, ukuran, orientasi, dan distribusi penguat juga turut menentukan sifat mekanik suatu komposit[1].

Ketahanan *impact* adalah salah satu aspek yang berpengaruh besar pada sifat mekanik suatu material aplikatif[8]. Ketahanan pada beban kejut adalah aspek yang cukup dipertimbangkan untuk material komposit serat berlapis, dimana material tersebut pada dasarnya bersifat rapuh, memiliki banyak kecacatan dibawah permukaan seperti delaminasi, retak pada matriks dan patah serat. Kerusakan ini bisa saja hadir bahkan ketika tidak ada efek negative yang langsung nampak pada permukaan lapisan komposit. Adanya beban kejut berpotensi hadir selama penggunaan kendaraan bermotor dalam berbagai bentuk, seperti beban tiba-tiba akibat hantaman batu atau lubang di jalan raya, efek getaran yang dihasilkan oleh mesin dan sistem pengereman terhadap rangka mobil, dan kemungkinan terjadinya kecelakaan. Selain itu, lapisan komposit ini memiliki sifat mekanik yang sangat rendah pada arah yg sejajar ketebalannya. Selain itu, pentingnya mengukur ketahanan beban kejut adalah potensi yang lebih berbahaya yang dihasilkan oleh beban *impact* rendah yang berulang, karena kontak beban yang berulang dan cukup panjang pada struktur memungkinkan untuk tidak terdeteksi di permukaan tetapi dapat menimbulkan inisiasi retak dibawah permukaan yang dapat menyebabkan kegagalan yang mendadak. durasi kontak cukup panjang untuk seluruh struktur untuk merespon dan dapat memulai retak bawah permukaan terdeteksi yang dapat menyebabkan kegagalan tiba-tiba[9]. Berdasarkan beberapa aspek penentu sifat mekanik komposit yang telah dijelaskan diatas, serta pentingnya pengukuran kekuatan *impact* sebagai salah satu tolok ukur kekuatan komposit yang akan digunakan untuk bodi mobil listrik tipe prototype maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan *impact* komposit yang tersusun seragam (uniaksial) dengan berbagai variasi sudut penyusunan dan komposit yang tersusun dari serat penguat yang tersusun secara acak yang biasa digunakan pada fabrikasi bodi kendaraan [13].

TINJAUAN PUSTAKA

Impact test atau pengujian tumbukan adalah salah satu cara mengetahui dan menganalisa sifat mekanik material, dalam hal ini ketangguhan material dan dalam penggunaannya dalam aplikasi teknik nantinya[10]. Pengujian *impact* adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian ini dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau kekuatan *impact* semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Nilai kekuatan *impact* pada suatu spesimen adalah energi yang diserap tiap satuan luas penampang lintang spesimen uji^[11].



Gambar.1 . Ilustrasi uji *impact* metode *charpy*

Metode yang telah menjadi standar untuk uji impak ini ada 2, yaitu uji impak metode *charpy* dan metode izod[12]. Pada metode *charpy* pengujian tumbuk dilakukan dengan meletakkan posisi spesimen uji pada tumpuan dengan posisi horizontal/mendatar, dan arah pembebanan berlawanan dengan arah tarikan[11]. Ilustrasi pengujian *impact* dengan metode *charpy* dapat di lihat pada Gambar.1.

Nilai energi yang diserap pengujian *impact* di didapat dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus [12]:

$$\begin{aligned}
 \text{Energi yang Diserap (E)} &= E_p - E_m \\
 &= m \cdot g \cdot h_1 - m \cdot g \cdot h_2 \\
 &= m \cdot g (h_1 - h_2) \\
 &= m \cdot g (\lambda (1 - \cos \alpha) - \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)) \\
 &= \mathbf{m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)} \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

Sedangkan untuk nilai kekuatan *impact* dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus :

