

KESESUAIAN IMPACT ATTENUATOR YANG DIGUNAKAN PADA MOBIL F15 DENGAN REGULASI FORMULA SAE 2015

APPROPRIATENESS OF IMPACT ATTENUATOR USED IN F15 CARS WITH FORMULA SAE REGULATION IN 2015

Oleh:

Brian Rifki Alfinsa dan Sutiman
 Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif FT UNY
Brian.brian.1993@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian impact attenuator yang digunakan pada mobil F15 dengan acuan regulasi Formula SAE 2015, ditinjau dari faktor rancangan desain dan hasil pengujian spesimen impact attenuatornya. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang menggunakan metode pengujian untuk memecahkan permasalahan. Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 2 buah spesimen impact attenuator dan melakukan pengujian terhadap kedua spesimen tersebut. Data-data didapatkan dengan mengamati dan mencatat langsung saat pengujian spesimen. Hasil dari penelitian ini adalah rancangan desain dan hasil pengujian spesimen impact attenuator yang layak digunakan pada mobil yang akan berkompetisi pada Formula SAE. Ditinjau dari faktor perancangan desain impact attenuator, spesimen impact attenuator tipe 1 dan tipe 2 dinyatakan layak digunakan. Ditinjau dari faktor hasil pengujian, spesimen tipe 1 belum dapat memenuhi persyaratan indikator *impact attenuator crush displacement*, *anti intrusion plate deformation*, *front bulkhead representative deformation* dan *energy absorbed*. Spesimen tipe 2 dapat memenuhi semua indikator hasil pengujian. Spesimen impact attenuator tipe 2 dinyatakan sesuai dengan ketentuan yang ada pada regulasi Formula SAE 2015 dan layak untuk dijadikan impact attenuator pada mobil F15 yang dibuktikan dengan lolosnya dokumen impact attenuator dan proses verifikasi pada *technical inspection*.

Kata Kunci : *Kesesuaian, Impact Attenuator, Regulasi Formula SAE 2015.*

Abstract

This research aims to determine the appropriateness of impact attenuator used in F15 cars with a reference Formula SAE Regulations in 2015, in terms of impact attenuator design and impact attenuator testing results. This research is using an experimental research methods to solve problems. This study used samples of 2 pieces of impact attenuator specimen and testing both of the specimen. The data obtained by observing and recording directly when testing those specimens. Results of this research is the design of the impact attenuator and results of testing impact attenuator specimens on cars that will compete in the Formula SAE. Judging from the design planning factors of impact attenuator, impact attenuator specimen type 1 and type 2 is declared fit for use. Judging from the results of testing factors, specimen type 1 can not meet the requirements indicator of impact attenuator crush displacement, anti-intrusion plate deformation, deformation of representative front bulkhead and energy absorbed. Specimen type 2 can meet all indicators of the test results. Specimen impact attenuator type 2 is declared in accordance with the existing provisions on the regulation of Formula SAE 2015 and suitable as an impact attenuator at the F15 car as evidenced by the passage of the document impact attenuator and the verification process in the technical inspection.

Keywords : *Appropriateness, Impact Attenuator, Formula SAE Regulation 2015*

PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya jaman, mahasiswa yang sedang menuntut ilmu di perguruan tinggi dituntut tidak hanya baik dalam hal akademik saja, namun dituntut untuk memiliki kemampuan dan *skill* khusus yang nantinya akan berguna di dunia kerja. Tuntutan inilah yang mendasari setiap universitas untuk menyediakan wadah yang tepat bagi mahasiswanya, jenis organisasi yang disediakan pun bermacam macam pada tiap universitas, diantaranya yaitu Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM), Himpunan Mahasiswa (HIMA), Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM). Universitas Negeri Yogyakarta menyediakan berbagai macam wadah bagi mahasiswanya untuk dapat mengembangkan minat dan bakatnya diluar agenda perkuliahan dikelas. Salah satu wadah yang disediakan yaitu UKM (Unit Kegiatan Mahasiswa)

