

TEGANGAN, DEFORMASI, KERETAKAN DAN PERHITUNGAN FAKTOR KEAMANAN PADA *SWING ARM* SEPEDA MOTOR

Najih Gilang Ramadhan¹

¹Pendidikan Kejuruan, Pascasarjana, Universitas Negeri Malang

najihgilangramadhan4@gmail.com

Abstrak

Swing arm merupakan komponen penting bagi kendaraan. Pengujian kekuatan material *swing arm* terhadap beban statis dihitung menggunakan teori kesetimbangan yang kemudian dibandingkan dengan bantuan *Software Ansys R18.1*. Diberikan daya (*force*) 2869 N, meshing diberikan sebesar 5 mm. Hasil analisis pada deformasi didapat nilai maksimum sebesar 0.055964 MPa, pada maksimum principal stress didapat nilai maksimum sebesar 19.128 Mpa, pada maksimum shear stress didapat nilai maksimum sebesar 18.561 Mpa, dan pada equivalent stress didapat nilai maksimum sebesar 33.54 Mpa, sehingga faktor intensitas tegangan (K) dari suatu material dengan bentuk geometri tertentu pada kondisi pembebanan elastis dari hasil uji retakan menunjukkan nilai SIFS (KI) maksimal sebesar 3,5039 MPa. Dan pada J-Integrasi didapat nilai maksimum sebesar 0,0028286 mJ/mm².

Kata kunci: *Swing arm*, Tegangan, Deformasi, Keretakan, Faktor keamanan, ANSYS

PENDAHULUAN

Sepeda motor (*motorcycle*) merupakan sarana transportasi yang paling banyak dimiliki dan digemari mayoritas masyarakat Indonesia. Hampir di setiap keluarga di perkotaan paling tidak mempunyai satu unit sepeda motor dan di pedesaan sepeda motor juga akan banyak ditemui, bahkan sampai di daerah terpencil sekalipun. Kondisi jalan yang tidak rata akan mengakibatkan getaran berlebih pada sepeda motor. Getaran itu akan berpengaruh terhadap keadaan struktur *swing arm*. Struktur *swing arm* akan mengalami perubahan struktur (*displacement*) dan tekanan pada bidang yang tersebar.

Sistem suspensi pada sepeda motor saat ini banyak mengalami inovasi. Inovasi tersebut terlihat dengan banyaknya modifikasi-modifikasi yang dilakukan pada sistem suspensi. Salah satunya adalah pada bagian lengan ayun (*swing arm*). *Swing arm* merupakan bagian dari sistem suspensi yang sangat penting. *Swing arm* berfungsi sebagai penahan roda penggerak dan sebagai tumpuan *shock breaker*. Ada dua tipe *swing arm* antara lain adalah twinshock dan monoshock (*monocross*). Twinshock adalah sistem suspensi yang menggunakan dua buah shock breaker yang dipasang pada kedua tangkai *swing arm* dengan jarak tumpu poros roda cukup dekat. Kemudian tipe monocross adalah sistem suspensi yang menggunakan satu shock breaker yang terletak dibagian tengah *swing arm* dekat dengan tumpuan chassis kendaraan. Kedua jenis *swing arm* ini dapat mempengaruhi getaran pada kendaraan akibat guncangan-guncangan yang terjadi. Sehingga berdampak pada kenyamanan dan keamanan berkendara [1].

Berdasarkan penjelasan di atas, agar mekanisme yang terdapat pada sistem *swing arm* memiliki umur yang panjang, maka diperlukan perencanaan desain dengan efektif dan efisien, baik dari segi analisa pembebanan maupun pemilihan material komponen tersebut. Seiring tujuan mengetahui efek kerusakan yang terjadi akibat dari adanya beban dinamis yang bekerja pada komponen *swing arm*, maka diperlukan sebuah analisis simulasi *swing arm* untuk mengetahui distribusi tegangan yang terjadi. Dalam rangka mempermudah pekerjaan untuk melakukan simulasi, maka digunakan Software Autodesk Inventor versi 2012 untuk menggambar atau mendesain komponen *swing arm*. Selanjutnya menggunakan Software ANSYS versi 15 untuk melakukan

simulasi kekuatan material yang mencakup tentang analisis stress, deformation, dan safety factor, dengan menyertakan analisis crack pada *swing arm*.



