
DESAIN PROTOTYPE SUSPENSI DENGAN SISTEM *DUAL MULTILINK* DAN *TORSION BEAM STABILIZER* PADA MOBIL *PICK-UP*

Bagus Saputra¹⁾, Sandhy Suprana²⁾, Eka Marlina³⁾
Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya^{1,2,3}

Email : bagussaputra23.mdn@gmail.com¹⁾,
sandhy71@gmail.com²⁾, ekamarliana@untag-sby.ac.id³⁾

ABSTRAK

Dunia otomotif mengalami kemajuan dan perkembangan yang signifikan. Berbagai macam teknologi yang telah ditemukan merupakan sebuah upaya dalam memberikan kenyamanan dan keamanan saat berkendara. Oleh karena itu, pegas dibuat dengan material khusus yang mempunyai daya elastis sangat tinggi serta diimbangi dengan kekuatan yang besar. Pegas daun merupakan salah satu tipe pegas yang banyak dikenakan pada kendaraan roda empat, yang diaplikasikan pada kendaraan yang bermuatan khususnya pada mobil *pick-up* Daihatsu Granmax. Tujuan penelitian ini menentukan model desain suspensi dengan menguji coba beban dalam 3D modelling, memperoleh nilai kekakuan pegas suspensi (k), memperoleh nilai konstanta redaman suspensi (c) dalam hal keamanan maupun kenyamanan saat berkendara. Dengan cara menghitung jarak antara sumbu ban depan dan ban belakang ke *center of gravity* dengan tinggi dari tanah ke *center of gravity*, menghitung beban statis dan dinamis kendaraan pegas roda belakang diperoleh hasil nilai kekakuan 4352,642 N/mm untuk nilai redaman belakang di peroleh hasil 278.489 Ns/m.

Kata-kata kunci: Suspensi, *Dual Multilink*, *Torsion Beam Stabilizer*

ABSTRACT

The automotive world is experiencing significant progress and development. Various technologies that have been found are an effort to provide comfort and safety when driving. Therefore, the spring is made with a special material that has a very high elastic power and balanced with great strength. Leaf spring is one type of spring that is widely worn on four-wheeled vehicles, which is applied to loaded vehicles, especially in Daihatsu Granmax pick-up cars. The purpose of this study is to determine the suspension design model by testing the load in 3D modeling, obtain the value of the suspension spring stiffness (k), obtain the value of the suspension damping constant (c) in terms of safety and comfort while driving. By calculating the distance between the axis of the front tire and the rear tire to the center of gravity with a height from the ground to the center of gravity, calculating the static and dynamic load of the rear wheel spring vehicle obtained the stiffness value of 4352.642 N/mm for the rear damping value obtained the result of 278.489 Ns/m.

Keywords: Suspension, Dual multi link, Torsion Beam Stabilizer.

1. PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan sebuah alat transportasi yang dinilai sangat penting pada kehidupan manusia sehingga membutuhkan keamanan dan kenyamanan yang tinggi. Adapun beberapa hal yang mempengaruhi keamanan dan kenyamanan dalam berkendara seperti, kendaraan, pengemudi, dan lingkungan sekitar.

Pegas merupakan suatu komponen yang memiliki peran penting dalam memberikan upaya kenyamanan pada pengemudi kendaraan bermotor karena memiliki fungsi untuk menerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan saat berkendara. Pegas daun adalah salah satu tipe pegas yang banyak dikenakan pada kendaraan bermotor roda empat yang memiliki muatan dengan beberapa komponen plat baja yang memanjang disusun tumpuk untuk menghasilkan gaya lentuk sebagai pegas.

Mekanik penghubung dari bagian badan dengan roda pada kendaraan merupakan bagian dari suspensi kendaraan. Fungsi suspensi digunakan untuk meredam dan mengurangi getaran pada kabin dan *body* kendaraan supaya getaran tersebut tidak sampai ke *chasis* karena jalan yang tidak rata. Dengan adanya komponen suspensi dapat mencakup antara sistem pegas dan sistem peredam yang menghubungkan kendaraan dengan rodanya (Sarjito dkk., 2018).

Adanya penurunan kualitas dari sifat mekanik ini mengakibatkan pegas kurang layak untuk digunakan, karena dapat menyebabkan ketidaknyamanan pengemudi pada kondisi tersebut. Adapun, optimalisasi dan inovasi baru yakni sebuah *system* yang terbaik salah satu contohnya yaitu pada system suspensi kendaraan *pick-up* (Tama, 2020). Dengan Kondisi jalan yang beragam, pada mobil *pick-up* menggunakan suspensi mobil yang dipasang paten (rendah atau tinggi dari alas) namun, tidak selalu menjadikan performa mobil lebih stabil.

