

Respon Parking Bumper Bahan Komposit Polymeric Foam Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Akibat Beban Tekan Statik Dan Dinamik (Simulasi Numerik)

Zainal Arif¹⁾, Nasruddin²⁾

¹⁾²⁾ Jurusan Teknik Mesin, Universitas Samudra, Langsa 24416, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Dikirim 10 Oktober 2014

Direvisi dari 20 Oktober 2014

Diterima 30 Oktober 2014

Kata Kunci:

Respon,
parking bumper,
polymeric foam,
TKKS,
beban tekan statik,
impak jatuh bebas.

ABSTRAK

Respon Parking bumper bahan komposit polymeric foam diperkuat serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) telah diteliti dengan menggunakan pengujian tekan statik dan dampak jatuh bebas dan simulasi. Pengujian dilakukan pada struktur parking bumper berbentuk trapesium dengan bidang pengujian sisi atas dan sisi miring. Pada pengujian statik, dimensi spesimen diameter penetrator disesuaikan dengan skala laboratorium, sedangkan pada uji jatuh bebas dimensi spesimen dan impaktor disesuaikan dengan standar lebar roda mobil. Dari hasil pengujian diperoleh besarnya tegangan dan regangan struktur parking bumper akibat beban tekan statik sisi atas adalah 1,04 MPa dan 0,072 m/m, pada sisi miring adalah 0,273 MPa dan 0,003 m/m. Hasil simulasi diperoleh tegangan dan regangan pada sisi atas adalah 0,759 MPa dan 0,083 m/m, pada sisi miring adalah 0,246 MPa dan 0,026 m/m. 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 m/m, pada sisi miring adalah 1,167 MPa dan 0,0040 m/m.

© 2014 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

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 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.

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 impak struktur parking bumper bahan komposit polymeric foam diperkuat serat TKKS akibat beban impak jatuh bebas dan simulasi.

2. Metodologi

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.



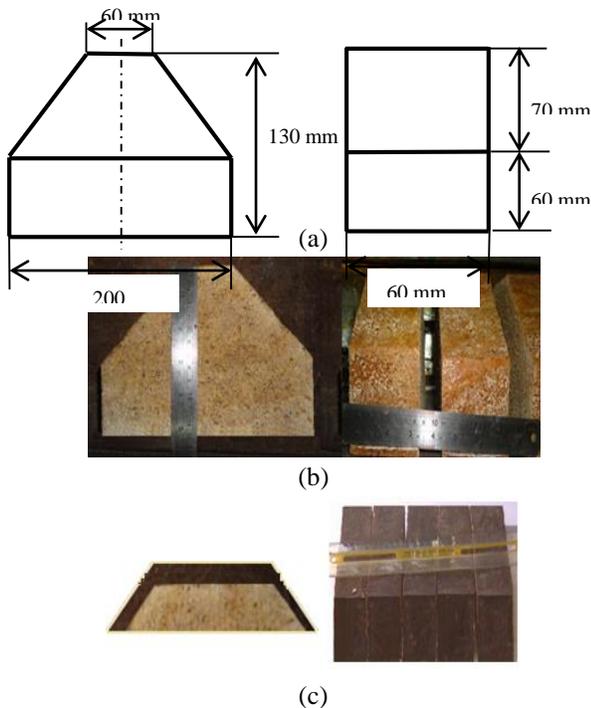
Gambar 3. Proses pembuatan struktur komposit

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



Gambar 4. Alat cetak struktur parking bumper

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

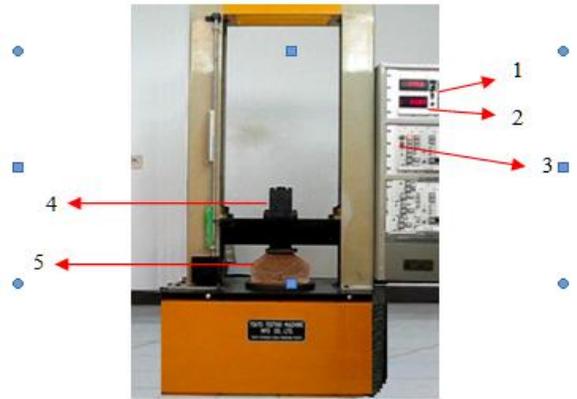


Keterangan gambar:
 a. Gambar teknik spesimen uji tekan static.
 b. Gambar spesimen uji tekan static untuk sisi atas.
 c. Gambar spesimen uji tekan static untuk sisi miring.

