

## PERMODELAN DAN ANALISA PENGARUH LEBAR SPOKE PADA VELG KENDARAAN RODA 4 TERHADAP KEKUATAN VELG MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

\*Kevin Razak Alfattah<sup>1</sup>, Achmad Widodo<sup>2</sup>, Ojo Kurdi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: kevinrazakalfattah@gmail.com

### Abstrak

Velg adalah komponen yang cukup vital pada kendaraan karena kegagalan yang terjadi pada velg ketika kendaraan sedang berjalan akan membahayakan keselamatan penumpang. Velg menerima beban statis dari kendaraan dan juga menerima beban impak dari permukaan jalan, karena menerima banyak beban maka karakteristik material yang digunakan untuk membuat velg harus diperhatikan agar tetap memenuhi standar keamanan. Material yang biasa digunakan pada velg mobil adalah material baja dan paduan aluminium (*aluminium alloy*). Tugas akhir ini bertujuan melakukan perancangan dan analisis pada velg mobil menggunakan simulasi statis dan dinamis. Pemodelan dan simulasi velg ini menggunakan *software* SolidWork 2018. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari lebar spoke terhadap kekuatan velg. Setelah dilakukan simulasi statis pada velg didapatkan hasil tegangan maksimum terbesar sebesar 10.87 MPa pada variasi spoke 50 mm, dan tegangan maksimum terkecil sebesar 10.61 pada variasi spoke 65 mm. Deformasi maksimum yang terjadi adalah 5.3 mm pada spoke 50 mm dan nilai deformasi terendah pada velg dengan variasi spoke 65 mm yaitu senilai 5.1 mm. Dengan hasil itu didapatkan nilai *safety factor* yang berbanding terbalik dengan nilai tegangan maksimum, dan nilai *safety* terbesar adalah 5.184 pada spoke 65 mm serta nilai *safety factor* terkecil terjadi pada spoke 50 mm dengan nilai 5.061. Kemudian untuk simulasi dinamis yang dilakukan menghasilkan output nilai *safety factor* maksimum sebesar 2.481 pada variasi spoke 65 mm dengan kecepatan 10 km/jam. Serta nilai *safety factor* minimum terjadi pada spoke dengan variasi spoke 50 mm dengan kecepatan 50 km/jam yaitu sebesar 1.544.

**Kata kunci:** dinamis; *safety factor*; statis; tegangan; velg

### Abstract

*Wheels are a vital component in vehicles because failures that occur on wheels when the vehicle is running will endanger the safety of passengers. Because they receive a lot of load, the material characteristics used to make wheels must be considered so that they meet safety standards. The materials commonly used on car wheels are steel and aluminum alloy (aluminum alloy). This final project aims to design and analyze car wheels using static and dynamic simulations. This wheel modeling and simulation uses SolidWork 2018 software. This analysis aims to determine the effect of spoke width on wheel strength. After statistical simulations were carried out on the wheels, the maximum maximum stress was 10.87 MPa on the 50 mm spoke variation, and the smallest maximum stress was 10.61 on the 65 mm spoke variation. The maximum deformation that occurs is 5.3 mm on a 50 mm spoke and the lowest deformation value on a wheel with a 65 mm spoke variation is 5.1 mm. The results show that the safety factor value is inversely proportional to the maximum stress value, and the greatest safety value is 5,184 at the 65 mm spoke and the smallest safety factor value occurs at the 50 mm spoke with a value of 5,061. Then for the dynamic simulation carried out produces a maximum safety factor output value of 2,481 at the 65 mm spoke variation at a speed of 10 km/hour. As well as the minimum safety factor value occurs on the spoke with a 50 mm spoke variation with a speed of 50 km/hour which is 1,544.*

