

## RESPON PARKING BUMPER BAHAN KOMPOSIT POLYMERIC FOAM DIPERKUAT SERAT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) AKIBAT BEBAN TEKAN STATIK DAN DINAMIK (SIMULASI NUMERIK)

Zainal Arif<sup>1)</sup>, Bustamisyam<sup>2)</sup>, Zulfikar<sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister T.Mesin USU

<sup>2)</sup> Dosen Magister Teknik Mesin USU

<sup>3)</sup> Dosen Koperties Wilayah I

### Abstrack

Penyelidikan terhadap Respon Parking bumper bahan komposit polymeric foam diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) telah dikerjakan dengan menggunakan pengujian tekan statik, dampak jatuh bebas dan simulasi hasil experimental. Pengujian dilakukan pada struktur parking bumper berbentuk trapesium dengan bidang pengujian sisi atas dan sisi miring. Pada pengujian statik, ukuran spesimen dan diameter penetrator disesuaikan dengan skala laboratorium, sedangkan pada uji dampak jatuh bebas ukuran spesimen dan test rig disesuaikan dengan ukuran lebar roda mobil. Data hasil experimental disimulasikan dengan software ANSYS dengan menggunakan sifat material isotropic. Dari hasil pengujian diperoleh besarnya tegangan dan regangan struktur parking bumper akibat beban tekan statik sisi atas adalah 1,04 MPa dan 0,072, pada sisi miring adalah 0,273 MPa dan 0,003. Hasil simulasi diperoleh tegangan dan regangan pada sisi atas adalah 0,759 MPa dan 0,083, pada sisi miring adalah 0,246 MPa dan 0,026. Besarnya gaya dan tegangan dampak jatuh bebas pada pengujian sisi atas adalah 59,46 N dan 0,0067 MPa, pada sisi miring adalah 49,54 N dan 0,00423 MPa. Hasil simulasi pada sisi atas diperoleh 2,271 MPa dan 0,0078, pada sisi miring adalah 1,167 MPa dan 0,0040.

**Keyword:** Respon, parking bumper, polymeric foam, TKKS, beban tekan statik, dampak jatuh bebas.

### 1. Latar Belakang

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) jumlahnya cukup banyak, yaitu 1,9 juta ton berat kering atau setara 4 juta ton berat basah pertahun, dimana PT Perkebunan Nusantara II (PTPN II) sendiri menghasilkan limbah TKKS sebanyak 1350 ton pertahun [1]. Pada umumnya material ini dimanfaatkan sebagai pupuk organik dilahan perkebunan dengan cara dibakar atau dibuang kembali ke lahan tersebut dan dibiarkan mengalami proses fermentasi secara alami [2]. Pemanfaatan material ini untuk produk yang mempunyai daya saing masih terbatas jumlahnya [2].

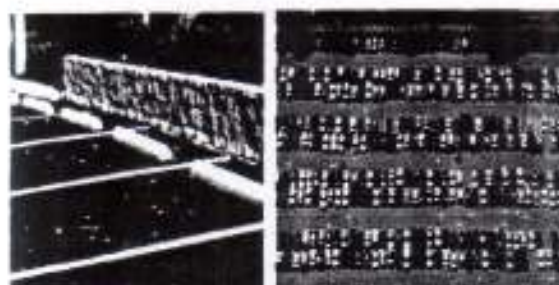
Pengolahan limbah TKKS dewasa ini mulai diteliti kegunaannya, sehingga nilai ekonomis dari material limbah tersebut dapat dinaikkan dan sekaligus dapat memberi solusi atas penanganan produk limbah yang sebelumnya terbuang sia-sia. Sebagai contoh pemanfaatan TKKS ini dibidang teknologi

diantaranya ialah pembuatan papan partikel [3] dan bahan baku kertas [4] sehingga masih terbuka kemungkinan serat TKKS ini diolah ke bentuk material/struktur lainnya yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Salah satu bentuk strukturnya adalah struktur *parking bumper*.

TKKS diolah menjadi serat, lalu dicampurkan dengan resin termoset dan *blowing agent*, menghasilkan material bahan komposit *polymeric foam* yang selanjutnya dibentuk menjadi struktur *parking bumper*.

*Parking bumper* sering kita jumpai ditempat parkir pusat pertokoan, perkantoran, maupun ditempat-tempat umum lainnya. Fungsi dari parking bumper adalah sebagai alat untuk memastikan kendaraan berhenti pada tempat yang telah ditentukan guna melindungi bangunan, trotoar, serta juga sebagai faktor keindahan pemandangan tempat parkir dengan susunan kendaraan yang teratur dan rapi [5]. Biasanya parking bumper yang sering kita jumpai terbuat dari beton dan

dicetak/cor langsung pada lokasi tempat parkir, seperti dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Gambar tempat parkir

Pengembangan bahan untuk membuat struktur *parking bumper* telah dilakukan di negara-negara maju. Diantaranya ada yang mengembangkan dari bahan plastik, rubber maupun dari material lainnya, sebagai contoh seperti pada gambar 2. Inovasi pengembangan material tersebut merupakan suatu bentuk gagasan untuk memperoleh hasil produk *parking bumper* yang mempunyai kekuatan dan kemampuan menahan beban kendaraan pada saat menuju parking bumper tersebut. Gambar 2. Juga menjelaskan tentang kondisi pembebanan pada struktur *parking bumper*. Pembebanan terjadi pada kondisi tersebut menggambarkan bahwa struktur parking bumper mengalami beban tekan statik, dan untuk kondisi beban dinamik diilustrasikan ketika kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi dan melindas *parking bumper*.



