Jurnal Teknologika

Journal homepage:
https://jurnal.wastukancana.ac.id/index.php/teknologika/index
ISSN: 2715-4645 E-ISSN: 1693-2978

Studi Komparatif Getaran Pada Sepeda Motor Saat Kondisi Standar Dan Hasil Konversi Ke Motor Listrik

Comparative Study Of Vibration On Motorcycle In Standard Conditions And Results Of Conversion To Electric Motor

Adi Harmanda[1], Yadi Heryadi[1,*], Ghany Heryana [1] , Amri Abdulah[1]

[1] Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukancana, Purwakarta, Indonesia

Abstrak: Solusi potensial untuk mengurangi emisi gas buang dan polusi udara adalah dengan mengonversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik. Studi ini melakukan konversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi sepeda motor listrik dan menganalisis perubahan karakteristik dinamisnya melalui pengukuran pusat gravitasi, distribusi beban suspensi, dan respons getaran dua derajat kebebasan. Metodologi yang digunakan adalah menentukan pusat gravitasi sepeda motor sebelum dan sesudah konversi menggunakan pendekatan momen gaya dan melakukan analisis getaran dengan model dua derajat kebebasan tanpa redaman. Pengujian dilakukan dalam kondisi tanpa beban dan berbeban dengan penumpang 70 kg untuk mengevaluasi pengaruh massa tambahan terhadap kinerja suspensi. Sebelum konversi, pusat gravitasi sepeda motor berada pada x = 526 mm dan y = 147 mm, bergeser ke x = 577 mm dan y = 133 mm setelah konversi. Dengan penumpang, pusat gravitasi berpindah dari x = 754 mm dan y = 704 mm menjadi x = 762 mm dan y = 687 mm setelah konversi. Beban total menurun dari 267 kg (74,8 kg depan dan 192,2 kg belakang) menjadi 239,6 kg (66,9 kg depan dan 172,7 kg belakang). Analisis getaran menunjukkan bahwa frekuensi alami utama sedikit meningkat dari ω_1 = 19,507 rad/s (≈3,10 cps) menjadi ω_1 = 19,654 rad/s (≈3,12 cps), sementara frekuensi sekunder tetap stabil pada ω_2 = 4,52 rad/s (≈0,71 cps). Rasio amplitudo sedikit berubah dari (A/B) = 6,028 m/rad menjadi 6,088 m/rad. Secara keseluruhan, konversi ini tidak menyebabkan getaran tambahan yang signifikan, yang menunjukkan bahwa dinamika struktur tetap stabil. Namun, penyempurnaan penempatan baterai dan kekakuan suspensi direkomendasikan untuk mengoptimalkan stabilitas dan kenyamanan berkendara.
Kata Kunci: Emisi gas buang; Konversi sepeda motor listrik; Polusi udara; Analisis getaran

Abstract: *A potential solution to mitigate exhaust emissions and air pollution is converting conventional motorcycles into electric ones. This study carried out the conversion of a gasoline-powered motorcycle to an electric motorcycle and analyzed changes in its dynamic characteristics through measurements of the center of gravity, suspension load distribution, and two-degree-of-freedom vibration response. The methodology involved determining the motorcycle's center of gravity before and after conversion using the moment-of-force approach and conducting vibration analysis with a two-degree-of-freedom undamped model. Tests were performed in unloaded and loaded conditions with a 70 kg passenger to evaluate the effect of additional mass on suspension performance. Before conversion, the motorcycle's center of gravity was located at x = 526 mm and y = 147 mm, shifting to x = 577 mm and y = 133 mm after conversion. With a passenger, the center of gravity moved from x = 754 mm and y = 704 mm to x = 762 mm and y = 687 mm after conversion. The total load decreased from 267 kg (74.8 kg front and 192.2 kg rear) to 239.6 kg (66.9 kg front and 172.7 kg rear). The vibration analysis revealed that the main natural frequency slightly increased from ω_1 = 19.507 rad/s (≈3.10 cps) to ω_1 = 19.654 rad/s (≈3.12 cps), while the secondary frequency remained stable at ω_2 = 4.52 rad/s (≈0.71 cps). The amplitude ratio changed marginally from (A/B) = 6.028 m/rad to 6.088 m/rad. Overall, the conversion does not induce significant additional vibration, indicating that the structural dynamics remain stable. However, fine-tuning of battery placement and suspension stiffness is recommended to optimize stability and ride comfort.*
Keywords: *Exhaust emissions; Electric motorcycle conversion; Air pollution; Vibration analysis*

1.Pendahuluan

Sepeda motor merupakan moda transportasi yang sangat diminati di Indonesia. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2019, jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai 112.771.136 unit [1]. Namun, tingginya jumlah kendaraan ini berkontribusi signifikan terhadap polusi udara. Studi menunjukkan bahwa sepeda motor menyumbang emisi karbon monoksida (CO) dan

* *Corresponding author: yadi@wastukancana.ac.id*
https://doi.org/10.51132/teknologika.v15i2.535
Received: 06-10-2025 Accepted: 16-10-2025 Available online: 30-11-2025

hidrokarbon (HC) yang signifikan, yang berdampak negatif pada kualitas udara perkotaan [2]. Emisi kendaraan bermotor menjadi kontributor utama terhadap buruknya kualitas udara, yang berdampak pada kesehatan masyarakat [3]. Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, konversi sepeda motor berbahan bakar fosil menjadi sepeda motor listrik menjadi solusi yang menjanjikan. Konversi ini melibatkan penggantian sistem penggerak dari mesin pembakaran internal ke motor listrik yang ditenagai oleh baterai [4]. Konversi ini tidak hanya mengurangi emisi gas buang, tetapi juga meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional. Beberapa produsen dan penggemar otomotif telah mengembangkan kit konversi yang mencakup motor listrik, pengendali dan baterai, memungkinkan transformasi sepeda motor konvensional menjadi kendaraan listrik.

