

PENGEMBANGAN *IMPACT ATTENUATOR* UNTUK KENDARAAN FG16 GARUDA UNY TEAM PADA KOMPETISI FORMULA STUDENT DI JAPAN TAHUN 2016

IMPACT ATTENUATOR DEVELOPMENT ON FG16 VEHICLE GARUDA UNY TEAM FOR 2016 STUDENT FORMULA JAPAN

Oleh:

Naufal Annas Fauzi dan Sutiman
 Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif FT UNY
naufalannas@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui 1) perancangan, dan pengembangan pembuatan *impact attenuator* FG16, 2) hasil pengujian *impact attenuator* FG16, 3) kesesuaian perancangan dan pengujian *impact attenuator* FG16 terhadap regulasi *Formula SAE* 2016. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan menggunakan 3 jenis spesimen *impact attenuator*. Proses penelitian ini terdiri dari 4 langkah sebagai berikut: 1) perancangan, 2) pembuatan, 3) pengujian, dan 4) pengolahan data. Data dalam penelitian ini diperoleh melalui data perancangan dan data pada saat melakukan pengujian menggunakan metode *quasi-static testing*. Berdasarkan hasil pengujian ketiga *impact attenuator* dapat diketahui bahwa *impact attenuator* 3 yang memiliki hasil paling baik dan memenuhi seluruh kriteria yang dipersyaratkan pada regulasi. Spesimen *impact attenuator* 3 menggunakan material *aluminum plate* dengan dimensi panjang 240mm, lebar 250mm, dan tinggi 250mm dengan konstruksi berbentuk limas persegi empat. Hasil pengujian pada spesimen *impact attenuator* 3 yaitu mampu menyerap energi sebesar 8898,847 Joule, *average deceleration* 10,8 g's dan *peak deceleration* 16,4 g's, tingkat kerusakan atau deformasi pada *Anti intrusion plate* 21,2 mm dan *front bulkhead* 13 mm. Berdasarkan hasil verifikasi laporan pengujian yang dikumpulkan kepada panitia, *impact attenuator* 3 dinyatakan memenuhi seluruh kriteria pada regulasi, sehingga spesimen *impact attenuator* 3 dapat digunakan sebagai *impact attenuator* pada kendaraan FG16 untuk berkompetisi di *2016 Student Formula Japan*.

Kata kunci: perancangan, *impact attenuator*, energi, regulasi, *Formula SAE*.

Abstract

The aims of this research is to 1) design and development of the best impact attenuator for Formula Garuda 16 vehicle, 2) the testing results of impact attenuator FG16, 3) the suitability design and testing result of impact attenuator to 2016 Formula SAE Rules. This research was an experimental method research using three types specimens of impact attenuator. The research process consists of four steps as follows: 1) design, 2) fabrication, 3) testing, and 4) data calculation. The object in this research that three specimens impact attenuator. The data in this research were obtained through the collection of design data and the collection of data at the time of testing using quasi-static testing methods. Based on the testing results of the third test of impact attenuator can be seen that the specimen impact attenuator number 3 which has the most excellent results and meet all the criteria required by regulation. This Specimen impact attenuator using aluminum plate material with 240 mm long, 250 mm wide and 250 mm high of dimensions with a rectangular pyramid-shaped construction. The testing results on specimen impact attenuator number 3 is capable of absorbing energy by 8898.847 Joule, average 10.8 g's deceleration and peak deceleration 16.4 g's. Level of damage or deformation on Anti intrusion plate was only 21.2 mm and front bulkhead was 13 mm. Based on that results, impact attenuator data report number 3 is collected to the committee, which meets all the criteria required by regulation. Finally, the impact attenuator number 3 can be used as an impact attenuator at FG16 vehicle to compete in the 2016 Student Formula Japan.

Keywords: design, *impact attenuator*, energi, regulation, *Formula SAE*.

PENDAHULUAN

Garuda UNY Team merupakan sebuah nama dari tim mobil Universitas Negeri Yogyakarta. Garuda UNY Team mulai mengikuti kompetisi mobil sejak tahun 2009 di tingkat nasional dengan raihan prestasi yang membanggakan hingga saat ini.

Sejak tahun 2013 hingga saat ini, Garuda UNY Team juga mengikuti kompetisi tingkat Internasional yaitu *International Student Green Car Competition (ISGCC)* di Seoul, Korea Selatan. Pada kompetisi *ISGCC*, Garuda UNY Team mampu meraih prestasi yang cukup membanggakan, bahkan pada tahun 2015 mampu menjadi juara umum (*best of the best*) *hybrid car*.

Formula SAE adalah kompetisi yang diselenggarakan oleh *Society of Automotive Engineering (SAE)*. *Formula SAE* merupakan kompetisi memahami, mendesain, membangun, mengembangkan dan berkompetisi mobil balap gaya Formula dengan dimensi yang lebih kecil yang diadakan untuk mahasiswa di seluruh dunia.