Pada penelitian ini akan dilaksanakan perancangan kembali sistem suspensi yang berdasarkan pada variasi kondisi pembebanan dan aspek kenyamanan dengan kekuatan yang lebih fleksibel pada kondisi jalan di pedesaan, menggunakan sistem *Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer*. Serta pembuatan *prototype* digital dengan menggunakan perangkat lunak untuk desain tersebut. Diharapkan desain tersebut dapat dikenakan sebagai bahan pertimbangan untuk mengembangkan sistem suspensi yang lebih efektif khususnya pada kendaraan muatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah pada penelitian ini dilakukan secara berurutan sesuai pada pelaksanaan suatu penelitian sebagai berikut:

2.1. Pengumpulan data dan Studi Literatur

Mencari sumber - sumber referensi untuk mengumpulkan data dengan cara mengambil sebuah data di pustaka.

2.2. Penentuan Objek *system* suspensi

Sebelum menganalisa dan merancang menentukan jenis sistem suspensi terlebih dahulu, yakni suspensi pegas daun untuk mobil *pick-up*.

2.3. Data Spesifikasi kendaraan

Pengumpulan data dan pemodelan dengan menggunakan sistem *Dual Multilink* dan *Torsion beam stabilizer* pada mobil *pick-up*.

2.4. Perencanaan *system* suspensi

Melakukan perancangan ulang desain system suspensi pada kendaraan mobil *pick-up*, perencanaan tersebut antara lain:

- a. Perancangan model desain suspensi dilihat dari nilai kekakuan pegas (k) dan konstanta redaman suspensi (c) untuk kekakuan jenis pegas *springleaf*

dapat diukur dari beberapa factor ketika berat kendaraan kosong (statis), berat maksimal ketika bermuatan (dinamis), tekanan dan berat ban, dimensi kendaraan dan defleksi maksimal suspensi. pada ban depan dan ban belakang. Dengan rumus :

$$K_{sf} = \frac{Wf}{\delta} \tag{2.1}$$

$$K_{sr} = \frac{Wr}{\delta} \tag{2.2}$$

Dan untuk rumus *damping ratio* dan konstanta Redaman :

$$C_{sr} = \xi \left(2 \frac{k}{m} \right) \tag{2.3}$$

- b. Perancangan desain suspensi dengan *system Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* yang terdiri dari massa bodi kendaraan, kekakuan pegas suspensi depan dan belakang, jarak setiap sumbu roda ke CG dan momen inersia kendaraan, dengan system diatas untuk membuat nilai efisiensi kendaraan meningkat.

2.5. Perencanaan Prototype

Memodelkan *system* suspensi dengan menggunakan *system Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* dengan simulasi respon getaran terhadap profil jalan sinusoidal.

2.6. Analisa Data

Tahap selanjutnya adalah menganalisa data yang telah didapatkan di perhitungan konstanta redaman (c) kekakuan pegas (k) yang nantinya akan di analisa perbandingan respon dinamis, frekuensi dan waktu yang didapat dari perancangan *system* suspensi.

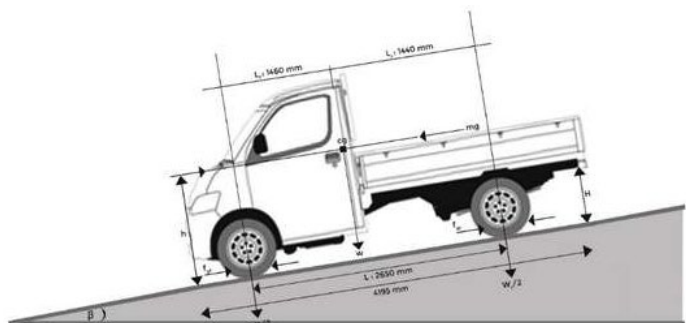
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan beban statis, dinamis dan posisi pusat CG (Center of Gravity)

Dengan mengasumsikan mobil berada di atas sebuah bidang miring pada sudut β tertentu. Pada kondisi diatas, mobil diasumsikan sedang bergerak menurun pada gradient $\beta = 15^\circ$.

