

Analisis dan Optimalisasi Sistem Suspensi Mobil Listrik Anobrain-1 Universitas Singaperbangsa Karawang

Muhammad Faisal Aldriansyah¹⁾, Kardiman²⁾, Bobie Suhendra³⁾.

¹⁻³⁾Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

E-mail: ¹⁾muhfaisalal10@gmail.com, ²⁾kardiman@ft.unsika.ac.id,
³⁾bobie.suhendra@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Sistem suspensi pada mobil listrik sangat penting untuk menopang beban, meredam getaran, dan menjaga stabilitas pada kecepatan tinggi. Suspensi *Double Wishbone* dengan lengan terhubung pada *chassis* dan roda adalah pilihan yang umum digunakan. Suspensi ini mengontrol sudut *camber*, meningkatkan pengendalian, dan mengurangi gejala *roll* atau *sway*, memberikan stabilitas saat melaju lurus. Suspensi *Double Wishbone* juga optimal untuk mobil listrik dengan sudut *camber* yang meningkatkan kontak roda dan memberikan akselerasi yang baik. Ketinggian *roll center* mobil ini adalah 0,156 m, dan tinggi *center of gravity* adalah 0,407 m dari titik bawah roda. Variasi material pada pegas *shock absorber* mempengaruhi sudut *camber*, dengan material ASTM-A401 *Chrome Silicon* yang optimal mendekati sudut *camber* 0° dan meningkatkan kontak roda. Perancangan mobil listrik perlu mempertimbangkan sudut koreksi pegas optimal 0° pada suspensi untuk stabilitas yang baik.

Kata Kunci: Material Suspensi, Sistem Suspensi *Double Wishbone*, Sudut *Chamber*.

Abstract

The suspension system in electric vehicles is crucial for supporting the load, dampening vibrations, and maintaining stability at high speeds. The Double Wishbone suspension with interconnected arms to the chassis and wheels is a commonly used option. This suspension controls the camber angle, improves handling, and reduces roll or sway, providing stability during straight-line driving. The Double Wishbone suspension is also optimal for electric vehicles, as the camber angle enhances wheel contact and provides good acceleration. The roll center height of this vehicle is 0.156 m, and the center of gravity height is 0.407 m from the bottom point of the wheels. The choice of materials for the shock absorber springs affects the camber angle, with ASTM-A401 Chrome Silicon material being optimal, approaching a camber angle of 0° and improving wheel contact. The design of electric vehicles needs to consider an optimal 0° angle correction for the springs in the suspension for good stability.

Keywords: *Double Wishbone Suspension System, Camber Angle, Suspension Material*

1. PENDAHULUAN

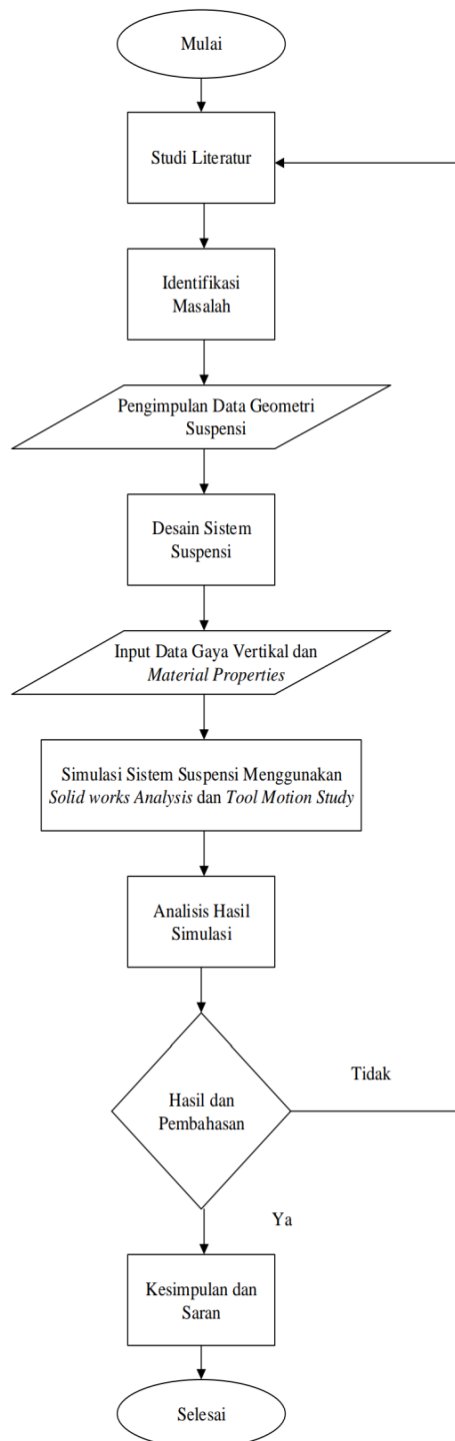
Mobil listrik pertama kali diperkenalkan pada tahun 1832-1839, namun pada era itu harga bahan bakar minyak (BBM) relatif murah sehingga masyarakat dunia cenderung mengembangkan motor bakar yang menggunakan BBM. Saat ini harga BBM semakin mahal dan cadangannya menjadi sangat terbatas serta tidak bisa diperbarui untuk masa yang akan datang. Hal tersebut terpicunya pengembangan penggunaan energi listrik pada kendaraan sebagai pengganti bahan bakar fosil, sebab energi listrik mudah dibangkitkan dari berbagai macam sumber termasuk dari sumber-sumber energi terbarukan [1].