Perubahan ini dapat mempengaruhi sistem suspensi, yang berfungsi untuk meredam kejutan dan getaran akibat permukaan jalan yang tidak rata, serta menjaga stabilitas dan kenyamanan berkendara [5]. Penyesuaian pada sistem suspensi menjadi penting untuk memastikan kenyamanan dan keamanan berkendara pasca-konversi. Getaran adalah gerakan bolak-balik dari suatu sistem mekanis, dan dalam konteks kendaraan, dapat mempengaruhi kenyamanan serta integritas struktural [6]. Sistem getaran dengan dua derajat kebebasan (Double Degree of Freedom) mempertimbangkan dua koordinat bebas yang dapat menggambarkan dinamika sistem secara lebih kompleks [7]. Analisis ini membantu dalam memahami bagaimana perubahan pada struktur kendaraan, seperti penambahan berat dari baterai, mempengaruhi respons dinamis kendaraan terhadap berbagai kondisi jalan. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konversi sepeda motor berbahan bakar bensin menjadi sepeda motor listrik terhadap sistem suspensi dan karakteristik getaran kendaraan. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kendaraan listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan di Indonesia.

1.1. Prinsip Kerja Kendaraan Listrik

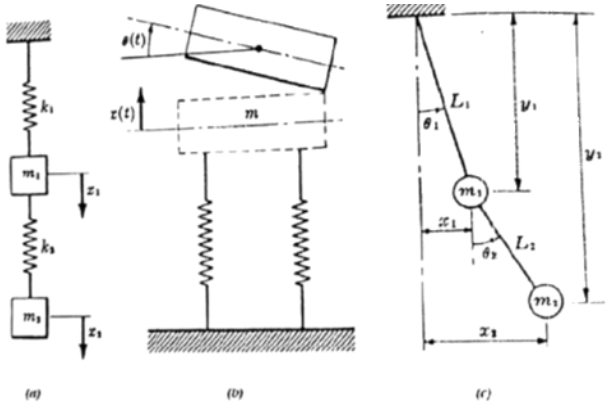
Kendaraan listrik merupakan kendaraan yang penggeraknya ditenagai oleh baterai. Kendaraan listrik memanfaatkan energi listrik yang disimpan dalam baterai. Lalu, disalurkan ke penggerak motor listrik. Kendaraan listrik sangat ramah lingkungan dikarnakan tidak ada gas emisi buang yang dapat mencemari lingkungan. Baterai kendaraan listrik dapat digunakan atau diisi ulang berkali-kali. Kendaraan listrik prinsip kerjanya tidak jauh berbeda, hanya ada perbedaan dibagian penggeraknya. Motor konvesional digerakkan oleh mesin bakar yang ditenagai oleh bahan bakar. Sedangkan motor listrik digerakan oleh motor listrik yang ditenagai oleh baterai sebagai tempat penyimpanan sumber tenaga listrik.

Suspensi adalah suatu sistem yang berfungsi untuk meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat permukaan jalan yang tidak rata. Sistem suspensi terdiri dari pegas, peredam (shock absorber) dan komponen lain seperti lengan ayun (swing arm), sambungan (joints) dan karet-karet. Selain itu sistem suspensi jugs berfungsi untuk menopang body dan rangka sepeda motor untk menjaga letak geometris antara body.

1.2.Teori Getaran

Getaran merupakan gerakan yang berisolasi dari sistem mekanis. Getaran adalah gerakan yang bolak balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran dapat diklasifikasikan menurut ada tidaknya yang bekerja secara kontinyu. Contoh sederhana menunjukkan suatu getaran adalah pegas pada keadaan diam/netral, (F=0). Pegas tidak akan bergerak/bergetar jika tidak ada gaya yang diberikan pada pegas. Bila pegas diberikan gaya tarik maka saat dilepas pegas akan bergetar, bergerak bolak-balik ke posisi diam.

Sistem getaran dengan dua derajat kebebasan atau disebut Double Degree of Fredom (DDOF) membutuhkan dua buah koordinat bebas yang disebut dua derajat kebebasan. Sistem dua derajat kebebasan ini diasumsikan selalu terjadi dalam dua dimensi dan dibagi atas tiga kondisi sistem, yaitu:



Gambar 1 Getaran sistem dua derajat kebebasan

1.3.Kenyaman dan Keamanan Kendaraan

Getaran merupakan salah satu gerakan utama yang diderita oleh penumpang suatu kendaraan. Besarnya dampak getaran pada suatu objek ditentukan oleh frekuensi natural dari obyek tersebut dan frekuensi dari getaran. Dalam hal ini kendaraan memiliki frekuensi natural yang berbeda dengan frekuensi yang dimiliki oleh tiap organ manusia yang terdiri dari banyak organ yang satu sama lain berhubungan tidak rigid [8]. Pada tahun 1971 *Grether* mempelajari getaran dan kemampuan manusia. Dari hasil studi tersebut ditarik kesimpulan bahwa getaran mengakibatkan turunnya kemampuan manusia untuk mengikuti lintasan, konsistensi dan keakuratan pengendalian dari getaran otot manusia akan mengalami ganguan, serta dapat memgganggu kinerja syaraf manusia [9].

Kenyamanan pada dasarnya bersifat subyektif, namun untuk interaksi kenyamanan manusia terhadap kualitas dari kendaraan dapat digunakan reaksi manusia terhadap percepatan dan perlambatan dari kendaraan. Hal ini dikarenakan organ tubuh manusia mempunyai sensitifitas terhadap percepatan dan perlambatan dari kendaraan. Sehingga penilaian kenyamanan dari pemakai kendaraan terhadap suatu kendaraan dapat ditentukan oleh ketahanan manusia terhadap percepatan dan perlambatan yang ditimbulkan oleh suatu kendaraan [9]. Bagi kegiatan mengemudi yang penting diperhatikan adalah batasan yang menunjukkan turunnya efisiensi kerja yang diinginkan agar tetap dapat menjamin keamanan transportasi, yaitu dengan menggunakan grafik ISO 2631. Dengan memasukkan grafik respon RMS percepatan pengemudi untuk frekuensi 1-80 Hz, maka dapat ditentukan rentang waktu batasan kenyamanan untuk pengemudi kendaraan tersebut untuk rentang frekuensi *interest* gangguan pengemudi akibat getaran arah vertikal [8].