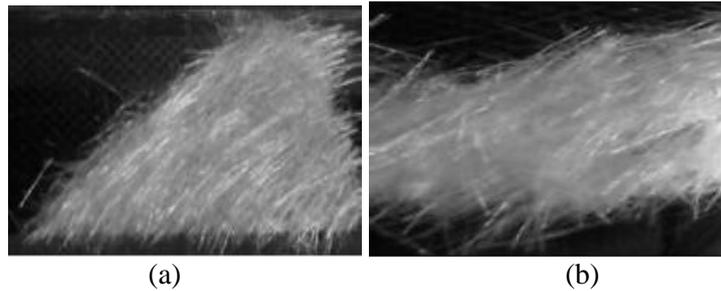
$$\begin{aligned}
 \text{Impact Strength (IS)} &= \frac{E}{A} \\
 &= \frac{\mathbf{m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha)}}{\mathbf{(a \times b)}} \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- | | |
|---|--|
| E_p = Energi Potensial | $\cos \alpha$ = Sudut posisi awal pendulum |
| E_m = Energi Mekanik | $\cos \beta$ = Sudut posisi akhir pendulum |
| m = Berat Pendulum (Kg) | IS = Nilai <i>Impact</i> (Kg/m ²) |
| g = Gravitasi 9,81 m/s ² | J = Energi yang diserap (Kg m) |
| h_1 = Jarak awal pendulum -benda uji (m) | A = Luas penampang dibawah takikan (m ²) |
| h_2 = Jarak akhir pendulum -benda uji (m) | a = Tebal specimen dibawah takikan (m ²) |
| λ = Jarak lengan pengayun (m) | b = Lebar specimen dibawah takikan (m ²) |

METODE

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah serat kaca, Resin Polyester (GP 500), dan katalis. Sedangkan alat yang dibutuhkan yaitu, timbangan, plat stainless steel, kuas, dan geraji. Pembuatan model bodi mobil listrik berbahan komposit serat kaca dikerjakan dengan beberapa tahap. Serat kaca dan resin ditimbang sesuai variasi komposisi fraksi berat yang telah ditentukan. 100 gr serat kaca, 270 gr resin dan 0,5 ml disiapkan untuk membuat campuran komposit dengan perbandingan komposisi 1: 2,7 sedang 50 gr serat kaca, 220 gr resin dan 0,5 ml disiapkan untuk membuat campuran komposit dengan perbandingan komposisi 1: 4,4. Sejumlah serat yang telah disiapkan di atur susunan arahnya sesuai dengan variasi besar sudut yang telah ditentukan (30°,45°,60°, dan acak) pada plat *stainless steel*, seperti yang disajikan pada Gambar. 2.

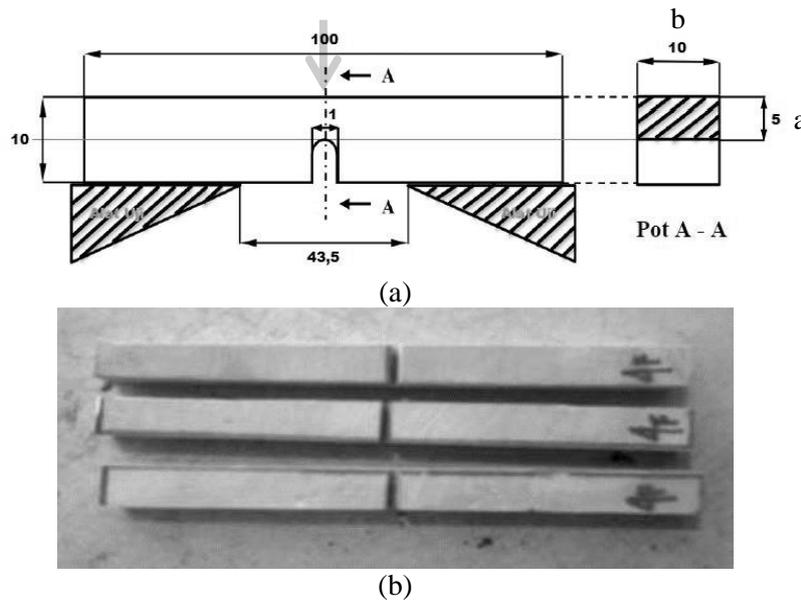


Gambar.2 . Susunan serat sudut seragam dengan sudut 45° (a) dan susunan serat acak (b)

Besar sudut penyusunan serat kaca dihitung antara kemiringan serat dan sumbu y (ordinat). Setelah itu, resin dicampur dengan katalis dan dioleskan merata ke seluruh permukaan serat kaca dengan menggunakan kuas. Tanpa menunggu proses pematangan cara sebelumnya diulangi sampai mencapai 95% dari ketebalan desain spesimen uji *impact*.

