

Simulasi Respon Mekanik Komposit Busa Polimer Diperkuat Serat Tkks Dengan Variasi Konsentrasi Al₂O₃**Ria Dini Wanti Lubis^{1*}, Bustami Syam² & Safri Gunawan³**¹⁾ Teknik Mesin/ Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara²⁾ Teknik Mesin/ Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara³⁾ Pendidikan Teknik Mesin/Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan

Telp. (061) 6619056-6622400-6624567 Fax. (061) 6625474, 6631003

^{*}Email: riadiniwanti@umsu.ac.id**ABSTRACT**

Polymer foam composite reinforced by oil palm empty fruit bunches has been developed and with the addition of variations of Al₂O₃ (alumina) powder as an alternative engineering material on car bumper beams. The purpose of this study is to obtain the results of a comparison of mechanical responses on the two types of bumper beams obtained from experimental results and dynamic simulations using ANSYS Software. The results of the stress distribution that occurs using ANSYS, for bumper-beam type 1 is 0.14122 MPa, 0.1527 MPa, 0.13427 MPa, and 0.1887 MPa for axis x, y, z, and equivalent stress, respectively. Bumper-beam type 2 stresses that occur on the x, y, z, and equivalent stress is 0.011818 MPa, 0.01137 MPa, 0.018746 MPa, and 0.03718 MPa, respectively. The results can be concluded that the addition of Al₂O₃ (alumina) powder to the bumper beam composition can improve its mechanical response.

Keywords: Bumper beam, Al₂O₃, oil palm empty fruit bunches, ANSYS simulation

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia otomotif berkembang sangat pesat dikarenakan meningkatnya jumlah penduduk dunia dan kebutuhan sarana transportasi. Salah satu yang menjadi fokus peneliti pada perkembangan otomotif adalah transportasi darat dan fokus pada keamanan dan kenyamanan penumpang merupakan prioritas utama.

Bumper beam mobil didesain untuk mencegah atau mengurangi kerusakan yang terjadi pada kap mobil, *grill*, lampu kepala, dan sistem pendinginan (radiator). Kriteria yang harus dimiliki *bumper* mobil adalah stiffness karena bumper akan menerima beban dampak saat terjadi kecelakaan dan *energy absorption* karena *bumper* merupakan bagian yang dihubungkan ke rangka kendaraan dan mendapatkan tegangan dampak [1]. Saat terjadi dampak, energi dampak akan disalurkan ke seluruh mobil dan membuat kerusakan pada komponen mobil. Rekayasa *bumper beam* menjadi perhatian utama untuk mengurangi kerusakan tersebut. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai bahan yang dapat digunakan untuk menambah kekuatan *bumper beam* mobil tersebut.

Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai material komposit bumper beam mobil adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang jumlahnya sangat banyak yaitu 1,9 ton berat kering atau setara dengan 4 juta ton berat basah pertahun. PT. Perkebunan Nusantara II (PTPN II) menghasilkan limbah TKKS sebanyak 1350 ton pertahun [2]. Material pengisi komposit lainnya adalah Al₂O₃ (Alumina) merupakan oksida keramik yang banyak digunakan sebagai pelopor rekayasa modern karena memiliki keunggulan seperti kekerasan tinggi namun getas, tahan terhadap keausan, dan stiffness tinggi [3]. Penambahan Al₂O₃ pada komposit dapat meningkatkan Modulus young namun menurunkan elastisitas dan kekuatan tarik pada komposit [4]. Peningkatan komposisi

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

partikel Al_2O_3 dapat meningkatkan nilai porositas [5], tahan pada temperatur tinggi, keras dan kuat [6].