Gambar 2. Kondisi kendaraan menuju parking bumper

Adapun tujuan penelitian ini adalah: (1) untuk mendapatkan tegangan dan regangan struktur *parking bumper* bahan komposit

polymeric foam diperkuat serat TKKS akibat beban tekan statik dan simulasi, (2) Untuk mendapatkan gaya dan tegangan impact struktur parking bumper bahan komposit polymeric foam diperkuat serat TKKS akibat beban impact jatuh bebas dan simulasi.

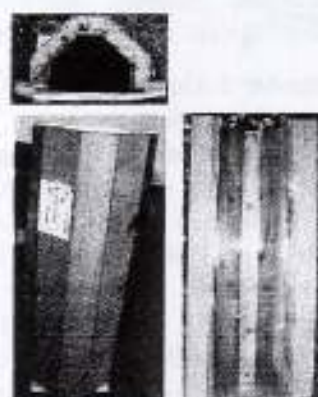
## 2. Metodologi

Adapun metode pengujian yang akan dilakukan adalah uji tekan statik dan dinamik yang kemudian disimulasikan dengan program software Komputer. Simulasi numerik yang dimaksud adalah untuk mendapatkan distribusi tegangan dan regangan sebagai respon dari struktur *parking bumper* bahan komposit polymeric foam yang diperkuat serat TKKS akibat beban tekan statik dan dinamik.

Teknik pembuatan struktur *parking bumper* pada penelitian ini menggunakan metode penuangan/cor kedalam cetakan setelah diaduk rata dengan menggunakan mixer dalam wadah pencampuran. Proses pengecoran ini dilakukan untuk menghasilkan struktur komposit berongga (*foam*) dengan arah serat acak/random dan tidak kontinu, seperti pada gambar 3.



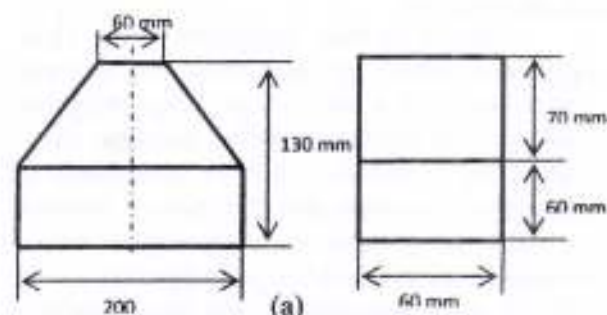
Gambar 3. Proses pembuatan struktur komposit



Gambar 4. Alat cetak struktur *parking bumper*

Alat cetak struktur *parking bumper* dapat dilihat pada gambar 4. Alat ini memiliki dimensi panjang 120mm, lebar 200 mm, tinggi 130 mm.

Struktur *parking bumper* yang dijadikan sebagai suatu spesimen uji tekan seperti yang diilustrasikan pada gambar 5.



(a)



(b)

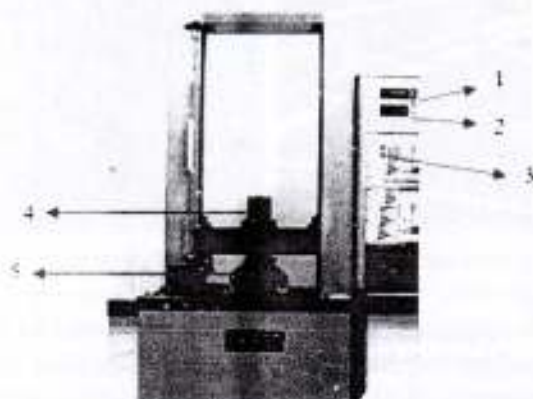
Keterangan gambar:

- Gambar teknik spesimen uji tekan statik.
- Gambar spesimen uji tekan statik untuk sisi atas.
- Gambar spesimen uji tekan statik untuk sisi miring.

Gambar 5. Geometri dan gambar spesimen tekan statik

Alat uji tekan statik yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 6. Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah: mesin uji TORSEE UNIVERSAL TESTING MACHINE tahun 1989 dengan standard JIS 2247. Alat uji ini dapat digunakan untuk uji tarik, tekan dan bending dengan beban maximum hingga mencapai 2000 kgf. Pengujian yang dilakukan pada

penelitian uji tekan statik ini dibagi dalam dua pengujian yaitu: pengujian tekan statik pada arah penekanan pada sisi atas dan sisi miring spesimen struktur *parking bumper*.