Dalam pembuatan mobil listrik diperlukan beberapa komponen pendukung salah satunya adalah sistem suspensi. Sistem suspensi pada kendaraan umumnya digunakan untuk penopang dari seluruh beban kendaraan termasuk penumpang serta peredam getaran yang ditimbulkan, stabilitas berkendara yang aman pada kecepatan tinggi. Sangat penting untuk membuat mobil memiliki stabilitas penanganan yang lebih baik selama pengembangan mobil [2][3]. Sebagai salah satu komponen pendukung dari mobil listrik, sistem suspensi dapat secara efektif meredam getaran dan efek yang ditimbulkan oleh permukaan jalan yang tidak rata selama mengemudikan kendaraan, sehingga dapat memastikan kendaraan dapat berjalan dengan aman dan nyaman. Sebagai parameter penting dalam desain suspensi, kekakuan pegas memiliki pengaruh besar pada stabilitas penanganan[4][5].

Salah satu jenis suspensi yang sering digunakan pada kendaraan yaitu suspensi *Double Wishbone*. Dilihat dari konstruksinya, lengan-lengan pada suspensi *Double Wishbone*, memiliki kedudukan yang terhubung dengan *chasis* dan roda. Di antara lengan suspensi tersebut terdapat *shock absorber* untuk meredam getaran (vibrasi). Secara teknis, suspensi depan *double wishbone* memberikan kontrol sudut camber (*tilt-in & tilt-out*) yang lebih baik sehingga mengoptimalkan pengendalian. Kelebihan lain suspensi depan *double wishbone* adalah kemampuan untuk mereduksi gejala *roll* atau *sway* dan menghasilkan kemantapan stabilitas saat melaju lurus[6].

2. METODE PENELITIAN

a. Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

b. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis. Penelitian analisis merupakan suatu metode yang memaparkan sebuah data dan fakta agar dapat dihubungkan dari beberapa data yang ada. Penelitian yang dilakukan merupakan jenis penelitian analisis, yang pada umumnya dilakukan menggunakan metode-metode eksperimen yang bersifat pengujian terhadap satu atau lebih hipotesis, untuk kemudian dilakukan kembali pengujian. Adapun tahapan dalam metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