Hal tersebut membuat peneliti ingin melakukan penelitian *bumper beam* mobil berbahan komposit dengan komposisi campuran resin, serbuk tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan serbuk aluminium oksida (Al_2O_3) sebagai bahan utama dengan metode cetak tuang. Adapun hal yang akan dilakukan oleh peneliti adalah mendesain dan menganalisa impak pada struktur bumper depan kendaraan bahan komposit busa polimer diperkuat serat TKKS dengan variasi konsentrasi Al_2O_3 menggunakan software ANSYS 17.0 serta membandingkan data hasil simulasi dengan eksperimental.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Material yang dikembangkan pada penelitian ini yaitu komposit busa polimer (polymeric foam) diperkuat serbuk TKKS sebagai bahan teknik alternatif. Komposit ini menggunakan *unsaturated polyester resin* (UPR) sebagai matrik dan serbuk TKKS yang telah melalui treatment serta serbuk aluminium oksida (Al_2O_3), sebagai penguat (filler). *Poliuretan* digunakan sebagai *blowing agent* dengan perbandingan *isocyanate* 60% dan *polyol* 40%. Katalis digunakan untuk mempercepat proses polimerisasi struktur komposit.

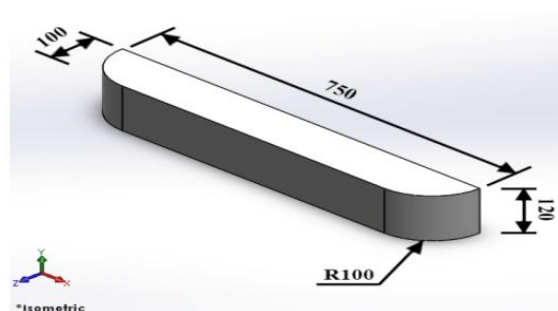
Pada penelitian ini, telah dilakukan pengamatan terhadap penambahan serbuk aluminium dioksida terhadap sifat fisik dan mekanik pada *bumper beam*. Data material yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari hasil eksperimental dari peneliti sebelumnya [7] untuk bumper beam tipe 1 (tanpa penambahan alumina) dan tipe 2 (dengan penambahan alumina sebanyak 6% dengan komposisi yang terbaik), selanjutnya data tersebut dimasukkan pada engineering data dalam ANSYS, seperti yang ditunjukkan Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Data material ANSYS

Nama Material	Density (Kg/mm ³)	Modulus Young (MPa)	Poison Ratio
<i>Bumper Beam</i> Tipe 1	721	296.919	0.4
<i>Bumper Beam</i> Tipe 2	849	436.93	0.4

Desain Beam Bumper

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan gambar 3D *bumper beam* mobil dengan menggunakan software SOLIDWORK. Desain *bumper beam* dibuat sederhana yang diperkecil dengan skala 1:2, *bumper beam* mobil pada penelitian ini memiliki dimensi panjang 750 mm, lebar 120 mm, dan tinggi 100 mm dengan ketebalan 10 mm. Adapun geometri dari bumper beam mobil seperti diperlihatkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bentuk Spesimen tampilan 3D

Simulasi Dinamik Struktural Engineering Data

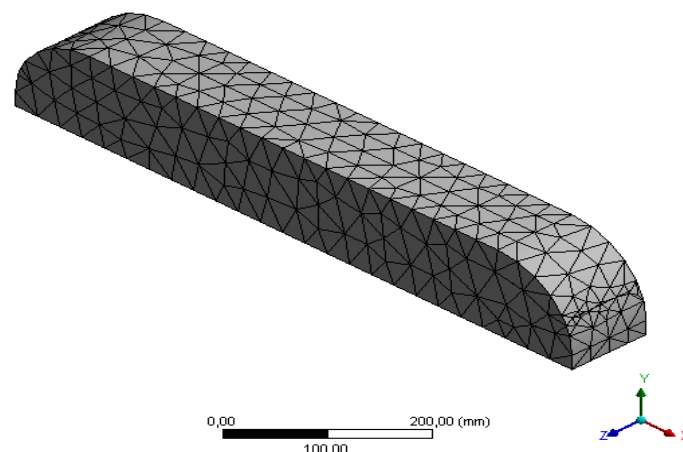
Pada simulasi dinamik ini digunakan material yang sama dengan simulasi statik yaitu *polymeric foam* dengan serat TKKS dan *polymeric foam* pada step ini cukup men-drag kolom engineering data yang terdapat dalam simulasi statik ke kolom engineering data simulasi dinamik.

