

Desain dan Analisis Deformasi Pegas Daun *Mono-Parabolic* dan *Shackle* pada Sistem Suspensi Mevits Menggunakan Metode Elemen Hingga

Wardah Nur Amirah dan Harus Laksana Guntur

Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

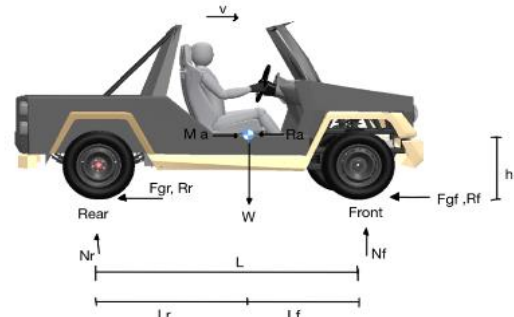
e-mail: haruslg@me.its.ac.id

Abstrak—Perkembangan industri transportasi di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat. Salah satu faktor penting yang menjadi pertimbangan konsumen memilih transportasi, yaitu faktor kenyamanan yang akan digunakan. Terdapat penelitian mengenai pegas daun dengan daun single disebut dengan *mono-parabolic*. Variasi yang digunakan yaitu variasi pegas daun mono-parabolik dengan shackle dan tanpa shackle. Material yang digunakan pada *shackle* yaitu AISI 4140 dan pada pegas daun yaitu EN45. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai deformasi akibat profil jalan dengan beban maksimum menggunakan *Finte Element Method* pada *software ANSYS Workbench*. Pada *software ANSYS* dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian ststik untuk mendapatkan nilai deformasi, lalu analisis modal untuk mendapatkan nilai frekuensi natural selanjutnya dilakukan analisis respons harmonik didapat grafik dari amplitudo perpindahan. Pengaruh *shackle* pada pegas daun mono-parabolik yaitu dapat meredam profil jalan dilihat dari deformasi pada massa *sprung* dimana nilai dari pegas daun mono parabolik dengan *shackle* lebih kecil dibandingkan MEVITS. Perbandingan hasil pegas daun pada MEVITS dan pegas daun mono-parabolik yaitu pada MEVITS terjadi perpindahan massa *sprung* paling besar saat dikenai beban maksimum dibandingkan dengan pegas daun lainnya. Namun, saat pegas daun MEVITS dikenai bump speed menyebabkan perpindahan massa *sprung* lebih besar daripada pegas daun mono parabolik. Desain yang optimal berdasarkan dari hasil simulasi untuk meredam profil jalan yaitu pegas daun pada MEVITS dengan tingkat kenyamanan lebih baik dibanding pegas daun mono parabolik. Namun, nilai percepatan pegas daun mono parabolik dengan shackle mendekati nilai dari pegas daun pada MEVITS. Di sisi lain, Pada MEVITS menggunakan 4 daun membuat biaya akan lebih mahal dibanding dengan mono-parabolik. Maka dari itu, pegas daun mono parabolik dengan shackle dapat menjadi alternatif untuk mengganti pegas daun pada MEVITS.

Kata Kunci— Harmonik, Metode Elemen Hingga, *Mono-Parabolic*, Pegas daun, Statik.

I. PENDAHULUAN

PERKEMBANGAN industri transportasi di Indonesia mengalami kemajuan yang sangat pesat. Salah satu faktor penting yang menjadi pertimbangan konsumen memilih transportasi, yaitu faktor kenyamanan yang akan digunakan. Transportasi dengan tingkat kenyamanan yang rendah, akan mengakibatkan pengendara cepat mengalami kelelahan [1]. Sumber utama ketidaknyamanan adalah osilasi yang dapat dirasakan oleh pengguna kendaraan dan dapat menyebabkan kebisingan, getaran, atau keduanya. Maka dari itu komponen yang dirancang khusus yang dapat digunakan untuk menghambat gangguan yang dirasakan pengguna kendaraan [2]. Untuk menghambat gangguan pada kendaraan tidak dapat ditugaskan ke satu komponen atau subsistem namun kinerja



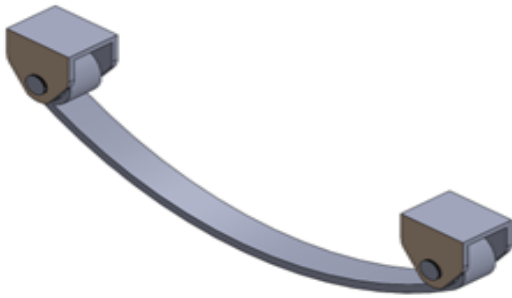
Gambar 1. Gaya gaya pada Kendaraan MEVITS.