Memodelkan pembuatan bodi mobil listrik tipe *prototype*, lembaran komposit serat kaca yang telah memadat dipotong seperti desain spesimen uji *impact*, dihaluskan permukaannya dengan menggunakan kertas gosok grade 700 lalu di dempul agar permukaan yang dihasilkan pada specimen menjadi rata dan sesuai dengan ukuran yang diinginkan pada desain spesimen uji *impact*.

Uji *impact* dilaksanakan dengan menggunakan spesimen uji berbentuk batang balok berdimensi panjang, lebar, dan tebal masing-masing 100, 10, 10 mm. Sketsa spesimen *impact* seperti yang disajikan pada Gambar.3.(a), sedangkan spesimen *impact* siap uji dapat dilihat pada Gambar 3 (b).



Gambar.3 . (a) Desain Spesimen Uji *Impact* (b) Spesimen Uji *Impact* siap uji

Spesimen uji *impact* bertakik berbentuk U (*U Notch*) dengan diameter lubang 1mm dan dilaksanakan dengan metode *charpy*. Dilakukan 3 kali pengukuran dan pengulangan dalam setiap pengukuran atau pengujian untuk tiap specimen yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekuatan *impact* dinyatakan sebagai kemampuan material untuk menerima beban kejut/tiba-tiba. Dalam penelitian ini pengujian *impact* dilakukan untuk mengetahui kekuatan bodi prototipe mobil listrik yang akan di bangun dalam menerima beban kejut, sebagai simulasi pembebanan tiba-tiba yang mungkin diterima oleh bodi mobil pada saat berada di jalan raya, efek getaran yang

dihasilkan oleh mesin dan sistem pengereman terhadap rangka mobil, dan kemungkinan terjadinya kecelakaan.

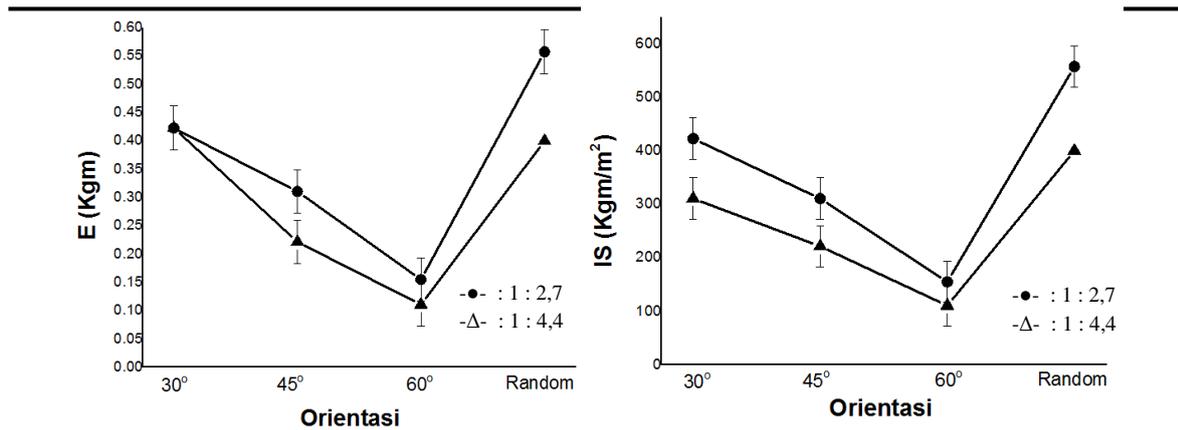
Dari pengujian *impact* didapat umpan balik berupa nilai sudut β , dengan nilai tersebut dan nilai berat pendulum dan panjang pendulum yang sudah diketahui dan merupakan karakteristik dari alat uji *impact*, yang diketahui berturut-turut sebesar 7,012 Kg dan 0.5502 m. Maka dengan Persamaan (1), kita dapat menghitung besar energi yang dapat diserap oleh material yang dinyatakan dengan E dan menghitung nilai kekuatan *impact* yang dinyatakan dengan IS dengan menggunakan Persamaan (2). Dari perhitungan didapat nilai E dan nilai IS seperti yang tersaji pada Tabel 1. Dan Tabel 2. Tabel 1 memuat nilai E dan nilai IS untuk specimen dengan komposisi campuran komposit 1 : 2,7 sedangkan Tabel 2 memuat nilai E dan nilai IS untuk specimen dengan komposisi campuran komposit 1 : 4,4. Gambar 4.(a) memuat perbandingan nilai rata-rata E secara grafik untuk komposit dengan perbandingan komposisi 1:2,7 dan 1:4,4 untuk masing masing orientasi, sedangkan Gambar 4 (b). menunjukkan perbandingan nilai rata-rata IS.