Student Formula Japan (SFJ) adalah kompetisi yang diselenggarakan setiap tahun oleh *Japanese Society of Automotive Engineer (JSAE)* yang merupakan salah satu seri kompetisi dari *Formula SAE*. Pada kompetisi ini terdapat 2 perlombaan yaitu *static event* dan *dynamic event*. Pada *static event* terbagi menjadi 4 kategori yaitu kategori *technical inspection*, presentasi *Business Logic Case*, *Design Judging*, dan *Cost Judging*. Pada *dynamic event* terbagi menjadi 5 kategori lomba yaitu *acceleration*, *skidpad*, *autocross*, *endurance*, dan *efficiency*.

Dilihat dari faktor keamanan dan keselamatan pada kendaraan terdapat

permasalahan pada *impact attenuator* yang perlu dikembangkan untuk mengurangi berat dan biaya pembuatan kendaraan. *Impact attenuator* yang digunakan pada kendaraan FG15 menggunakan bahan *aluminumhoneycomb* dengan harga yang cukup mahal. *Impact attenuator aluminumhoneycomb* yang digunakan pada kendaraan FG15 memiliki luas penampang yang kecil dan berbentuk persegi panjang, sehingga deformasi pada *front bulkhead* tidak merata.

Dengan adanya kekurangan pada *impact attenuator* jenis *aluminumhoneycomb* yang digunakan FG15 menjadi permasalahan sehingga perlu dikembangkan *impact attenuator* yang lebih baik pada kendaraan selanjutnya. Regulasi *Formula SAE* memberikan peluang untuk menggunakan bahan alternatif sebagai bahan *impact attenuator*. Pertimbangan penggunaan bahan alternatif memiliki kelebihan yaitu : dapat menggunakan material lokal yang tersedia, biaya material lebih murah, dan konstruksi *impact attenuator* dapat menyesuaikan dengan rangka dan bodi kendaraan.

Pada tahun 2016 Garuda UNY Team kembali mengikuti kompetisi *2016 Student Formula Japan* dengan merancang dan membuat mobil baru yang diberi nama FG16. Garuda UNY Team melakukan perubahan pada sistem rangka dan suspensi, mengembangkan sistem pemindah tenaga, mereduksi berat kendaraan dan meningkatkan faktor keselamatan dan keamanan. Dengan melakukan pengembangan yang dilakukan berdasarkan evaluasi dari kendaraan tahun sebelumnya Garuda UNY Team berharap dapat meraih prestasi yang lebih baik pada kompetisi *2016 Student Formula Japan*.

Kompetisi ini diselenggarakan di Ecopa Stadium (Ogasayama Sport Park), Shizouka-ken, Japan pada tanggal 6-10 September 2016.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian eksperimen.

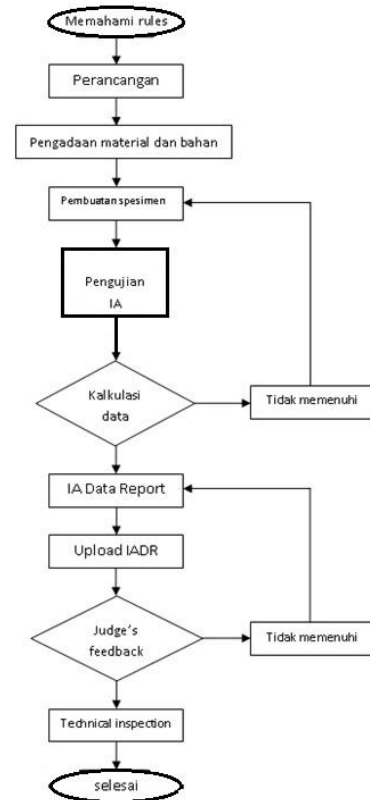
Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan spesimen pengujian *impact attenuator* FG16 dilakukan di workshop Garuda UNY Team. *Workshop* Garuda UNY Team terletak di area parkir FT UNY atau berada dibelakang gedung LPPMP UNY. Pengujian *impact attenuator* dilakukan dengan metode *quasi-static* menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*, pengujian dilakukan di gedung praktikkum Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia (UII) yang beralamat di Jl. Kaliurang Km. 14.5, Besi, Sleman, DI Yogyakarta, 55584, Indonesia. Waktu penelitian dimulai sejak tanggal 24 Maret 2016 hingga tanggal 1 Agustus 2016.