2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perubahan karakteristik titik berat, pendistribusian beban pada suspensi, dan frekuensi alami getaran dua derajat kebebasan (2-DOF) pada sepeda motor sebelum dan sesudah dikonversi menjadi motor listrik. Secara umum, metode penelitian dibagi menjadi empat tahap utama sebagai berikut:

2.1 Analisis Titik Berat pada Kendaraan Sepeda Motor

Tahapan ini bertujuan untuk menentukan posisi pusat massa sepeda motor pada kondisi standar dan setelah dikonversi menjadi motor listrik. Pengukuran dilakukan menggunakan metode statik keseimbangan gaya, yaitu dengan menimbang gaya reaksi pada roda depan dan belakang menggunakan timbangan digital presisi. Nilai titik berat dihitung berdasarkan hasil pengukuran gaya reaksi dan jarak antar sumbu roda untuk mendapatkan koordinat sumbu x (horizontal) dan y (vertikal).

a. Pengujian dilakukan pada empat kondisi, yaitu:
b. Rangka sepeda motor sebelum dikonversi.
c. Rangka sepeda motor sebelum dikonversi dengan penumpang.
d. Rangka sepeda motor setelah dikonversi.

Rangka sepeda motor setelah dikonversi dengan penumpang.Perbandingan dari keempat kondisi tersebut digunakan untuk menganalisis pengaruh konversi terhadap pergeseran titik berat kendaraan.

2.2 Analisis Pendistribusian Beban pada Suspensi

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui perubahan distribusi beban pada suspensi depan dan belakang setelah konversi. Nilai gaya reaksi yang diperoleh dari pengukuran sebelumnya digunakan untuk menghitung beban yang diterima suspensi depan (Fd) dan beban yang diterima suspensi belakang (Fb). Perhitungan dilakukan pada dua kondisi utama, yaitu sebelum konversi dan setelah konversi menjadi motor listrik. Hasilnya dibandingkan untuk menentukan perubahan karakteristik pembebanan dan keseimbangan distribusi massa akibat pergeseran titik berat dan perubahan bobot total kendaraan.

2.3 Analisis Getaran Dua Derajat Kebebasan Tak Teredam (2-DOF)

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap perilaku dinamis sepeda motor melalui pendekatan model matematis getaran dua derajat kebebasan tak teredam. Model ini merepresentasikan interaksi antara massa rangka dan massa roda dengan konstanta pegas (k_1 dan k_2) serta kekakuan suspensi depan dan belakang. Perhitungan dilakukan untuk dua kondisi:

a. Sepeda motor sebelum dikonversi.
b. Sepeda motor setelah dikonversi.

Hasil analisis berupa frekuensi alami pertama (ω_1) dan frekuensi alami kedua (ω_2) digunakan untuk menilai pengaruh perubahan massa dan kekakuan sistem akibat konversi terhadap stabilitas dan kenyamanan kendaraan.

2.4 Komparasi dan Analisis Hasil

Pada tahap akhir, dilakukan perbandingan terhadap seluruh hasil pengujian dan perhitungan, meliputi posisi titik berat, pendistribusian beban pada suspensi, serta frekuensi alami sistem getaran. Komparasi ini bertujuan untuk menilai sejauh mana proses konversi sepeda motor konvensional menjadi motor listrik mempengaruhi kestabilan, kenyamanan berkendara, serta karakteristik dinamis kendaraan secara keseluruhan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Titik Berat pada Kendaraan Sepeda Motor

Analisis titik berat merupakan langkah awal yang penting dalam menentukan karakteristik dinamis suatu kendaraan, terutama dalam penelitian ini yang berfokus pada konversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik. Posisi titik berat (center of gravity/COG) berpengaruh langsung terhadap kestabilan, distribusi beban, dan respon getaran kendaraan selama beroperasi. Oleh karena itu, sebelum melakukan perhitungan getaran, terlebih dahulu harus diketahui letak titik berat kendaraan baik dalam kondisi standar maupun setelah dilakukan konversi.

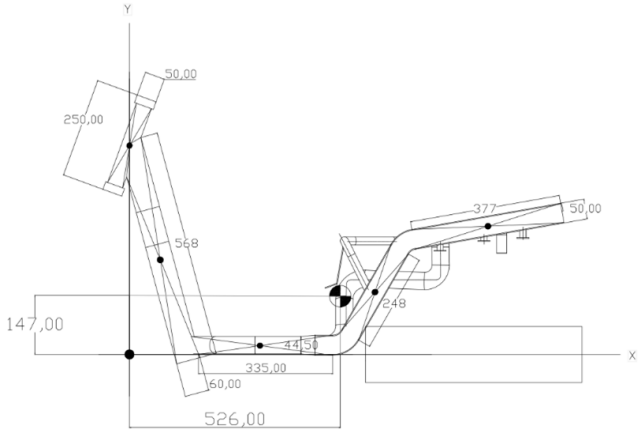
Perhitungan titik berat dilakukan menggunakan pendekatan momen gaya terhadap bidang acuan dengan rumus berikut:

$$x_s = \frac{\Sigma(x.f)}{f}, y_s = \frac{\Sigma(y.f)}{f} \quad (1)$$

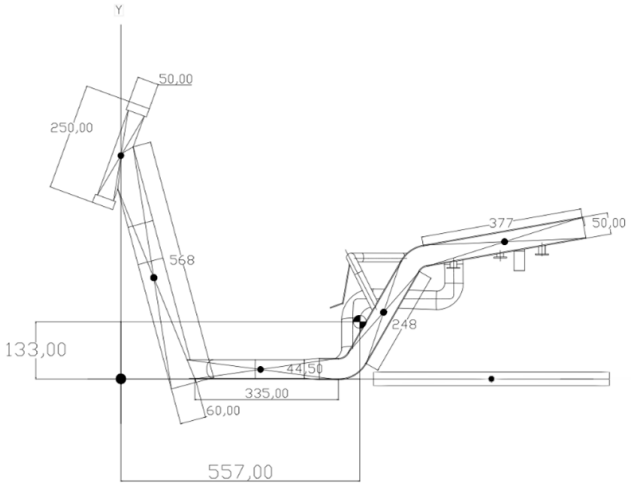
Dimana: x_s = titik berat pada sumbu x
y_s = titik berat pada sumbu y
x = jarak sumbu x
y = jarak sumbu y
f = luas atau total volume dari benda

3.1.1 Titik Berat pada Rangka Sebelum di Konversi

Sebelum proses konversi dilakukan, analisis titik berat pada rangka sepeda motor standar perlu ditentukan untuk mengetahui distribusi massa awal kendaraan. Data ini menjadi acuan utama dalam membandingkan perubahan karakteristik setelah rangka dimodifikasi menjadi sepeda motor listrik. Posisi titik berat dihitung berdasarkan pengukuran koordinat pada sumbu x dan sumbu y terhadap titik acuan yang telah ditetapkan.



