

EKSPERIMEN KEKUATAN IMPAK JATUH BEBAS PADA STRUKTUR ATAP MOBIL DARI BAHAN KOMPOSIT *POLYMERIC FOAM* DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Sukril A. Nasution¹, Syahrul Abda², Mahadi³, Farida Ariani⁴, Suprianto⁵
^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Email: sukrilaminnasution@yahoo.com

ABSTRAK

Tandan kosong kelapa sawit jumlahnya sangatlah melimpah dikarenakan pabrik pengolahan kelapa sawit yang terdapat di Indonesia memiliki jumlah yang sangat banyak, menurut survey yang dilakukan limbah tandan kosong kelapa sawit saat ini mencapai 20 juta ton. Tandan kosong kelapa sawit memiliki nilai ekonomis untuk direkayasa sebagai bahan alternatif yang dapat dimanfaatkan dengan alasan masih berlimpahnya bahan baku, bebas korosi, tahan dan mampu menyerap panas, oleh karena itu serat tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai penguat bahan komposit *polymeric foam*. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui proses pembuatan, menganalisa kekuatan struktur atap mobil terhadap beban impact jatuh bebas dan mensimulasikan dengan menggunakan perangkat lunak Catia V5R21. Pembuatan struktur atap mobil dari bahan komposit *polymeric foam* dibuat menggunakan metode penuangan langsung yang terdiri dari bahan matrik dan penguat. Matrik resin BTQN 157 EX, poliuretan dibuat dari campuran polioli dengan isosianat, serta katalis MEKPO dan sebagai penguat adalah serat tandan kosong kelapa sawit. Cetakan struktur atap mobil terbuat dari plat besi dengan ukuran 800 [mm] × 500 [mm] × 2 [mm]. Untuk mengetahui respon struktur atap mobil dengan ukuran 800 [mm] × 500 [mm] × 5 [mm] maka dilakukan uji impact jatuh bebas. Hasil uji impact jatuh bebas diperoleh dari sembilan struktur Atap mobil yaitu: A₁₋₁, A₂₋₁, A₃₋₁, A₁₋₂, A₂₋₂, A₃₋₂, A₁₋₃, A₂₋₃ dan A₃₋₃, ketinggian divariasikan dengan ketinggian 0,5 m, 1 m, dan 1,5 m. Setelah dilakukan pengujian impact jatuh bebas untuk masing-masing struktur uji maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kekuatan struktur atap mobil diperoleh pada struktur A₂₋₁ ketinggian 0,5 [m] yaitu: gaya maksimum (F_{Max}) = 66,8061 [N], tegangan maksimum (σ_{maks}) = 29691,6 [Pa], momentum (M) = 21,3289 [kgm/s], impuls (I) = 2,0709 [N.s], Energi impact eksperimen (E_{ic}) = 33,4030 [J], Energi potensial (E_p) = 31,392 [J] dan Energi serap (E_s) = 2,011 [J]. Sedangkan hasil simulasi perangkat lunak Catia V5R21 diperoleh (σ_{maks}) = 30000 [Pa].

Kata kunci: Serat tandan kosong kelapa sawit, komposit, polymeric foam, uji impact jatuh bebas.

1. PENDAHULUAN

Atap mobil dalam perencanaannya harus terdapat berbagai kelebihan-kelebihan yang dapat diperoleh dari hasil *design virtual*, maka dari itu perencanaan keunggulan dari yang akan diproduksi memiliki tiga kelebihan utama antara lain faktor keamanan yang terjamin, berat yang semakin ringan, serta biaya produksi yang lebih murah. Saat ini perkembangan teknologi akan material (bahan) semakin pesat. Untuk mengetahui kekuatan dan perilaku mekanik dari *polymeric foam* tersebut, tentunya perlu diadakan pengujian lebih lanjut. Adapun metode pengujian yang akan dilakukan adalah uji impact jatuh bebas, Pada penelitian ini digunakan bahan dasar *polymeric foam* yang diperkuat serat TKKS untuk pembuatan atap mobil dan diharapkan hasil yang diperoleh nantinya berkekuatan tinggi dan ringan (low density) dibandingkan dengan bentuk komposit polimer padat (compact). Serta bisa didapat sifat-sifat mekanis dari bahan tersebut setelah mengalami pengembangan

2. TINJAUAN PUSTAKA

Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang berbeda dalam level makroskopik selagi membentuk komponen tunggal. Komposit berasal dari kata kerja “ *to compose* ” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur [1].