Data hasil perhitungan mobil <i>Pick-Up Daihatsu Granmax</i> untuk Tiap Konfigurasi	
L_f (m)	1,71 m
L_r (m)	0,93 m
L(m)	2,65 m
μ (pada jalan aspal)	0,642
F_r (pada jalan aspal)	0,08
h (m)	1,114 m
W_f statis (kN)	13,63 kN
W_r statis (kN)	25,21 kN
W_f Dinamis (kN)	7576,6 kN
W_r Dinamis (kN)	7579,23 kN

Tabel 3.1 Hasil perhitungan beban statis dan dinamis



Gambar 3.1 Posisi kemiringan permukaan jalan (Sumber : Penulis, 2022)

(Sumber : Penulis, 2022)

3.2 Hasil perhitungan beban roda belakang dan depan

Tabel 3.2 Hasil perhitungan beban roda belakang dan depan

Data hasil perhitungan mobil <i>Pick-Up</i> Daihatsu Granmax untuk beban roda belakang dan depan	
$W_f \text{ max (kN)}$	7590,23 kN
$W_r \text{ max (kN)}$	7604,44 kN

(Sumber : Penulis, 2022)

3.3 Perhitungan konstanta kekakuan pegas daun

Salah satu penilaian terhadap pegas daun adalah dengan mengetahui tingkat kekakuannya. Tingkat kekakuan pegas daun dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$k_1 = \frac{F}{\delta_1} = \frac{625,3}{75,67} = 8,263 \frac{kg}{mm} = 81.032 \text{ N/mm}$$

$$k_2 = \frac{F}{\delta_2} = \frac{625,3}{51,57} = 12,125 \frac{kg}{mm} = 118,90 \text{ N/mm}$$

$$k_3 = \frac{F}{\delta_3} = \frac{625,3}{38,74} = 16,140 \frac{kg}{mm} = 158,27 \text{ N/mm}$$

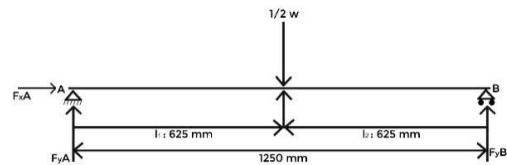
$$k_4 = \frac{F}{\delta_4} = \frac{625,3}{8,594} = 72,760 \frac{kg}{mm} = 713,53 \text{ N/mm}$$

$$k_5 = \frac{F}{\delta_5} = \frac{625,3}{1,869} = 334,56 \frac{kg}{mm} = 3280.91 \text{ N/mm}$$

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Dimensi dan Material Pegas daun suspensi belakang.

Data hasil perhitungan dimensi pegas daun	
$W_r \text{ max (N)}$	7604,44 kN
W (reaksi tumpuan) (N)	3802,22 kN
L, Panjang pegas daun (m)	1,25 m
b, Lebar pegas daun (m)	0.06 m
t, Tebal pegas daun (m)	0,0082 m
M, Momen bending. (m)	390812,5 kN.mm
σ , Tegangan akibat momen (kg/m)	$264,6 \frac{kg}{mm^2}$
δ , defleksi (m)	176,803 mm
Konstanta kekakuan pegas daun	443,848 kg/mm
Material spring leaf	Plat baja JIS SUP9

(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 3.2 FBD Pegas daun pada *pick-up*
(Sumber : Penulis, 2022)

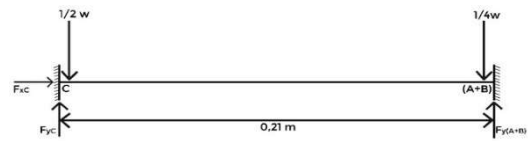
3.4 Perhitungan Dual Multilink

Penghubung ini berperan sebagai lengan suspensi yang berjumlah lebih dari satu buah. Link-link tersebut diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat menyerap getaran roda dengan baik. Selain itu, komponen link-link ini berdimensi kecil sehingga tidak terlalu memerlukan banyak ruang di bagian suspensi. material terbuat dari Baja karbon yang memiliki kandungan 0,8 – 2%, baja nikel 5%, baja mangan 1,75%.