Gambar 2 Dimensi pada rangka sebelum dikonversi

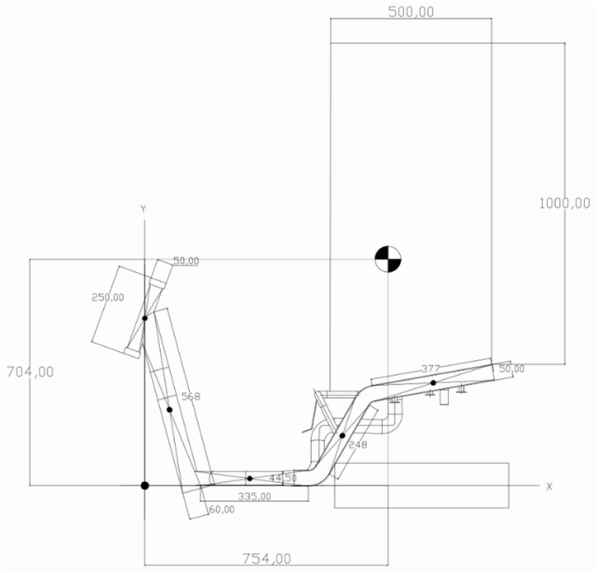


Gambar 3 Titik berat rangka setelah dikonversi

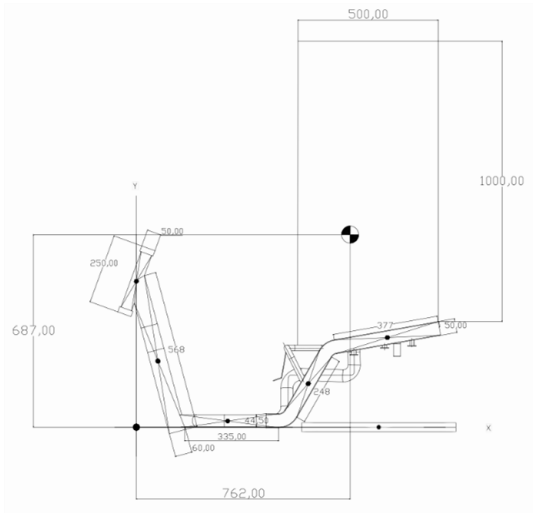
Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh posisi titik berat sepeda motor sebelum dikonversi berada pada sumbu x = 526 mm dan sumbu y = 147 mm. Nilai ini menunjukkan bahwa titik berat kendaraan masih berada di area tengah rangka bagian bawah, yang menandakan distribusi beban antara roda depan dan roda belakang dalam kondisi seimbang. Letak titik berat ini menjadi parameter dasar untuk analisis perbandingan setelah sepeda motor mengalami proses konversi menjadi motor listrik.

3.1.2 Titik Berat pada Rangka Sebelum di Konversi dengan Penumpang

Analisis titik berat sepeda motor dengan penumpang dilakukan untuk mengetahui perubahan distribusi beban akibat adanya tambahan massa pada sistem kendaraan. Kondisi ini penting dianalisis karena posisi titik berat akan mengalami pergeseran yang signifikan ketika sepeda motor membawa penumpang, yang pada akhirnya memengaruhi stabilitas, kenyamanan, serta karakteristik getaran kendaraan. Perhitungan dilakukan dengan metode yang sama seperti pada kondisi tanpa penumpang, yaitu menggunakan rumus momen gaya terhadap bidang acuan untuk mendapatkan posisi titik berat pada sumbu x dan sumbu y.



Gambar 4 Titik berat sebelum dikonversi dengan penumpang



Gambar 5 Titik berat rangka setelah dikonversi dengan penumpang

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh posisi titik berat sepeda motor sebelum dikonversi dengan penumpang pada sumbu x = 754 mm dan sumbu y = 704 mm. Hasil ini menunjukkan adanya pergeseran titik berat ke arah belakang dan ke atas dibandingkan kondisi tanpa penumpang. Pergeseran ini terjadi karena massa penumpang menambah beban pada area tengah hingga belakang kendaraan, sehingga titik berat berpindah mengikuti posisi duduk penumpang. Perubahan ini perlu diperhatikan

karena berpengaruh terhadap keseimbangan dinamis serta respon getaran sepeda motor saat dikendarai dalam kondisi sebenarnya.

3.1.3 Titik Berat Rangka Setelah di Konversi

Setelah proses konversi sepeda motor dari mesin konvensional menjadi motor listrik, analisis titik berat dilakukan kembali untuk mengetahui perubahan posisi pusat massa akibat adanya modifikasi pada sistem penggerak, baterai, dan komponen pendukung lainnya. Pergeseran posisi titik berat ini penting untuk dianalisis karena dapat memengaruhi kestabilan kendaraan, kenyamanan berkendara, serta karakteristik getaran yang muncul setelah konversi dilakukan. Perhitungan dilakukan menggunakan metode yang sama seperti sebelumnya, yaitu dengan menentukan koordinat titik berat pada sumbu x dan sumbu y terhadap titik acuan.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh posisi titik berat sepeda motor setelah dikonversi berada pada sumbu x = 577 mm dan sumbu y = 133 mm. Nilai ini menunjukkan adanya pergeseran titik berat ke arah depan dan sedikit menurun dibandingkan dengan kondisi standar. Pergeseran tersebut disebabkan oleh perpindahan posisi beberapa komponen utama, seperti motor listrik dan baterai, yang memiliki distribusi massa berbeda dibandingkan mesin konvensional. Perubahan ini berpotensi meningkatkan stabilitas longitudinal kendaraan karena pusat massa lebih dekat ke sumbu roda depan, meskipun dapat sedikit memengaruhi kenyamanan suspensi akibat perbedaan karakteristik beban dinamis.