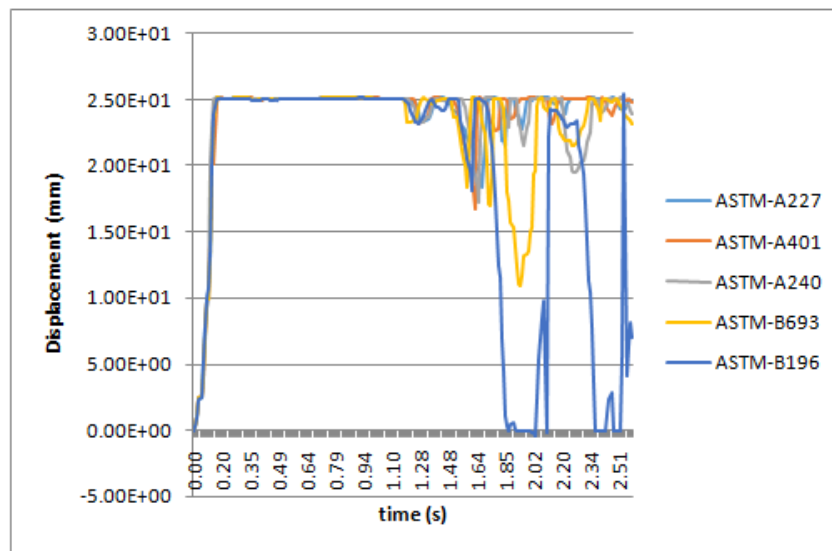
1. Tahap pertama adalah melakukan penyiapan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini, seperti laptop dan *software Solidworks* untuk melakukan analisis simulasi.
2. Tahap kedua adalah mendefinisikan parameter-parameter yang terdapat pada sistem suspensi pada kendaraan yang akan dianalisis.
3. Tahap ketiga adalah mengumpulkan data dari sistem suspensi pada kendaraan yang akan dianalisis.
4. Tahap keempat adalah melakukan analisis dan simulasi menggunakan *software Solidworks*, lalu mengolah data dan mengambil kesimpulan.
5. Tahap kelima adalah melakukan perhitungan dan analisis terhadap hasil yang diperoleh dari simulasi dan eksperimen yang dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Modulus Young of elasticity (E) adalah ukuran dari kekakuan suatu bahan elastis. *Modulus Young* menggambarkan seberapa baik bahan tersebut dapat menahan deformasi elastis saat diberi gaya. *Modulus Young* didefinisikan sebagai rasio antara tegangan (*stress*) yang diberikan pada suatu bahan dengan regangan (*strain*) yang dihasilkan oleh bahan tersebut. Sementara itu, koefisien konstanta pegas (k) menggambarkan karakteristik pegas atau sistem yang mengalami deformasi elastis saat diberi gaya. Koefisien konstanta pegas merupakan ukuran kekakuan pegas atau kemampuan pegas untuk mengembalikan bentuk aslinya setelah diberi gaya.

Menurut Martin H. Sadd menyimpulkan bahwa semakin tinggi *Modulus Young of elasticity* (E) suatu bahan elastis, semakin besar juga koefisien konstanta

pegas (k) dari bahan tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa bahan elastis yang lebih kaku atau memiliki *Modulus Young* yang tinggi akan memiliki koefisien konstanta pegas yang lebih besar, yang berarti bahan tersebut akan lebih sulit untuk mengalami deformasi elastis saat diberi gaya. Maka berdasarkan hubungan koefisien konstanta pegas dan defleksi yang terjadi, hasil simulasi *motion analysis* yang dilakukan pada *software Solidworks*, didapatkan hasil berupa perilaku defleksi pegas pada *shock absorber* mobil[7]. Pada Gambar 3.1 dibawah ini menunjukkan hasil simulasi yang telah dilakukan dalam bentuk grafik.



Gambar 1. Grafik Defleksi Pegas

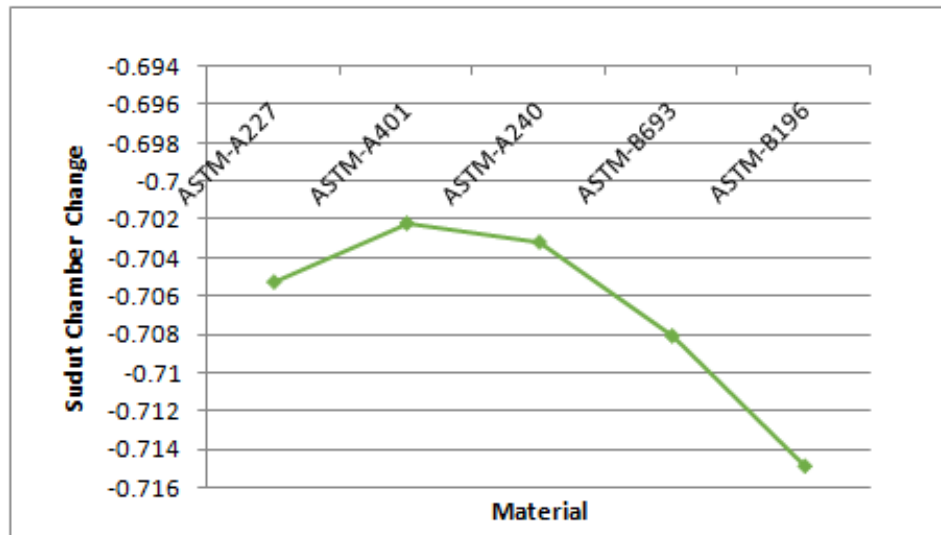
Gambar 1 merupakan grafik defleksi pegas yang terjadi menggunakan formula *dynamics structural* pada fitur *motion analysis* pada *software Solidworks*. Pada Tabel 1 dibawah ini merupakan avg. Defleksi dari setiap material yang terjadi saat melakukan simulasi.