Keterangan gambar:

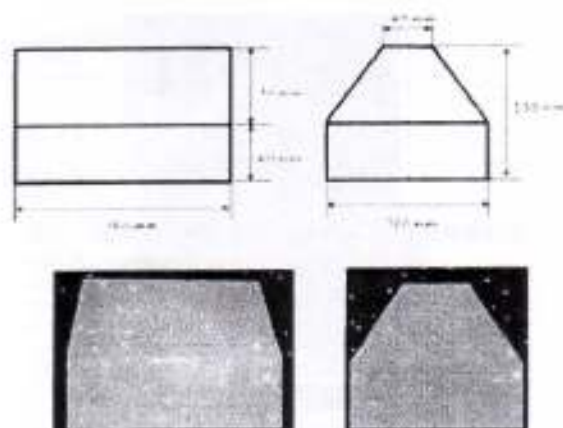
- Load Value
- Stroke value
- Load range
- Chuck
- Spesimen

Gambar 6. Mesin uji tekan/tarik statik Tokyo Universal Testing Machine

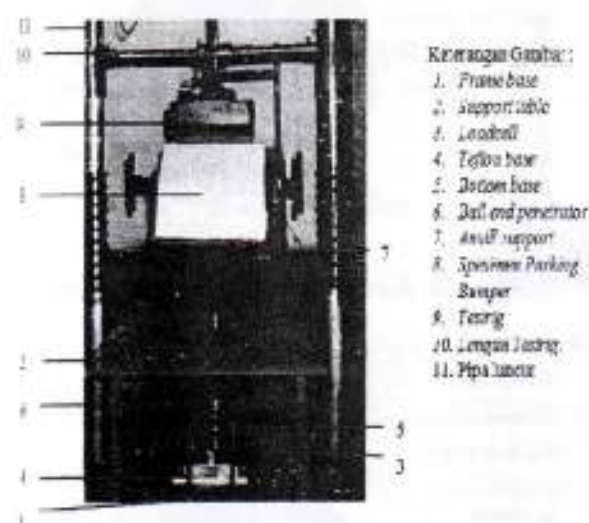
Pengujian impak jatuh bebas dilakukan untuk mengetahui respon spesimen uji terhadap beban impak. Ketinggian impak dihitung berdasarkan kecepatan maximum kendaraan menuju *parking bumper* sebesar 20 km/jam dan dengan persamaan kecepatan jatuh bebas diperoleh posisi ketinggian maksimum 2 meter.

Geometri spesimen yang akan diteliti pada uji ini dapat ditunjukkan pada gambar 7.

Alat pengukur energi dan gaya impak benda jatuh bebas (loadcell) adalah sebuah sensor gaya yang bekerja menggunakan strain gage full bridge dengan tahanan SG 350 ohm. Kemampuan alat ini dapat menerima beban dan mengukur gaya impak hingga 30.000 kg.



Gambar 7. Geometri spesimen impak

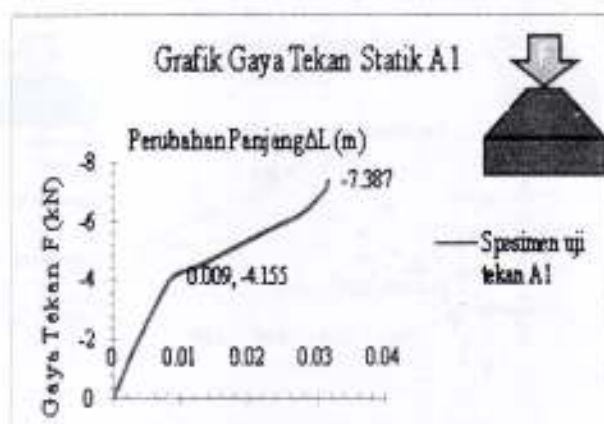


Gambar 3.8. Perangkat Alat Uji Impak Jatuh Bebas

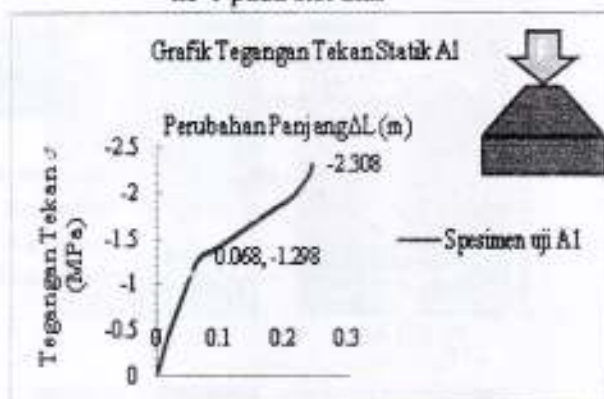
### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari grafik pengujian (gambar 9) diperoleh nilai gaya tekan batas elastik sebesar 4,155 kN dengan perubahan panjang sebesar 0,009m. Sedangkan gaya tekan maksimum yang diberikan sampai spesimen tersebut gagal adalah 7,38 kN.

Kondisi penekanan yang dialami spesimen struktur *parking bumper* dan respon yang ditimbulkan seperti yang diilustrasikan pada gambar 10.



Gambar 9. Grafik gaya tekan – spesimen uji ke-1 pada sisi atas



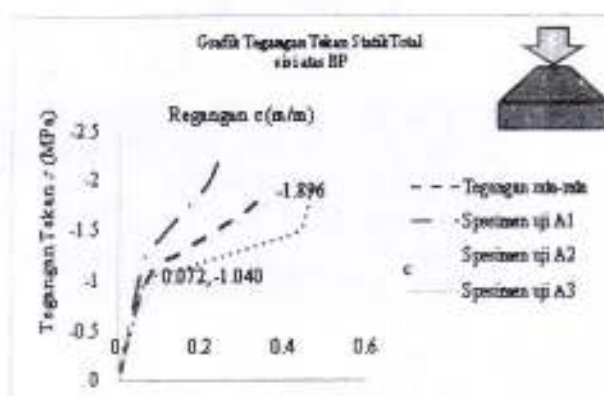
Gambar 10. Grafik tegangan - spesimen uji ke-1 pada sisi atas

Dari gambar 10, nilai yield strength ( $S_y$ ) pada grafik tersebut adalah 1,298 MPa, dengan regangan linear ( $\epsilon$ ) diperoleh adalah 0,068. Tegangan tekan maksimum yang diberikan sampai spesimen tersebut gagal ( $S_u$ ) adalah 7,387 MPa.