Matrik

Resin Poliester Tak Jenuh

Polyester Resin tak jenuh adalah jenis polimer *thermoset* yang memiliki struktur rantai karbon yang panjang. Matriks jenis ini memiliki sifat dapat mengeras pada suhu kamar dengan penambahan katalis tanpa pemberian tekanan ketika proses pembentukannya. Struktur material yang dihasilkan berbentuk crosslink dengan keunggulan pada daya tahan yang lebih baik terhadap jenis pembebanan statik dan dampak. Hal ini disebabkan molekul raksasa atom – atom karbon yang saling berhubungan satu dengan yang lainnya. Dengan demikian struktur molekulnya menghasilkan efek peredaman yang cukup baik terhadap beban yang diberikan [2].

Poliuretan

Poliuretan adalah jenis polimer yang sangat unik dan luas pemakaiannya. Poliuretan ditemukan pada tahun 1937 oleh Prof. Otto Bayer sebagai pembentuk serat yang didesain untuk menandingi serat *nylon*. Tetapi penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa poliuretan bukan saja bisa digunakan sebagai serat, tapi dapat juga digunakan untuk membuat busa (*foam*), bahan elastomer (karet dan plastik), lem, pelapis (*coating*), dan lain-lain [3].

Blowing Agent

Blowing Agent adalah material yang digunakan untuk menghasilkan struktur berongga pada komposit yang dibentuk. *Blowing Agent* ini biasanya dipakai ketika bahan dalam keadaan belum mengering atau belum terjadinya proses polimerisasi. Keuntungan dari penggunaan *blowing agent* ini yaitu struktur selular dalam matrik mengurangi densitas, meningkatkan isolasi termal dan akustik, sekaligus meningkatkan kekakuan relatif dari polimer aslinya [4].

Katalis Mekpo

Katalis merupakan material kimia yang digunakan untuk mempercepat proses reaksi polimerisasi struktur komposit pada kondisi suhu kamar dan tekanan atmosfer. Pemberian katalis dapat berfungsi untuk mengatur waktu pembentukan gelembung *blowing agent*, sehingga tidak mengembang secara berlebihan, atau terlalu cepat mengeras yang dapat mengakibatkan terhambatnya pembentukan gelembung [5].

Penguat

Dalam penelitian ini sebagai penguat yang digunakan adalah serat tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Kebanyakan serat TKKS setelah siap dipakai khususnya diperkebunan sering dibuang sebagai limbah dan hanya sedikit yang dapat digunakan untuk diproduksi atau didaur ulang. Dan peneliti ingin coba mengamati sifat atau karakteristik dari serat ini karena sifatnya yang kuat dan juga ringan jika dicampur dengan bahan-bahan yang lain. Di Indonesia merupakan negara dengan perkebunan kelapa sawit terluas di dunia berjuta ha (Deptan). Tiap harinya berton-ton kelapa sawit yang diolah. TKKS adalah salah satu produk samping kelapa sawit. Setiap ton kelapa sawit yang diolah diperoleh TKKS yang mencapai 250 [kg] [6].

Teori Benda Jatuh Bebas

Jika benda jatuh ke bumi dari ketinggian tertentu relatif kecil dibandingkan dengan jari-jari bumi, maka benda mengalami pertambahan percepatan dengan harga yang sama setiap detik. Hal ini berarti bahwa percepatan kebawah benda bertambah dengan harga yang sama jika sebuah benda ditembakkan ke atas berkurang dengan harga yang sama setiap detik dan perlambatan ke atasnya

seragam. Waktu dan kecepatan akan berbanding lurus karena tidak adanya gerak berubah beraturan atau berubah-ubah untuk menentukan kecepatan benda jatuh setiap detik diperoleh harga pendekatan seperti terlihat pada tabel 2.4 di bawah ini [7].