Tabel 1.
Parameter MEVITS

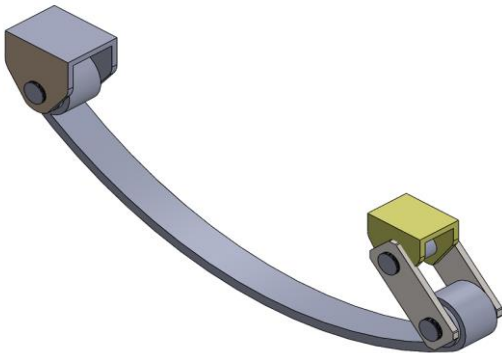
Parameter	Nilai
Gross Vehicle Weight (GVW) (Kg)	1000 Kg
Berat Tanpa Muatan	800 Kg
Panjang Total (L)	2250 mm
Panjang dari COG ke roda belakang (L _r)	1346 mm
Panjang dari COG ke roda depan (L _f)	904 mm
Tinggi dari COG ke dasar dari roda (h)	573 mm
Percepatan gravitasi (a)	9,81 m/s ²
Koefisien rolling resistance (F _r)	0,015
Koefisien gesek (μ)	0,05

kendaraan secara keseluruhan yang melibatkan ban, ukuran roda, suspensi, massa kendaraan, kekakuan tubuh, kursi. Namun, yang utama adalah suspensi dan jok [3]. Suspensi berfungsi untuk meredam getaran yang berlebihan akibat permukaan jalan agar pengguna kendaraan merasakan kenyamanan dan keamanan. Suspensi sendiri bekerja sebagai penghalang benturan roda dengan bodi kendaraan. Cara kerja sistem suspensi yaitu sebagai komponen penghubung roda dan bodi kendaraan.

Salah satu jenis suspensi yang rigid yaitu pegas daun. Pegas daun pada kendaraan yang berat dengan menumpuk beberapa daun di atas satu sama lain dalam beberapa tingkatan, dengan daun yang semakin pendek di tiap tingkatan kebawah, dapat disebut dengan pegas daun multi parabolic. Namun, terdapat penelitian mengenai pegas daun dengan daun yang memiliki daun single disebut dengan *mono-parabolic*. Penelitian tersebut dilakukan pada kendaraan *mini loader truck* dengan *gross weight vehicle* (GWV) adalah 1550 kg. Analisis elemen hingga pada pegas daun dilakukan dengan variasi model dengan batasan yaitu pada kondisi statik. Hasil dari analisis tersebut menunjukkan bahwa area merah berada dekat dengan *shackle* yang mana



Gambar 3. Pegas daun mono parabolik tanpa *shackle*.



Gambar 4. Pegas daun mono parabolik dengan *shackle*.

mendekati nilai tegangan maksimum yang dapat menyebabkan kegagalan pegas daun mono-parabolik. Perbandingan antara berbagai bahan pegas daun juga telah dilakukan untuk mempelajari pengaruh sifat mekanik dari berbagai bahan pegas daun parabolik, untuk mengetahui jumlah tegangan maksimum untuk bahan yang berbeda. Selama analisis semua kondisi batas, material dan beban yang diterapkan sama [4].

Dengan adanya penelitian terdahulu pada kendaraan mini loader Truck dengan GWV 1550 Kg, maka akan dilakukan simulasi terkait analisis tegangan dan design pegas daun *mono-parabolic* serta *shackle* pada sistem suspensi MEVITS dengan metode elemen hingga dengan variasi pegas daun. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui desain yang optimal dalam meredam getaran yang didapat dari analisis deformasi dan respon harmonik pegas daun *mono-parabolic* pada kendaraan MEVITS menggunakan menggunakan *software ANSYS Workbench*.