Tabel 3.4 Data Dimensi Dual Multilink Mobil Pick-up Daihatsu Granmax

Data Dimensi <i>Dual Multilink</i>	
Panjang (p)	0,21 m
Tebal (t)	0,05 m
Lebar (l)	0,11 m
Jenis Material	Baja Karbon (S30C)
Masssa Jenis	7700 kg/m ³
Massa kendaraan kosong	2100 kg
Massa kendaraan belakang (w)	868 kg = 8512,17 N
Massa angkut barang	1200 kg

(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 3.3 FBD *Dual Multilink* (Sumber : Penulis, 2022)

Menghitung berat massa dari material *Dual Multilink* dapat menggunakan rumus sebagai berikut : $v = (0,21)(0,05)(0,11) = 0,00155 \text{ m}^3$, maka $m = (\rho)(v) = (0,00155)(7700) = 11,94 \text{ kg}$.

Sehingga dapat diketahui massa dari material *Dual Multilink* seberat $m = 11,94 \text{ kg}$.

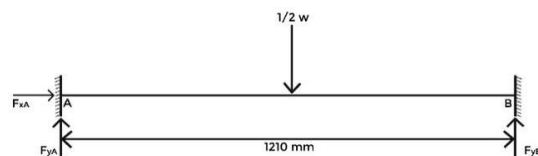
3.5 Perhitungan *Torsion Beam Stabilizer*

Torsion beam stabilizer merupakan bagian penting dari mobil. *Torsion beam stabilizer* dapat menerima sebuah pembebanan struktur kendaraan dimana secara statis dan dinamis. Saat Pergerakan kendaraan seperti berputar, berbelok, dan melalui kontur jalan yang bergelombang sehingga memengaruhi batas tegangan yang di topang oleh *Torsion beam stabilizer*. Dengan komposisi yang terdiri dari baja karbon tinggi bagian lintas circular terdiri dari karbon 30% sampai 60%, mangan, silikon kurang dari 50%, 40% phosphor, sulfur 50%.

Tabel 3.5 Data Dimensi *Torsion Beam Stabilizer* Mobil Pick-Up Daihatsu Granmax.

Data Dimensi <i>Torsion Beam Stabilizer</i>	
Panjang (p)	1210 mm
Diameter (d)	30 mm
Jenis Material	Baja Karbon (S30C)
Masssa Jenis	7700 kg/m ³
Massa kendaraan kosong	2100 kg
Massa kendaraan belakang total (variasi)	879,94 kg
Massa angkut barang	1200 kg

(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 3.4 FBD *Torsion Beam Stabilizer* (Sumber : Penulis, 2022)

3.6 Penentuan Konstanta Redaman Suspensi

Mengasumsikan profil jalan sinusoidal dengan panjang gelombang 50 cm dan besar amplitudo 5 cm. Sehingga dapat dihitung konstanta redaman pada ban :

- Rasio redaman suspensi belakang (*Damping Ratio*)

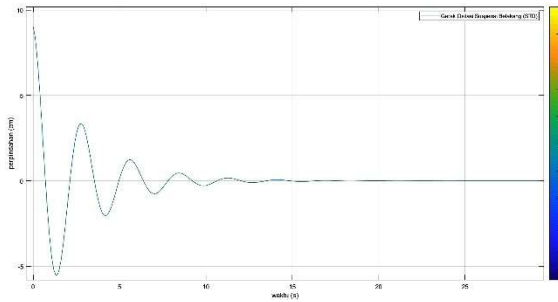
$$\xi = \frac{\delta}{2\pi} = \frac{176,803}{2\pi} = 28,15$$

- Kontak redaman suspensi belakang (Csr)

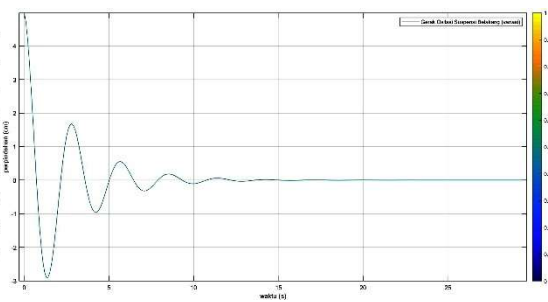
$$C_{sr} = \xi \left(2 \frac{k}{m} \right) = 28,15 \left(2 \frac{4352,642}{879,94} \right) = 278.489 \text{ Ns/m}$$

3.7 Simulasi getaran terhadap suspensi belakang

Gambar 3.5 menunjukkan hasil gerak osilasi suspensi belakang (std) terhadap profil jalan dimodelkan sinusoidal, berdasarkan gambar tersebut suspensi standart membutuhkan waktu <20 detik dengan perpindahan massa yang cukup tinggi dibandingkan dengan variasi.