Target/Subjek Penelitian

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah spesimen *impact attenuator*. Terdapat 3 jenis spesimen yang berbeda pada penelitian ini. Perbedaan spesimen tersebut terletak pada bentuk dan dimensi *impact attenuator*. Variabel terikat pada penelitian ini adalah pengembangan *impact attenuator* FG16 yang meliputi material *impact attenuator*, biaya material, dan konstruksi *impact attenuator*. Variable bebas pada penelitian ini adalah *force displacement* dan *deceleration*.

Prosedur



Gambar 1. Skema Penelitian

Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah dengan cara mengamati dan mencatat perbedaan *impact attenuator* FG16 dengan *impact attenuator* FG15 yang meliputi material *impact attenuator*, biaya material dan proses *impact attenuator* pada *cost report*. Pengambilan data juga dilakukan dengan metode pengujian menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* dengan bantuan alat ukur.

Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian akan diolah dan dihitung menggunakan persamaan yang telah dijelaskan pada kajian teori. Untuk mempermudah pembacaan maka hasil pengujian

akan ditampilkan pada tabel dan grafik. Data hasil perancangan *impact attenuator* FG15 akan dibandingkan dengan hasil data perancangan pengembangan *impact attenuator* FG16. Data yang akan dibandingkan meliputi material *impact attenuator*, biaya material, dan konstruksi *impact attenuator*. Data hasil pengujian *impact attenuator* akan dibandingkan dengan data pada regulasi *Formula SAE* 2016.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Perancangan *impact attenuator*

Perancangan *impact attenuator* meliputi pemilihan bahan, dimensi, dan konstruksi *impact attenuator*. Bahan yang digunakan adalah *aluminum plate* dengan tebal 1 mm. Alasan menggunakan bahan tersebut karena memiliki kelebihan sebagai berikut : 1) material ringan dan kuat 2) harga material lebih murah 3) material lokal dan mudah didapatkan. Kekurangan jika menggunakan material ini yaitu : 1) memerlukan biaya proses pembuatan struktur *impact attenuator* 2) material lebih berat dari *aluminum honeycomb*. Dengan menggunakan material *aluminum plate* maka *impact attenuator* dapat dirancang menyesuaikan rangka dan bodi kendaraan. Perancangan *impact attenuator* yang dapat menyesuaikan rangka dapat memberikan keuntungan yaitu rangka dapat dirancang dengan lebih sederhana dan lebih ringan.

Harga material juga digunakan sebagai pertimbangan dalam memilih material *impact attenuator*. Harga material *aluminum honeycomb* adalah \$50.00, sedangkan harga material *aluminum plate* adalah \$4.20 per Kg (*Cost Table Materials* : 2015). Material yang lebih murah dapat mengurangi biaya pada *cost report*. Dengan biaya *cost report* yang lebih rendah dapat

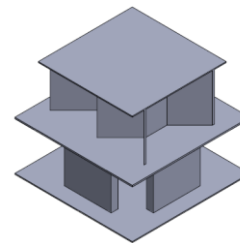
meningkatkan nilai pada *cost and manufacturing event*.

Dimensi *impact attenuator* yang harus disesuaikan dengan regulasi *Formula SAE* adalah panjang 200 mm, Lebar 100 mm, dan tinggi 200 mm. Pada tahun 2016 dibuat 3 spesimen *impact attenuator* yang berbeda dengan dimensi sebagai berikut :

Tabel 1. Dimensi *Impact Attenuator*

	Regulasi	<i>Impact attenuator</i> 1	<i>Impact attenuator</i> 2	<i>Impact attenuator</i> 3
Panjang	200 mm	240 mm	235mm	240 mm
Lebar	100 mm	260 mm	250 mm	250 mm
Tinggi	200 mm	260 mm	250mm	250 mm

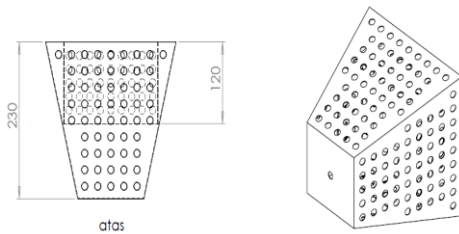
Konstruksi pada spesimen 1 dirancang berbentuk 2 buah kubus dengan ukuran berbeda yang disusun menjadi satu. Didalam kubus terdapat struktur diagonal dan diberi bahan tambah *polyurethane*. Dengan rancangan tersebut diharapkan dapat menahan gaya tumbukan yang besar sehingga energi yang diserap juga akan lebih besar. Namun pada perancangan *impact attenuator* 1 memiliki bobot yang cukup berat karena konstruksi yang besar dan juga *aluminum plate* yang digunakan banyak. Gambar perancangan spesimen *impact attenuator* 1 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Spesimen *Impact Attenuator* 1