3.1.4 Titik Berat Rangka Setelah di Konversi dengan Penumpang

Analisis titik berat sepeda motor setelah dikonversi dengan penumpang bertujuan untuk mengetahui pengaruh massa tambahan terhadap posisi pusat gravitasi kendaraan listrik hasil modifikasi. Kondisi ini menggambarkan situasi aktual ketika sepeda motor digunakan dalam operasi normal, sehingga hasil perhitungan titik berat menjadi acuan penting dalam menilai stabilitas dan distribusi beban pada sistem suspensi. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan total massa rangka yang telah dikonversi serta massa penumpang, menggunakan pendekatan momen gaya terhadap titik acuan yang sama seperti pada kondisi sebelumnya.

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh posisi titik berat sepeda motor setelah dikonversi dengan penumpang pada sumbu x = 762 mm dan sumbu y = 687 mm. Hasil ini menunjukkan adanya pergeseran titik berat ke arah belakang dan sedikit ke atas dibandingkan kondisi tanpa penumpang. Pergeseran ini disebabkan oleh distribusi massa penumpang yang lebih dominan pada bagian tengah hingga belakang kendaraan. Walaupun terdapat pergeseran posisi titik berat, nilai tersebut masih berada dalam batas yang aman untuk menjaga kestabilan dan kenyamanan pengendaraan. Dengan demikian, hasil ini dapat digunakan sebagai dasar untuk analisis lebih lanjut terkait pendistribusian beban dan karakteristik getaran setelah konversi dilakukan.

3.2 Pendistribusian Beban pada Suspensi

Analisis pendistribusian beban pada suspensi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar gaya yang diterima oleh suspensi depan dan belakang akibat berat total kendaraan, baik sebelum maupun setelah dilakukan konversi menjadi sepeda motor listrik. Distribusi beban ini sangat penting karena berpengaruh langsung terhadap kenyamanan berkendara, kestabilan kendaraan, serta respons sistem suspensi terhadap getaran yang terjadi saat sepeda motor beroperasi.

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan prinsip keseimbangan momen terhadap titik berat kendaraan, di mana beban pada masing-masing suspensi bergantung pada posisi titik berat terhadap jarak antar sumbu roda. Secara matematis, parameter-parameter yang digunakan dalam perhitungan pendistribusian beban didefinisikan sebagai berikut:

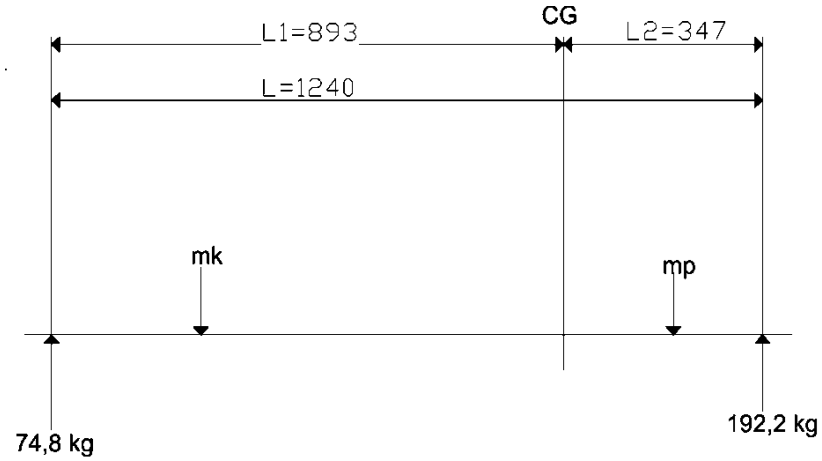
Dimana: Fd = beban pada suspensi depan
Fb = beban pada suspensi belakang
m = berat total kendaraan + penumpang dan pengendara

l_1 = jarak dari titik berat ke sumbu roda depan
l_2 = jarak dari titik berat ke sumbu roda belakang
L = jarak keseluruhan sumbu roda depan dan belakang

Dengan mengetahui parameter-parameter tersebut, dapat dilakukan analisis perbandingan beban antara kondisi sepeda motor standar dan setelah dikonversi, sehingga dapat dievaluasi pengaruh perubahan konfigurasi komponen terhadap kinerja sistem suspensi dan stabilitas kendaraan secara keseluruhan.

3.2.1 Pendistribusian Beban pada Suspensi Sebelum di Konversi

Analisis pendistribusian beban pada sepeda motor sebelum dikonversi bertujuan untuk mengetahui kondisi awal pembebanan kendaraan dalam keadaan standar. Data ini menjadi acuan penting dalam mengevaluasi perubahan distribusi beban setelah dilakukan konversi menjadi sepeda motor listrik. Pengukuran dilakukan dengan mempertimbangkan massa kendaraan tanpa modifikasi, massa pengendara, serta posisi titik berat terhadap jarak antar sumbu roda depan dan belakang. Nilai-nilai ini digunakan untuk menghitung besarnya beban yang diterima masing-masing suspensi berdasarkan prinsip keseimbangan momen. Diketahui parameter perhitungan sebagai berikut: mk = 87 kg, mp= 180 kg, m = mk + mpz, L= 1240 mm, l_1 = 893 mm, dan l_2= 347 mm.