Gambar 3.5 Gerak osilasi supensi (STD)
(Sumber : Penulis, 2022)

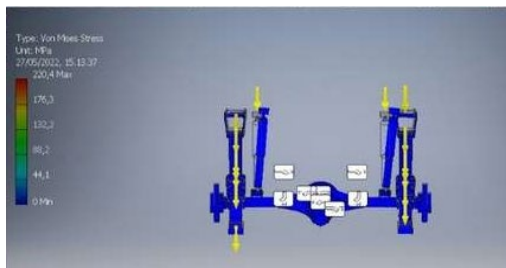


Gambar 3.6 Gerak osilasi supensi (variasi)
(Sumber : Penulis, 2022)

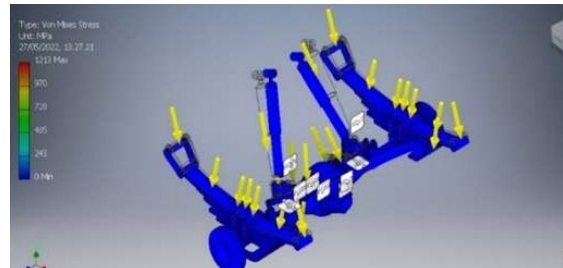
Sehingga dapat disimpulkan gerak osilasi antara suspensi standart dengan menggunakan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* pada gambar 3.6 sama – sama membutuhkan waktu yang hampir sama <20 detik untuk stabil namun pada suspensi variasi perpindahan massa / gerak osilasi-nya yang lebih *comfort* dibanding dengan suspensi standart-nya.

3.8 Hasil Uji *Von Mises Stress*

3.8.1 Suspensi pegas daun Daihatsu Granmax (STD) dan variasi



Gambar 3.7 Hasil uji suspensi standart
(Sumber : Penulis, 2022)

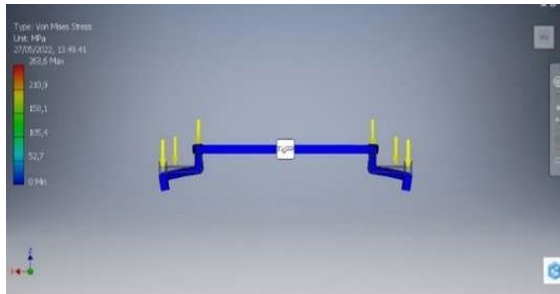


Gambar 3.8 Hasil uji suspensi dengan variasi

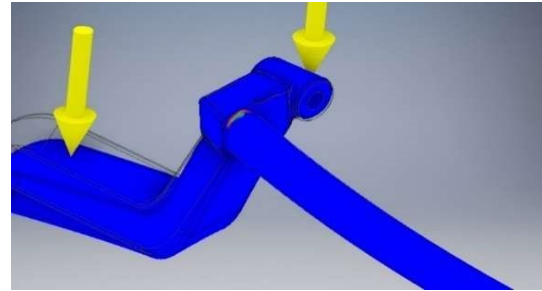
Gambar 3.7 menunjukkan hasil analisa dari uji kekuatan kekuatan (*Von Mises Stress*) pada suspensi belakang granmax diperoleh nilai maksimal 220,4 Mpa pada suspensi standartnya. Pada parameter tersebut suspensi mampu menahan beban apabila batas aman beban yaitu < 220,4 Mpa. Berdasarkan Gambar 3.8 menunjukkan hasil analisa uji kekuatan pada Suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* diperoleh nilai maksimal 1213 Mpa. Menggunakan jenis ini suspensi tersebut mampu menahan beban dengan syarat batas aman yaitu < 1213 Mpa. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* tingkat aman dalam menampung beban akan lebih baik dari pada suspensi yang

umumnya.

Torsion Beam Stabilizer



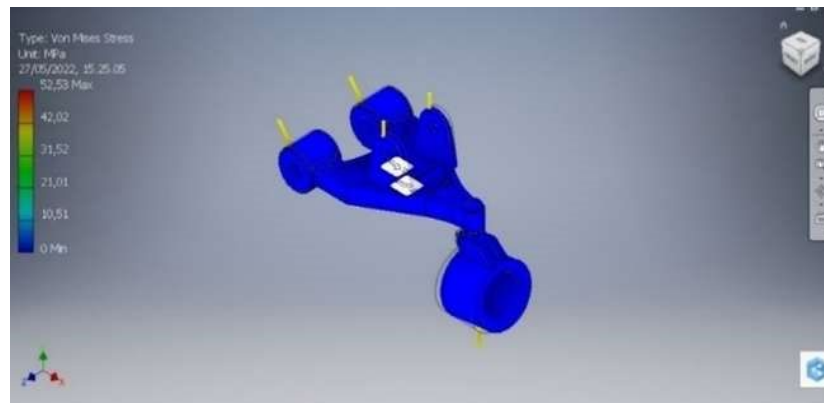
Gambar 3.9 Hasil uji *Torsion Beam Stabilizer*
(Sumber : Penulis, 2022)