Tabel 1. Avg. Displacement

<i>Avg. Displacement</i>	
ASTM-A227	24.1757972
ASTM-A401	24.4219566
ASTM-A240	24.3437555
ASTM-B693	23.9437018
ASTM-B196	23.3852172

Dari hasil ————— defleksi pegas

yang terjadi saat dilakukan proses simulasi dialihkan untuk menganalisis sudut *chamber change* yang terjadi. *Camber change* ($\theta_{chamber}$) adalah perubahan sudut *camber* akibat terjadinya *chassis roll* dan *bump steer*. Menurut *Suspension Secret*, mobil seperti pada penelitian ini paling baik untuk mendukung performanya *camber* awal harus di set pada -1° [8]. Maka, dibawah ini merupakan nilai besar *chamber change* pada setiap variasi material yang digunakan.



Gambar 2. Grafik *Chamber Change*

Menurut Rajamani, perubahan sudut *camber* akibat *lateral acceleration* yang paling baik dalam menunjang performa kendaraan adalah mendekati 0° karena dapat membuat permukaan roda terhadap *contact patch* akan semakin besar [9]. Adapun pendapat dari Heissing, bahwa untuk mobil sejenis dalam penelitian ini perubahan sudutnya adalah berkisar -2° sampai 2° . Jika dilihat perubahan sudut *chamber* merupakan *chamber* negatif atau yang mengarah pada sasis mobil [10]. Dari Gambar 2 dapat dilihat jika variasi material ASTM-A401 besar nilai *chamber change* yang terjadi mendekati 0° dan membuat permukaan roda terhadap jalan semakin besar.

Setelah menentukan variasi material yang optimal pada sudut *chamber*, selanjutnya yaitu melakukan koreksi sudut pegas pada *shock absorber*. Proses ini yaitu menentukan berapa derajat posisi pegas yang optimal untuk digunakan. Maka, rumus menentukan sudut koreksi pegas (α) adalah sebagai berikut:

$$\cos \alpha = \frac{K_s}{K_w \times MR^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{15661,855}{33573,9 \times 0,683^2}$$

$$\cos \alpha = 1,01$$

$$\alpha = 0^\circ$$

Sudut koreksi pegas yang tepat dapat membantu mendistribusikan beban secara optimal pada pegas dan mengoptimalkan kinerja suspensi. Jika sudut korek pegas terlalu besar, pegas akan bekerja pada sudut yang tidak optimal dan dapat mengurangi efektivitas *spring rate*. Sebaliknya, sudut koreksi pegas yang terlalu kecil juga dapat mengurangi efisiensi pegas. Oleh karena itu, perhitungan sudut koreksi pegas membantu dalam menentukan *spring rate* yang efektif. Sudut koreksi pegas yang optimal membantu mencapai *wheel rate* yang sesuai dengan karakteristik suspensi yang diinginkan. Perhitungan sudut korek pegas membantu dalam menyesuaikan *motion ratio* sehingga *wheel rate* yang tepat dapat dicapai, yang pada gilirannya mempengaruhi respon suspensi terhadap perubahan jalan atau kejutan.