Garuda UNY Team adalah nama team mobil yang berada dibawah nama UKM Rekayasa Teknologi UNY. Garuda UNY Team yang dulunya bernama Garuda UNY Racing Team. Memulai kompetisi di kancah internasional pada tahun 2013 di Korea Selatan pada ajang International Student Green Car Competition (ISGCC). UNY mengirimkan mahasiswa pilihannya yang berjumlah 10 untuk berkompetisi di ajang ISGCC 2013 dengan mobil listriknya dan memperoleh juara kategori *creative technology*. Pada tahun 2014, Garuda UNY Racing Team kembali mengikuti kompetisi mobil listrik

dengan mengirimkan 2 jenis mobil yaitu mobil listrik dan mobil hybrid beserta 20 orang mahasiswa untuk kembali mewakili Indonesia pada event ISGCC 2014 di Korea Selatan dan mendapat juara 1st Akselerasi dan juara 1st *Endurance*. Pada tahun 2015, Garuda UNY Racing Team mengikuti dua jenis kompetisi mobil, yaitu kompetisi ISGCC 2015 dengan mengirimkan kembali mobil hybrid dan berhasil memperoleh kategori *best of the best*. Keberhasilan Garuda UNY Racing Team pada ajang ISGCC memberikan semangat dan motivasi baru untuk dapat mengikuti event pada Student Formula Japan pada tahun 2015.

Student Formula Japan adalah bagian dari Formula SAE series merupakan event tahunan yang diselenggarakan oleh *Japanese Society of Automotive Engineer* yang ditujukan untuk para mahasiswa dari berbagai universitas di dunia untuk berkompetisi dalam merancang sebuah kendaraan formula. Pada tahun 2015, Universitas Negeri Yogyakarta mengirimkan salah satu perwakilan team nya bernama Garuda UNY Racing Team untuk mengikuti event Student Formula Japan 2015 yang diselenggarakan di Ecopa Stadium (Ogasayama Sport Park), Shizuoka-ken, Japan pada tanggal 1-5 September 2015. Didalam event ini terdapat beberapa perlombaan yang dibagi menjadi *static events* dan *dynamic events*. Pada perlombaan *static events*, dibagi menjadi beberapa kategori yaitu kategori Presentasi *Business Logic Plan*, *Design Presentation* dan *Cost Analysis*. Pada perlombaan *dynamic events*, dibagi menjadi lima kategori, diantaranya

yaitu *Akselerasi*, *Skid-Pad*, *Autocross*, *Efficiency* dan *Endurance*.

Tim yang mengikuti kompetisi Student Formula Japan 2015 tidak hanya dituntut untuk merancang sebuah mobil layaknya formula yang dapat melaju dengan kecepatan tinggi saja, namun dibarengi dengan persyaratan lain yang harus diperhatikan, antara lain adalah; Kendaraan yang mudah dikendalikan (*manuverability*), hemat bahan bakar (*efficiency*) dan faktor keselamatan dan keamanan (*Safety*). Menurut G. Belingardi dan J.Obradovic yang dikutip dari EuroNCAP (2010: 1) “*Driver safety in case of accident is a main problem when developing a new vehicle design, and this is of particular importance when dealing with racing car* “. Dari pernyataan tersebut maka faktor keselamatan adalah hal yang sangat fatal dan wajib dipenuhi khususnya pada kendaraan yang digunakan untuk balap. Adapun komponen yang menunjang aspek keamanan, antara lain; *safety belt* yang berfungsi untuk menahan posisi driver agar tetap pada seater saat kendaraan dikemudikan, *firewall* berfungsi untuk melindungi kompartmen driver dari semua komponen aliran bahan bakar, engine, sistem pendinginan dan system bertegangan tinggi, *brake over travel* berfungsi untuk mematikan engine dan sistem control bahan bakar seketika apabila terjadi kegagalan pada sistem pengereman, *impact attenuator* berfungsi untuk mengurangi dampak kerusakan pada kendaraan dan driver apabila terjadi tabrakan, *fire extinguisher* untuk memadamkan api apabila terjadi