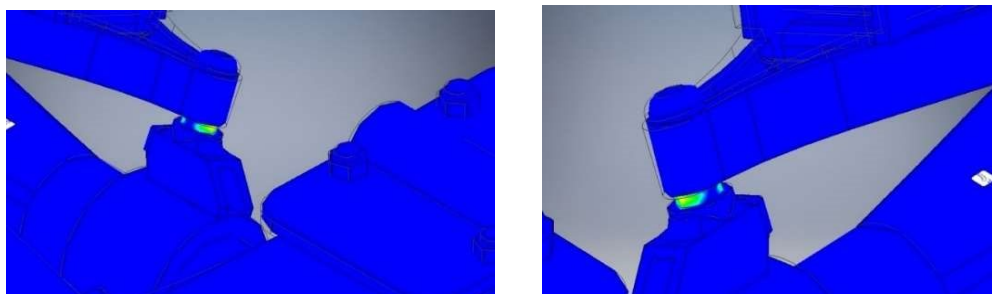
Gambar 3.10 Titik maksimal pada *Torsion Beam*
(Sumber : Penulis, 2022)

Berdasarkan gambar 3.9 menunjukkan hasil analisa dari uji kekuatan kekuatan (*Von Mises Stress*) pada *Torsion Beam Stabilizer* diperoleh nilai batas maksimal 263,6 Mpa dapat diartikan bahwa *Torsion Beam Stabilizer* tersebut mampu menahan beban apabila batas aman-nya beban yaitu $< 263,6$ Mpa dan akan mengalami *crack* (rusak) jika melebihi batas beban yang mampu ia tahan. Gambar 3.10 menunjukkan letak terjadinya batas maksimal pada *Torsion Beam Stabilizer* tersebut.

3.8.2 *Dual Multilink*



Gambar 3.11 Hasil uji *Dual Multilink*
(Sumber : Penulis, 2022)



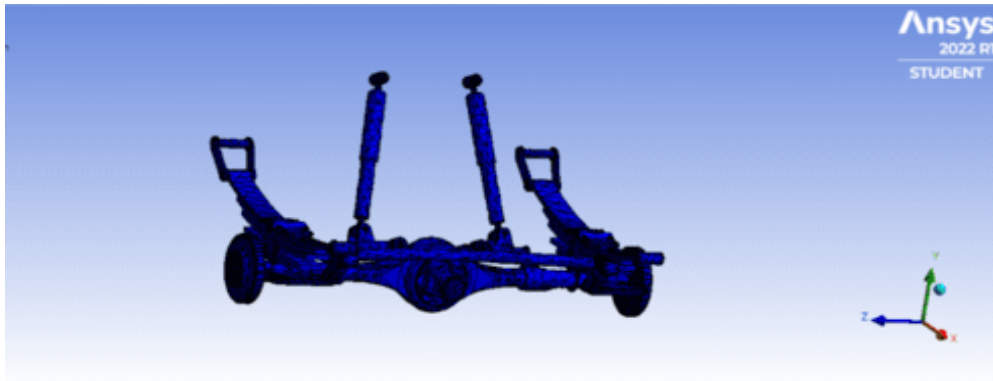
Gambar 3.12 Titik maksimal pada *Multilink 1*
(Sumber : Penulis, 2022)

Berdasarkan gambar 3.11 menunjukkan hasil analisa dari uji kekuatan kekuatan (*Von Mises Stress*) pada *Dual Multilink* di peroleh nilai batas maksimal sebesar 52,53 Mpa dapat diartikan bahwa *Dual Multilink* tersebut mampu menahan beban apabila batas aman-nya beban yaitu $< 52,53$ Mpa dan akan mengalami *crack* (rusak) jika melebihi batas