Pengenalan Tentang Catia

Software CATIA (Computer Aided Three Dimensional Interactive Applicaton) *Software* ini sangat berguna untuk membantu proses desain (CAD), rekayasa (CAE) maupun manufaktur (CAM), yang memungkinkan proses-proses pemodelan seluruhnya dilakukan secara digital sehingga tidak diperlukan lagi gambar manual maupun model fisik. *Software* ini juga handal dalam memenuhi kriteria artistik, kelayakan mekanis, kenyamanan (ergonomis) dan juga kelayakan secara bisnis dari suatu desain produk. CATIA memiliki aplikasi yang sangat lengkap (140 aplikasi) untuk berbagai keperluan disiplin ilmu teknik [8].

Standar Atap Mobil

Kekuatan atap mobil memang sangat jarang sekali diperhatikan oleh produsen mobil. Hal tersebutlah yang membuat *Insurance Institute for Highway Safety (IIHS)* saat ini juga melakukan tes kekuatan atap selain tes tabrak. Daya tahan atap juga akan diukur menggunakan sensor-sensor dan mobil yang berhasil dinyatakan lulus tes kekuatan atap harus mampu menahan empat kali bobot kendaraan atau perbandingan kekuatannya 1:4. Misalnya saja sebuah mobil memiliki bobot 2 ton, maka atap mobil tersebut harus mampu menyanggah beban seberat 8 ton agar lulus uji kekuatan atap, maka atap dijamin tidak akan rusak [9].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun langkah-langkah pembuatan struktur atap mobil adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan serat tandan kosong kelapa sawit.
2. Memotong serat tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan mesin pencacah serat.
3. Mempersiapkan timbangan digital.
4. Mempersiapkan tempat penampung bahan seperti: cap, ember dan lain-lain.
5. Mempersiapkan pengaduk bahan komposit komposit *polymeric foam* diperkuat serat tandan kosong kelapa sawit.
6. Mempersiapkan cetakan struktur komposit *Polymeric foam* dan oleskan Wax pada permukaan cetakan agar struktur yang akan dicetak mudah dilepaskan dari cetakan.
7. Mempersiapkan bahan pembentuk sturuktur komposit *Polymeric foam* diperkuat serat TKKS. Adapun bahan yang harus dipersiapkan dalam proses pembuatan struktur komposit *Polymeric foam*.
8. Timbang bahan resin, serat, isosianat, polyol dan katalis sesuai dengan komposisinya.
9. Tuangkan serat tandan kosong kelapa sawit dan resin ke dalam tempat pengadukan (ember) dan aduk hingga merata dengan batang pengaduk yang terbuat dari kayu.
10. Campurkan isosianat dengan polyol (Blowing Agent) kemudian aduk hingga merata dan tuangkan ke dalam tempat pengadukan serat tandan kosong kelapa sawit dengan resin, setelah itu aduk kembali hingga merata.
11. Tuangkan katalis ke dalam tempat pengadukan dan aduk kembali hingga merata dan semua bahan sudah siap untuk dicetak.
12. Tuangkan semua bahan ke dalam cetakan yang sudah disiapkan hingga merata pada semua bagian cetakan kemudian tutup dengan penutup cetakan.
13. Tunggu campuran tersebut bereaksi pada tekanan atmosfer pada suhu kamar, proses pengerasan akan terjadi disertai dengan terbentuknya gelembung udara pada bahan komposit *Polymeric foam* diperkuat serat TKKS.
14. Setelah material mengeras tunggu selama ± 24 jam kemudian lepas cetakan dari material komposit *Polymeric foam* diperkuat serat TKKS dan material sudah siap di uji impak jatuh bebas.

Prosedur Pengujian Impak Jatuh

Bebas

Alat uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat uji impak jatuh bebas. Pengujian impak dilakukan di Laboratorium Riset Impak dan Keretakan Unit II Universitas Sumatera Utara. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui respon tegangan pada material akibat efek rambatan gelombang dengan laju rambatan gelombang yang tinggi. Pengujian dilakukan dengan ketinggian jatuh impaktor adalah 0,5 m, 1 m dan 1,5 m, dan berat *test rig* sebesar 6,4 kg.