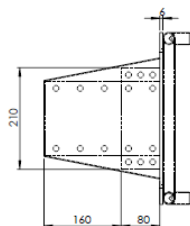
Konstruksi spesimen *impact attenuator* 2 dirancang berbentuk limas segi empat dan diberi tambahan *aluminum plate* berbentuk kotak didalam limas segi empat. Pada konstruksi ini juga diberi lubang dengan diameter 12 mm pada

setiap sisi. Jumlah lubang pada spesimen 2 berkisar 50-60 lubang. Dengan rancangan konstruksi berbentuk limas diharapkan gaya yang bekerja dapat meningkat dengan lebih merata. Pemberian lubang bertujuan untuk memberikan celah lipatan *impact attenuator* pada saat terjadi tumbukan. Lubang tersebut juga berfungsi untuk mereduksi berat. Rancangan spesimen 2 ini dirancang dapat menahan gaya tumbukan yang lebih kecil dari spesimen 1 namun memiliki bobot yang ringan. Gambar perancangan spesimen *impact attenuator 2* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rancangan Spesimen Impact Attenuator 2

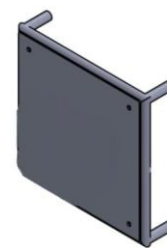
Konstruksi spesimen 3 sama dengan spesimen 2 yang berbentuk limas segi empat namun diberi tambahan 2 buah *aluminum plate* segi empat di dalam limas segi empat. Spesimen 3 juga diberi lubang namun lebih sedikit dibandingkan dengan spesimen 2 yaitu berkisar 20 lubang. Dengan konstruksi tersebut diharapkan dapat menahan gaya tumbukan yang lebih besar dari *impact attenuator 2* namun tetap memiliki bobot yang ringan. Gambar perancangan spesimen *impact attenuator 3* dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan Spesimen Impact Attenuator 3

Anti intrusion plate menggunakan bahan *aluminum plate* tebal 6 mm. Dimensi *Anti intrusion plate* pada kendaraan FG16 dibuat berbeda dari kendaraan FG15. Perbedaan ukuran FG16 dibuat lebih lebar karena harus menyesuaikan ukuran dimensi *front bulkhead*. Dimensi *Anti intrusion plate* yaitu panjang 355 mm, lebar 355 mm, dan tebal 6 mm.

Bahan yang digunakan untuk membuat *front bulkhead* yaitu steel pipe AISI 4130 diameter 25,4 mm (1 inchi) dengan tebal 1,8 mm. Bahan yang digunakan pada *front bulkhead* sama seperti pada kendaraan FG15, kecuali dimensi dan konstruksinya. Sebagai pengembangan pada penelitian ini, konstruksi *front bulkhead* tidak diberi penguat pada bagian samping karena gaya yang menekan pada *front bulkhead* lebih luas dan merata. Konstruksi ini dibuat dengan alasan untuk agar rangka kendaraan lebih sederhana dan dapat mereduksi berat. Dimensi konstruksi *front bulkhead* FG16 yaitu panjang 355 mm, lebar 355 mm, dan tinggi 50 mm. Gambar perancangan *front bulkhead* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Rancangan Front Bulkhead FG16

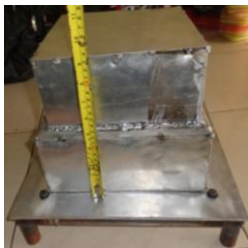
2. Pembuatan *impact attenuator*

Alat-alat yang digunakan untuk membuat spesimen *impact attenuator* antara lain : 1) gerinda potong, 2) mesin las *aluminum*, 3) bor listrik, 4) cutter, 5) penggaris, 6) jangka sorong. Bahan-bahan yang diperlukan untuk membuat spesimen *impact attenuator* yaitu : 1) *aluminum plate* tebal 1 mm, 2) *aluminum plate* tebal 6 mm,

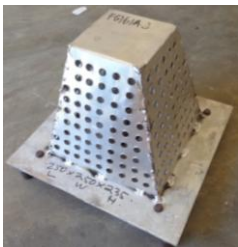
3) *steel tube AISI 4120* diameter 25,4 mm dan tebal 1,8 mm, 4) bahan tambah las *aluminum*, 5) bahan tambah las baja, 6) *polyurethane*.

Prosedur membuat spesimen *impact attenuator* adalah dengan mengacu kepada gambar kerja yang telah dibuat. Pembuatan spesimen *impact attenuator* dilakukan dengan membuat struktur *impact attenuator*, *anti intrusion plate*, dan *front bulkhead representative*. Bahan dipotong sesuai dengan ukuran yang tertera pada gambar kerja, setelah itu bahan dibentuk sesuai dengan konstruksi yang terdapat pada gambar kerja, kemudian bahan digabungkan dengan cara dilas.