II. URAIAN PENELITIAN

A. Perancangan Pegas Daun Mono-Parabolik

Perlu diketahui dahulu bahwa pegas daun pada MEVITS ditunjukkan oleh Gambar 1. Parameter pegas daun mono parabolik didapat dari perhitungan kekakuan pada MEVITS lalu akan didapatkan ketebalan pada pegas daun mono parabolik agar memiliki kekakuan yang sama namun jumlah daun yang berbeda. Pegas daun mono parabolik yang digunakan memiliki panjang daun 760 mm, camber 147 mm, diameter *eye ends* 92 mm, dan lebar 60 mm. Ketebalan dan jumlah daun pegas daun mono-parabolik dan MEVITS berturut turut yaitu 15 mm dengan 1 daun dan 10 mm dengan 4 daun. Lalu *shackle* pada salah satu variasi menggunakan lebar 80 mm, ketebalan 10 mm, tinggi 175 mm dan diameter

36 mm. Untuk mendapatkan ketebalan pada pegas daun mono parabolik dengan cara mencari nilai kekakuan pada pegas daun MEVITS lalu akan didapat ketebalan dari defleksi maksimal. Visualisasi pegas daun mono parabolik tanpa *shackle* dan dengan *shackle* secara berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 2 dan Gambar 3.

Untuk menentukan desain pegas daun mono parabolik perlu mengetahui parameter pada pegas daun multi parabolik MEVITS. Hal tersebut untuk mendapatkan nilai kekakuan yang sama antara multi-parabolik pada MEVITS dan Mono-parabolik. Berikut merupakan nilai kekakuan pegas daun.

$$F = k \Delta \tag{1}$$

$$k = \frac{F}{\Delta} \tag{2}$$

Dengan F merupakan gaya yang diterapkan pada pegas daun (N) dan Δ merupakan defleksi maksimum (m). Nilai defleksi menggunakan parameter pada Tabel 1 maka nilai kekakuan didapat sebagai berikut.

$$\Delta = \frac{6 FL^3}{E n b t^3}$$

$$\Delta = \frac{6 \times 5498 \times 0,76^3}{2 \times 10^{11} \times 4 \times 0,06 \times 0,01^3}$$

$$\Delta = 0,17 \text{ m}$$

$$k = \frac{5498}{0,17}$$

$$k = 32 \ 341 \frac{N}{m}$$

B. Perhitungan Distribusi Gaya

Pada Gambar 4 menunjukkan arah gaya yang terjadi pada kendaraan MEVITS. Dalam perancangan dan analisa sistem suspensi kendaraan MEVITS, gaya dinamis yang diperhitungkan adalah kondisi saat kendaraan mengalami perlambatan maksimum. Karena, pada saat mengalami perlambatan maksimum terjadi momen *pitching* sehingga gaya pada roda depan menjadi sangat besar. Nilai COG (*Center Of Gravity*) didapat dari *Software SOLIDWORKS 2021*. Tabel 1 memuat parameter pada Kendaraan MEVITS

Berikut merupakan persamaan dimana kendaraan dalam keadaan diam. Berikut merupakan persamaan momen pada kendaraan MEVITS, dengan W sebagai gaya berat dari perkalian massa dan gravitasi.

$$\downarrow + \sum F_y = 0 \tag{3}$$

$$W - N_r - N_f = 0 \tag{4}$$

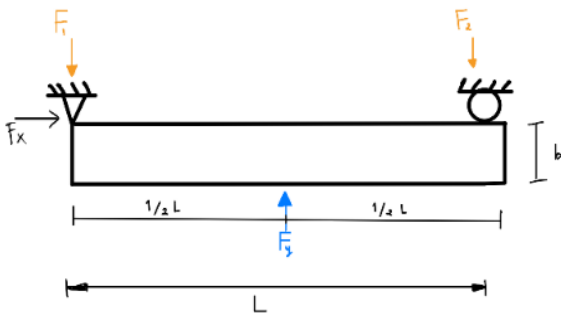
$$N_r = W - \frac{1}{L} W L_r \tag{5}$$

$$N_r = 1000 \cdot 9,81 - \frac{1}{2,25} 1000 \cdot 9,81$$

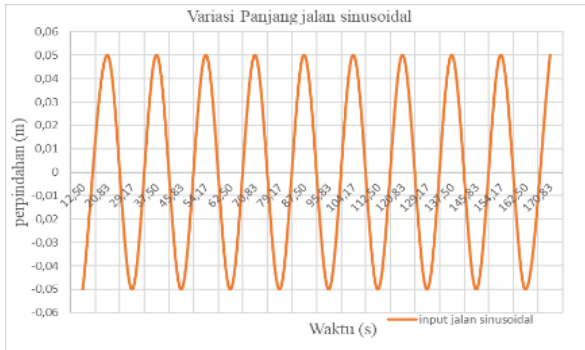
$$N_r = 3941,4 \text{ N}$$

Maka didapat gaya dalam keadaan diam pada roda belakang sebesar 3941,4 N menggunakan *GVW* kendaraan. Lalu untuk beban kendaraan menggunakan berat tanpa muatan, gaya dalam keadaan diam pada roda belakang yaitu sebesar 3488 N.