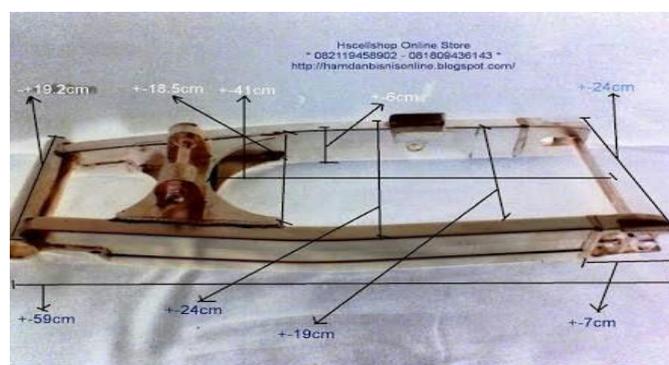
Gambar 1. *Swing Arm*

Swing arm (lengan ayun) adalah sebuah komponen system suspense belakang yang menopang system pegas koil (*shock breaker*) dan system roda belakang. pada dasarnya *swing arm* terbuat dari bahan seperti baja, besi atau alumunium, *Swing arm* menerima beban dari pengendara yang besar gayanya ditransmisikan melalui shock breaker, disamping itu pula menopang beban dari roda belakang atas kondisi jalan yang dilalui serta menerima pengaruh kecepatan putaran roda belakang itu sendiri [2]. Oleh karena itu *swing arm* harus cukup kuat karena factor yang sangat penting dan utama dalam perencanaan *swing arm*.

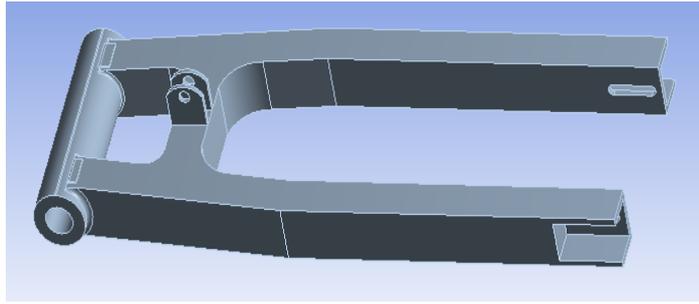
Kondisi jalan yang tidak rata akan mengakibatkan getaran berlebih pada sepeda motor. Getaran itu akan berpengaruh terhadap keadaan struktur *swing arm*. Struktur *swing arm* akan mengalami perubahan struktur (*displacement*) dikenakan tekanan beban pada *swing arm*. Kemampuan *swing arm* dalam menerima beban kendaraan berpenumpang dapat diketahui dengan melihat hasil tegangan dan displacement maksimum yang terjadi. Selain itu, kesetabilan getaran dapat dilihat dari hasil respon frekuensi yang terjadi pada struktur *swing arm* [1].

Pemilihan material *swing arm* yang kurang baik dapat menyebabkan penurunan pemakaian komponen *swing arm*, mengingat *swing arm* harus mampu menghaapi tekanan yang disebabkan oleh aturan-aturan angin lainnya (melompat, menikung, mempercepat, dll [3]. Beberapa kegagalan pada *swing arm* modifikasi yang disebabkan sebagaimana yang dijelaskan, juga terjadi karena material dipilih berdasarkan rentang kekuatan yang direncanakan maupun factor keamanan serta ketersediaan dana [4]. Sehingga dalam pemilihan material *swing arm* perlu dipertimbangkan jenis proses heat treatment yang paling tepat sehingga akan diperoleh kekuatan yang sesuai.