Double click pada engineering data, kemudian menu engineering data akan tertampil, pada “*outline of schematic B2; engineering data*” terdapat kotak bertuliskan “*click here to add a new material*”, klik pada kotak lalu dimasukkan nama data material baru yang ingin kita simulasikan, disini penulis memasukan nama material baru “*polymeric foam*”.

Lalu pada *toolbox* klik *physical Properties* → *Density* lalu masukan nilai densitas pada “*table of properties row 4: Density*” yang muncul di sebelah kanan tentukan satuannya. Kemudian pada *toolbox* klik *linear elastic*→*isotropic elasticity* lalu masukan nilai “*modulus young dan poisson’s ratio*” pada “*tabel of properties row 3: isotropic elasticity*” untuk *young’s modulus* tentukan satuannya. Setelah semua *step* dilakukan maka *step* pada *engineering data* selesai kemudian klik *return to project* maka akan kembali ke menu *project schematic* dan akan muncul tanda *checklist* pada *engineering data*.

Pemberian Mesh

Unit–unit volume pada simulasi ANSYS di interpretasikan dengan pembentukan *mesh* atau grid. Ukuran *mesh* yang diterapkan pada model akan mempengaruhi ketelitian analisis statik dan dinamik. Semakin kecil ukuran *mesh* pada model, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan *mesh* yang memiliki ukuran lebih besar. Oleh karena itu, besar ukuran *mesh* harus diatur sedemikian rupa (*smooth meshing*) sehingga diperoleh hasil yang teliti dan diusahakan daya komputasi yang dibutuhkan tidak terlalu besar. Hasil *meshing bumper beam* dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Hasil meshing bumper beam

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Velocity

Setelah mendapatkan hasil *density*, modulus *young*, *poisson's ratio* maka sudah didapat untuk mengisi *engineering data* saat melakukan simulasi statik pada ANSYS, setelah itu memasukkan gambar yang sudah dirancang di *software SOLIDWORK* lalu memberikan tekanan pada area puncak *Bumper Beam* seluas area kontak, kegunaan *nodal pressure* bertujuan untuk memberi tekanan pada bagian area yang kita inginkan, dengan klik kanan *static structural* → *insert* → *nodal pressure* maka akan muncul menu *details of fixed support* pada *scope* → *named selection* → *bumper beam* → *definition* → *magnitude* lalu isi sesuai tekanan yang diinginkan.

Pembebanan

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

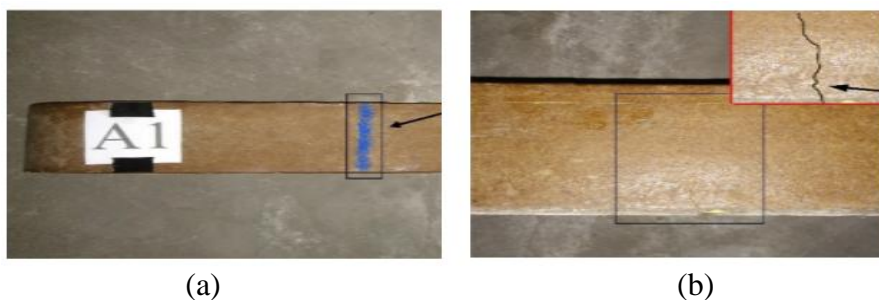
Setelah mendapat rata-rata waktu kecepatan impaktor di pengujian impak jatuh bebas sebesar 4.429 mm/s, maka di dapatlah *velocity* untuk pembebanan dinamik pada simulasi. Gambar pemberian beban untuk *bumper beam* variasi ketinggian pada simulasi dinamik ANSYS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Mekanik dan Pola Keretakan