Perhitungan beban dinamis dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.



Gambar 7. Gaya gaya pada Pegas daun.



Gambar 8. Grafik Pemodelan Jalan.

$$N_r = \frac{1}{L} [W L_f + h(-R_r - F_g)] \tag{6}$$

$$N_r = \frac{1}{L} \left[W L_f + W h \left(-\frac{F_r W}{W} - \frac{\mu W}{W} \right) \right] \tag{7}$$

$$N_r = \frac{W}{L} [L_f + h(-F_r - \mu)] \tag{8}$$

Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan 1/4 bodi kendaraan maka persamaan menggunakan gaya yang terjadi pada roda bagian belakang. Didapat nilai gaya saat beban GVW dinamis dengan menggunakan persamaan 4.4 yaitu sebesar 5498,82 N dan saat beban kendaraan tanpa muatan sebesar 4564,9 N. Nilai koefisien rolling resistance dan gesek didapat berdasarkan buku oleh I Ketut Adi Atmika tahun 2017 berjudul konstruksi dan kestabilan kendaraan.

Untuk distribusi gaya pada pegas daun dapat dilihat pada Gambar 5. $N_r = 5498 \text{ N} = F_y$ dengan muatan dan $N_r = 4564,9 \text{ N} = F_y$ tanpa muatan. Dengan asumsi gaya terdistribusi pada permukaan daun secara merata (*uniform load*) maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$F_y \text{ uniform load} = \frac{N_r}{L} \tag{9}$$

Maka didapat nilai F_y uniform pada pegas daun 7235 N/m dan 6005 N/m. Selanjutnya, perhitungan gaya yang diterima pegas daun pada tiap *eye ends* atau pada titik gaya F_1 dan F_2 dapat menggunakan persamaan berikut.

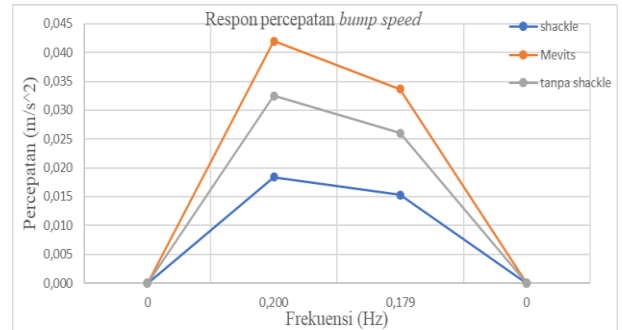
$$F_1 = F_2 = \frac{1}{2} F_y \tag{10}$$

Saat menggunakan beban GVW, gaya pada *eye ends* sebesar 2749 N dan saat beban tanpa muatan sebesar 2282 N. Selanjutnya pada variasi pegas daun yang menggunakan *shackle*. Terdapat momen yang bekerja pada *shackle* dimana dapat menggunakan persamaan berikut. Dengan titik referensi pada *shackle*.

$$M = F_1 L \tag{11}$$



Gambar 9. Grafik Akibat Bump speed dari Keseluruhan Hasil Simulasi Respon Harmonik.



Gambar 10. Grafik Akibat Bump speed dari Keseluruhan Hasil Simulasi Respon Harmonik.