pada mobil dan harus selalu dibawa bersama mobil pada saat berlangsungnya perlombaan. Komponen penunjang aspek keselamatan yang akan dibahas terperinci adalah *impact attenuator*. Menurut G.Belingardi dan J.Obradovic, *impact attenuator* adalah komponen yang harus ada pada setiap mobil formula yang akan berkompetisi di perlombaan Formula SAE, dikhususkan untuk mengurangi dampak kerusakan pada struktur kendaraan dan kemungkinan cedera kepada penumpang yang dihasilkan dari tabrakan (2010: 1). Sedangkan menurut Oshinobosi (2012: 29) “*An impact attenuator is designed to absorb energy at the start of a crash and guide impact forces into the rest of the car body structure. At low speed, the damage to the car should be minimized. Similiarly at high speed, the device should guide forces generated from the impact into the car body structure in a manner that the possibility for collapse is low and most essentially to prevent driver’s death* “. Dari pernyataan diatas, dapat ditarik sebuah pernyataan bahwa *impactattenuator* adalah suatu komponen yang digunakan untuk menyerap energi tumbukan dari depan, melindungi struktur kendaraan, mengurangi efek kerusakan pada kendaraan, serta mencegah cedera pada pengemudi. Dengan demikian maka *impact attenuator* yang akan digunakan pada F15 harus didesain dengan cermat, harus diuji sesuai dengan ketentuan yang ada pada regulasi Formula SAE 2015 dan melakukan validasi terhadap *impact attenuator* yang sudah diuji dengan *impact attenuator*

data report dan *impact attenuator* yang digunakan pada F15.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kesesuaian *impact attenuator* yang sudah dibuat oleh Garuda UNY Racing Team dengan regulasi Formula SAE 2015. Penelitian ini membandingkan spesifikasi spesimen serta melakukan pengujian pada spesimen *impact attenuator* dengan menggunakan acuan regulasi Formula SAE 2015. Setelah itu membandingkan hasil pengujian terhadap regulasi Formula SAE 2015. Metode penelitian eksperimen menurut M. Nazir (2005: 63) adalah observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*) dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh si peneliti. Dengan demikian penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya control. Peneliti melakukan manipulasi pada obyek spesimen *impact attenuator* dan menggunakan regulasi Formula SAE 2015 sebagai acuan nya.

Tempat dan Waktu Penelitian

Pembuatan dan perancangan *impact attenuator* dilakukan di *workshop* Garuda UNY Racing Team yang berada tepat dibelakang gedung LPPMP UNY dan pengujian *impact attenuator* dilakukan di Bengkel FTSP (Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan) UII yang berada di Kampus terpadu Universitas Islam

Indonesia Jalan Kaliurang km 14.5, Besi, Sleman, DI Yogyakarta, 55584, Indonesia. Penelitian dilakukan mulai tanggal 1 Maret 2015 hingga 7 Mei 2015.

Sampel Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu spesimen *impact attenuator*. Terdapat dua jenis spesimen berbeda, yaitu spesimen tipe 1 dan spesimen tipe 2 perbedaanya terdapat pada dimensi dan struktur *front bulkhead representative* dan dimensi pada *anti intrusion plate*.