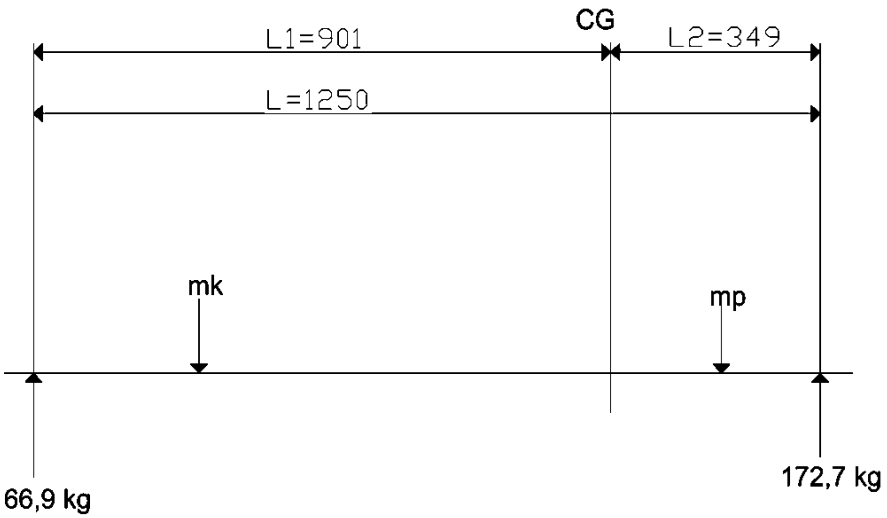


Gambar 6 Hasil perhitungan distribusi beban sepeda motor sebelum dikonversi

Maka hasil perhitungan untuk distribusi beban pada sepeda motor sebelum dikonversi, $fd = 74{,}8\ kg$ dan $fb = 192{,}2\ kg$. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar beban kendaraan ditopang oleh suspensi belakang, karena posisi titik berat kendaraan lebih mendekati roda belakang. Kondisi ini mencerminkan karakteristik umum sepeda motor konvensional, di mana mesin dan pengendara memberikan kontribusi massa yang lebih besar pada bagian belakang kendaraan. Data ini menjadi dasar perbandingan terhadap distribusi beban setelah sepeda motor mengalami konversi ke sistem penggerak listrik.

3.2.2 Pendistribusian Beban pada Suspensi Setelah di Konversi

Setelah sepeda motor dikonversi menjadi motor listrik, dilakukan analisis ulang terhadap distribusi beban pada sistem suspensi untuk mengetahui pengaruh perubahan konfigurasi komponen terhadap keseimbangan kendaraan. Konversi dari mesin pembakaran internal ke motor listrik mengubah total massa serta posisi titik berat, terutama karena perbedaan letak dan massa komponen utama seperti motor listrik, baterai, serta sistem kontrol. Oleh karena itu, perhitungan distribusi beban perlu dilakukan untuk menentukan sejauh mana konversi ini memengaruhi karakteristik pendukung stabilitas dan kenyamanan kendaraan. Diketahui parameter perhitungan sebagai berikut: mk = 59,6 kg, mp = 180 kg, m = mk + mp, L= 1250 mm, l_1= 901 mm, dan l_2= 349 mm



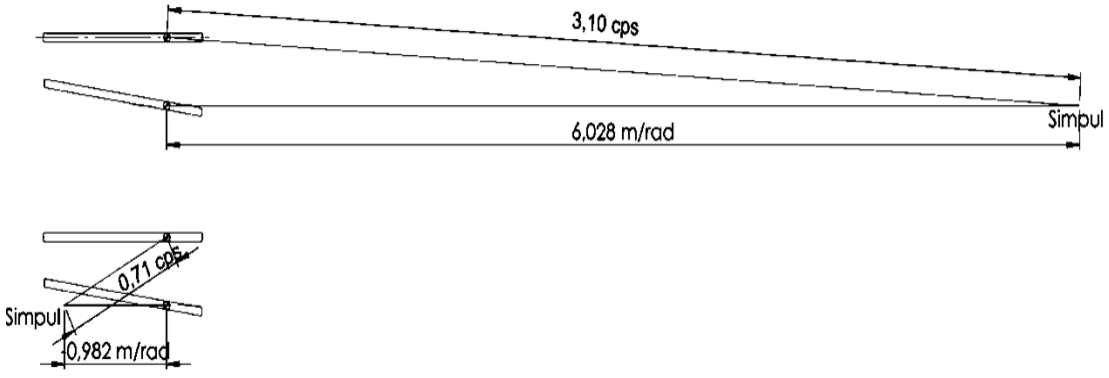
Gambar 7 Hasil perhitungan distribusi beban sepeda motor setelah dikonversi

Maka hasil perhitungan untuk distribusi beban pada sepeda motor setelah dikonversi, didapatkan $fd = 53{,}3\ kg$ dan $f_b = 186{,}3\ kg$. Hasil ini menunjukkan bahwa setelah konversi, terjadi penurunan beban pada kedua suspensi dibandingkan kondisi standar, terutama pada bagian depan. Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya massa total kendaraan akibat penggantian mesin konvensional dengan motor listrik yang memiliki bobot lebih ringan. Selain itu, posisi titik berat yang sedikit bergeser ke arah depan dan bawah juga memengaruhi distribusi beban, yang berpotensi meningkatkan kestabilan longitudinal namun dapat mengubah karakteristik redaman suspensi saat berkendara.

3.3 Getaran Dua Derajat Kebebasan Tak Teredam

3.3.1 Getaran Dua Derajat Kebebasan Sebelum di Konversi

Sebelum proses konversi sepeda motor dilakukan, analisis getaran dua derajat kebebasan (two degree of freedom vibration system) perlu ditinjau untuk memahami karakteristik dinamis sistem suspensi. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui respons getaran yang timbul akibat gaya dinamis pada bagian depan dan belakang kendaraan, yang dipengaruhi oleh kekakuan pegas dan distribusi massa. Diketahui parameter sistem sebagai berikut: I = 33,762 kgm^2, m = 267 kg, k_1= 13.096,35 N/m, k_2= 5.820,6 N/m, l_1= 0,893 m, dan l_2 = 0,347 m.



Gambar 8 Bentuk ragam diagram sebelum dikonversi

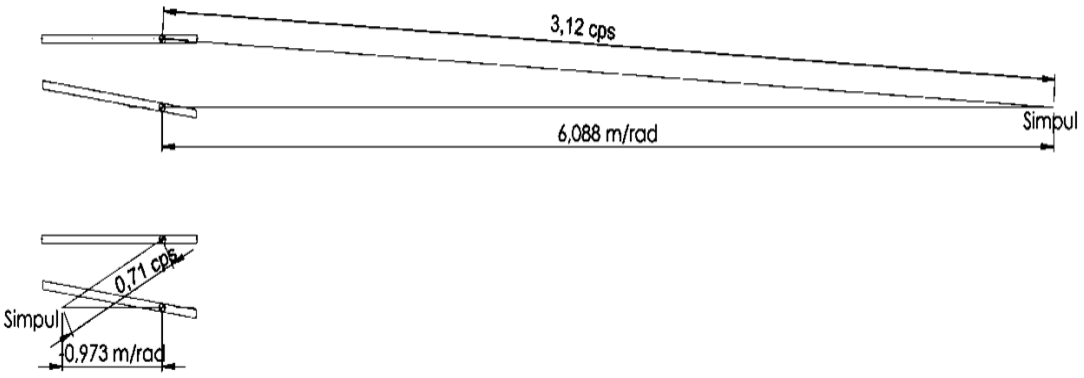
Nilai-nilai menunjukkan bahwa sistem memiliki dua mode getaran alami, yaitu mode pertama $\omega_1 = 19{,}507 \approx 3{,}10\ cps$ yang menggambarkan gerakan translasi dominan, dan mode kedua $\omega_2 = 4{,}516 \approx 0{,}71\ cps$ yang mencerminkan gerakan rotasi ringan pada bodi kendaraan. Selanjutnya, hasil