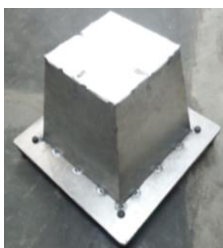
Spesimen *impact attenuator* yang sudah dibuat dapat langsung dilakukan uji coba. Dalam penelitian ini, ketiga spesimen *impact attenuator* dibuat dan diuji pada waktu yang berbeda. Hasil pembuatan spesimen *impact attenuator* dapat dilihat pada gambar 6, gambar 7, dan gambar 8.



Gambar 6. Konstruksi Spesimen *Impact Attenuator* 1



Gambar 7. Konstruksi Spesimen *Impact Attenuator* 2



Gambar 8. Konstruksi Spesimen *Impact Attenuator* 3

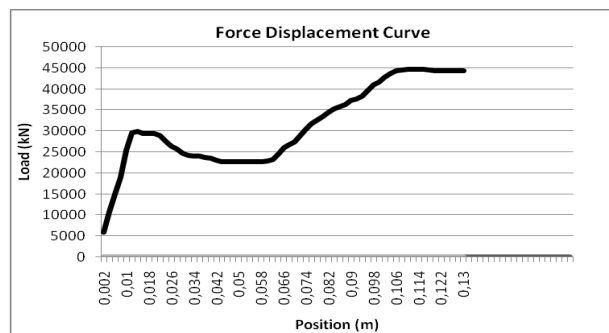
3. Pengujian *impact attenuator*

Pengujian *impact attenuator* menggunakan alat Universal testing Machine (UTM) dengan metode quasi-static testing.

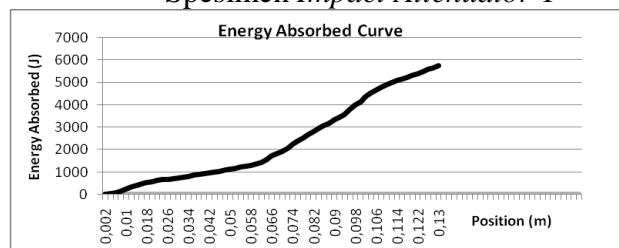
Hasil pengujian spesimen *impact attenuator* 1 yaitu gaya maksimal yang bekerja pada spesimen 1 sebesar 4520 KgF pada displacement 0,13 m. Untuk mengetahui gaya dalam Newton yang bekerja pada spesimen 1 dapat dikonversi dengan persamaan 1 KgF = 9,8 Newton. Gaya maksimal yang bekerja pada spesimen *impact attenuator* dalam satuan Newton adalah 44341 Newton. Gambar grafik force displacement spesimen 1 dapat dilihat pada gambar 9. Hasil energi yang mampu diserap oleh *impact attenuator* dapat diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$W = F \times L_p$$

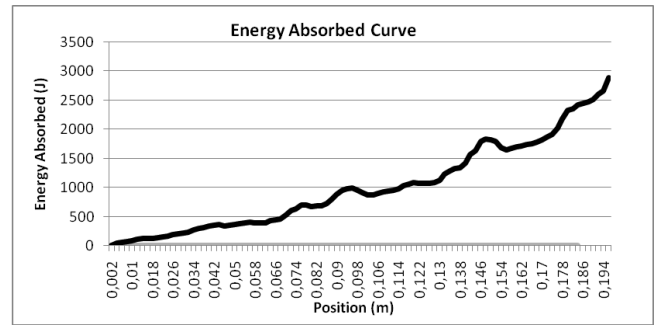
Energi yang mampu diserap oleh spesimen *impact attenuator* 1 adalah sebesar 5764,36 Joule. Gambar grafik energi absorbed pada spesimen 1 dapat dilihat pada gambar 10. Gambar hasil pengujian spesimen 1 dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 9. Gambar Grafik Force Displacement Spesimen *Impact Attenuator* 1



Gambar 10. Gambar Grafik *Energy Absorbed* Spesimen *Impact Attenuator 1*



Gambar 11. Gambar Hasil Pengujian Spesimen *Impact Attenuator 1*

Berdasarkan regulasi yang ditentukan oleh panitia, *impact attenuator 1* tidak memenuhi regulasi pada bagian T 3.21.2 yaitu jumlah energi yang diserap minimal adalah 7350 Joule. *Impact attenuator 1* juga tidak memenuhi kriteria dalam regulasi bagian T 3.21.11 yaitu perubahan bentuk (deformasi) *Anti intrusion plate* dan *front bulkhead* maksimal 25,4 mm. Berdasarkan hasil pengujian yang telah disesuaikan dengan hasil regulasi, spesimen *impact attenuator* tidak memenuhi seluruh kriteria yang ditentukan pada regulasi.