Set-Up Pengujian Impak

Sebelum dijalankan pengujian maka harus dilakukan langkah-langkah untuk menghidupkan alat uji yaitu sebagai berikut:

1. Hubungkan semua koneksi seperti: *loadcell*, sensor posisi, kabel *USB* dan *Power DAQ*, *Lab-Jack U3-LV*.
2. Aktifkan perangkat lunak *DAQ for Impact Testing* dari *Icon* yang ada di dekstop.
3. Persiapkan peralatan uji jatuh bebas dan pastikan bahwa *loadcell* danudukan *loadcell* sudah terpasang dengan baik begitu juga dengan *anvil support*.
4. Masukkan *Anvil* pada *Anvil Support* sesuai dengan kebutuhan pengujian pengambilan data.
5. Siapkan sampel uji yang akan dilakukan pengujian.

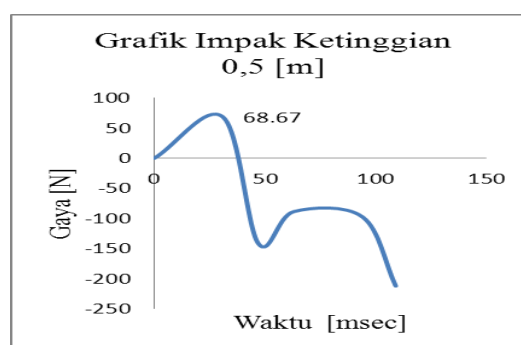
Prosedur Pengujian Impak

Adapun langkah - langkah penempatan struktur atap mobil ke alat pengujian adalah sebagai berikut:

1. Pasangkan struktur atap mobil pada *anvil support* untuk melakukan pengujian impak jatuh bebas.
2. Tentukan posisi jarak ketinggian jatuh impaktor yang diinginkan, dan pastikan sensor *proximity* dalam kondisi aktif.
3. Tekan tombol *Start* pada perangkat lunak *DAQ for Impact Testing*.
4. Setelah jarak ketinggian ditentukan dan memastikan bahwa sensor *proximity* sudah berfungsi, struktur sudah terpasang pada *anvil support*, maka impaktor siap untuk dijatuhkan dengan cara melepaskan tali penahan luncuran impaktor.
5. Tekan tombol *STOP* setelah beberapa saat impaktor menumbuk struktur pada *anvil*.
6. Tekan tombol *SAVE* untuk menyimpan data hasil uji ke dalam file berformat txt, dan akan tersimpan dalam drive C folder *DATA EXP* (data experiment).
7. Lalu data hasil pengujian tersebut diolah dengan menggunakan program perangkat lunak *MS-EXCEL*.

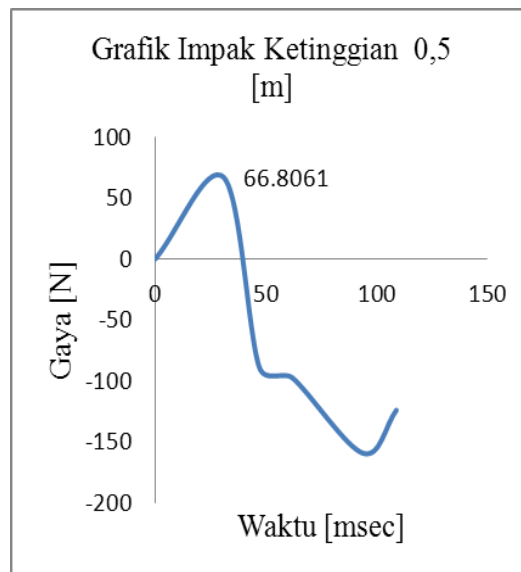
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengujian menggunakan alat uji impak jatuh bebas diperoleh informasi mengenai respon akibat beban impak jatuh bebas yang terjadi terhadap struktur *polymeric foam* diperkuat serat TKKS, dengan memvariasikan ketinggian jatuh beban impak 0,5 [m], 1 [m] dan 1,5 [m]. Data hasil uji impak jatuh bebas diperoleh masing-masing struktur seperti ditunjukkan pada gambar 4.1 di bawah ini.