Maka didapat nilai momen gaya pada pegas daun dengan *shackle* yaitu sebesar 2089 N/m.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jalan dengan profil sinusoidal

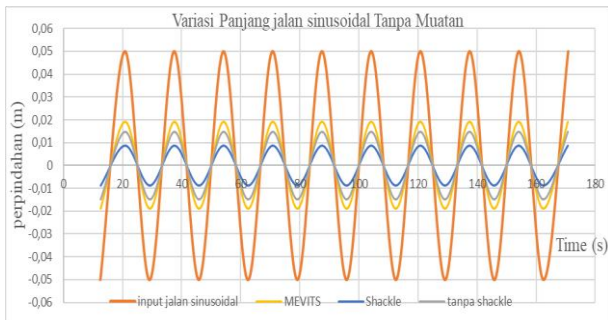
Input jalan Pemodelan profil jalan yang digunakan dalam simulasi ini yaitu profil jalan sinusoidal dengan amplitudo sebesar 5 cm (0,05 m) [5], kecepatan 30 km/jam dan panjang gelombang sampai 20,5 m menggunakan interval 0,5 m. Profil ini dapat digambarkan dengan besar eksitasi amplitudo terhadap fungsi waktu seperti pada Gambar 6.

B. Menggunakan Beban GVW (Gross Weight Vehicle) Saat jalan sinusoidal

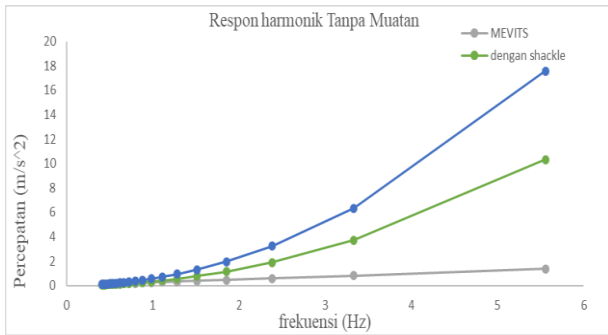
Pada Gambar 7, grafik ini menunjukkan perbedaan perpindahan massa *sprung* dari tiap variasi pegas daun berdasarkan *Input* jalan sinusoidal dengan amplitudo sebesar 5 cm, panjang jalan 20,5 m dan kecepatan 30 km/h. respon harmonik akibat jalan sinusoidal mengakibatkan perpindahan massa *sprung* tertinggi yaitu menggunakan pegas daun pada MEVITS. Lalu, perpindahan massa *sprung* terkecil terjadi pada pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*. Dengan kekakuan yang sama, nilai pada pegas daun mono-parabolik lebih baik karena dapat meredam profil jalan sinusoidal

Gambar 8 merupakan grafik hasil simulasi respon harmonik pada variasi pegas daun. Grafik ini menunjukkan perbedaan percepatan massa *sprung* dari setiap variasi pegas daun. *Input* jalan sinusoidal dengan amplitudo sebesar 5 cm dan variasi panjang jalan 1,5 m sampai 20,5 m dengan interval 1 m. Pada hasil respon harmonik akibat jalan sinusoidal Saat frekuensi mencapai 5,5 Hz didapat percepatan massa *sprung* tertinggi terjadi pegas daun *mono-parabolik* tanpa *shackle* dan nilai percepatan terendah terjadi pada pegas daun MEVITS.

Percepatan semakin tinggi akibat dari frekuensi yang semakin besar. Frekuensi semakin besar akibat dari waktu



Gambar 11. Grafik Akibat Jalan Sinusoidal dari Keseluruhan Hasil Simulasi Respon Harmonik.



Gambar 12. Grafik Antara Percepatan dan Frekuensi Pada Variasi Pegas Daun.

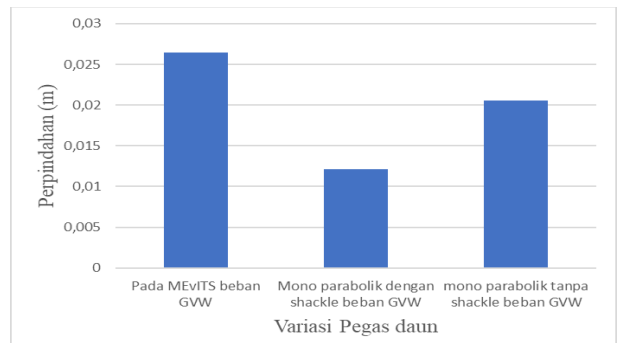
yang dibutuhkan untuk melewati jalan sinusoidal semakin pendek dengan kecepatan yang sama. Maka dari itu dengan panjang gelombang yang semakin pendek dengan kecepatan yang sama dan waktu yang singkat membuat percepatan yang dirasakan akan semakin tinggi. Saat percepatan semakin tinggi maka tingkat kenyamanan akan semakin berkurang. Dari 3 variasi pegas daun tersebut, percepatan yang memiliki nilai paling rendah yaitu pegas daun pada MEVITS. Hal tersebut karena pegas daun pada MEVITS dapat menyerap gaya menjadi gesekan antar daun yang membuat percepatan pada massa *sprung* menjadi lebih kecil dibanding pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*.