**Keywords:** dynamic; *safety factor*; static; stress; wheels

## 1. Pendahuluan

Velg merupakan salah satu komponen pada kendaraan yang berfungsi sebagai tempat melekatnya ban dan berfungsi untuk menyalurkan daya dari mesin [1]. Velg adalah komponen yang cukup vital pada kendaraan karena kegagalan yang terjadi pada velg ketika kendaraan sedang berjalan akan membahayakan keselamatan penumpang. Velg menerima beban statis dari kendaraan itu sendiri dan juga menerima beban dampak dari permukaan jalan, karena menerima banyak beban maka karakteristik material yang digunakan untuk membuat velg harus diperhatikan agar tetap memenuhi standar keamanan. Material yang biasa digunakan pada velg mobil adalah material baja dan paduan aluminium (*aluminium alloy*). Terdapat perbedaan karakteristik pada kedua jenis material ini, velg dengan material paduan aluminium lebih rigid, tahan terhadap perubahan cuaca dan memiliki motif yang beragam sehingga lebih diminati oleh pasar, namun velg ini lebih getas. Velg dengan material baja memiliki karakteristik kuat terhadap benturan, namun velg dengan material baja cenderung lebih ulet sehingga mudah untuk terdeformasi. Aspek keamanan menjadi salah satu perhatian penting pada mobil, karena itu velg juga termasuk didalamnya. harus memenuhi persyaratan Aman, yaitu tidak mudah retak atau pecah. Karena jika roda tiba-tiba retak atau pecah pada saat mengemudi dengan kecepatan tinggi, itu dapat menyebabkan kecelakaan mengemudi yang fatal [2]. Kerusakan yang sering ditemui pada velg adalah terjadinya keretakan pada struktur velg, penyok (deformasi), dan patah pada bagian spoke velg. Pada penelitian sebelumnya dijelaskan bahwa jumlah spoke dan ketebalan flange mempengaruhi kekuatan velg itu sendiri berdasarkan nilai dari tegangan dan deformasi maksimum [3]. Namun pada penelitian tersebut tidak disebutkan pengaruh ketebalan spoke pada velg sehingga tidak didapatkan satu design yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk melakukan pemodelan pada velg mobil serta memberikan analisis terkait pengaruh ketebalan spoke terhadap kekuatan velg. Pada penelitian ini metode elemen hingga digunakan untuk menghitung jumlah tegangan yang bekerja pada velg ketika diberi pembebanan dan juga untuk mengetahui deformasi pada setiap variasi yang diterapkan pada pengujian. Metode elemen hingga adalah metode numeric yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan matematis dari suatu gejala fisis yang diantaranya adalah tegangan, regangan, kekuatan, dan analisa getaran [4]. Selain itu metode elemen hingga juga digunakan untuk menentukan design velg yang terbaik performanya ketika diberi pembebanan. Software metode elemen hingga yang digunakan dalam penelitian ini adalah SolidWork 2018. Variabel yang berpengaruh pada pengujian velg ini adalah design dari spoke velg, material, dan lebar dari spoke velg. Variabel tersebut menjadi acuan untuk mendapatkan design terbaik

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

### 2.1 Pemilihan Material

Saat ini jenis material yang sering digunakan pada velg ada dua yaitu baja dan aluminium alloy. Velg aluminium dikenal karena bobotnya yang ringan dibandingkan velg jenis lain dan tahan terhadap karat. Oleh karena itu, velg aluminium sering digunakan pada motor Drag dan road race. Karena terbuat dari aluminium, maka biaya produksinya lebih tinggi dibandingkan dengan velg dari besi. Velg jenis aluminium memiliki sifat tahan korosi karena tidak terjadi korosi dan dapat memberikan kenyamanan pada roda kendaraan [5]. Oleh karena itu material yang digunakan pada penelitian kali adalah aluminium alloy [6].

### 2.2 Teori Kegagalan

Teori energi regangan memprediksi bahwa keruntuhan akan terjadi ketika energi regangan per satuan volume sama atau melebihi energi regangan per satuan volume ketika luluh di bawah tegangan sederhana atau kompresi dari bahan yang sama. Luluh dapat terjadi apabila tegangan normal bergantung dari orientasi atau sudut  $\theta$  (*invariant*) kedua deviator tegangan  $J_2$  melewati batasan krisis tertentu hal ini dinyatakan oleh *Von mises* pada tahun 1913. Hal yang mendasar dalam mendesain rekayasa teknik adalah menentukan batasan tegangan yang dapat menyebabkan gagalnya material tersebut, terdapat beberapa macam teori kegagalan dan dari percobaan-percobaan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa teori energi distorsi (*vonMises*) memperkirakan kegagalan dengan ketelitian tertinggi pada semua kuadran [7].