Gambar 5. Geometri dan gambar spesimen tekan static

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

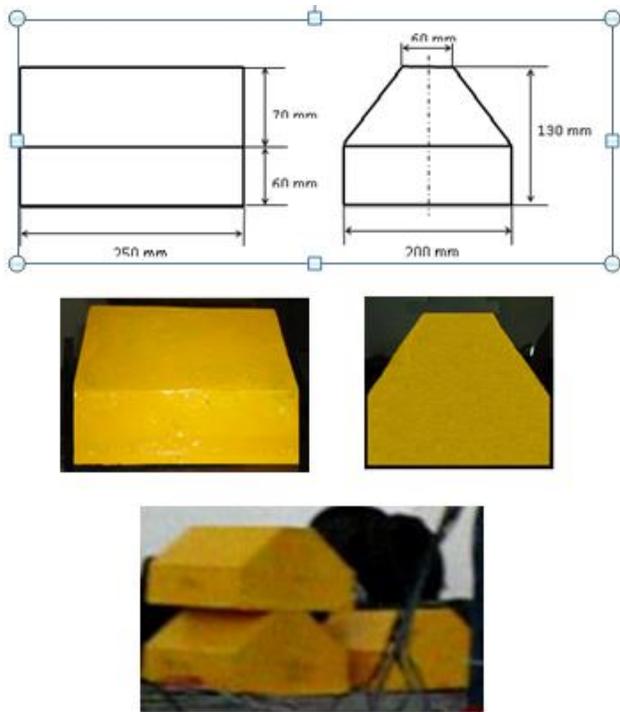


Keterangan gambar: (1) Load Value (2) Stroke value (3) Load range (4) Chuck (5) Spesimen

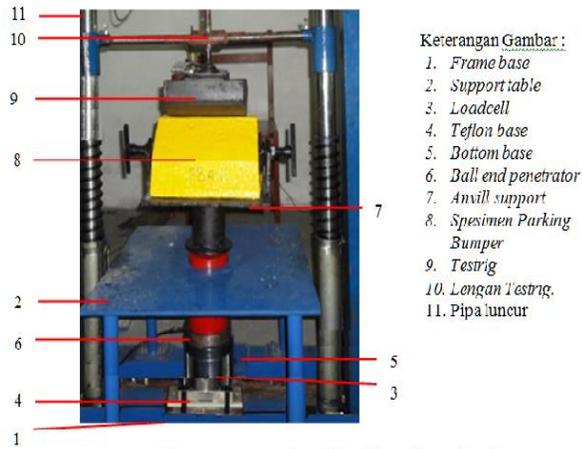
Gambar 6. Mesin uji tekan/tarik static Tokyo Universal Testing Machine

Pengujian impact jatuh bebas dilakukan untuk mengetahui respon spesimen uji terhadap beban impact. Ketinggian impact 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.



Gambar 7. Geometri spesimen impact



- Keterangan Gambar :
1. Frame base
 2. Support table
 3. Loadcell
 4. Teflon base
 5. Bottom base
 6. Ball end penetrator
 7. Anvil support
 8. Spesimen Parking Bumper
 9. Testrig
 10. Lengan Testrig,
 11. Pipa tuncur

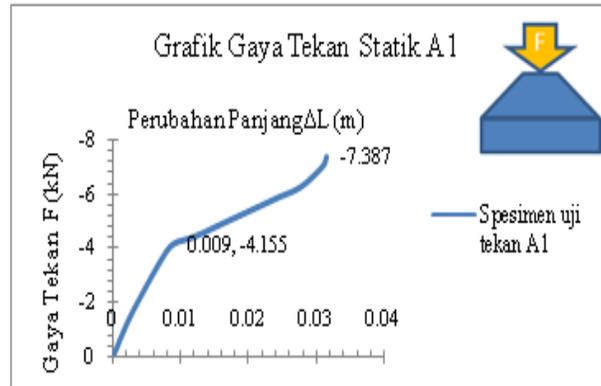
Gambar 3.8. Perangkat Alat Uji Impact Jatuh Bebas

Alat pengukur energi dan gaya impact 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 impact hingga 30.000 kg.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari grafik pengujian (gambar 9) diperoleh nilai gaya tekan batas elastis sebesar 4,155 kN dengan perubahan panjang sebesar 0,009 m. 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.



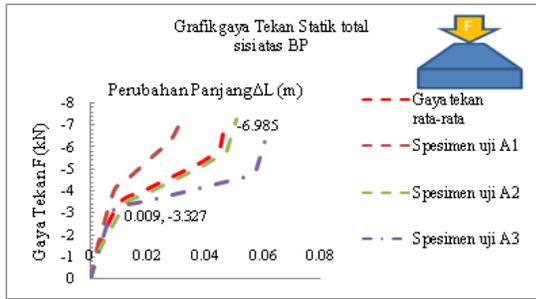
Gambar 9. Grafik gaya tekan – spesimen uji ke-1 pada sisi atas