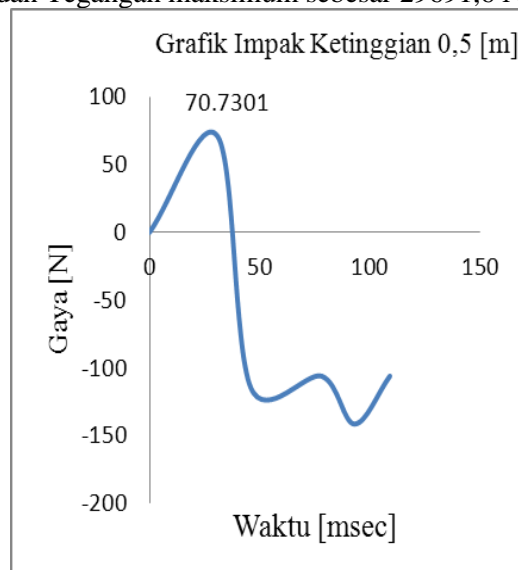
Gambar 4.1 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 0,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₁₋₁ ketinggian 0,5 [m] sebesar 68,67 [N], Momentum sebesar 21,924 [kg m/s], Impuls sebesar 2,1287 [Ns], Energi impact sebesar 34,335 [J] dan Tegangan maksimum sebesar 30520 [N/m²].



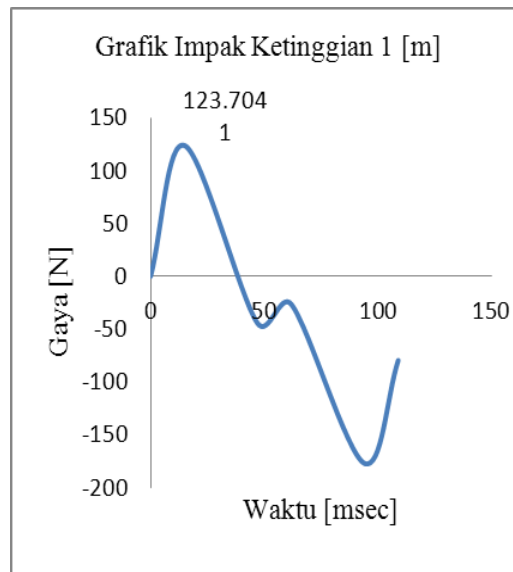
Gambar 4.2 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 0,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₂₋₁ ketinggian 0,5 m sebesar 66,8061 N, Momentum sebesar 21,3289 kg m/s, Impuls sebesar 2,0709 Ns, Energy potensial sebesar 33,4030 J dan Tegangan maksimum sebesar 29691,6 N/m².



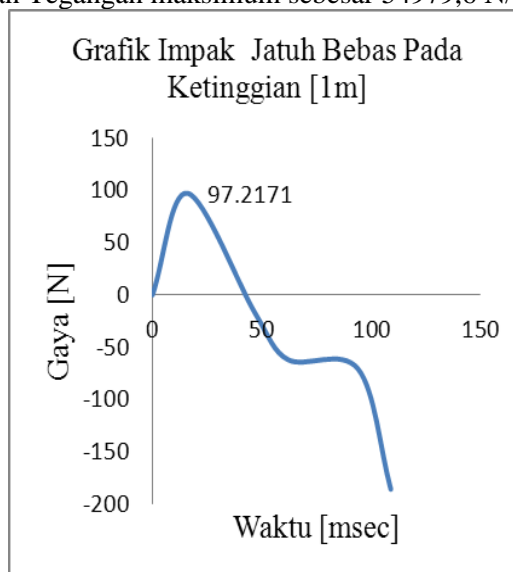
Gambar 4.3 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 0,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₃₋₁ ketinggian 0,5 m sebesar 70,7301 N, Momentum sebesar 22,5817 kg m/s, Impuls sebesar 2,1926 Ns, Energi impact sebesar 35,365 J dan Tegangan maksimum sebesar 31435,6 N/m².