Prosedur

Penelitian ini dilakukan oleh divisi *autobody engineer* yang sekaligus bertindak sebagai peneliti. *Autobody engineer* melakukan aktivitas sesuai dengan urutan, mulai dari membuat rancangan *impact attenuator*, melakukan manufaktur *impact attenuator*, melakukan pengujian *impact attenuator* yang akan dibantu beberapa pihak didalamnya, melakukan analisa hasil pengujian *impact attenuator*, membuat *report* hasil pengujian *impact attenuator* dan terakhir melakukan validasi terhadap hasil *impact attenuator* yang sudah diuji dengan *impact attenuator data report* pada saat berlangsungnya perlombaan.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh pada penelitian ini didapatkan pada saat melakukan

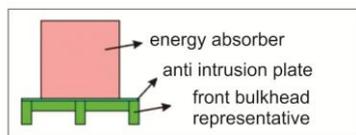
pengujian setelah itu diolah dan dihitung menggunakan persamaan yang ada dan akan ditampilkan pada tabel dan grafik agar mudah untuk dibaca.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Rancangan Spesimen Impact Attenuator

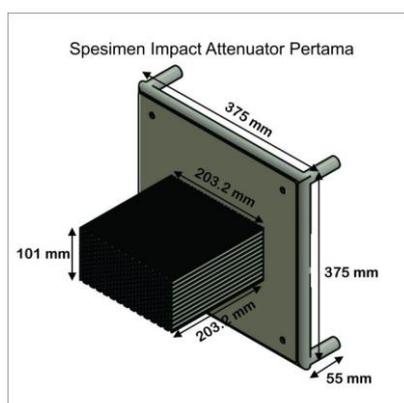
Spesimen impact attenuator adalah benda yang akan diuji dengan alat Universal Testing Machine. Konstruksi spesimen impact attenuator harus dibuat semirip mungkin dengan konstruksi rangka bagian depan kendaraan (*front bulkhead*) dan *anti intrusion plate*.

Gambar 1. Konstruksi Spesimen impact attenuator

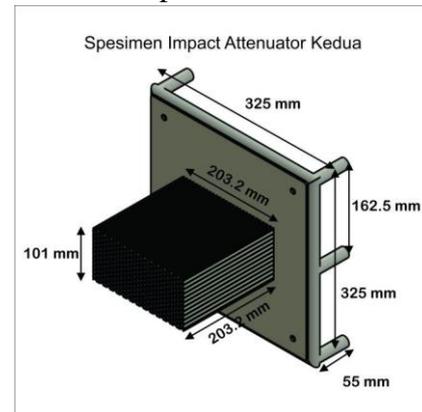


Bahan energy absorber *impact attenuator* pada tahun 2015 adalah *aluminum honeycomb*. Terdapat dua rancangan desain spesimen impact attenuator pada tahun 2015.

Gambar 2. Desain spesimen impact attenuator tipe 1



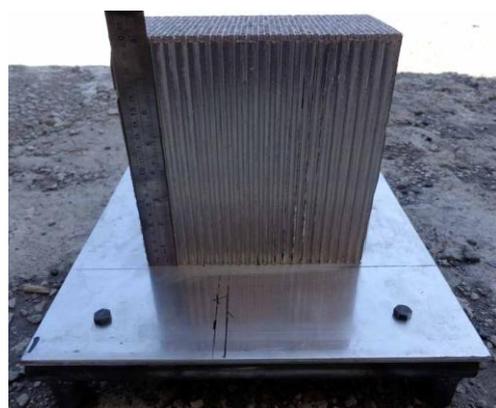
Gambar 3. Desain spesimen impact attenuator tipe 2.



Pembuatan Spesimen Impact Attenuator

Proses pembuatan spesimen impact attenuator dimulai dengan melakukan pemotongan pipa untuk membuat komponen *front bulkhead representative*. Pipa yang digunakan seri AISI 4130 SKTM 11A dengan tebal pipa 1.8mm. Untuk bahan yang akan digunakan untuk *anti intrusion plate* adalah plat aluminum seri 7075 dengan tebal 6mm. Anti intrusion plate dipasang pada bagian atas front bulkehad representative dengan baut m8. Langkah terakhir adalah memasang energy absorber berbahan aluminum honeycomb diatas anti intrusion plate dengan adhesive sealant.