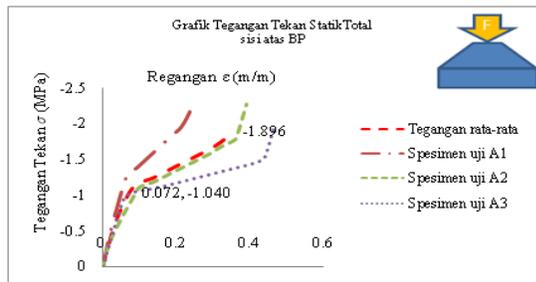
Gambar 10. Grafik tegangan - spesimen uji ke-1 pada sisi atas

Dari gambar 10. Nilai yield strength (S_y) pada grafik tersebut diperoleh adalah 1,298 MPa. dengan regangan linear (ϵ) 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 sample pengujian dapat dijelaskan digabungkan dalam sebuah grafik pada gambar 11 .dan 12

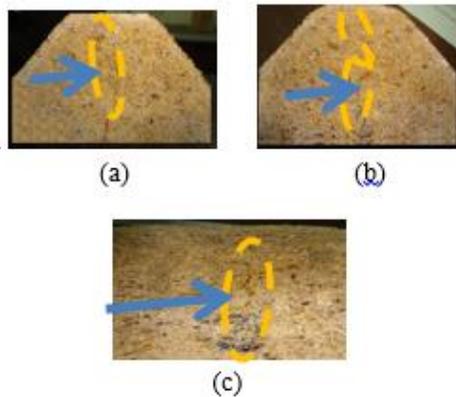


Gambar 11. Grafik gaya uji tekan statik sisi atas



Gambar 12. Grafik tegangan uji tekan statik sisi atas

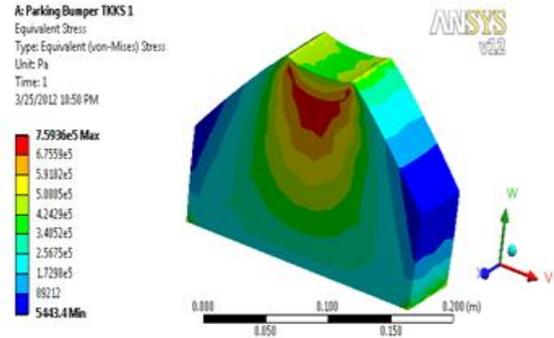
Dari Grafik Tegangan (gambar 12) menggambarkan kekuatan struktur pada daerah elastis sebelum memasuki daerah pastik diperoleh nilai yield strength (S_y) sebesar 1.04 MPa. dengan regangan linear (ϵ) diperoleh adalah 0,072. Sedangkan Tegangan tekan maksimum yang diberikan sampai spesimen tersebut gagal (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.



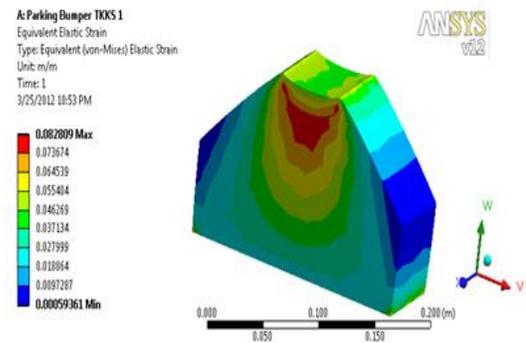
Keterangan Gambar: (a). Spesimen struktur uji 1, (b).Spesimen struktur uji 2, (c). Spesimen struktur uji 3.

Gambar 13. Kerusakan akibat uji tekan spesimen uji sisi atas

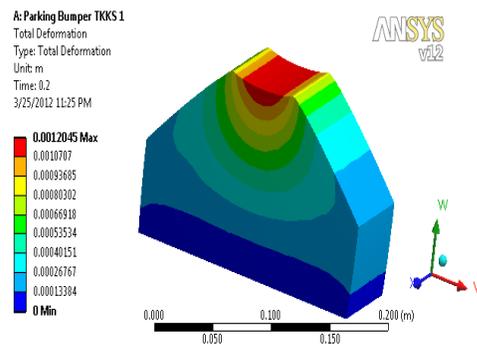
Untuk mengetahui distribusi tegangan pada sisi atas *parking bumper*, dengan memasukkan nilai gaya tekan rata-rata 3,327 kPa diperoleh hasil seperti pada gambar 14. dan 15. serta 16.