perbandingan amplitudo antara titik A dan B pada masing-masing mode getar diperoleh sebagai berikut:$\left(\frac{A}{B}\right)_{\omega 1} = 6{,}028\ m/rad,$ dan $\left(\frac{A}{B}\right)_{\omega 2} = -0{,}982\ m/rad.$

3.3.2 Getaran Dua Derajat Kebebasan Setelah di Konversi

Setelah proses konversi sepeda motor dari sistem konvensional menjadi motor listrik, dilakukan kembali analisis getaran dua derajat kebebasan untuk mengevaluasi perubahan karakteristik dinamis sistem suspensi. Analisis ini penting untuk menentukan pengaruh perubahan massa total kendaraan serta redistribusi beban terhadap respons getaran dan kestabilan kendaraan secara keseluruhan.

Diketahui parameter sistem setelah konversi sebagai berikut: I = 30,299 kgm^2, m= 239,6 kg, k_1= 11.752,35 N/m, k_2= 5.223,26 N/m, l_1= 0,901 m, l_2= 0,349 m



Gambar 9 ragam diagram setelah dikonversi

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai frekuensi alami sistem setelah konversi sebagai berikut: $\omega_1 = 19{,}654 \approx 3{,}12\ cps$ dan $\omega_2 = 4{,}520 \approx 0{,}71\ cps$

Nilai frekuensi alami tersebut menunjukkan bahwa sistem suspensi setelah konversi memiliki karakteristik dinamis yang relatif serupa dengan kondisi sebelum konversi, meskipun terdapat sedikit peningkatan pada frekuensi alami pertama akibat penurunan massa total kendaraan. Hal ini mengindikasikan bahwa respons getaran vertikal kendaraan menjadi sedikit lebih kaku, namun tetap berada dalam rentang kenyamanan yang aman bagi pengendara. Selanjutnya, hasil rasio amplitudo antara titik A dan B pada masing-masing mode getar diperoleh sebagai berikut:

$$\left(\frac{A}{B}\right)_{\omega 1} = 6{,}088\ m/rad,\ dan\ \left(\frac{A}{B}\right)_{\omega 2} = -0{,}804\ m/rad.$$

3.4 Komparasi Hasil

Untuk mengetahui pengaruh konversi sistem penggerak dari mesin konvensional ke motor listrik terhadap karakteristik dinamis dan statis kendaraan, dilakukan analisis komparatif terhadap parameter utama sepeda motor pada kondisi standar dan setelah dikonversi. Parameter yang dibandingkan meliputi panjang sumbu roda, posisi titik berat (center of gravity/COG), distribusi beban pada suspensi depan dan belakang, serta karakteristik getaran dua derajat kebebasan.

Hasil perbandingan antara kondisi standar dan kondisi setelah konversi disajikan pada Tabel 1, yang memperlihatkan perubahan nilai setiap parameter baik dalam satuan fisik maupun dalam bentuk persentase perubahan. Tabel ini juga memberikan keterangan apakah nilai parameter tersebut mengalami peningkatan (bertambah), penurunan (berkurang), atau tidak mengalami perubahan (sama), sehingga dapat menggambarkan secara menyeluruh pengaruh proses konversi terhadap keseimbangan, kestabilan, dan respons dinamis sepeda motor.

Tabel 1 Hasil penelitian motor saat kondisi standar dan setelah dikonversi

Nama	Ket.	Satuan	Standar	Konversi	(%)	Ket
Sumbu Roda	-	mm	1240	1250	0,8	Bertambah
Sumbu Roda ke COG	l_1	mm	893	901	0,89	Bertambah
	l_2	mm	347	349	0,57	Bertambah
Titik Berat	x	mm	526	577	9,6	Berkurang
	y	mm	147	133	9,5	Berkurang
Titik Berat dengan Penumpang	x	mm	754	762	1	Bertambah
	y	mm	704	687	2,4	Berkurang
Pendistribusian Beban	fd	kg	74,8	66,9	10,5	Berkurang
	fb	kg	192,2	172,7	10,1	Berkurang
Ragam Diagram Getaran	ω_1	Hz	3,10	3,12	0,64	Bertambah
	ω_2	Hz	0,71	0,71	0	Sama
	$\left(\frac{A}{B}\right)\omega_1$	m/rad	6,028	6,088	0,99	Bertambah
	$\left(\frac{A}{B}\right)\omega_2$	m/rad	- 0,982	- 0,973	0,91	Berkurang

Berdasarkan hasil pada Tabel 1, terlihat bahwa proses konversi sepeda motor dari sistem penggerak konvensional ke motor listrik menyebabkan beberapa perubahan signifikan pada karakteristik kendaraan. Panjang sumbu roda meningkat sebesar 0,8%, yang mengindikasikan adanya sedikit perubahan dimensi rangka akibat penyesuaian posisi dudukan motor listrik dan baterai. Posisi titik berat (COG) bergeser sebesar 9,6% pada sumbu x dan 9,5% pada sumbu y, yang menunjukkan bahwa massa kendaraan cenderung berpindah ke arah belakang dan sedikit menurun ke bawah. Pergeseran ini berpotensi memengaruhi stabilitas longitudinal kendaraan, terutama saat akselerasi dan pengereman. Selain itu, distribusi beban pada suspensi mengalami perubahan yang cukup jelas. Beban pada suspensi depan (fd) menurun sebesar 10,5%, sedangkan pada suspensi belakang (fb) berkurang sebesar 10,1%. Penurunan beban pada kedua suspensi menunjukkan bahwa total massa kendaraan setelah konversi menjadi lebih ringan, namun distribusinya sedikit bergeser ke arah belakang. Hal ini konsisten dengan hasil pergeseran titik berat yang terukur.