Hasil pengujian tekan yang dilakukan dari beberapa sampel pengujian dapat dijelaskan digabungkan dalam sebuah grafik pada gambar 11 dan 12.



Gambar 11. Grafik gaya uji tekan statik sisi atas



Gambar 12. Grafik tegangan uji tekan statik sisi atas

Dari Grafik Tegangan (gambar 12) menggambarkan kekuatan struktur pada daerah batas elastik diperoleh nilai yield strength ( $S_y$ ) sebesar 1,04 MPa, dengan regangan linear ( $\epsilon$ ) diperoleh adalah 0,072. Sedangkan Tegangan tekan maksimum yang diberikan sampai spesimen tersebut gagal ( $S_u$ ) adalah 1,896 MPa. Dari hasil Pengujian tekan secara experimental dapat diketahui bahwa bentuk pola retak yang terjadi akibat gaya tekan yang diberikan pada stuktur *parking bumper* sisi atas dapat dilihat pada gambar 13.



(a)



(b)



(c)

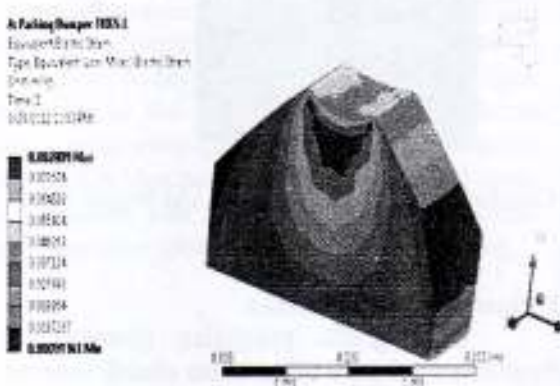
Keterangan Gambar: (a). Spesimen struktur uji 1, (b).Spesimen struktur uji 2, (c). Spesimen struktur uji 3.

Gambar 13. Kerusakan akibat uji tekan spesimen uji sisi atas

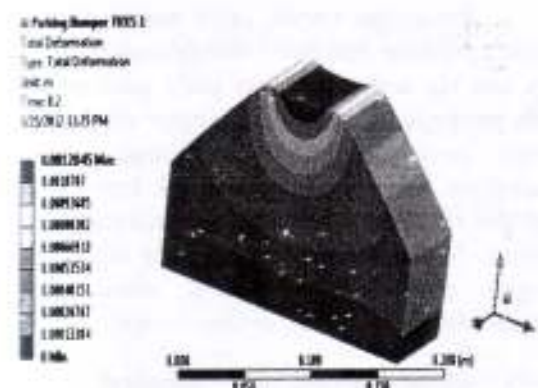
Untuk mengetahui distribusi tegangan pada sisi atas *parking bumper*, dengan memasukkan nilai gaya tekan rata-rata 3,327 kPa diperoleh hasil seperti pada gambar 14, 15, dan 16.



Gambar 14. Simulasi tegangan uji tekan statik sisi atas



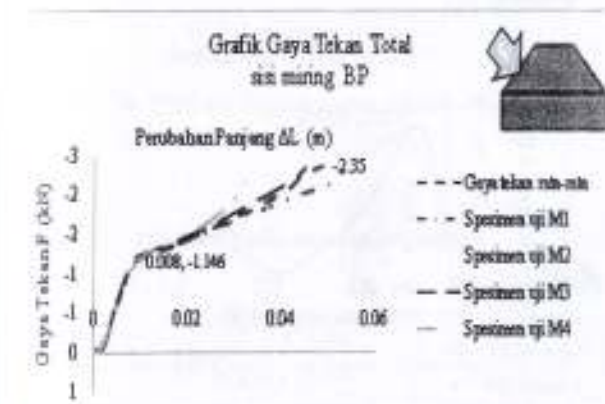
Gambar 15. Simulasi regangan uji tekan statik sisi atas



Gambar 16. Simulasi Total Deformasi Uji tekan taik sisi atas

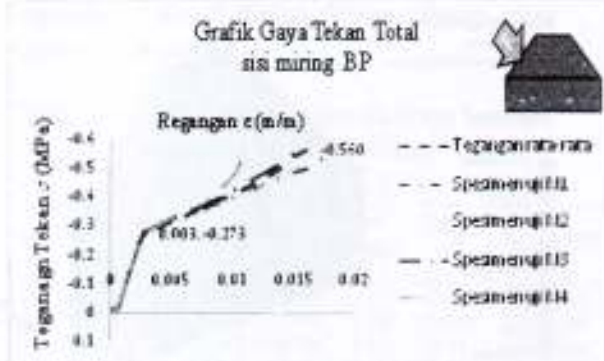
Hasil simulasi (gambar 4.6) diperoleh hasil tegangan maksimum pada pada sisi atas *parking bumper* ialah 0,759 MPa, dengan regangan maksimum 0,082 (gambar 4.7), total deformasi yang terjadi pada gambar 4.8 ialah sebesar 0,0012 m.