Gambar 14. Simulasi tegangan uji tekan statik sisi atas



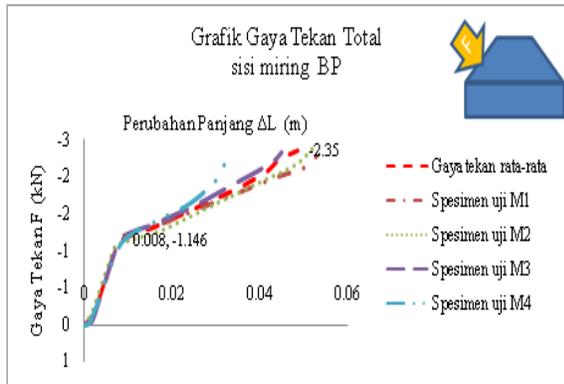
Gambar 15. Simulasi regangan uji tekan statik sisi atas



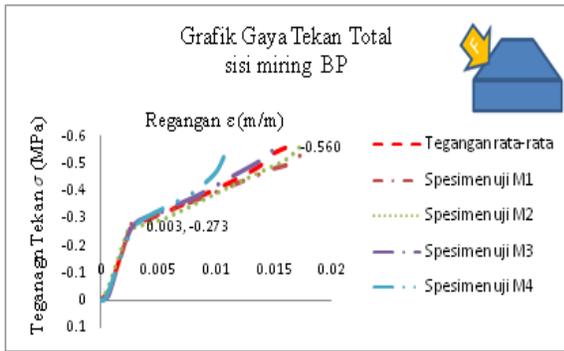
Gambar 16. Simulasi Total Deformasi Uji tekan statik sisi atas

Hasil simulasi (gambar 4.6) diperoleh hasil tegangan maksimum 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 sample pengujian dapat dijelaskan digabungkan dalam sebuah grafik pada gambar 17. dan 18

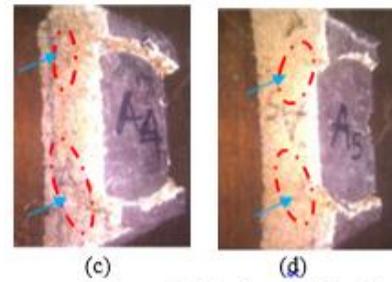
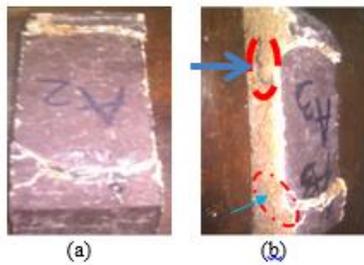


Gambar 17. Grafik gaya uji tekan statik sisi miring



Gambar 4.18. Grafik gaya uji tekan statik sisi miring

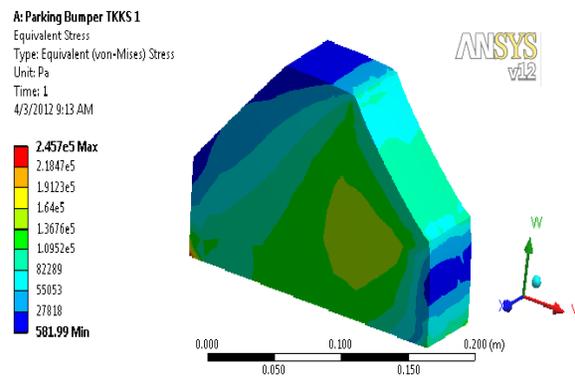
Dari hasil Pengujian tekan secara experimental dapat diketahui bahwa bentuk pola retak yang terjadi akibat gaya tekan yang diberikan pada stuktur *parking bumper sisi miring* dapat dilihat pada gambar 19.



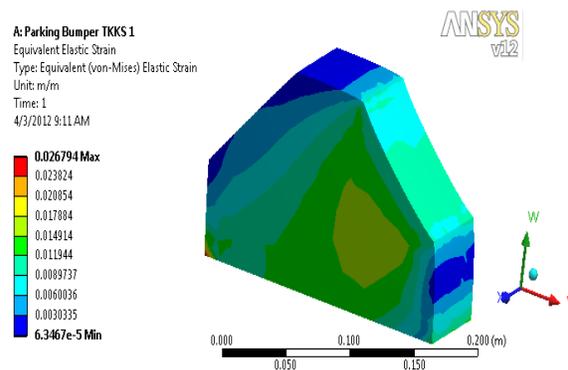
Keterangan gambar: (a). Spesimen uji 1, (2). Spesimen uji 2, (3). Spesimen uji 3, (4). Spesimen uji 4.

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.



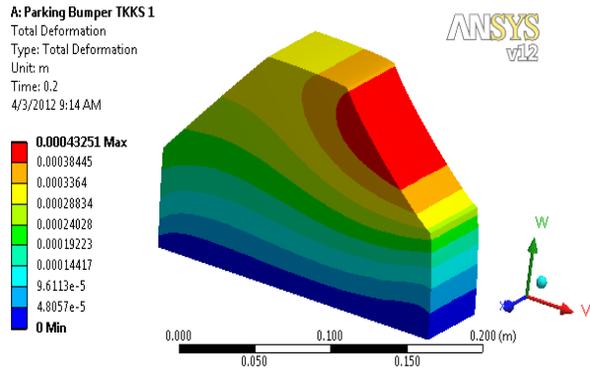
Gambar 20. Gambar distribusi regangan hasil simulasi



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 m/m, seperti yang ditunjukkan pada gambar 21. dan besarnya total deformasi dapat dilihat pada gambar 22.