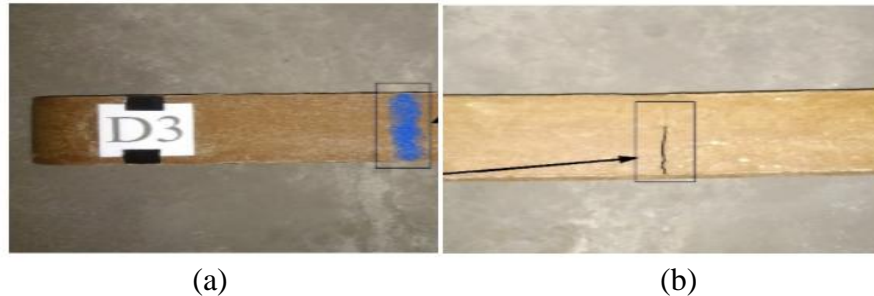
Bumper Beam Tipe 1

Pola kerusakan spesimen uji impak untuk *bumper beam* tipe 1 pada ketinggian 1 meter diperlihatkan pada Gambar 3.1. Berdasarkan pola kerusakan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, pada bumper beam tipe 1 permukaan atas tidak mengalami kerusakan berarti dan terjadi retakan pada sisi samping.



Gambar 3.1. Pola kerusakan spesimen uji impak;
(a) bagian atas *bumper beam* tipe 1,
(b) bagian samping *bumper beam* tipe 1

Bumper Beam Tipe 2

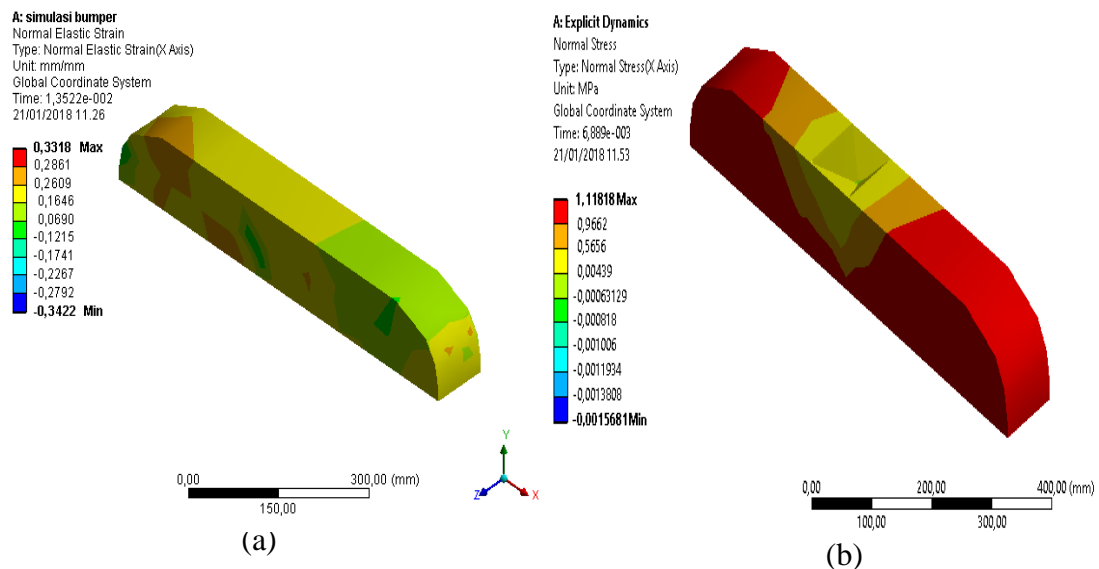


(a) (b)
Gambar 3.2. Pola kerusakan spesimen uji impact;
(a) bagian atas bumper beam tipe 2,
(b) bagian samping bumper beam tipe 2

Berdasarkan pola kerusakan yang ditunjukkan pada Gambar 3.2., pada bumper beam tipe 2 permukaan atas tidak mengalami kerusakan namun pada sisi samping terjadi retak. Fenomena ini dipengaruhi oleh besar gaya impact dan tegangan yang dialami oleh material spesimen uji. Penambahan serbuk aluminium pada bumper beam tipe 2 juga mempengaruhi respon mekanik bahan terhadap beban impact yang diberikan saat pengujian impact.