Gambar 4. Spesimen impact



attenuator

Pengujian Impact Attenuator

Pengujian impact attenuator menggunakan mesin UTM dengan metode *Quasi Static Testing*. Sebelum melakukan pengujian pada kedua spesimen impact attenuator, perlu disiapkan alat seperti straight edge, mistar, jangka sorong dan *impact attenuator observation sheet* untuk mencatat kerusakan yang terjadi per *displacement*.

Pengujian spesimen impact attenuator tipe 1 dilakukan pada tanggal 14 April 2015, dilakukan oleh 4 orang dari team Garuda UNY Racing Team dan dibantu oleh 2 orang teknisi dari FTSP UII.

Gambar 5. Spesimen impact attenuator tipe 1 dibebani gaya sebesar 200KgF



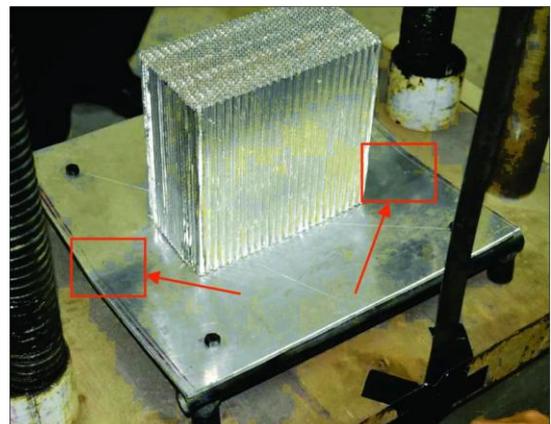
Pada pembebanan 200KgF masih belum terlihat tanda tanda kerusakan pada impact attenuator, anti intrusion plate dan front bulkhead representative. Unit spesimen impact attenuator masih mampu untuk menahan beban 200KgF dan akan terus ditambahkan bebannya hingga mencapai puncak dimana nantinya akan ada komponen dari spesimen yang akan rusak terlebih dahulu.

Gambar 6. Spesimen impact attenuator tipe 1 dibebani gaya sebesar 2240 KgF



Pada pembebanan sebesar 2240 KgF terlihat tanda kerusakan pada spesimen yaitu pada komponen anti intrusion plate dan front bulkhead representative. Seharusnya pada pengujian spesimen impact attenuator ini yang mengalami kerusakan adalah komponen impact attenuator nya, karena fungsi impact attenuator untuk mengurangi dampak kerusakan pada komponen lain yang berada dibelakang nya.

Gambar 7. Hasil pengujian spesimen impact attenuator tipe 1



Pengujian spesimen impact attenuator tipe 1 dihentikan dikarenakan spesimen sudah

mencapai titik puncak untuk menahan beban dengan kerusakan pada *anti intrusion plate* dan *front bulkhead representative*. Idealnya, pengujian spesimen impact menghasilkan kerusakan pada impact attenuator bukan terjadi pada struktur penyangga impact attenuatornya, yang mana berupa *front bulkhead representative* dan *anti intrusion plate*. Spesimen impact attenuator tipe 1 mampu menahan beban maksimal sebesar 3010 kgF.

Pengujian spesimen impact attenuator tipe 2 dilakukan pada tanggal 19 Mei 2015, dilakukan oleh 4 orang dari team Garuda UNY Racing Team dan dibantu oleh 2 orang teknisi dari FTSP UII.

Gambar 8. Spesimen impact attenuator tipe 2 dibebani gaya sebesar 900KgF



Pada pembebanan 900KgF masih belum terlihat tanda tanda kerusakan pada impact attenuator, *anti intrusion plate* dan *front bulkhead representative*. Unit spesimen impact attenuator kedua masih mampu untuk menahan beban 900KgF dan akan

terus ditambahkan bebannya hingga mencapai puncak dimana ada komponen dari spesimen yang akan rusak terlebih dahulu. Pada spesimen impact attenuator kedua terdapat perbedaan kontruksi *front bulkhead*, yaitu memiliki 6 kaki penyangga dan dimensinya yang lebih kecil dibandingkan spesimen impact attenuator tipe 1. Selain itu, perbedaan juga terletak pada *anti intrusion plate* yang mana ukuran *anti intrusion plate* pada spesimen impact attenuator tipe 2 lebih kecil dibandingkan spesimen impact attenuator tipe 1.