Selanjutnya hasil pengujian tekan yang dilakukan pada sisi miring untuk beberapa sampel pengujian dapat dijelaskan digabungkan dalam sebuah grafik pada gambar 17 dan 18.

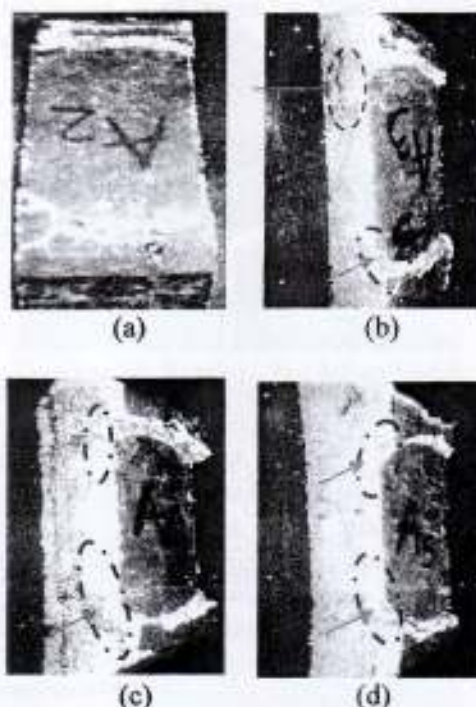


Gambar 17. Grafik gaya uji tekan statik sisi miring

Dari hasil Pengujian tekan secara experimental dapat diketahui bahwa bentuk pola retak yang terjadi akibat gaya tekan yang diberikan pada stuktur *parking bumper* sisi miring dapat dilihat pada gambar 19.



Gambar 4.18. Grafik gaya uji tekan statik sisi miring



Keterangan gambar: (a). Spesimen uji 1, (2). Spesimen uji 2, (3). Spesimen uji 3, (4). Spesimen uji 4.

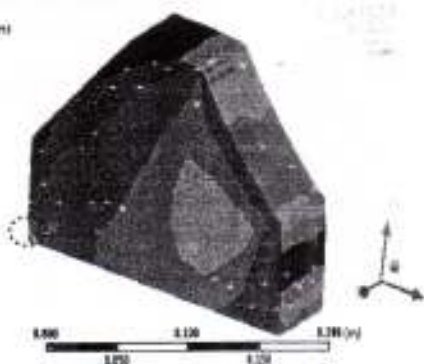
Gambar 19. Kerusakan akibat Uji tekan pada sisi miring

Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban tekan statik dapat disimulasikan dengan menggunakan Program ANSYS 12 Workbench. Data pengujian tekan statik pada sisi penekanan miring diperoleh hasil seperti pada gambar 20, 21, dan 22.

As Parking Bumper TRES 1

Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: Pa  
Time: 1  
4/10/2012 9:13 AM

2.402e5 Max  
1.104e5  
1.112e5  
1.44e5  
1.307e5  
1.095e5  
61789  
33470  
37018  
246399 Min

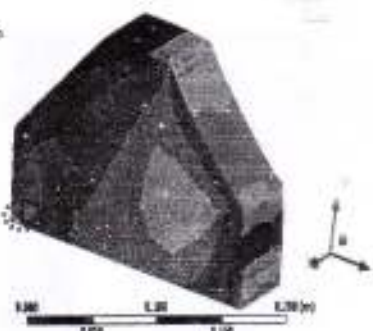


Gambar 20. Gambar distribusi regangan hasil simulasi

As Parking Bumper TRES 1

Equivalent Plastic Strain  
Type: Equivalent (von-Mises) Plastic Strain  
Unit: m/m  
Time: 1  
4/10/2012 9:13 AM

0.026794 Max  
0.013014  
0.010954  
0.012064  
0.014911  
0.012944  
0.007017  
0.000016  
0.000075  
0.000015 Min



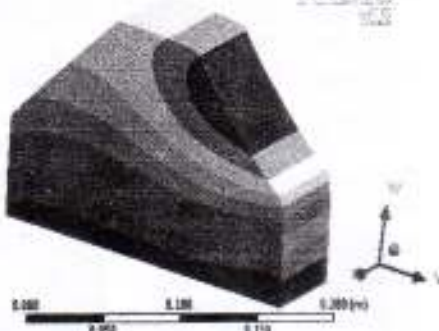
Gambar 21. Gambar distribusi regangan hasil simulasi

Hasil simulasi ANSYS pada gambar 20. diperoleh tegangan maksimum ialah 0,246 MPa. Adapun besar regangan maksimum yang diperoleh dari simulasi ialah 0,026, seperti yang ditunjukkan pada gambar 21. Besarnya total deformasi dapat dilihat pada gambar 22.