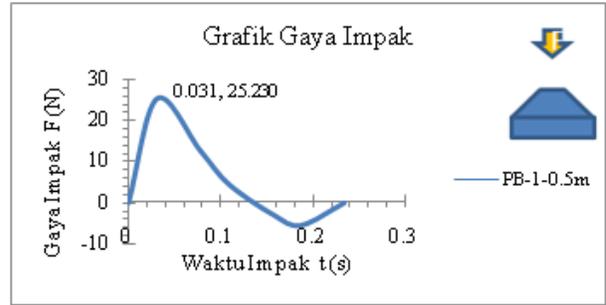
Gambar 22. Gambar distribusi regangan hasil simulasi

Pengujian impak 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

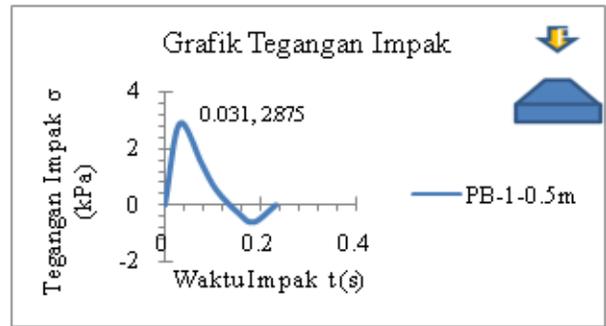
Gaya dan tegangan yang diperoleh dari hasil pengujian impak jatuh bebas pada posisi uji bagian atas parking bumper dapat dilihat pada gambar 24.



Gambar 24 Hasil gaya impak pada posisi atas

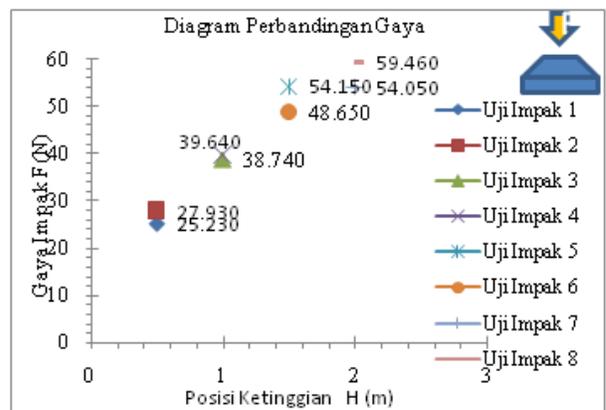
Variasi ketinggiannya impak jatuh bebas dapat divariasikan dengan ketinggian 0,5m, 1m, 1.5m, 2m.

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

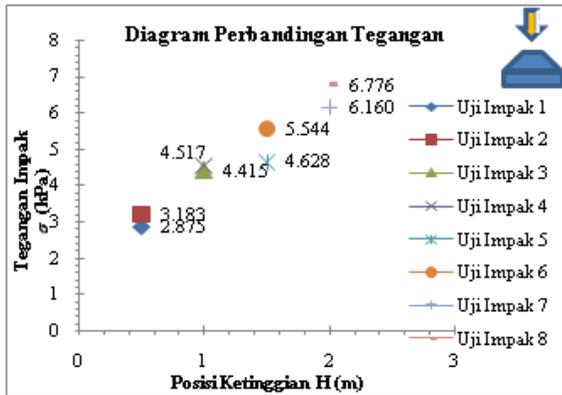


Gambar 25. Tegangan impak pada posisi atas

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



Gambar 26. Perbandingan gaya impak sisi atas berdasarkan ketinggian



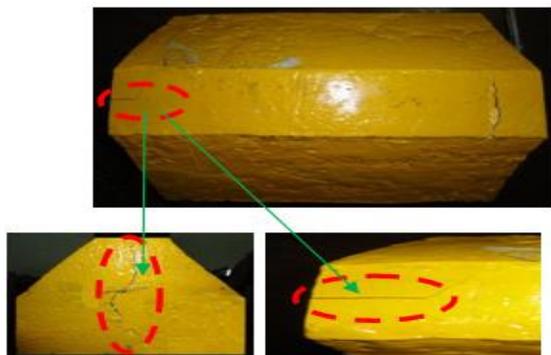
Gambar 27. Perbandingan tegangan impact berdasarkan ketinggian