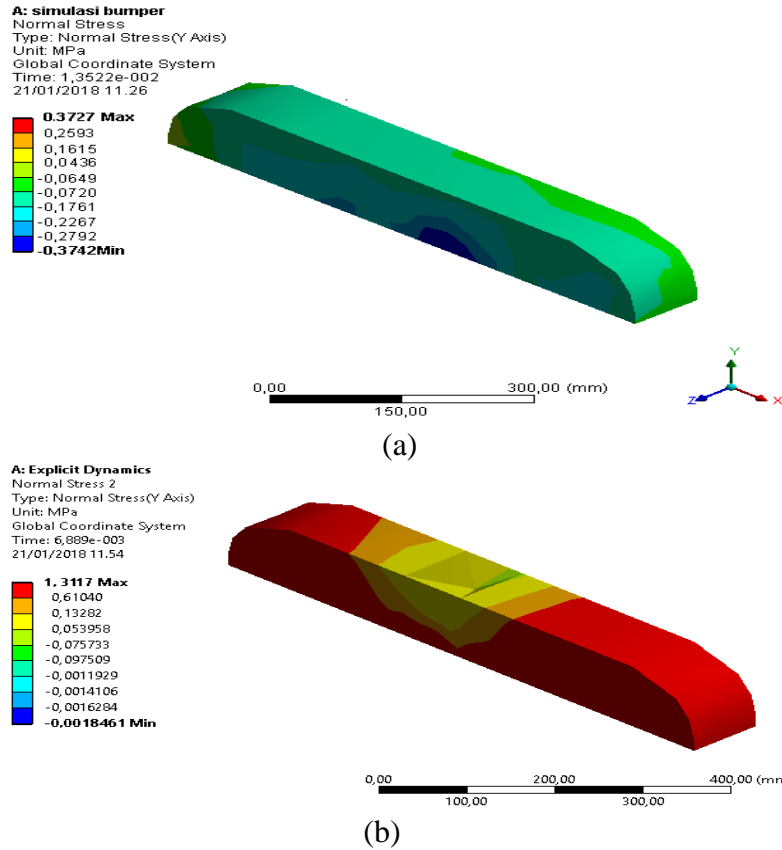
Distribusi Tegangan Dinamik Bumper Beam

Hasil distribusi normal Stress x Axis Bumper Beam



Gambar 3.3. Hasil distribusi normal Stress x Axis (a) tipe 1 (b) tipe 2

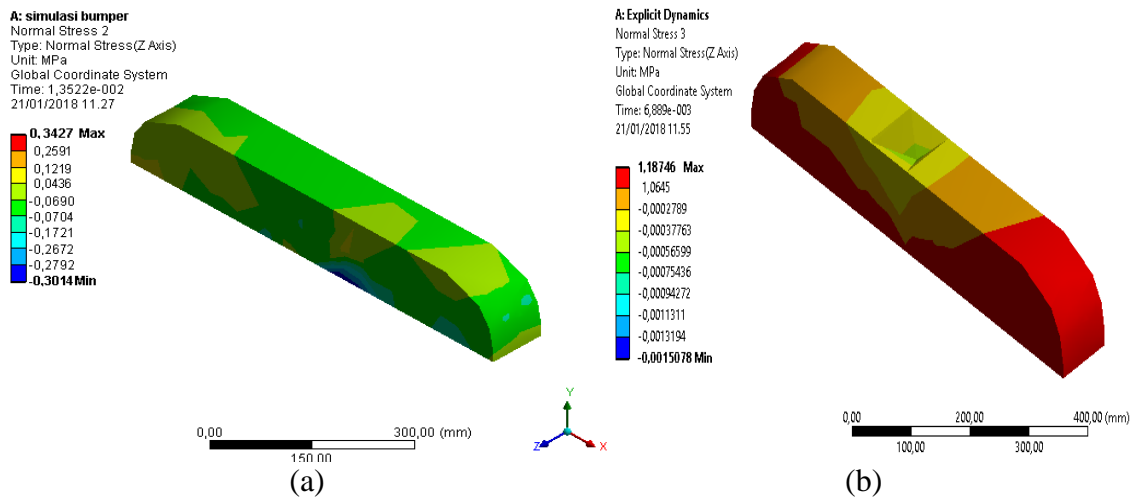
Pada gambar 3.3. hasil simulasi dinamik pada sisi atas dapat dilihat distribusi Stress x Axis maksimum tipe 1 sebesar 0,3318 MPa dan tipe 2 sebesar 1,11818 MPa.
Hasil distribusi normal Stress y Axis Bumper Beam



Gambar 3.4. Hasil distribusi normal Stress y Axis (a) tipe 1 (b) tipe 2

Pada gambar 3.4. hasil simulasi dinamik pada sisi atas dapat dilihat distribusi *Stress y Axis* maksimum tipe 1 sebesar 0,3727 MPa dan tipe 2 sebesar 1,3117 MPa.