Gambar 9. Spesimen impact tipe 2 dibebani gaya sebesar 5350 Kg



Pada pembebanan sebesar 5350 KgF, mulai terlihat kerusakan pada unit spesimen, yaitu pada *anti intrusion plate*. Pada spesimen tipe 2 ini, penyangga impact attenuator mampu menahan beban lebih dari 5350 KgF menyebabkan impact attenuator melampaui titik puncak dimana ia mampu menahan beban, sehingga impact mulai dapat menyerap beban yang diberikan oleh mesin UTM dan menyebabkan deformasi pada impact attenuator itu sendiri. Pada gambar

diatas terlihat juga kerusakan terjadi pada anti intrusion plate, tertulis pada regulasi FSAE 2015 bahwa anti intrusion plate tidak boleh rusak lebih dari 25.4mm dan besaran kerusakan anti intrusion plate dapat diidentifikasi setelah pengujian selesai. Berdasarkan data hasil pengujian, bagian front bulkhead representative tidak mengalami kerusakan pada saat dibebani dengan gaya 5350KgF.



Gambar 10. Hasil pengujian spesimen impact attenuator tipe 2.

pengukuran pada setiap spesimen impact yang sudah diuji, yaitu mengukur *crush displacement*, *anti intrusion plate deformation* dan *front bulkhead representative deformation* serta melakukan penghitungan dan

pengolahan data yang sudah diambil pada saat pengujian

Pengujian spesimen impact attenuator kedua sudah selesai dilakukan, langkah selanjutnya dilakukan

Kalkulasi Data Hasil Pengujian

Setelah data pengujian diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sehingga dapat diketahui nilai / besaran dari obyek yang dicari, dalam penelitian ini obyek yang perlu dihitung adalah energy yang dapat terserap, gaya dan deselerasi pada saat spesimen impact attenuator diuji. Ada tiga variabel yang perlu dicari pada penelitian ini, yaitu gaya yang bekerja pada displacement, energi yang terserap dan deselerasi. Menurut Bob Foster (2000: 135). Untuk mencari gaya yang bekerja digunakan rumus :

$F : g \cdot W$	F	: Gaya (N)
	g	: Gravitasi (9.81)
	W	: Berat (kgF)

Sebagai contoh diambil sampel data pengujian pada spesimen impact attenuator tipe 1, beban pada *displacement* 0.012 m adalah 2240 KgF. Maka gaya yang bekerja pada displacement tersebut adalah :

$$F : 9.81 * 2240$$

$$F : 21974.4 N$$

Menurut Mikrajuddin Abdullah (2004: 38-39), untuk mencari energi terserap (*Energy Absorbed*) pada spesimen impact attenuator, digunakan rumus :

$$E : F \cdot Lp$$

E : Energi (J)
 F : Gaya (N)
 Lp : Displacement (m)

Diambil sampel data pengujian pada spesimen impact attenuator tipe 2, gaya pada displacement 0.168m adalah 52581.6. maka untuk dapat mengetahui energy yang terserap pada posisi displacement tersebut, yaitu :

$$E : 52581.6 \cdot 0.168$$

$$E : 8833.71 J$$

Untuk mencari Deselerasi, digunakan rumus :

$$A : \frac{F}{m \cdot g}$$

A : Akselerasi / Deselerasi
 F : Gaya (N)
 m : Massa (Kg) => massa 300 kg
 g : Gravitasi (9.81)

Diambil sampel data spesimen impact attenuator 2 pada beban 52336.4N, deselerasi yang terjadi adalah :