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

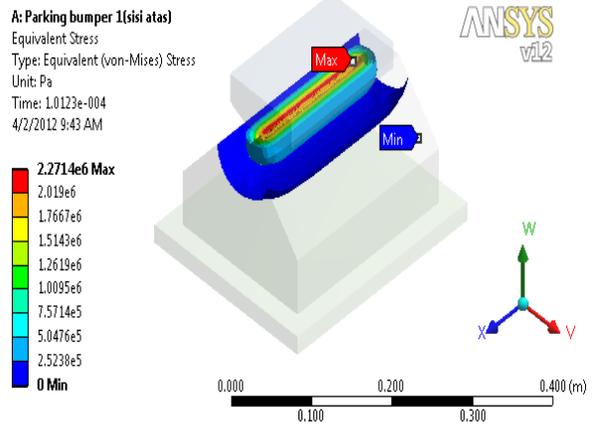
| t (s) | Posisi | F (N) | σ (kPa) | Energi (J) | Uji | Keterangan |
|-------|--------|--------|----------------|------------|-----|-------------|
| 0.031 | 0.5 | 25.230 | 2.875 | 12.615 | 1 | tidak rusak |
| 0.047 | 0.5 | 27.930 | 3.183 | 13.965 | 2 | tidak rusak |
| 0.047 | 1 | 38.740 | 4.415 | 38.74 | 3 | tidak rusak |
| 0.032 | 1 | 39.640 | 4.517 | 39.64 | 4 | tidak rusak |
| 0.031 | 1.5 | 54.150 | 6.171 | 81.225 | 5 | tidak rusak |
| 0.047 | 1.5 | 48.650 | 5.544 | 72.975 | 6 | tidak rusak |
| 0.031 | 2 | 54.050 | 6.160 | 108.1 | 7 | tidak rusak |
| 0.031 | 2 | 59.460 | 6.776 | 118.92 | 8 | Rusak/retak |

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

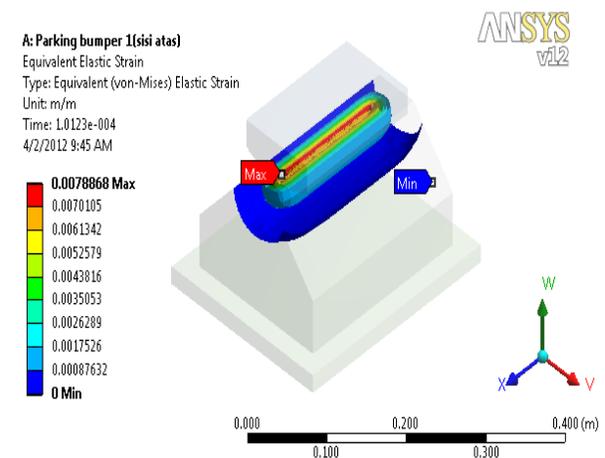


Gambar 28. Retak akibat beban impact

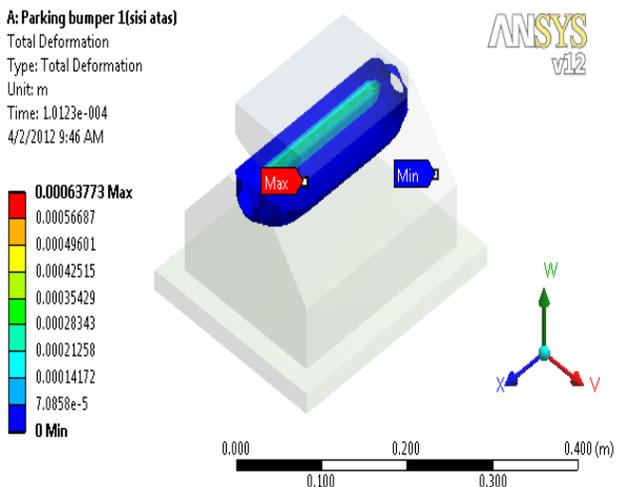
Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban tekan dinamik dapat disimulasikan dengan menggunakan Program ANSYS 12 Workbench. Data pengujian tekan statik pada sisi penekanan miring diperoleh hasil seperti pada gambar 29, 30, dan 31.



Gambar 29. Equivalent stress (von misses)



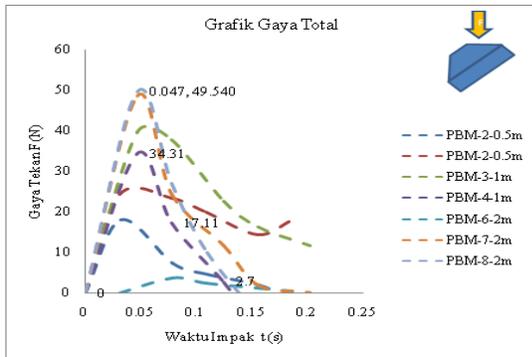
Gambar 4.30. Equivalent elastis strain (von misses)



Gambar 31. Total Deformation

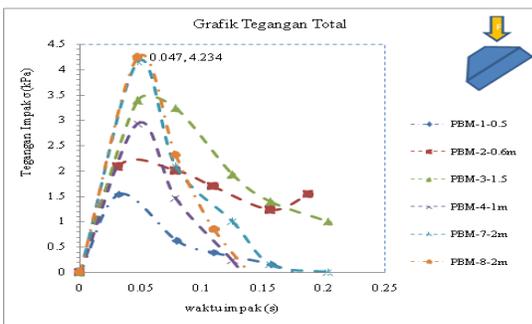
Dari hasil simulasi impak jatuh bebas dengan menggunakan program Ansys diperoleh hasil tegangan maksimum (gambar 29) adalah 2,27 MPa. Regangan impak (gambar 30) diperoleh hasil adalah maksimum 0,00788 m/m. Sedangkan deformasi maksimum adalah 0,000637m, seperti pada gambar 31.