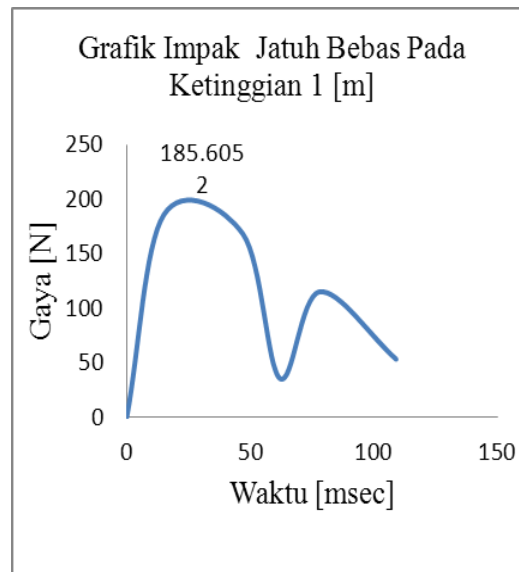
Gambar 4.4 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₁₋₂ ketinggian 1 m sebesar 123,7041 N, Momentum sebesar 55,8547 kg m/s, Impuls sebesar 1, 8555 Ns, Energi impact sebesar 123,7041 J dan Tegangan maksimum sebesar 54979,6 N/m².



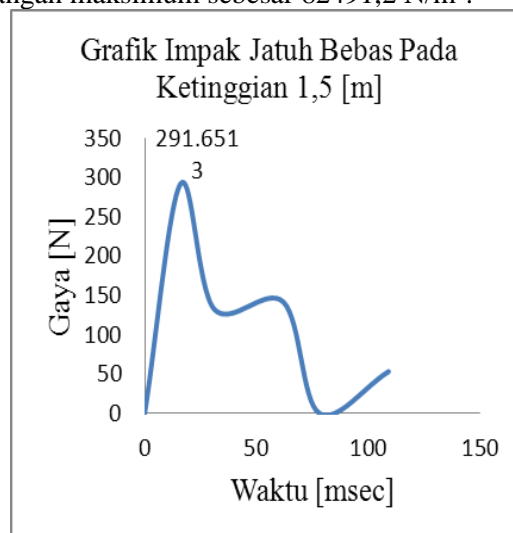
Gambar 4.5 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₂₋₂ ketinggian 1 m sebesar 97,2171N, Momentum sebesar 43,8953 kg m/s, Impuls sebesar 1,5554 Ns, Energi impact sebesar 97,2171 J dan Tegangan maksimum sebesar 43207,6 N/m².



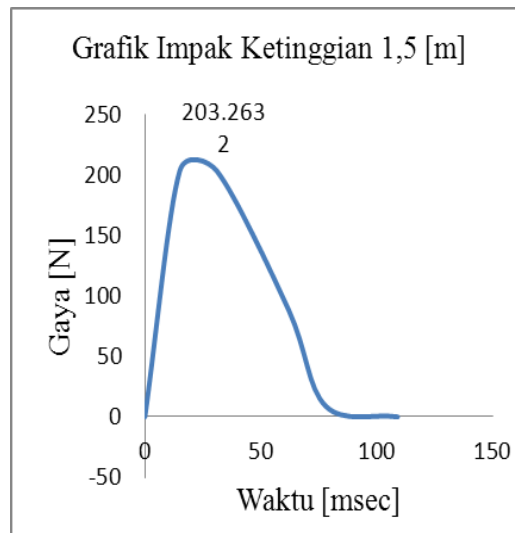
Gambar 4.6 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₃₋₂ ketinggian 1 m sebesar 185,6052 N, Momentum sebesar 80,8342 kg m/s, Impuls sebesar 2,784 Ns, Energi impact sebesar 185,6052 J dan Tegangan maksimum sebesar 82491,2 N/m².



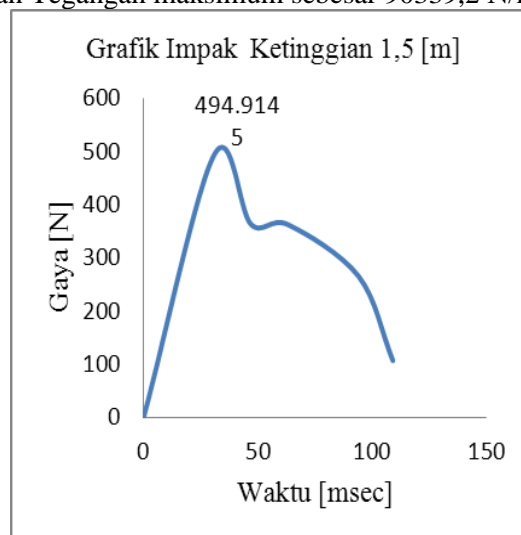
Gambar 4.7 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A₁₋₃ ketinggian 1,5 m sebesar 291,6513N, Momentum sebesar 161,2822 kg m/s, Impuls sebesar 4,6664 Ns, Energi impact sebesar 437,4769 J dan Tegangan maksimum sebesar 129622,8 N/m².