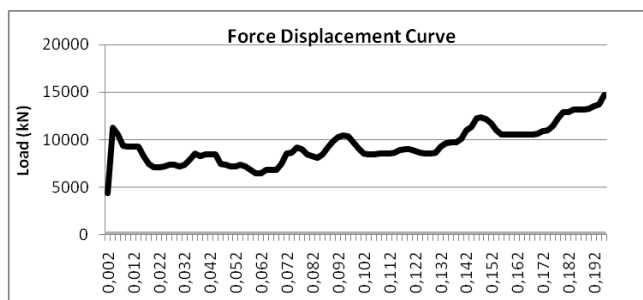
Gambar 13. Gambar Grafik *Energy Absorbed* Spesimen *Impact Attenuator 2*



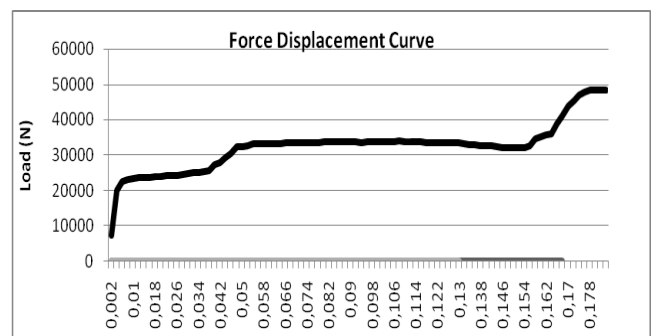
Hasil pengujian spesimen *impact attenuator 2* yaitu gaya maksimal yang bekerja pada spesimen 2 sebesar 14715 Newton. Gambar grafik force displacement spesimen 2 dapat dilihat pada gambar 12. Energi yang mampu diserap oleh spesimen *impact attenuator 2* adalah sebesar 2884,14 Joule. Gambar grafik energi absorbed pada spesimen 2 dapat dilihat pada gambar 13. Gambar hasil pengujian spesimen *impact attenuator 2* dapat dilihat pada gambar 14.

Gambar 14. Gambar Hasil Pengujian Spesimen *Impact Attenuator 2*

Berdasarkan regulasi yang ditentukan oleh panitia, *impact attenuator 2* tidak memenuhi regulasi pada bagian T 3.21.2 yaitu jumlah energi yang diserap minimal adalah 7350 Joule. Spesimen *impact attenuator 2* tidak memenuhi regulasi yang ditentukan oleh panitia.

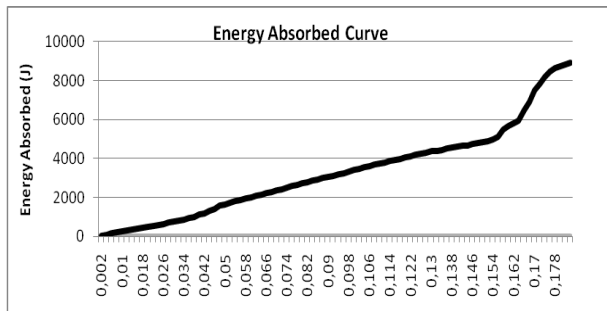


Hasil pengujian spesimen *impact attenuator 3* yaitu gaya maksimal yang bekerja pada spesimen 3 sebesar 48363,3 Newton. Gambar grafik force displacement dapat dilihat pada gambar 15. Energi yang mampu diserap oleh impact spesimen 3 yaitu sebesar 8898,847 Joule. Gambar grafik *Energy Absorbed* dapat dilihat pada gambar 16. Gambar hasil pengujian spesimen 3 dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 12. Gambar Grafik Force Displacement Spesimen *Impact Attenuator 2*

Gambar 15. Gambar Grafik Force Displacement Spesimen *Impact Attenuator 3*



Gambar 16. Gambar Grafik *Energy Absorbed* Spesimen *Impact Attenuator 3*



Gambar 17. Gambar Hasil Pengujian Spesimen *Impact Attenuator 3*

Berdasarkan regulasi yang ditentukan panitia, spesimen *impact attenuator 3* mampu memenuhi seluruh kriteria yang terdapat pada regulasi, sehingga laporan hasil pengujian yang dikumpulkan kepada panitia adalah laporan hasil pengujian spesimen *impact attenuator 3*. Berdasarkan hasil verifikasi dari panitia, *impact attenuator 3* dinyatakan lolos dan memenuhi seluruh kriteria yang terdapat pada regulasi.

4. Pengumpulan laporan hasil pengujian spesimen *impact attenuator*

Berdasarkan hasil pengujian pada 3 spesimen *impact attenuator*, maka dapat diketahui bahwa spesimen yang dapat memenuhi seluruh regulasi adalah spesimen *impact attenuator 3*. Hasil penelitian spesimen *impact attenuator 3* yang terdiri dari perancangan, pembuatan, dan pengujian dikumpulkan kepada panitia untuk dilakukan verifikasi terhadap regulasi. Tabel hasil pengujian spesimen *impact attenuator* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengujian Speimen *Impact Attenuator*.