Dengan menggunakan perhitungan sudut koreksi pegas yang tepat, *motion ratio* yang diinginkan dapat dicapai. Hal ini dapat membantu mencapai *wheel rate* yang optimal, yang pada gilirannya mempengaruhi karakteristik pegas suspensi dan respons keseluruhan suspensi kendaraan. Perlu dicatat bahwa perhitungan sudut koreksi pegas dan hubungannya dengan *spring rate*, *wheel rate*, dan *motion ratio* merupakan aspek penting dalam perancangan dan penyesuaian suspensi kendaraan. Pendekatan yang tepat akan membantu mencapai keseimbangan yang diinginkan antara kenyamanan, penanganan, dan stabilitas kendaraan. Dari perhitungan diatas, didapatkan bahwa sudut *chamber* yang optimal pada saat pemasangan suspensi mobil ini adalah sebesar 0° .

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis sistem suspensi *double wishbone* sangat optimal untuk digunakan pada mobil listrik ini, karena sudut *chamber* yang dihasilkan membuat permukaan roda terhadap *contact patch* akan semakin besar. Selain itu sudut *chamber* yang dihasilkan merupakan *chamber* negatif yang mobil memiliki akselerasi yang baik.
2. Setelah dianalisis dan perhitungan, mobil listrik ini memiliki nilai ketinggian *roll center* sebesar 0,156 m. Sedangkan untuk tinggi *center of gravity* memiliki ketinggian 0,407 m dari titik bawah roda yang bergesekan dengan permukaan tanah.
3. Variasi material pada pegas *shock absorber* sangat berpengaruh pada perubahan sudut *chamber* yang terjadi. Maka dari itu, pemilihan material pada pegas harus diperhatikan pada proses perancangan.
4. Variasi material yang optimal digunakan pada mobil listrik ini yaitu menggunakan material ASTM-A401 *Chorome Silicon*, karena menghasilkan perubahan sudut *chamber* yang mendekati 0° yang membuat permukaan roda terhadap *contact patch* akan semakin besar.
5. Sudut koreksi pegas pada *shock absorber* yang baik digunakan pada mobil listrik ini yaitu 0°. Maka dari itu, perancangan mobil listrik dilakukan kembali dengan mengganti sudut pegas pada sistem suspensi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Efendi, "Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v17i1.23057.
- [2] O. N. Irvanda, "ANALISIS DAN DEVELOPMENT KESETABILAN KEMAMPUAN SISTEM SUSPensi PADA MITSUBISHI LANCER SL," 2019. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:126890154>
- [3] A. Efendi, "Perancangan dan Analisis Perhitungan Rangka Mesin Mobil

- Listrik Sula Politeknik Negeri Subang,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 2, p. 107, 2020, doi: 10.32497/jrm.v15i2.1843.
- [4] E. Listijorini, S. Susilo, S. Ula, R. R. Ananda, and H. Haryadi, “MODELING AND DYNAMIC ANALYSIS OF VEHICLE SUSPENSION BASED ON STATE SPACE VARIABLE,” *Trends Mech. Eng. Res.*, vol. 01, no. 02, pp. 66–70, 2023.
- [5] R. Putra, A. Mukhtar, and I. Qiram, “Uji Kerja Dinamis Sistem Suspensi Pada Kendaraan Atv,” *V-MAC (Virtual Mech. Eng. Artic.*, vol. 6, no. 2, pp. 67–70, 2021, doi: 10.36526/v-mac.v6i2.1520.
- [6] T. Shim and P. C. Velusamy, “Improvement of vehicle roll stability by varying suspension properties,” *Veh. Syst. Dyn.*, vol. 49, no. 1–2, pp. 129–152, 2011, doi: 10.1080/00423111003615196.
- [7] M. H. Sadd, *Elasticity : Theory, Applications, and Numerics*, 4th ed. London: Academic Press, 2020.
- [8] Suspension Secrets, “roll centre and roll moment,” *suspensionsecrets.co.uk*. <https://suspensionsecrets.co.uk/roll-centre-and-roll-moment/>
- [9] R. Rajamani, *Vehicle Dynamics and Control*, 2nd ed. New York, 2011.
- [10] B. Heißing and M. Ersoy, *Chassis Handbook: Fundamentals, Driving Dynamics, Components, Mechatronics, Perspectives*. Vieweg+Teubner Verlag, 2016. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=d7igDAEACAAJ>