Dari hasil analisis getaran dua derajat kebebasan, frekuensi alami pertama (ω_1) meningkat dari 3,10 Hz menjadi 3,12 Hz, menandakan peningkatan kekakuan sistem akibat penambahan komponen listrik yang memperkuat struktur rangka. Sementara itu, frekuensi alami kedua (ω_2) tetap sama pada 0,71 Hz, yang berarti perubahan massa dan kekakuan tidak berpengaruh signifikan pada mode getaran kedua. Rasio (A/B) juga menunjukkan sedikit perubahan, di mana pada ω_1 nilainya bertambah sebesar 0,99%, sedangkan pada ω_2 mengalami penurunan 0,91%. Perubahan kecil ini menunjukkan bahwa sistem suspensi dan rangka setelah konversi tetap memiliki karakteristik dinamis yang stabil dan tidak mengalami perubahan ekstrem.

Secara keseluruhan, hasil komparasi ini menunjukkan bahwa konversi sepeda motor ke sistem listrik menghasilkan perubahan yang relatif kecil terhadap konfigurasi geometrik, distribusi beban, dan karakteristik dinamis. Namun demikian, pergeseran titik berat dan peningkatan frekuensi alami menunjukkan bahwa perlu dilakukan evaluasi lanjutan terhadap pengaruhnya terhadap kenyamanan berkendara dan kestabilan pada kecepatan tinggi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan karakteristik titik berat, frekuensi alami, dan distribusi beban pada sepeda motor sebelum dan sesudah dikonversi menjadi motor listrik. Hasil pengujian dan perhitungan menghasilkan beberapa perbedaan signifikan yang menunjukkan pengaruh proses konversi terhadap stabilitas dan kinerja sistem suspensi kendaraan. Hasil analisis menunjukkan bahwa titik berat sepeda motor mengalami pergeseran setelah dilakukan konversi menjadi motor listrik. Sebelum dikonversi, titik berat pada sumbu x dan y masing-masing adalah 526 mm dan 147 mm, sedangkan dengan penumpang menjadi 754 mm dan 704 mm. Setelah konversi, titik berat bergeser menjadi 577 mm pada sumbu x dan 133 mm pada sumbu y, serta dengan penumpang menjadi 762 mm dan 687 mm. Pergeseran ini menunjukkan adanya perubahan distribusi massa akibat modifikasi sistem tenaga dan komponen pendukung konversi listrik. Dari hasil perhitungan dinamis, frekuensi alami sepeda motor sebelum dikonversi diperoleh sebesar ω_1 = 19,507 (≈3,10 cps) dan ω_2 = 4,516 (≈0,71 cps), dengan rasio (A/B) masing-masing 6,028 m/rad dan –0,982 m/rad. Setelah konversi, nilai frekuensi alami meningkat sedikit menjadi ω_1 = 19,654 (≈3,12 cps) dan ω_2 = 4,520 (≈0,71 cps), dengan rasio (A/B) masing-masing 6,088 m/rad dan –0,973 m/rad. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sepeda motor setelah dikonversi memiliki kekakuan sistem yang sedikit lebih tinggi. Selain itu, distribusi beban juga mengalami perubahan: pada kondisi standar diperoleh fd = 74,8 kg dan fb = 192,2 kg, sedangkan setelah konversi menjadi fd = 66,9 kg dan fb = 172,7 kg. Hal ini mengindikasikan bahwa suspensi depan menerima beban relatif lebih kecil, sementara suspensi belakang menjadi lebih ringan setelah konversi, akibat pergeseran titik berat dan perubahan bobot total kendaraan.

Daftar Pustaka

[1] A. Aptana, M. F. Arsyad, and P. H. Prasetyo, "Analisis Perbandingan Sistem Persinyalan Konvensional Dengan CBTC Terhadap Headway Kereta Api," *J. Tek. Transp.*, vol. 2, no. 1, pp. 68–85, 2023, [Online]. Available: http://dx.doi.org/10.54324/jtt.v2i1.7

[2] N. P. Decy Arwini, "Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kualitas Udara Di Provinsi Bali," *J. Ilm. Vastuwidya*, vol. 2, no. 2, pp. 20–30, 2020, doi: 10.47532/jiv.v2i2.86.

[3] A. Zubaydah, A. Z. Sabilah, D. P. Sari, and F. N. A. Hidayah, "Mengurangi Emisi: Mendorong Transisi Ke Energi Bersih Untuk Mengatasi Polusi Udara," *BIOCHEPHY J. Sci. Educ.*, vol. 04, no. 1, pp. 11–21, 2024, doi: 10.52562/biochephy.v4i1.1062.

[4] A. M. M. Daniel, "Desain Dan Implementasi Sistem Konversi Motor Bensin Menjadi Motor Listrik Padakendaraan Roda Dua," pp. 1–79, 2023, [Online]. Available: https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/47771.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[5] MUKHAMAD ILHAM ALFIAN, *Analisis Pengaruh Perubahan Geometri Suspensi Terhadap Dinamika Getaran Honda Cbr 150R*. 2018.

[6] B. K. Tungga, *Dasar-dasar getaran mekanis*. Andi, 2011.

[7] William T. Thomson, *Teori getaran dengan penerapan*. Erlangga, 1986.

[8] Bayu Estu Suprayogi, "Perancangan Ulang dan Analisa Sistem Suspensi Mobil Multiguna Pedesaan Dengan Standar Kenyamanan ISO 2631," *Teknik*, vol. 4, no. 1, 2015.

[9] Puja Priyamba, *ANALISIS KENYAMANAN SERTA REDESAIN PEGAS SUSPENSI MOBIL TOYOTA FORTUNER 4.0 V6 SR (AT 4X4)*. INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVEMBER SURABAYA, 2016. [Online]. Available: https://repository.its.ac.id/76171/1/2112100093-Undergraduate_Thesis.pdf