C. Menggunakan Beban Tanpa Muatan Saat jalan sinusoidal

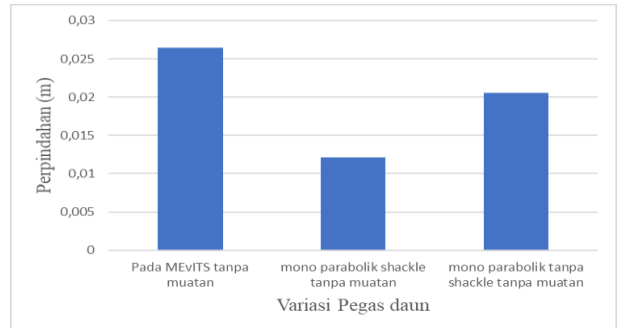
Pada Gambar 9, grafik ini menunjukkan perbedaan perpindahan massa *sprung* dari tiap variasi pegas daun berdasarkan *Input* jalan sinusoidal dengan amplitudo sebesar 5 cm, panjang jalan 20,5 m dan kecepatan 30 km/h. respon harmonik akibat jalan sinusoidal mengakibatkan perpindahan massa *sprung* tertinggi yaitu menggunakan pegas daun pada MEVITS. Lalu, perpindahan massa *sprung* terkecil terjadi pada pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*. Dengan kekakuan yang sama, nilai pada pegas daun mono-parabolik lebih baik karena dapat meredam profil jalan sinusoidal.

Pada Gambar 10 Merupakan grafik hasil simulasi respon harmonik pada variasi pegas daun. Grafik ini menunjukkan perbedaan percepatan massa *sprung* dari setiap variasi pegas daun. *Input* jalan sinusoidal dengan amplitudo sebesar 5 cm dan variasi panjang jalan 1,5 m sampai 20,5 m dengan interval 1 m. Pada hasil respon harmonik akibat jalan sinusoidal Saat frekuensi mencapai 5,5 Hz didapat percepatan massa *sprung* tertinggi terjadi pegas daun *mono-parabolik* tanpa *shackle* dan nilai percepatan terendah terjadi pada pegas daun MEVITS.

Percepatan semakin tinggi akibat dari frekuensi yang semakin besar. Frekuensi semakin besar akibat dari waktu



Gambar 13. Perbandingan Grafik Akibat Bump speed dari Hasil Simulasi Respon Harmonik.



Gambar 14. Grafik Perpindahan Massa Sprung akibat Bump speed beban tanpa muatan.

yang dibutuhkan untuk melewati jalan sinusoidal semakin pendek dengan kecepatan yang sama. Maka dari itu dengan panjang gelombang yang semakin pendek dengan kecepatan yang sama dan waktu yang singkat membuat percepatan yang dirasakan akan semakin tinggi. Saat percepatan semakin tinggi maka tingkat kenyamanan akan semakin berkurang. Dari 3 variasi pegas daun tersebut, percepatan yang memiliki nilai paling rendah yaitu pegas daun pada MEVITS. Hal tersebut karena pegas daun pada MEVITS dapat menyerap gaya menjadi gesekan antar daun yang membuat percepatan pada massa *sprung* menjadi lebih kecil dibanding pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*.

D. Menggunakan Beban GVW Saat Bump Speed

Pada Gambar 11, grafik ini menunjukkan perbedaan perpindahan massa *sprung* dari tiap variasi pegas daun berdasarkan *Input bump speed* dengan amplitudo sebesar 7 cm, panjang 70 cm m dan kecepatan awal 20 km/h lalu selama 5 detik melakukan pengereman hingga kecepatan 5 km/jam lalu melewati *bump speed* selama 0,6 detik. respon harmonik dari *bump speed* mengakibatkan perpindahan massa *sprung* tertinggi yaitu menggunakan pegas daun pada MEVITS. Lalu, perpindahan massa *sprung* terkecil terjadi pada pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*. Dengan kekakuan yang sama, nilai pada pegas daun mono-parabolik lebih baik karena dapat meredam *bump speed*.