### 2.3 Safety Factor

Secara umum, kekuatan suatu struktur akan mengacu pada beban ultimit dari bahan-bahan yang membentuk struktur. Tapi dalam hal ini tidak ada batas yang jelas. Dalam sifat mekanik ketika suatu bahan dikenai beban, maka beban hasil dapat diterima sebagai beban maksimum yang dapat diterima melalui struktur sehingga mencapai kondisi kritis di mana ukurannya tergantung ke bahan struktur. Dengan klaim bahwa mensyaratkan bahwa desain struktur roda cor memiliki jaminan bahwa itu tidak akan cacat struktural akan terjadi selama struktur tersebut dibebani, Maka kita membutuhkan metode yang dapat diandalkan yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan struktur dengan aman. Berbagai teori tentang Struktur tersebut telah dikembangkan dan diterapkan secara luas sehingga dapat secara akurat menentukan kekuatan struktur dalam menerima suatu tipe pembebanan. Salah satu metode untuk menentukan beban yang diijinkan untuk suatu komponen struktur adalah dengan menggunakan angka yang disebut faktor keamanan. Ini

adalah rasio dari tegangan luluh dengan tegangan yang bekerja. Dengan kondisi data material yang lengkap serta pengujian dengan nilai pembebanan yang akurat maka nilai safety factor yang diijinkan adalah berkisar antara 1,25 – 1,5 [8]. Atau, faktor keamanan terhadap hasil adalah 1,5 untuk kondisi beban yang paling buruk. Kriteria serupa diterapkan pada kondisi beban lainnya [9].

## 2.4 Metode Elemen Hingga

Analisis elemen hingga atau yang dalam bahasa Inggris disebut Finite Element Analysis (FEA) adalah metode analisis numerik untuk menyelesaikan masalah yang digambarkan dengan persamaan diferensial parsial atau dapat dirumuskan sebagai minimalisasi fungsional. FEA digunakan untuk memecahkan masalah dalam banyak disiplin ilmu teknik seperti perancangan mesin, akustik, elektromagnetisme, mekanika tanah, serta mekanika fluida. Fungsi pendekatan dalam elemen hingga ditentukan dengan nilai nodal dari bidang fisik yang dianalisis. Untuk masalah linier, digunakan sistem persamaan aljabar linier untuk menyelesaikannya [10]. Prinsip kerja FEA adalah membagi struktur benda padat (solid) menjadi banyak sel kecil berbentuk sederhana, yang akan memodelkan geometri benda seakurat mungkin (Gambar 2.19). Sel-sel kecil ini disebut elemen hingga (Finite Element) atau elemen sederhana. Elemen tersebut saling terhubung pada titik-titik yang disebut node. Proses transformasi model benda padat menjadi model elemen hingga disebut meshing, dan ini merupakan langkah penting dalam alur kerja FEA [11].

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Uji Konvergensi

Untuk menentukan jumlah elemen yang sesuai dilakukan uji konvergensi terlebih dahulu hingga diperoleh hasil yang konvergen pada setiap perubahan ukuran elemen dengan melakukan perbaikan mesh secara bertahap dan pada daerah tertentu. Pada proses uji konvergensi material yang digunakan yaitu Aluminium Alloy sesuai dengan material yang digunakan pada velg. Pada proses uji konvergensi menggunakan variasi ukuran meshing 10 mm hingga 6 mm hingga didapatkan hasil error safety factor dari simulasi mencapai 1.0 %.

### 3.2 Simulasi Statis

Analisis statis dilakukan pada velg pada saat kondisi kendaraan diam. Pada analisis tersebut menghasilkan tegangan von mises maksimum sebesar 10.87 mm pada variasi spoke 50 mm, kemudian juga menghasilkan defomasi maksimum sebesar 5.346 mm pada variasi spoke yang sama. Dan pada simulasi statis didapatkan nilai safety factor minimum sebesar 5.061 pada variasi lebar spoke 50 mm.