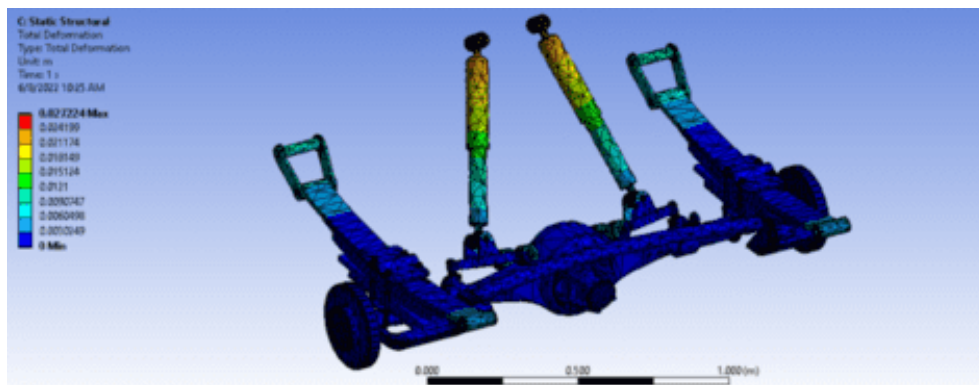
beban yang mampu ia tahan.

Berdasarkan gambar 3.12 menunjukkan letak terjadinya batas maksimal pada *Dual Multilink* kiri dan pada gambar 3.13 menunjukkan letak terjadinya batas maksimal pada Sistem *Dual Multilink* kanan.

3.9 Hasil Uji Kegagalan

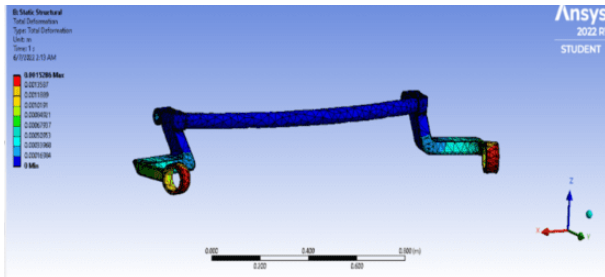


Gambar 3.14 Suspensi sebelum pembebanan
(Sumber : Penulis, 2022)

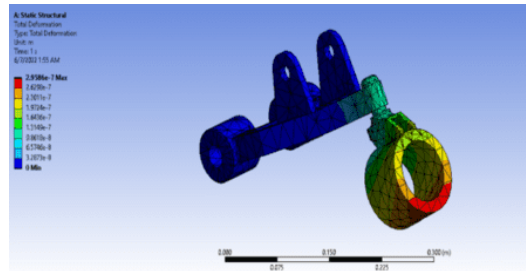


Gambar 3.15 Titik maksimal setelah uji kegagalan
(Sumber : Penulis, 2022)

Berdasarkan gambar 3.14 menunjukkan hasil analisa dari uji kegagalan (*Fatigue Test*) pada suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* di peroleh nilai batas maksimal sebesar 266,91 pa dapat diartikan bahwa system *Dual Multilink* dan *Torsion beam* tersebut mampu menahan beban apabila batas aman-nya beban yaitu < 266,91 pa dan mengetahui daerah yang berpotensi mengalami kerusakan. Berdasarkan gambar 3.15 menunjukkan letak terjadinya batas maksimal pada *Dual Multilink*.

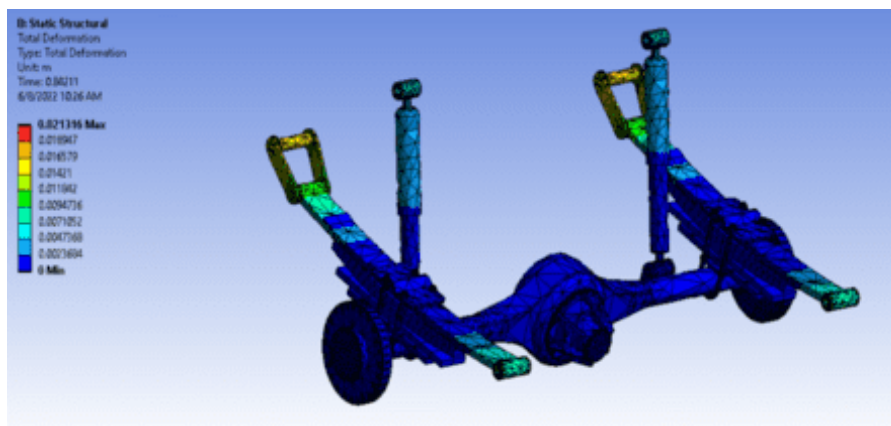


Gambar 3.16 Titik leleh pada *Torsion Beam Stabilizer*
(Sumber : Penulis, 2022)



Gambar 3.17 Titik leleh pada *Dual Multilink*
(Sumber : Penulis, 2022)

Pada Gambar 3.16 menjelaskan bahwa analisa tersebut menunjukkan daerah yang berpotensi mengalami kerusakan pada bagian *Torsion Beam Stabilizer* terletak pada ujung *Stabilizer* dengan nilai maksimal 14,98 pa. Analisa gambar 3.17 menunjukkan kekuatan maksimal pada *Dual Multilink* diperoleh nilai *maximal* 0,029 Mpa.