As Parking Bumper TRES 1

Total Deformation  
Type: Total Deformation  
Unit: m  
Time: 0.1  
4/10/2012 9:14 AM

0.00042751 Max  
0.00036445  
0.0003364  
0.00026034  
0.00024078  
0.00018222  
0.00014437  
0.000113e-5  
0.00017e-5  
0 Min



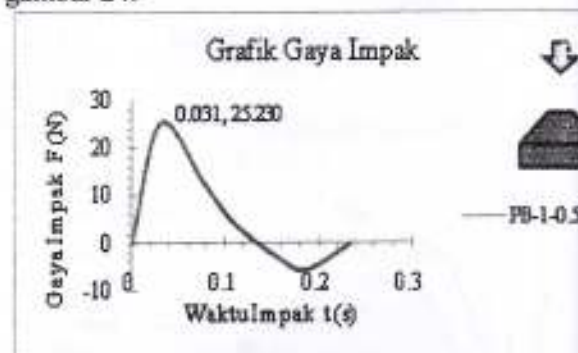
Gambar 22. Gambar distribusi regangan hasil simulasi

Pengujian impact jatuh bebas dengan objek *parking bumper* menggunakan anvil dan test rig seperti terlihat pada gambar 23. Pada pengujian ini *parking bumper* diletakkan diatas anvil yang dibuat khusus untuk mencekam benda kerja agar tidak lepas pada saat test rig dijatuhkan pada posisi ketinggian tertentu. Selanjutnya pengujian juga dilakukan dengan memvariasikan bidang sentuh yaitu sisi atas dan sisi miring *parking bumper*.



Gambar 23. Posisi anvil, *parking bumper* dan test rig

Gaya dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengujian impact jatuh bebas pada posisi uji bagian atas *parking bumper* dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24 Hasil gaya impact pada posisi atas

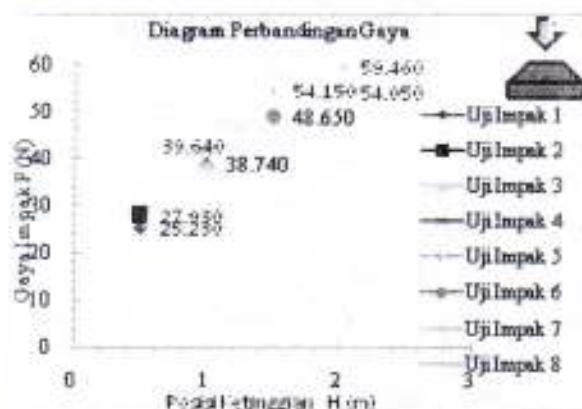
Variasi ketinggiannya impact jatuh bebas dapat divariasikan dengan ketinggian 0,5m, 1m, 1,5m, 2m.

Dari hasil pengujian (gambar 25) dapat disimpulkan bahwa pada ketinggian 0,5 m untuk posisi impact pada sisi atas dengan diperoleh hasil gaya impact sebesar 25,23 N dengan waktu impact sebesar 0,031 s

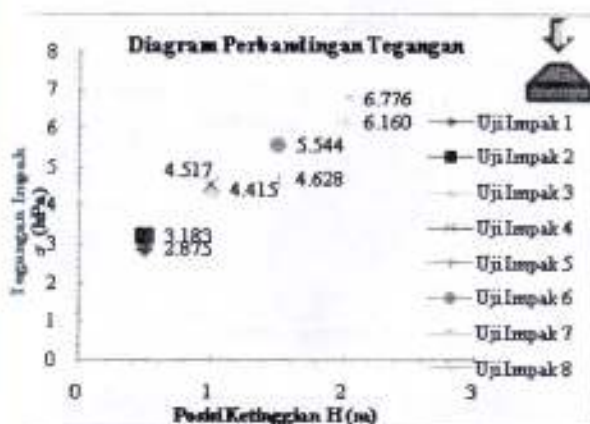


Gambar 25. Tegangan impact pada posisi atas

Dan respon yang dihasilkan dari pengujian secara keseluruhan dapat dijelaskan melalui gambar 26 dan 27.



Gambar 26. Perbandingan gaya impact sisi atas berdasarkan ketinggian



Gambar 27. Perbandingan tegangan impact berdasarkan ketinggian

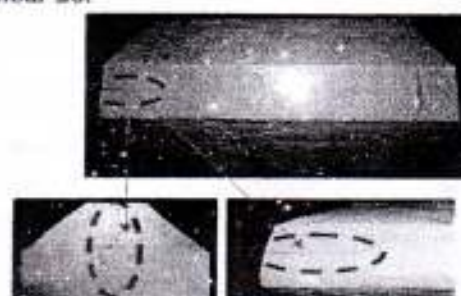
Hasil pengujian impact jatuh bebas dengan variasi ketinggian tertentu, secara

keseluruhan dapat diplot dalam sebuah tabel seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengujian *parking bumper* pada posisi impact sisi atas