Tabel 1. Tabel Nilai E dan Nilai IS pada pengujian *impact* spesimen dengan perbandingan komposisi 1 : 2,7

Sudut Orientasi	Uji Ke-	Sudut β (°)	Nilai E (kgm)	Rata-Rata Nilai E (kgm)	Nilai IS (kgmm/m ²)	Rata-Rata Nilai IS (kgmm/mm ²)
30°	1	94	0.4	0.423	400	422.67
	2	93	0.468	±	468	±
	3	94	0.4	0.039	400	39.26
45°	1	96	0.266	0.311	266	310.67
	2	95	0.333	±	333	±
	3	95	0.333	0.039	333	38.68
60°	1	98	0.133	0.155	133	155.00
	2	98	0.133	±	133	±
	3	97	0.199	0.038	199	38.11
Acak	1	92	0.535	0.557	535	557.33
	2	92	0.535	±	535	±
	3	91	0.602	0.039	602	38.68

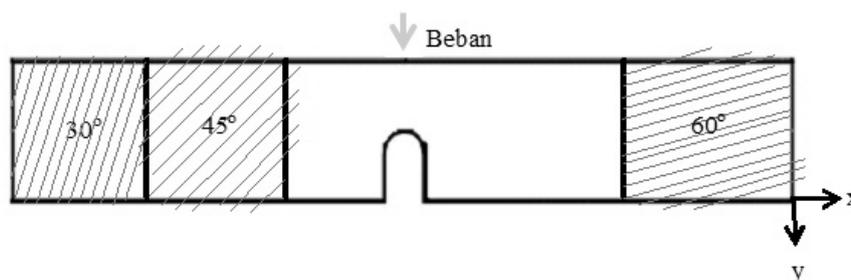
Tabel 2. Tabel Nilai E dan Nilai IS pada pengujian *impact* spesimen dengan perbandingan komposisi 1 : 4,4

Sudut Orientasi	Uji Ke-	Sudut β (°)	Nilai E (kgm)	Rata-Rata Nilai E (kgm)	Nilai IS (kgm/m ²)	Rata-Rata Nilai IS (kgmm/mm ²)
30°	1	96	0.266	0.311	266	310.67
	2	95	0.333	±	333	±
	3	95	0.333	0.039	333	38.68
45°	1	97	0.199	0.221	199	221.33
	2	97	0.199	±	199	±
	3	96	0.266	0.039	266	38.68
60°	1	99	0.066	0.111	66	110.67
	2	98	0.133	±	133	±
	3	98	0.133	0.039	133	38.68
Acak	1	94	0.4	0.400	400	400.00
	2	94	0.4	±	400	±
	3	94	0.4	0.0000	400	0.0000



Gambar.4 (a) Nilai rata-rata E (b) Nilai rata-rata IS untuk komposit dengan perbandingan komposisi 1:2,7 dan 1:4,4