Gambar 12 merupakan grafik hasil simulasi respon harmonik pada variasi pegas daun. Grafik ini menunjukkan perbedaan percepatan massa *sprung* dari setiap variasi pegas daun. *Input bump speed* dengan amplitudo sebesar 7 cm dan panjang *bump speed* 70 cm. Pada hasil respon harmonik akibat *bump speed* terjadi percepatan tertinggi saat frekuensi 0,2 Hz. Didapat percepatan massa *sprung* tertinggi terjadi pegas daun pada MEVITS dan nilai percepatan terendah terjadi pada pegas daun *mono parabolik* dengan *shackle*.

Percepatan semakin tinggi akibat dari frekuensi yang semakin besar. Frekuensi semakin besar akibat dari waktu yang dibutuhkan untuk melewati jalan sinusoidal semakin pendek dengan kecepatan yang sama. Maka dari itu dengan panjang gelombang yang semakin pendek dengan kecepatan yang sama dan waktu yang singkat membuat percepatan yang dirasakan akan semakin tinggi. Saat percepatan semakin tinggi maka tingkat kenyamanan akan semakin berkurang. Dari 3 variasi pegas daun tersebut, percepatan yang memiliki nilai paling rendah yaitu pegas daun mono parabolik dengan *shackle*.

E. Menggunakan Beban Tanpa Muatan Saat Bump Speed

Pada Gambar 13, grafik ini menunjukkan perbedaan perpindahan massa *sprung* dari tiap variasi pegas daun berdasarkan *Input bump speed* dengan amplitudo sebesar 7 cm, panjang 70 cm dan kecepatan awal 20 km/h lalu selama 5 detik melakukan pengereman hingga kecepatan 5 km/jam lalu melewati *bump speed* selama 0,6 detik. respon harmonik dari *bump speed* mengakibatkan perpindahan massa *sprung* tertinggi yaitu menggunakan pegas daun pada MEVITS. Lalu, perpindahan massa *sprung* terkecil terjadi pada pegas daun mono-parabolik dengan *shackle*. Dengan kekakuan yang sama, nilai pada pegas daun mono-parabolik lebih baik karena dapat meredam *bump speed*.

Gambar 14 merupakan grafik hasil simulasi respon harmonik pada variasi pegas daun. Grafik ini menunjukkan perbedaan percepatan massa *sprung* dari setiap variasi pegas daun. *Input bump speed* dengan amplitudo sebesar 7 cm dan panjang *bump speed* 70 cm. Pada hasil respon harmonik akibat *bump speed* terjadi percepatan tertinggi saat frekuensi 0,2 Hz. Didapat percepatan massa *sprung* tertinggi terjadi pada pegas daun pada MEVITS dan nilai percepatan terendah terjadi pada pegas daun *mono parabolik* dengan *shackle*.

Percepatan semakin tinggi akibat dari frekuensi yang semakin besar. Frekuensi semakin besar akibat dari waktu yang dibutuhkan untuk melewati jalan sinusoidal semakin pendek dengan kecepatan yang sama. Maka dari itu dengan panjang gelombang yang semakin pendek dengan kecepatan yang sama dan waktu yang singkat membuat percepatan yang dirasakan akan semakin tinggi. Saat percepatan semakin tinggi maka tingkat kenyamanan akan semakin berkurang. Dari 3 variasi pegas daun tersebut, percepatan yang memiliki nilai paling rendah yaitu pegas daun mono parabolik dengan *shackle*.

F. Menggunakan Beban Tanpa Muatan Saat Bump Speed simulasi statik

Gambar 15 menunjukkan deformasi pada daun dari setiap variasi pegas daun akibat *bump speed* setinggi 7 cm atau 0,07 m dan sepanjang 70 cm. dengan kecepatan sesaat sebelum melewati *bump speed* yaitu 5 km/jam dan menggunakan beban GVW (*Gross Weight Vehicle*). Pada pegas daun MEVITS tidak menggunakan *shackle* membuat pegas daun tersebut tidak dapat bergerak secara horizontal selayaknya pegas daun dengan *shackle* dan memiliki layer daun lebih banyak membuat kekakuan lebih besar dibandingkan pegas daun mono parabolik. Maka dari itu, nilai perpindahan massa *sprung* pada MEVITS lebih besar dibandingkan dengan pegas daun mono parabolik saat terdapat *bump speed*.