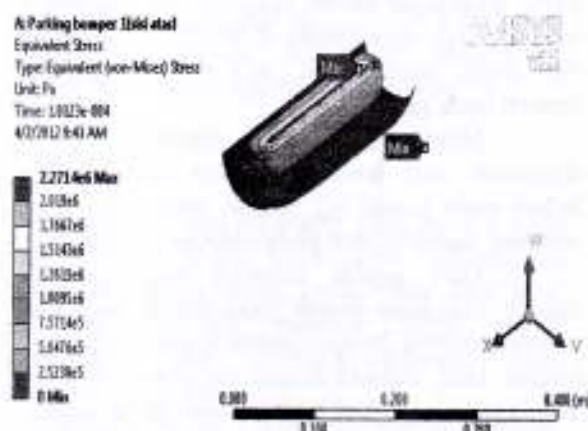
| Uji | Posisi (m) | v (m/s) | t (s) | F (N)  | σ (kPa) | Energi (J) | Keterangan  |
|-----|------------|---------|-------|--------|---------|------------|-------------|
| 1   | 0.5        | 3.31    | 0.031 | 25.230 | 2.875   | 12.615     | tidak rusak |
| 2   | 0.5        | 3.31    | 0.047 | 27.930 | 3.183   | 13.965     | tidak rusak |
| 3   | 1          | 4.43    | 0.047 | 38.740 | 4.415   | 38.74      | tidak rusak |
| 4   | 1          | 4.43    | 0.032 | 39.640 | 4.517   | 39.64      | tidak rusak |
| 5   | 1.5        | 5.42    | 0.047 | 48.650 | 5.544   | 72.975     | tidak rusak |
| 6   | 1.5        | 5.42    | 0.031 | 54.150 | 6.171   | 81.225     | tidak rusak |
| 7   | 2          | 6.26    | 0.031 | 54.050 | 6.160   | 105.1      | tidak rusak |
| 8   | 2          | 6.26    | 0.031 | 59.460 | 6.776   | 115.92     | Rusak retak |

Pola retak yang ditimbulkan akibat beban impact jatuh bebas ini dapat dilihat pada gambar 28.



Gambar 28. Retak akibat beban impact

Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban tekan dinamik dapat disimulasikan dengan menggunakan program ANSYS 12 Workbench. Data pengujian tekan statik pada sisi penekanan miring diperoleh hasil seperti pada gambar 29, 30, dan 31.



Gambar 29. *Equivalent stress (von mises)*



Gambar 4.30. Equivalent elastic strain (von misses)



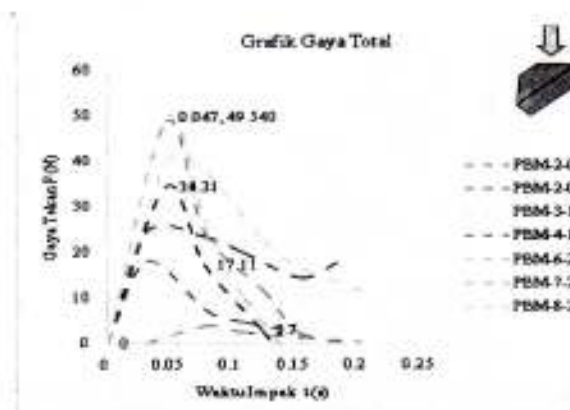
Gambar 31. Total Deformation

Dari hasil simulasi impact jatuh bebas dengan menggunakan program Ansys diperoleh hasil tegangan maksimum (gambar 29) adalah 2,27 MPa. Regangan impact (gambar 30) diperoleh hasil adalah maksimum 0,00788. Sedangkan deformasi maksimum adalah 0,000637m, seperti pada gambar 31.

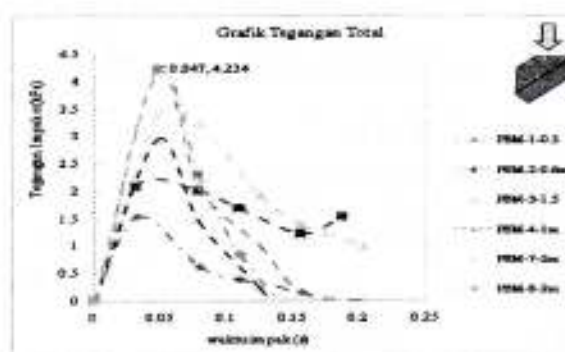
Nilai gaya dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengujian impact jatuh bebas pada posisi uji bagian miring *parking bumper* dapat dilihat pada gambar 32 dan 33.

Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai gaya impact yang terjadi pada sisi miring *parking bumper* untuk ketinggian 0,5m adalah 18N. dengan waktu impactnya 0,032s. Tegangan yang diakibatkan oleh gaya impact seperti pada gambar 4.25 adalah 1,540 kPa dengan waktu impact 0,032s. Perbandingan gaya dan tegangan impact pada *parking bumper* setiap pengujian dapat dilihat pada 34

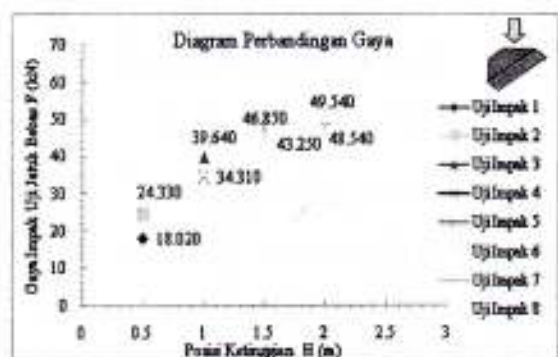
dan 35. Dan data pengujian juga dapat di lihat pada tabel 4.