Hasil pengujian *impact* menunjukkan bahwa nilai kekuatan *impact* tertinggi pada semua variasi komposisi dihasilkan oleh susunan orientasi acak. Nilai tersebut merupakan nilai kekuatan *impact* tertinggi dibandingkan dengan nilai yang didapat dari komposit yang tersusun secara seragam dengan variasi sudut di setiap komposisi campuran. Hal ini memungkinkan terjadi akibat sebaran variasi sudut serat yang tersusun yang mengakibatkan komposit menjadi material yang lebih tidak bersifat orthotropik. Disebutkan bahwa penyusunan serat secara uniaksial akan membuat material bersifat *orthotropic*[1]. Dimana material *orthotropic* merupakan bagian dari material anisotropik yang memiliki sifat mekanik yang berbeda pada 3 sumbu utama orthogonal. Penyusunan serat yang seperti ditunjukkan pada ilustrasi Gambar.5 perihal penyusunan arah serat kaca, menunjukkan kesesuaian dengan hasil yang ditunjukkan pada perhitungan kekuatan *impact* pada specimen uji, dimana nilai kekuatan *impact* pada komposit yang disusun seragam dengan besar sudut 60° menunjukkan nilai paling rendah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa lapisan komposit ini memiliki sifat mekanik yang sangat rendah pada arah yg sejajar ketebalannya[9]. Disimpulkan juga bahwa nilai kekuatan *impact* akan meningkat dengan bertambahnya komposisi penambahan serat pada campuran komposit.



Gambar 5. Desain variasi susunan serat

KESIMPULAN

Pembuatan komposit serat kaca dengan penyusunan acak menggunakan komposisi campuran material penguat dan material pengikat 1 : 2,7 menghasilkan nilai kekuatan *impact* tertinggi, senilai $557.33 \pm 38.68 \text{ kgm/m}^2$. Di setiap komposisi campuran komposit yang di variasikan, nilai kekuatan *impact* tertinggi selalu didapat dari penyusunan serat kaca secara acak. Didapatkan nilai yang berbeda signifikan ($P < 0.05$) antara nilai kekuatan *impact* dari susunan komposit serat kaca secara acak dengan nilai kekuatan *impact* dari susunan komposit seragam dengan sudut susunan serat kaca yang divariasikan. Nilai kekuatan *impact* akan meningkat dengan bertambahnya komposisi penambahan serat pada campuran komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Edisi Pertama Surabaya. ITSpress
- [2] Orifici AC, Herszberg I, Thomson RS. *Review of methodologies for composite material modelling incorporating failure*. *Compos. Struct.* 2008. 86(1-3): 194-210.
- [3] António CC, Hoffbauer LN. *From local to global importance measures of uncertainty propagation in composite structures*. *Compos. Struct.* 2008. 85(3): 213-225.
- [4] Eik M, Puttonen J, Herrmann H. *The effect of approximation accuracy of the orientation distribution function on the elastic properties of short fibre reinforced composites*. *Compos. Struct.* 2016. 148: 12-18.
- [5] Swolfs Y, Verpoest I, Gorbatikh L. *A review of input data and modelling assumptions in longitudinal strength models for unidirectional fibre-reinforced composites*. *Compos. Struct.* 2016. 150: 153-172.
- [6] Philippidis TP, Lekou DJ. *Probabilistic failure prediction for FRP composite*. *Compos. Sci. Technol.* 1998. 58(12): 1973-1982.
- [7] Chen G, Bezold A, Broeckmann C, Weichert D. *On the statistical determination of strength of random heterogeneous materials*. *Compos. Struct.* 2016.149: 220-230.
- [8] M.H. Zhang, L. Li, P. Paramasivam, *Flexural toughness and impact resistance of steel-fibre-reinforced lightweight concrete*, *Mag. Concr. Res.* 56 (5) (2004) 251–262,
- [9] M. K. Hossain, M.. Mahmudur R. Chowdhury, K. et al. *Polymer Degradation and Stability* .2014. 99
- [10] Zuchry M. 2012. *Pengaruh Temperatur dan Bentuk Takikan Terhadap Kekuatan Impak*.*Jurnal Teknik*.14(1) : 18-21
- [11] Lakhtin, Y. 1968. *Engineering Physical Metallurgy* . Moscow: Mir Pub Lishers.
- [12] Dieter, George, E, 1988, *Metalurgi Mekanik*, Edisi ke 3, jilid 2, Jakarta : Erlangga.
- [13] Haryono, Ahmad. 2011. *Pemanfaatan Fiberglass Untuk Pembuatan Body Plastik Kendaraan*. *Majalah Online Politeknosains*.Vol 10 (1).

- halaman ini sengaja dikosongkan -