Hasil distribusi normal Stress y Axis *Bumper Beam*

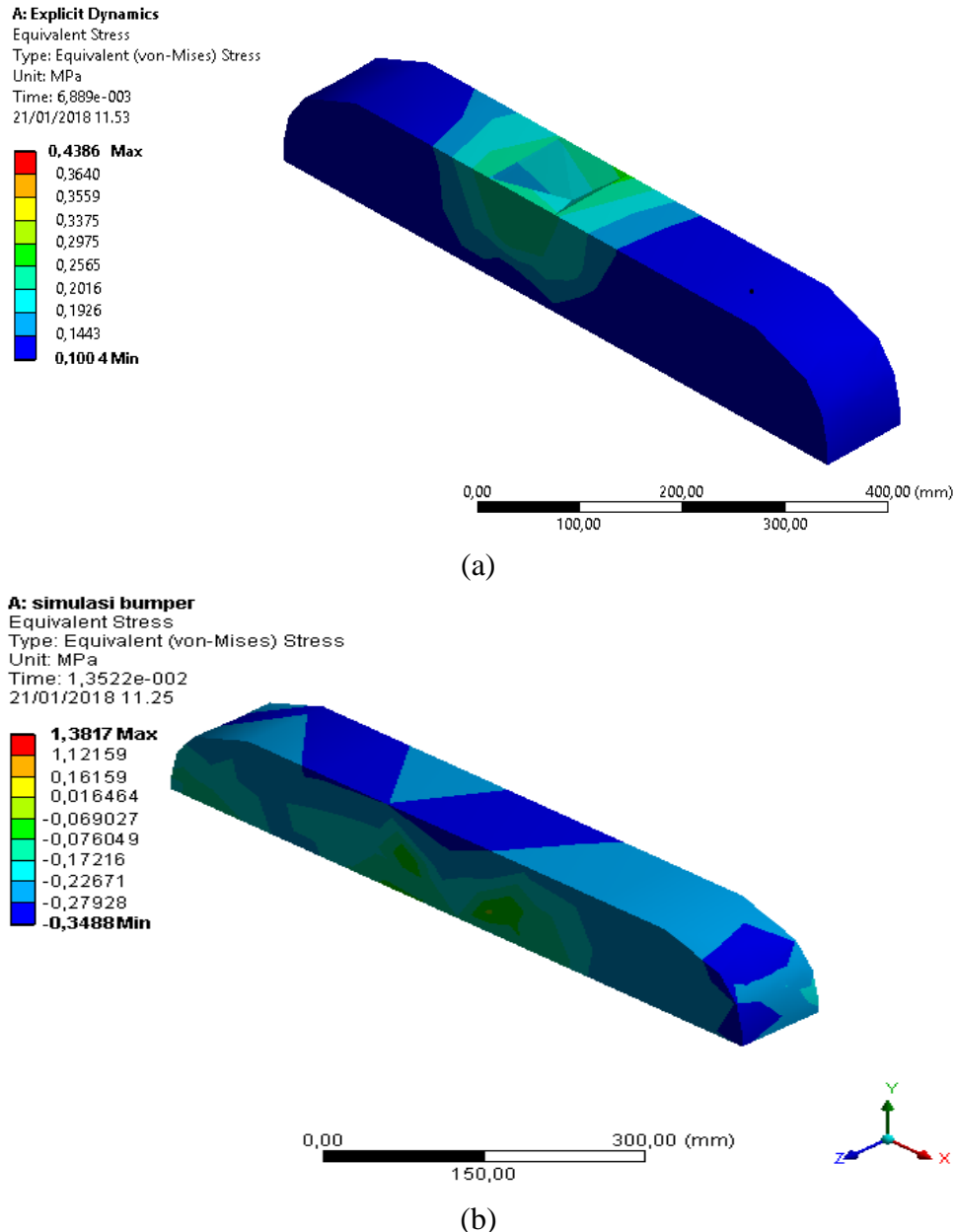


Gambar 3.5. Hasil distribusi normal Stress z Axis (a) tipe 1 (b) tipe 2

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Pada gambar 3.5. hasil simulasi dinamik pada sisi atas dapat dilihat distribusi *Stress z Axis* maksimum tipe 1 sebesar 0,3427 MPa dan tipe 2 sebesar 1,18746 MPa. Hasil distribusi *Equivalent Stress Bumper Beam* tipe 1 dan 2



Gambar 3.6. Hasil distribusi *Equivalent Stress z Axis* (a) tipe 1 (b) tipe 2

Hasil distribusi *Equivalent Stress* dengan tipe 1 dan 2 diperlihatkan pada Gambar 3.6. Maksimum tipe 1 sebesar 0,4386 MPa dan tipe 2 sebesar 1,3817 MPa.

Dari analisa secara numerik dari *bumper beam* tipe 1 dan 2 untuk *normal stress x Axis*, *normal stress y Axis*, *normal stress z Axis* dan *Equivalent Stress* maka diperoleh kesimpulan seperti yang terdapat pada tabel 3.1:

Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Tabel 3.1. Hasil analisa simulasi dinamik *bumper beam* tipe 1 dan 2