### 3.3 Simulasi Dinamis

Pada simulasi pembebanan dinamis beban yang diaplikasikan sama seperti pada analisis statis. Perbedaan terletak pada tumpuan yang digunakan, yaitu menggunakan perangkat penggerak berupa roda dari bus tersebut. Simulasi pembebanan dinamis pada penelitian ini menggunakan fitur SolidWorks Motion dan SolidWorks Simulation pada software SolidWorks 2018. Parameter yang digunakan pada simulasi ini adalah Safety Factor (SF). Terdapat empat kondisi simulasi yaitu dilakukan selama simulasi, dan hasil dari simulasi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pada saat kondisi velg menabrak speedbump, nilai safety factor terendah yang didapatkan adalah 0,961
2. Pada saat kondisi velg keluar dari speedbump, nilai safety factor terendah yang didapatkan adalah 0,991
3. Pada saat kondisi velg diatas speedbump, nilai safety factor terendah yang didapatkan adalah 1,546
4. Pada saat kondisi velg melintasi jalan datar, nilai safety factor terendah yang didapatkan adalah 2,312
3. Pada saat kondisi velg memasuki lubang, nilai safety factor terendah yang didapatkan adalah 0,712

## 4. Kesimpulan

Setelah dilakukan simulasi statis menggunakan metode elemen hingga didapatkan nilai tegangan maksimum von mises pada simulasi velg sebesar 10.87 Mpa dan tegangan terendah terjadi pada spoke dengan variasi lebar 65 mm yaitu sebesar 10.61 Mpa. Dengan nilai tegangan tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lebar spoke maka kekuatan velg semakin tinggi. Nilai deformasi maksimum dihasilkan oleh spoke dengan lebar 50 mm yaitu dengan nilai deformasi sebesar 5.346 mm, dan deformasi terendah berbanding terbalik dengan lebar spoke itu terjadi pada lebar spoke 65 mm sebesar 5.109 mm. Deformasi yang terjadi adalah deformasi plastis karena nilai tegangan maksimum yang terjadi masih dibawah dari yield strength material. Setelah dilakukan simulasi dinamis menggunakan metode elemen hingga didapatkan nilai diperoleh nilai safety factor terkecil pada velg dengan variasi lebar spoke 50 mm pada kecepatan 50 km/jam sebesar 1,544. Sedangkan nilai safety factor terbesar dihasilkan oleh spoke dengan variasi lebar 65 mm pada kecepatan 10 km/jam yaitu sebesar 2.46.

## 5. Daftar Pustaka

- [1] Bahri, M. & Agus Sigit Pramono. (2015). "Analisa Kekuatan Velg Mobil Penumpang pada Simulasi Pengujian Dynamic Radial Fatigue dengan Metode Elemen Hingga". JURNAL TEKNIK ITS Vol. 4, No. 1
- [2] Naufal, Hafidin. (2019). Studi Numerik pengaruh variasi jumlah dan ketebalan spoke pada velg paduan aluminium untuk mobil MPV. Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No.1
- [3] Dalimunthe, H.R., Syam, B. Sabri, M., Isranuri, I. & Mahadi. (2016). Analisa pengaruh jumlah spoke dan ketebalan flange terhadap kekuatan velg mobil berbasis aluminium alloy menggunakan simulasi numerik. Jurnal dinamis, Vol. 4, No. 1
- [4] Mulyadi, Santoso. 2011. Analisa Tegangan-Regangan Produk Tongkat Lansia Dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurnal ROTOR, Vol. 4 No. 1
- [5] Pratowo, B. (2018). Analisa Kekuatan Material Velg Sepeda Motor Jenis Cast Wheel Dan Spoke Wheel Terhadap Pengujian Impact. *Penelitian Mandiri*. Universitas Bandar Lampung, (1).
- [6] Suman, Shwetabh., Abhimayu A., & K. Ravi. (2017). Impact and Moda Analysis for Different Alloy Wheel Compositions.
- [7] Budynas-Nisbett. (2008). Shigley's Mechanical Engineering Design 8th Edition. New York : McGraw-Hill.
- [8] Deutschman Aaron D, (1975). Machine Design teory and practice, Macmillan Publishing Co.Inc
- [9] Happian-Smith, J. (Ed.). (2001). An introduction to modern vehicle design. Elsevier.
- [10] Kurowski, P. (2018). Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2018. Mission: SDC Publications.
- [11] Petrova, R. (2015). Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation. Boca Raton: CRC Press.