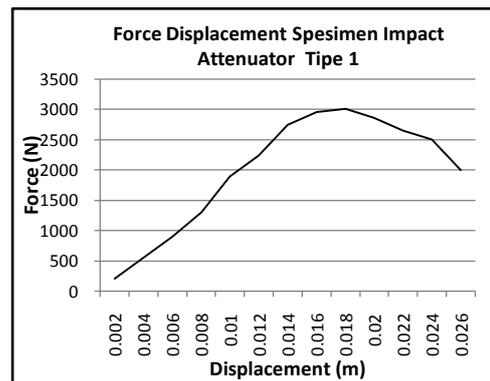
$$A : \frac{52336.4}{300 \cdot 9.81}$$

$$A : 17.78 g's$$

Kalkulasi hasil pengujian pada spesimen impact attenuator tipe 1, gaya maksimal yang dikenai spesimen pada posisi displacement 0.018 m yaitu sebesar 29.528.1

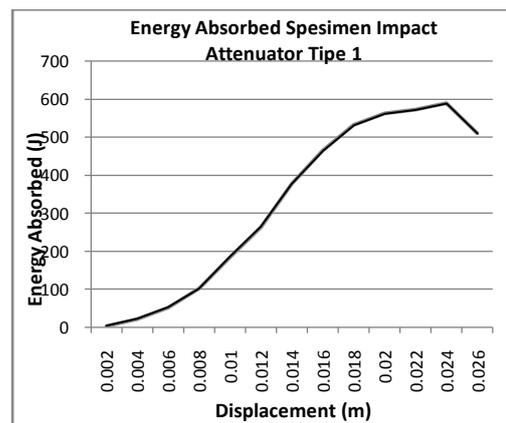
N.Setelah melewati displacement 0.018m grafik akan cenderung menurun dikarenakan anti intrusion plate mulai berdeformasi.

Gambar 11. Grafik *force displacement* spesimen impact attenuator tipe 1



Spesimen impact attenuator tipe 1 ini hanya dapat menyerap energi maksimal 571 Joule yang terjadi pada displacement 0.022m. Hal ini terjadi karena terjadi kerusakan pada bagian *front bulkhead representative*.

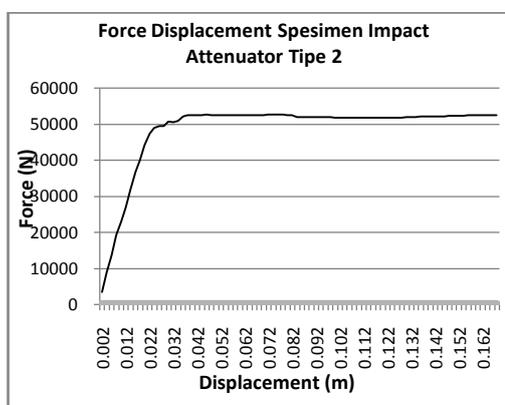
Gambar 12. Grafik *energy absorbed* spesimen impact attenuator tipe 1



Pada spesimen impact attenuator tipe 2, gaya maksimal yang dikenai pada spesimen sebesar 52729N. Gaya yang dapat dikenai pada spesimen

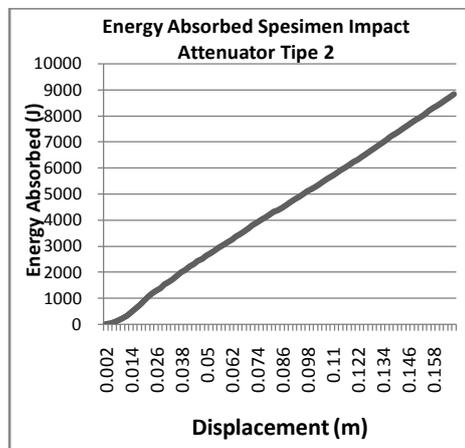
tipe 2 ini jauh lebih besar dibandingkan pada spesimen tipe 1 karena bagian penyangga (*front bulkhead representative*) dapat menahan gaya lebih besar sehingga menyebabkan kerusakan pada *energy absorber* (aluminum honeycomb).