Uraian	Tipe 1	Tipe 2
<i>normal stress x Axis</i>	0,3318	1,11818
<i>normal stress y Axis</i>	0,3727	1,3117
<i>normal stress z Axis</i>	0,3427	1,18746
<i>Equivalent Stress</i>	0,4386	1,3817

Penambahan Alumunium dioksida pada tipe 2 terlihat jelas dari analisa data diatas memiliki *normal stress x Axis*, *normal stress x Axis*, *normal stress x Axis*, *normal stress x Axis* dan *Equivalent Stress* yang rendah dibandingkan dengan *bumper beam* tipe 1.

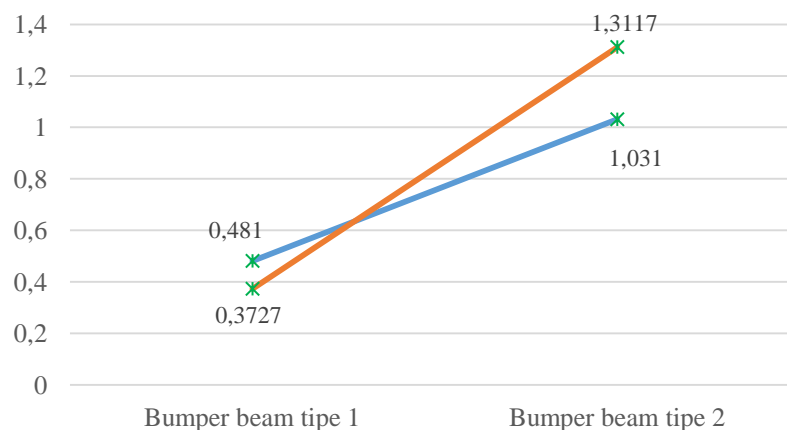
Perbandingan Eksprimen dan Simulasi

Perbandingan teggangan yang terjadi untuk *bumper beam* tipe1 (Tanpa penambahan Alumina) dan tipe 2 (dengan penambahan Alumina) secara eksprimental dan simulasi dapat dilihat seperti tabel 3.2. dibawah ini:

Tabel 3.2. Perbandingan hasil eksperimental dengan simulasi

Uraian	Eksprimental	Simulasi Dinamik
<i>Bumper beam</i> tipe 1	0,481 Mpa	0,3727 MPa
<i>Bumper beam</i> tipe 2	1,031 Mpa	1,3117 MPa