G. Menggunakan Beban Tanpa Muatan Saat Bump Speed simulasi statik

Gambar 16 menunjukkan deformasi pada daun dari setiap variasi pegas daun akibat *bump speed* setinggi 7 cm atau 0,07 m dan sepanjang 70 cm. dengan kecepatan sesaat sebelum melewati *bump speed* yaitu 5 km/jam dan menggunakan beban tanpa muatan. Maka didapat Perpindahan pegas daun akibat *bump speed* tertinggi pada MEVITS dan nilai terendah yaitu pada *mono-parabolik* dengan *shackle*. Pada pegas daun MEVITS tidak menggunakan *shackle* membuat pegas daun tersebut tidak dapat bergerak secara horizontal selayaknya pegas daun dengan *shackle* dan memiliki layer daun lebih banyak membuat kekakuan lebih besar dibandingkan pegas daun mono parabolik. Maka dari itu, nilai perpindahan massa *sprung* pada MEVITS lebih besar dibandingkan dengan pegas daun mono parabolik saat terdapat *bump speed*.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut. (1) Pengaruh *shackle* pada pegas daun mono-parabolik yaitu dapat meredam profil jalan dilihat dari deformasi pada massa *sprung* dimana nilai dari pegas daun mono parabolik dengan *shackle* lebih kecil dibandingkan MEVITS. Selain itu juga, dari segi kenyamanan pegas daun mono parabolik dengan *shackle* dapat meredam frekuensi hingga 1,282 Hz menggunakan kecepatan 30 km/jam dan panjang jalan sinusoidal 6,5 m. Lalu, saat pegas daun tersebut dikenai *bump speed* dengan tinggi 7 cm dan Panjang 70 cm menyebabkan perpindahan massa *sprung* sebesar 0,02659 m.

Berikutnya, (2) Perbandingan hasil pegas daun pada MEVITS dan pegas daun *mono-parabolik* yaitu pada MEVITS terjadi perpindahan massa *sprung* paling besar saat dikenai beban maksimum dibandingkan dengan pegas daun lainnya. Namun, pada jalan sinusoidal MEVITS dapat meredam hingga frekuensi mencapai 1,282 Hz dengan Panjang gelombang 6,5 m dan nilai percepatan pada pegas daun MEVITS lebih kecil dibandingkan dengan pegas daun mono parabolik. Namun, saat pegas daun MEVITS dikenai *bump speed* menyebabkan perpindahan massa *sprung* lebih besar daripada pegas daun mono parabolik.

Kesimpulan terakhir, (3) Desain yang optimal berdasarkan dari hasil simulasi untuk meredam profil jalan yaitu pegas daun pada MEVITS dengan tingkat kenyamanan lebih baik dibanding pegas daun mono parabolik. Namun, nilai percepatan pegas daun mono parabolik dengan *shackle* mendekati nilai dari pegas daun pada MEVITS. Di sisi lain, Pada MEVITS menggunakan 4 daun membuat biaya akan lebih mahal dibanding dengan mono-parabolik. Maka dari itu, pegas daun mono parabolik dengan *shackle* dapat menjadi alternatif untuk mengganti pegas daun pada MEVITS.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pranandita, "Analisa kenyamanan kendaraan multiguna pedesaan pada kekasaran Jalan Iso 8608," *Manutech J. Teknol. Manufaktur*, vol. 8, no. 02, pp. 25–30, May 2019, doi: 10.33504/manutech.v8i02.18.
- [2] B. Heißing and M. Ersoy, "Ride Comfort and NVH," in *Chassis Handbook: Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives*, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, ISBN: 978-3834809940, 2011, pp. 421–448.

- [3] K. Siebertz, "Vehicle Comfort," in *Road and Off-Road Vehicle System Dynamics Handbook*, 1st ed., Boca Raton: CRC Press, ISBN: 9780429129810, 2013, pp. 1379–1393.
- [4] P. Kumar and C. R. Matawale, "Analysis and optimization of mono parabolic leaf spring material using ANSYS," *Mater. Today Proc.*, vol. 33, pp. 5757–5764, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.06.605.
- [5] R. Khairyan, N. N. Karimah, Rahmawulan, and D. Yustiarini, "Analisis Spesifikasi dan Efektifitas Polisi Tidur dalam Mereduksi Kecepatan pada Kompleks Perumahan," in *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana*, Depok, Departemen Teknik Sipil FT-UI, 2019, pp. 509–513.