Gambar 13. Grafik *force displacement* spesimen impact attenuator tipe 2



Hasil energi yang diserap oleh spesimen tipe 2 berbeda jauh dengan spesimen 1. Hal ini dapat terjadi karena spesimen dapat menahan beban melebihi kemampuan dari *energy absorber* (aluminum honeycomb) sehingga gaya yang diberikan oleh mesin universal testing machine dapat terserap oleh *energy absorber* (aluminum honeycomb) tanpa merusak bagian *front bulkhead*.

Gambar 14. Grafik *energy absorbed* spesimen impact attenuator tipe 2



Setelah selesai melakukan kalkulasi, hal selanjutnya adalah menyusun *impact attenuator data report* sesuai dengan format yang ada pada laman <http://tech.jsae.or.jp/formula/2015>. Setelah itu upload *impact attenuator data report* pada laman http://tech.jsae.or.jp/formula/2015team_en.

Langkah terakhir adalah membawa spesimen impact attenuator yang berhasil diuji sesuai dengan ketentuan regulasi Formula SAE 2015 beserta *impact attenuator data report* dan impact attenuator yang dipasang pada mobil F1 pada saat kegiatan technical inspection.

Simpulan dan Saran.

Simpulan

Ditinjau dari faktor perancangan desain impact attenuator, ada persyaratan yang harus dipenuhi, diantaranya dimensi *impactattenuator*, dimensi dan bahan *antiinvasionplate*, metode

pemasangan *anti intrusionplate* dengan *front bulkhead representative*. Ditinjau dari faktor perancangan desain, spesimen dengan tipe 1 dan tipe 2 dinyatakan layak sebagai konstruksi impact attenuator karena memenuhi semua persyaratan diatas.

Ditinjau faktor hasil pengujian, spesimen impact attenuator tipe 2 dapat dinyatakan layak sebagai konstruksi impact attenuator pada kendaraan Formula SAE karena semua persyaratan dari indikator hasil pengujian terpenuhi yaitu *crushdisplacement*, *anti intrusion plate deformation*, *front bulkhead representative deformation*, *energyabsorbed*, *averagedeceleration* dan *peakdeceleration*.

Spesimen impact attenuator yang dapat dinyatakan memenuhi regulasi Formula SAE 2015 adalah spesimen impact attenuator yang tipe 2, karena memenuhi semua indikator dari faktor perancangan, pengujian serta dapat melewati proses verifikasi oleh juri pada saat berlangsungnya lomba, sehingga model impact attenuator tipe 2 layak untuk digunakan pada mobil F15 pada kompetisi Student Formula Japan 2015

Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang sudah disampaikan diatas, maka dapat diajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam perancangan desain impact attenuator hendaknya lebih diperhatikan dan perlu untuk dilakukan simulasi untuk mengurangi faktor *trial and error*.
2. Ada baiknya apabila ditahun-tahun selanjutnya dapat membuat impact attenuator sendiri sehingga dapat dilakukan pengembangan riset yang lebih mendalam dan mengembangkan kreativitas untuk membuat system keamanan kendaraan dari tabrakan.

Karena keterbatasan bahan, untuk ditahun selanjutnya perlu dilakukan diversifikasi bahan lain yang dapat digunakan sebagai impact attenuator yang mana bahan tersebut mudah didapat dan dijangkau

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Mikrajuddin. (2006). *IPA Fisika SMP dan MTs Jilid 2 untuk Kelas VII*. Jakarta: Erlangga.
- Belingardi, G & Obradovic, J. (2001). *Design of the Impact Attenuator for a Formula Student Racing Car: Numerical Simulation of the Impact Crash Test*. Italy: *Jurnal of Serbian Society for Computational Mechanics/ Vol. 4/ No. 1, 2010/ pp. 52-65, 2010*.
- Fahland, J., Hoff, C. & Fomari, J.B. (2011). *Evaluating Impact Attenuator Performance for FormulaSAE Vehicle*. Kettering