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

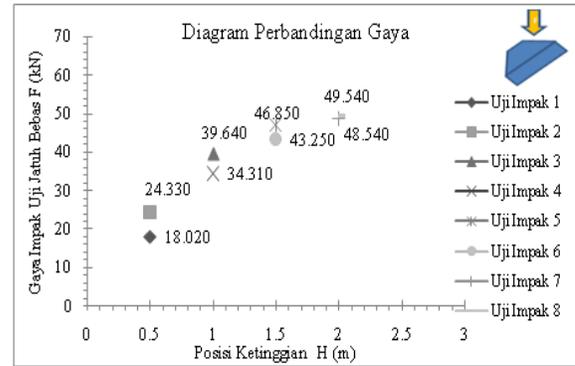


Gambar 32. Tegangan impak pada sisi miring

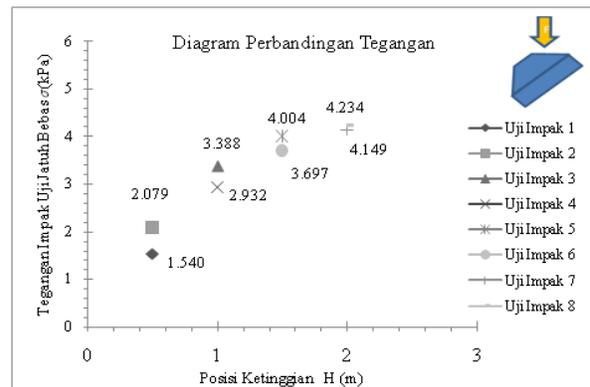
Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai gaya impak yang terjadi pada sisi miring *parking bumper* untuk ketinggian 0,5m adalah 18N. dengan waktu impaknya 0,032s. Tegangan yang diakibatkan oleh gaya impak seperti pada gambar 4.25 adalah 1,540 kPa dengan waktu impak 0,032s. Perbandingan gaya dan tegangan impak pada *parking bumper* setia pengujian dapat dilihat pada 34 dan 35. Dan data pengujian juga dapat di lihat paa tabel 4



Gambar 33. Tegangan impak pada sisi miring



Gambar 34. Perbandingan gaya impak pada sisi miring

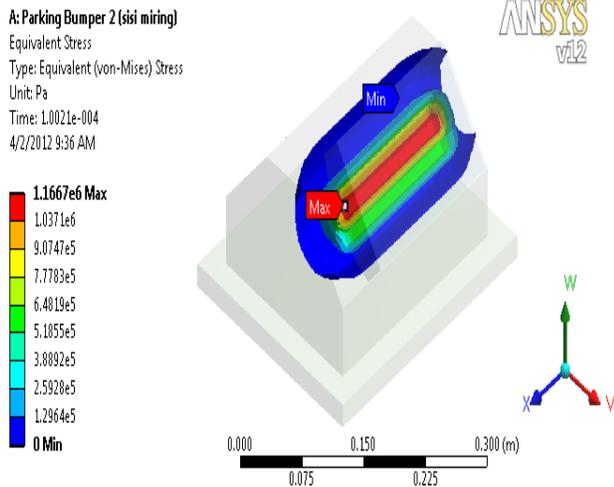


Gambar 35. Perbandingan tegangan impak pada sisi miring

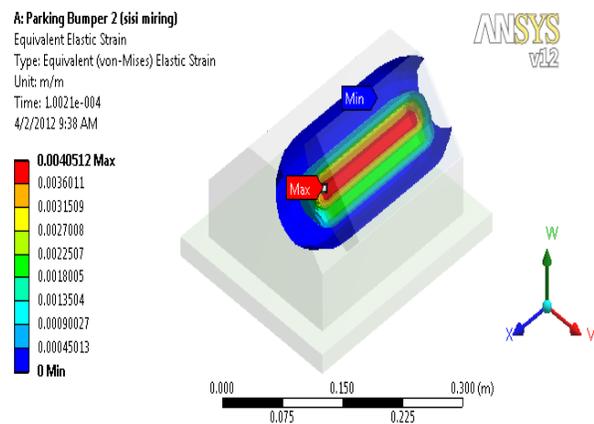
Tabel 4. Data hasil pengujian *parking bumper* pada posisi impak sisi miring