Gambar 4.8 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A_{2-3} ketinggian 1,5 m sebesar 203,2632N, Momentum sebesar 112,4039 kg m/s, Impuls sebesar 3,0489 Ns, Energi impact sebesar 304,8948 J dan Tegangan maksimum sebesar 90339,2 N/m².



Gambar 4.9 Kurva Hubungan Gaya Dengan Waktu Pada Ketinggian 1,5 m

Dari data hasil pengujian diperoleh gaya impact jatuh bebas maksimum pada struktur A_{3-3} ketinggian 1,5 m sebesar 494,9145 N, Momentum sebesar 273,6862 kg m/s, Impuls sebesar 15,3423 Ns, Energi impact sebesar 742,3717 J dan Tegangan maksimum sebesar 219962 N/m².

5. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Proses pembuatan spesimen uji dari bahan *polimeric foam* yang diperkuat serat TKKS dilakukan dengan teknik penuangan langsung (hand layup), disertai pengadukan lambat dengan cetakan diletakan pada posisi horizontal.
2. Setelah dilakukan pengujian impact jatuh bebas untuk masing-masing struktur uji maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa kekuatan struktur atap mobil diperoleh pada struktur A_{2-1} ketinggian 0,5 [m] yaitu: gaya maksimum (F_{Max}) = 66,8061 [N], tegangan maksimum (σ_{maks}) = 29691,6 [Pa], momentum (M) = 21,3289 [kgm/s], impuls (I) = 2,0709 [N.s], Energi impact eksperimen (E_{ie}) = 33,4030 [J], Energi potensial (E_p) = 31,392 [J] dan Energi serap (E_s) = 2,011 [J].

3. Hasil simulasi Catia V5R21 Gaya maksimum yang diberikan diperoleh dari hasil pengujian impak jatuh bebas sebesar 66,8061 [N] maka dapat diperoleh tegangan maksimum (σ_{maks}) = 30000 [Pa].

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dieter, George E. (1987). *Metalurgy Mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Gere & Timoshenko. (1996). *Mekanika Bahan*. Jakarta: Erlangga.
- [3] Nazaruddin, H.H. (2003). *Poliuretan, Polimer Serba Bisa*.
http://www.chem-is-try.org/artikel_kimia/kimia_material/poliuretan_polimer_serba_bisa/.
(diakses 13 Februari 2014).
- [4] Wikipedia. (2012). *Blowing Agent*.
http://www.WikipediaBlowing_agent.htm. (diakses 13 Februari 2013).
- [5] Murdijanto, D.N, setiabudi, A. (2010). *Sintesis Karakteristik Dan Uji Aktifitas Katalis Ni/Al₂O₃ Pada Reaksi Hydrocracking Minyak Nabati*. Jurnal Sains Dan Teknologi Kimia.
http://file.upi.edu/direktori/jurnal/jurnal_sains_dan_teknologi_kimia/jurnal_sains_dan_teknologi_kimia_jilid_1_no_1/sintesis_karakterisasi_dan_uji_aktivitas_katalis_ni_al2o3_pada_reaksi_hydrocracking_minyak_nabati.pdf. (diakses 4 april 2014).
- [6] Amrie, E. (2008). Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit.
<http://jurnal.unnes.ac.id/sju/index.php/jm>. (diakses 14 april 2014).
- [7] Zulfadli. (2013). *Pengembangan Model dan Analisa Reapon Parking Bumper Dari Bahan Polimeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Tugas Skripsi Universitas Sumatera Utara.
- [8] Ilham. (2011). Mengenal Catia Lebih Dekat.
<http://teknologi.kompasiana.com/terapan/2011/02/28/lebih-dekat-dengan-catia-343327.html>.
(diakses 4 september 2013).
- [9] Rudy.K. (2013). IHS Lakukan Tes Atap.
[http://www.histats.com"target="_blank"><imgsrc="http://sstatic1.histats.com/0.gif?2045951&101" alt="" border="0">](http://www.histats.com\) (diakses 14 Juli 2014).