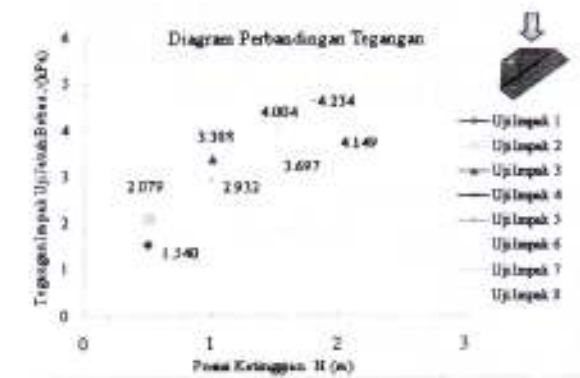
Gambar 32. Tegangan impact pada sisi miring



Gambar 33. Tegangan impact pada sisi miring



Gambar 34. Perbandingan gaya impact pada sisi miring

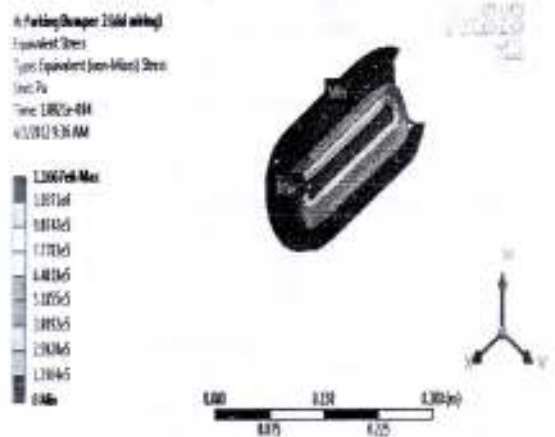


Gambar 35. Perbandingan tegangan impact pada sisi miring

Tabel 4. Data hasil pengujian *parking bumper* pada posisi impact sisi miring

| Uji | Posisi (m) | v (m/s) | t (s) | F (N) | $\sigma$ (kPa) | Energi (J) | Keterangan  |
|-----|------------|---------|-------|-------|----------------|------------|-------------|
| 1   | 0.5        | 3.31    | 0.032 | 18.02 | 1.540          | 9.01       | Tidak rusak |
| 2   | 0.5        | 3.31    | 0.031 | 24.33 | 2.079          | 12.165     | Tidak rusak |
| 3   | 1          | 4.43    | 0.047 | 34.31 | 2.932          | 34.31      | Tidak rusak |
| 4   | 1          | 4.43    | 0.047 | 39.64 | 3.355          | 39.64      | Tidak rusak |
| 5   | 1.5        | 5.42    | 0.031 | 43.25 | 3.696          | 64.875     | Tidak rusak |
| 6   | 1.5        | 5.42    | 0.047 | 46.85 | 4.004          | 70.275     | Tidak rusak |
| 7   | 2          | 6.26    | 0.047 | 48.54 | 4.148          | 97.08      | Tidak rusak |
| 8   | 2          | 6.26    | 0.047 | 49.54 | 4.234          | 99.08      | Tidak rusak |

Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban tekan dinamik dapat disimulasikan dengan menggunakan Program ANSYS 12 Workbench. Data pengujian tekan statik pada sisi penekanan miring diperoleh hasil seperti pada gambar 36, 37, dan 38.



Gambar 36. Equivalent stress (von mises)



Gambar 37. Equivalent elastic strain (von mises)



Gambar 38. Total deformation (von mises)

Dari hasil simulasi impact jatuh bebas dengan menggunakan program Ansys diperoleh hasil tegangan maksimum (gambar 36) adalah 1,1667 MPa, regangan impact (gambar 37) diperoleh hasil adalah maksimum 0,0040. Sedangkan deformasi maksimum adalah 0,00081m, seperti pada gambar 38.

### Kesimpulan

Tegangan dan regangan yang terjadi pada sisi miring lebih kecil, dan konsentrasi tegangan terjadi lebih besar pada sisi atas, sehingga *parking bumper* lebih aman digunakan jika mobil berhenti tidak membebani sisi atas.

Besar gaya dan tegangan impact maksimum terjadi pada ketinggian 2 meter. Pada kondisi pengujian sisi atas *parking bumper* mengalami keretakan, sehingga dalam

aplikasi dilapangan *parking bumper* bahan komposit serat TKKS ini tidak direkomendasikan untuk kecepatan mobil 20 km/jam mengenai parking bumper.

#### Daftar Pustaka

- [1]. Muftil Badri M, *Respon Polymeric Foam Yang Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik dan Impak (Simulasi Numerik)*, Universitas Sumatera Utara, 2011.
- [2]. Zulfikar, *Pembuatan dan Penyelidikan Perilaku Mekanik Material Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik dan Impak*, Universitas Sumatera Utara, 2011.
- [3]. Subianto, Bambang, dkk., *Utilization of Fruit Bunch Waste from Oil and Palm Industry for Particleboard Using Phenol Formaldehyde Adhesive*, Wasta PPKS: 1-4
- [4]. Isroi, *Pengolahan TKKS (Tandan Kelapa Sawit)*, (online), (<http://isroi.wordpress.com>), diakses tanggal 8 April 2011, pukul 06.25 WIB.
- [5]. Google,(online), *Parking bumper for Car Stopper*, [www.google.co.id/imgres?q=parking+bumper+for+car+stopper](http://www.google.co.id/imgres?q=parking+bumper+for+car+stopper), tanggal akses 24-2-2012 jam 20;45