Hasil pengujian	Regulasi	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
-----------------	----------	------------	------------	------------

<i>Energi absorbed</i>	Min 7350 Joule	5764,36 Joule	2884,14 Joule	8898,847 Joule
<i>Peak deceleration</i>	Max 40 g's	15,1 g's	5,0 g's	16,4 g's
<i>Average deceleration</i>	Max 20 g's	10,1 g's	3,2 g's	10,8 g's
<i>AIP deformation</i>	Max 25,4 mm	26,5 mm	None	21,2 mm
<i>FBH deformation</i>	Max 25,4 mm	26 mm	None	13 mm

5. Verifikasi Laporan hasil pengujian oleh panitia

Hasil verifikasi laporan hasil pengujian spesimen *impact attenuator 3* dinyatakan memenuhi regulasi. Berdasarkan hasil verifikasi oleh panitia, maka *impact attenuator 3* dapat digunakan sebagai *impact attenuator* pada kendaraan FG16 yang akan mengikuti kompetisi 2016 Student Formula Japan. Verifikasi laporan hasil pengujian oleh panitia dapat dilihat pada gambar 18.

IAD Check Sheet 2016 (SFJ only)		Inspection Date
		2016.6.16
		2016 R2
Car Number	29	
Univ. Name	Universitas Negeri Yogyakarta	
Conclusion	OK	
Contact		
Hiroshi Miyake (Chief Inspector)	Email Address	hiroshi.miyake@volvo.com
Akihito OKAZAKI (Inspector)	Email Address	akihito@eng.kanagawa-it.ac.jp
Comments		
Re-inspection results is "OK".		
(1) You should be shown "Assembly drawing, including AIP and FBH". => CLEAR		
(2) You should be modified "Energy Absorbed Curve". Energy drop down is falt. => CLEAR		
Best regards, Inspectors		
Overall from the Chief		
To approve the pass.		

Gambar 18. Gambar Verifikasi Hasil Pengujian oleh Panitia *Formula SAE*

6. Perbandingan *impact attenuator 3* FG16 dengan *impact attenuator* FG15

Untuk mengetahui pengembangan pada *impact attenuator* FG16 maka dilakukan perbandingan hasil *impact attenuator* FG16 dengan *impact attenuator* FG15. Tabel perbandingan *impact attenuator* FG16 dan FG15 dapat dilihat pada tabel 2.

Gambar 20. Gambar Grafik *Energy Absorbed* FG16



Gambar 21. Gambar Perbedaan Konstruksi *Impact Attenuator* FG15 dan FG16

Untuk membandingkan hasil energi absorbed yang dapat diserap oleh *impact attenuator* FG15 dan FG16, maka dapat dilihat pada grafik energi absorbed *impact attenuator* FG15 dan FG16. Gambar grafik energi absorbed *impact attenuator* FG15 dan FG16 dapat dilihat pada gambar 19 dan gambar 20. Perbedaan konstruksi *Impact attenuator* dapat dilihat pada gambar 21.

Tabel 3. Tabel Perbandingan *Impact Attenuator* FG16 dan FG15

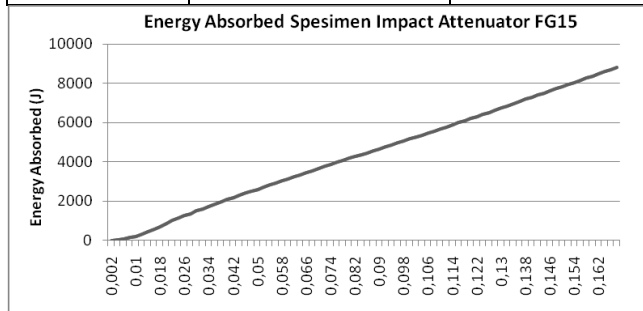
Bagian	<i>Impact attenuator</i> FG15	<i>Impact attenuator</i> FG16
Material	AluminumHoneycomb	Aluminum plate
Berat material	0,4 kg	1,77 kg
cost report	\$65,31	\$47,32
Material	Sulit	Mudah
Luas permukaan	20.523,2 mm ²	60.000 mm ²
Dimensi PxLxt	203,2 x 101 x 203,2 mm	240 x 250 x 250 mm
Material AIP	Aluminum	Aluminum
Dimensi AIP	325 mmx325mmx6mm	355mm x 355mm x 6mm
Dimensi front bulkhead PxL	325 mm x 325 mm	355 mm x 355 mm
AIP deformation	21,4 mm	21,2 mm
Energi absorbed	8833,7 Joule	8898,847 Joule
Average deceleration	16,67 g's	10,8 g's
Peak deceleration	17,92 g's	16,4 g's

Kelebihan *impact attenuator* FG16 dibandingkan dengan *impact attenuator* FG15 yaitu : 1) Daya serap energi lebih baik. 2) *Average deceleration* dan *peak deceleration* lebih rendah. 3) Luas permukaan lebih luas sehingga permukaan yang terkena tumbukan lebih luas. 4) Biaya pada *cost report* lebih rendah. 5) Deformasi pada *Anti intrusion plate* dan *front bulkhead* lebih merata. 6) Tidak memerlukan konstruksi penguat pada *front bulkhead*. 7) Pengadaan material lebih mudah dan murah. Kekurangan yang terdapat pada *impact attenuator* FG16 yaitu : 1) *Impact attenuator* FG16 lebih berat. 2) Proses pembuatan lebih sulit.