Perbandingan antara data yang diperoleh dari hasil secara eksprimental dan data simulasi dapat dilihat dari gambar 3.7. dibawah ini:



Gambar 3.7. Hasil Distribusi Tegangan Normal X, Y, Z, dan Tegangan Ekuivalen Tipe 1

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Desain *Bumper Beam* dan pembuatan
Desain *bumper beam* diperkecil dengan skala 1:2, bumper beam mobil pada penelitian ini memiliki dimensi panjang 750 mm, lebar 120 mm, dan tinggi 100 mm dengan ketebalan 10 mm. Dengan bahan dasar Serbuk TKKS, resin, katalis, blowing agent dan variasi serbuk Alumina dan menggunakan metode cetak tuang.
2. Dari data hasil data eksperimental yang disimulasikan yang untuk tipe 1, tegangan normal yang terjadi pada sumbu-x (s_x) sebesar 0,3318 MPa, pada sumbu-x (s_y) sebesar 0,3727 MPa, pada sumbu-x (s_z) sebesar 0,3427 MPa dan Equivalent Stress (s) sebesar 0,4386 MPa. Untuk tipe 1, tegangan normal yang terjadi pada sumbu-x (s_x) sebesar 1,11818 MPa, pada sumbu-x (s_y) sebesar 1,3117 Mpa, pada sumbu-x (s_z) sebesar 1,18746 Mpa dan Equivalent Stress (s) sebesar 1,3817 MPa. Dan dari uraian hasil yang didapat dari simulasi diatas bahwa tengangan yang terjadi pada tipe (tanpa penambahan Alumina) lebih kecil dibanding dengan tipe 2 (Dengan penambahan Alumina) dan terjadi perubahan nilai tegangan. Hal ini menandakan bahwa akibat dari penambahan alumina pada komposisi mempengaruhi distribusi tengangan yang terjadi.
3. Hasil yang diperoleh untuk *bumper beam* tipe 1 (tanpa penambahan Al_2O_3) secara eksperimental dan simulasi adalah sebesar 0,481 MPa dan 0,3727 MPa, sedangkan untuk *bumper beam* tipe 2 (dengan penambahan Al_2O_3) adalah 1,031 MPa dan 1,3117 MPa. Galat yang terjadi antara hasil eksperimen dan simulasi, kemungkinan diakibatkan oleh faktor fabrikasi dan konsentrasi masa yang tidak homogen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Motgi N.S, Naik S.B, Kulkarni, *Impact Analysis of Front Bumper*, International journal of Engineering Trend and Technology (IJETT), Vol. 6 No. 5, Desember 2013.
- [2] Haryanti A, Norsamsi, Sholiha P.S.F, Putri N.P, Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit, Jurnal Konversi, Vol. 3 No. 2, Oktober 2014.
- [3] Fahmi H, Analisa Kekerasan dan *Fracture Toughness* Alumina Diperkuat Serbuk Aluminium dan Tembaga, Jurnal Teknik Mesin, Vol. 5 No. 1, April 2015: 42-48.
- [4] Pramulista A.T, Ardhyanta H, Pengaruh Penambahan Serbuk Aluminium Terhadap Sifat Mekanik dan Konduktifitas Listrik Komposit Elektronik Membran Fuel Cell (*Polymeric Exchange Membran* (PEMFC)), Jurnal Teknik Pomits, Vol. 1 No. 1, 2013, ISSN: 1-6.
- [5] Nugraha A.T, Bayuseno A.P, Pengaruh Variasi Komposisi Al_2O_3 dan Al-SI Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Material Sepatu Rem Hasil Pengecoran Injeksi Bertekanan (HPDC), Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 2013.
- [6] Wardani D, Pratapa S, Identifikasi Fasa Pada Sintesis AL_2O_3 dengan Metode Logam Terlarut Asam, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Vol. 3, No. 2, 2014.
- [7] Siddiqi, Penyelidikan Perilaku Mekanik Material *Polymeric Foam* Diperkuat Serbuk TKKS dengan Penambahan Serbuk Aluminium Oksida Akibat Beban Tekan Statik dan Tarik Statik, Skripsi, USU 2016.