| t (s) | Posisi | F (N) | σ (kPa) | Energi (J) | Uji | Keterangan |
|-------|--------|-------|---------|------------|-----|-------------|
| 0.032 | 0.5 | 18.02 | 1.540 | 9.01 | 1 | Tidak rusak |
| 0.031 | 0.5 | 24.33 | 2.079 | 12.165 | 2 | Tidak rusak |
| 0.047 | 1 | 39.64 | 3.388 | 39.64 | 3 | Tidak rusak |
| 0.047 | 1 | 34.31 | 2.932 | 34.31 | 4 | Tidak rusak |
| 0.047 | 1.5 | 46.85 | 4.004 | 70.275 | 5 | Tidak rusak |
| 0.031 | 1.5 | 43.25 | 3.696 | 64.875 | 6 | Tidak rusak |
| 0.047 | 2 | 48.54 | 4.148 | 97.08 | 7 | Tidak rusak |
| 0.047 | 2 | 49.54 | 4.234 | 99.08 | 8 | Tidak rusak |

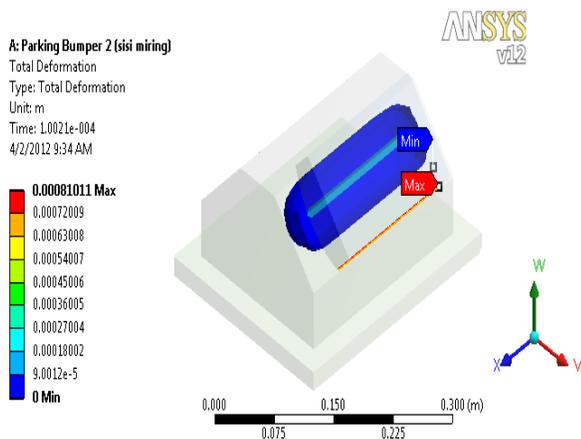
Untuk mengetahui distribusi tegangan dan regangan yang terjadi akibat beban tekan dinamik dapat disimulasikan dengan menggunakan Program ANSYS 12 Workbench. Data pengujian tekan statik pada sisi penekanan miring diperoleh hasil seperti pada gambar 36, 37, dan 38.



Gambar 36. Equivalent stress (von mises)



Gambar 37. Equivalent elastic strain (von mises)



Gambar 38. Total deformation (von mises)

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

4. Kesimpulan

Besarnya tegangan dan regangan struktur *parking bumper* bahan komposit *polymeric foam* diperkuat serat TKKS akibat beban tekan statik pada pengujian sisi atas (rata-rata) adalah 1,04 MPa dan 0,072 m/m. Sedangkan pengujian pada sisi miring adalah 0,273 MPa dan 0,003 m/m. Dari hasil simulasi ANSYS diperoleh tegangan dan regangan maksimum pada sisi atas adalah 0,759 MPa dan 0,083 m/m. Sedangkan pada sisi miring adalah 0,246 MPa dan 0,026 m/m. Pengujian ini menggunakan ukuran spesimen uji yang disesuaikan dengan skala dan kapasitas alat uji. Dan untuk simulasi pada sisi miring menggunakan luas area penekanan yang lebih luas dari pengujian secara experimental.

Besarnya gaya dan tegangan struktur *parking bumper* bahan komposit *polymeric foam* diperkuat serat TKKS akibat beban impak jatuh bebas pada pengujian sisi atas (maksimum) adalah 59,46 N dan 0,0067 MPa. Sedangkan pengujian pada sisi samping adalah 49,54 N dan 0,00423 MPa. Dari hasil simulasi ANSYS diperoleh tegangan dan regangan (maksimum) pada sisi atas adalah 2,271 MPa dan 0,0078 m/m, Sedangkan pada sisi miring adalah 1,167 MPa dan 0,0040 m/m. dengan asumsi spesimen uji experimental disesuaikan dengan ukuran lebar ban mobil yang bersentuhan dengan *parking bumper*. Dan *engineering* data material yang digunakan pada simulasi ini adalah isotropic *elasticity*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Muftil Badri M, Respon Polymeric Foam Yang Diperkuat Serat Tandan 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 Paerticleboard Using Phenol Formaldehyde Adhesive, Wasta PPKS: 1-4
- [4]. Isroi, Pengolahan TKKS (Tandan Kelapa Sawit, (online), ([http:// isroi.wordpress.com](http://isroi.wordpress.com), diakses tanggal 8 April 2011, pukul 06.25 WIB.

[6]. Google, (online), Parking bumper for Car Stopper,
www.google.co.id/imgres?q=parking+bumper+for+car+stoppe, tanggal akses 24-2-2012 jam 20;45

□TAR