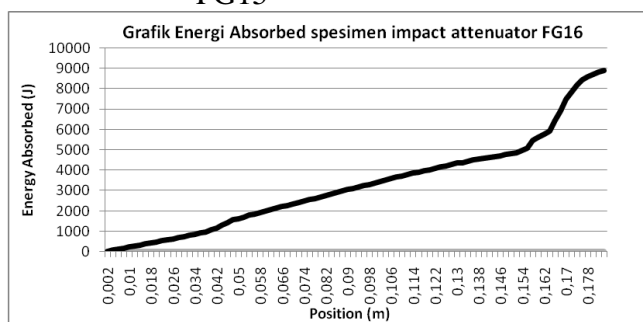
SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dalam perancangan *impact attenuator*, material dan konstruksi pada *impact attenuator* akan berpengaruh pada hasil pengujian *impact attenuator*. Spesimen *impact attenuator* 1 menggunakan material *aluminum plate* dan *polyurethane* dengan dimensi panjang 240mm, lebar 260mm, dan tinggi 260mm dengan konstruksi 2 buah kubus yang digabung menjadi 1. Spesimen *impact attenuator* 2 menggunakan material *aluminum plate* yang diberi banyak lubang dengan dimensi panjang 235mm, lebar 250mm, dan tinggi 250mm dengan konstruksi berbentuk limas persegi empat. Spesimen *impact*



Gambar 19. Gambar Grafik *Energy Absorbed* FG15



attenuator 3 menggunakan material *aluminum plate* dengan dimensi panjang 240mm, lebar 250mm, dan tinggi 250mm dengan konstruksi berbentuk limas persegi empat yang diberi 2 konstruksi persegi empat dengan bahan yang sama diletakkan di dalam konstruksi limas persegi empat.

Pengujian *impact attenuator* pada ketiga spesimen tersebut dilakukan dengan menggunakan metode yang sama yaitu *quasi-static testing*. Hasil pengujian pada regulasi yang dipersyaratkan yaitu dapat menyerap energi minimal 7350 Joule, *average deceleration* maksimal 20 g's dan *peak deceleration* maksimal 40 g's, tingkat kerusakan atau deformasi pada *Anti intrusion plate* dan *front bulkhead* maksimal 25,4mm (1 inchi). Berdasarkan hasil dari ketiga spesimen yang diuji, spesimen *impact attenuator* 3 yang mampu memenuhi kriteria yang ditentukan pada regulasi. Hasil pengujian pada spesimen *impact attenuator* 3 yaitu mampu menyerap energi sebesar 8898,847 Joule, *average deceleration* 10,8 g's dan *peak deceleration* 16,4 g's, tingkat kerusakan atau deformasi pada *Anti intrusion plate* 21,2 mm dan *front bulkhead* 13 mm.

Berdasarkan hasil verifikasi laporan pengujian *impact attenuator* 3 yang dikumpulkan kepada panitia, *impact attenuator* 3 dinyatakan

memenuhi seluruh kriteria yang dipersyaratkan pada regulasi. Sehingga spesimen *impact attenuator* 3 dapat digunakan sebagai *impact attenuator* pada kendaraan FG16 untuk berkompetisi di 2016 Student Formula Japan.

Saran

Perancangan *impact attenuator* dapat dilakukan pengujian menggunakan software seperti *finite element analysis* sebelum melakukan pengujian secara langsung, sehingga pembuatan dan pengujian *impact attenuator* lebih efisien dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- J.M.J Schormans. (2009). The Design of a Formula Student Front *Impact attenuator*. Hlm. 20-25.
- K. Fujii, (Materials and Structures Laboratory, Tokyo Institute of Technology); Yasuda, E.; Tanabe, Y., Dynamic mechanical properties of polycrystalline graphites and a 2D-C/C composite by *plate impact*; International Journal of Impact Engineering, 25, p 473-491, May, 2001.
- Joshua M.Duell. (2012). Impact Testing of advance Composite. Hlm. 97-105.
- Jon Hart. et. al. (2010). FSAE *Impact attenuator*. Hlm. 10-55.