Gambar 3.18 Titik maksimal setelah uji kegagalan
(Sumber : Penulis, 2022)

Kemudian pada gambar 3.15 menunjukkan hasil suspensi standart uji kegagalan dengan nilai 208,99 pa dimana hasil tersebut lebih kecil dibandingkan dari hasil test sebelumnya pada gambar 3.18 yang mendapatkan hasil 266,91 pa diartikan bahwa pengaruh terhadap adanya *Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* sehingga suspensi meningkat menjadi lebih kuat dan lebih rigid daripada suspensi yang standart.

4. KESIMPULAN

Desain prototype pada suspensi perdaun pada mobil Daihatsu Granmax dengan variasi *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer*. Perencanaan ulang pada suspensi belakang mobil Daihatsu Granmax menghasilkan perhitungan dengan total kekakuan pegas daun belakang $k = k_{tot} = 4352,642 \text{ N/mm}$, dan konstanta redaman suspensi belakang $c = 278.489 \text{ Ns/m}$. Berdasarkan hasil uji kekuatan (*Von Mises Stress*) suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* diperoleh nilai maksimal 1213 Mpa sedangkan pada suspensi standart diperoleh nilai maksimal 220,4 Mpa. Dengan masing – masing nilai kekuatan max pada *Torsion Beam* 263,6 Mpa dan *Dual Multilink* 52,53 Mpa. Dari perbandingan tersebut dapat di simpulkan bahwa dengan suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* tingkat aman dalam menampung beban akan lebih baik dari pada suspensi yang umumnya. Berdasarkan hasil uji kegagalan suspensi dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* diperoleh nilai maksimal sebesar 266,91 pa, sedangkan pada suspensi standart diperoleh nilai maksimal 208,99, dan masing – masing nilai titik *maximal* pada *Torsion Beam* sebesar 14,98 Mpa dan *Dual Multilink* sebesar 0,029 Mpa sehingga adanya tambahan *Tosion Beam* dan *Dual Multilink* menjadi lebih kuat dan rigid daripada suspensi umumnya. Dengan perbandingan gerak osilasi suspensi belakang dengan *System Dual Multilink* dan *Torsion Beam Stabilizer* menghasilkan waktu hampir sama dengan suspensi belakang (STD) yaitu <20 detik namun dengan perpindahan massa yang rendah dan halus dibanding dengan suspensi standart-nya, sehingga desain protoype tersebut bisa dikatakan lebih nyaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memfasilitasi untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian ini kami ucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baqarizky, Fridam Amrulloh. (2017). Desain dan analisa system sustensi mobil multi guna pedesaan menggunakan peredam Magnetorheological dengan standart kenyamanan ISO 2631. Tugas Akhir. Teknik Mesin. ITS. Surabaya, 2017
- [2] Putra Angga Ramadhana. (2016). Desain dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Produksi Multiguna Pedesaan Dengan Standar Kenyamanan ISO 2631. Tugas Akhir. Teknik Mesin ITS. Surabaya, 2016.
- [3] Sutantra, I Nyoman, Bambang Sampurno. (2010). Teknologi Otomotif Edisi ke-II. Guna Widya Surabaya
- [4] Hibbeler.R.C. (2013). *Engineering Mechanics : Statics and Dynamics 13th Edition*, 2013.
- [5] Adipriyatno Dhanie. (2002). Analisa Karakteristik kekakuan pegas daun. Undergraduate Thesis. Teknik Mesin. Universitas Petra, 2013.
- [6] Nuh Muhammad. (2017). Analisa Koefisien Grip antara Ban dan permukaan jalan. Tugas Akhir. Teknik Mesin. Universitas Sumatra Utara, 2017.
- [7] Zainun, Achmad. (1999). Elemen Mesin 1. Refika Aditama Bandung, 1999