Swing arm dalam artikel ini di desain menggunakan *software Autodesk Inventor 2012* dengan sketsa



Gambar 2. Dimensi *swing arm*



Gambar 3. Geometri *swing arm*

METODE PENELITIAN

Semua komponen utama yang menentukan desain awal lengan ayun motor kedalaman yang berbeda. Aspek geometri dan dinamis lainnya juga dapat dipertimbangkan sebelum memulai desain lengan ayun, perilaku menikung, desain sasis, posisi pilot dan komponen unit control. Namun, itu akan menyimpang dari tujuan utama dokumen ini. Untuk merancang dan memberikan studi tentang aspek awal dari desain lengan ayun dapat menggunakan metode elemen hingga [5].

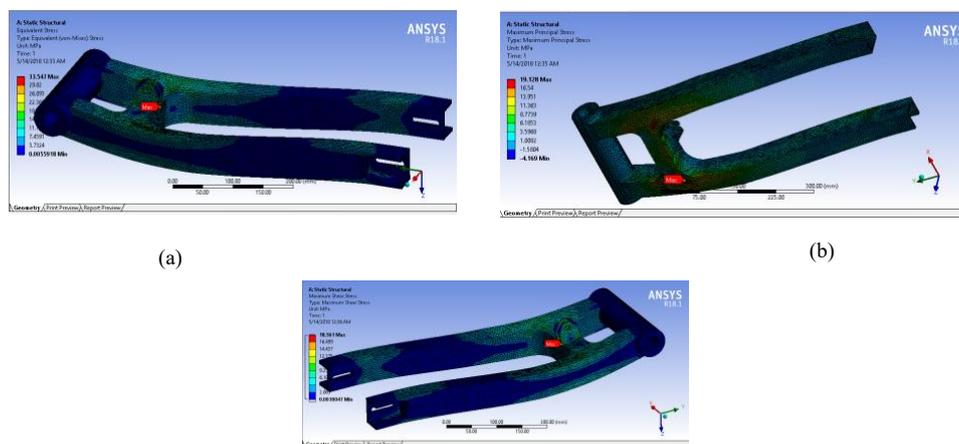
Gaya suspensi pada *swing arm* terdiri dari dua balok yang terhubung di tengah untuk membentuk H bentuk garbu lengan. Bagian depan lengan terpasang keporos yang terhubung ke rangka utama sepeda motor satu atau peredam kejut di pasang di bagian bawah dekat poros belakang [6].

Kemudian hasil 3 dimensi tersebut dilakukan simulasi terhadap kekuatan material yang digunakan dengan berbantuan software ANSYS Workbench versi 18.1. Proses simulasi *swing arm* dengan memberikan berbagai kondisi, diantaranya dengan pemberian gaya 2869 N. Menggunakan ukuran meshing adalah 5 mm.

Hasil analisa simulasi yang dilakukan, didapatkan tegangan (*stress*) dan perubahan bentuk (*deformation*) pada *swing arm* akibat dari pembebanan untuk kondisi maksimum sebagaimana diperlihatkan pada gambar dibawah ini. Hasil dari analisa tersebut, merupakan dasar untuk melakukan analisa crack pada engkol ke tiga, sebagaimana engkol tersebut telah terjadi keretakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

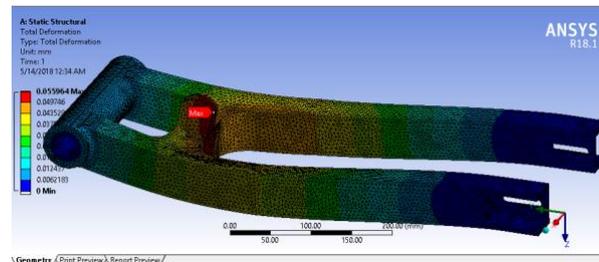
Tegangan



Gambar 4. Swing Arm (a) *equivalent (von-mises) stress*; (b) *maximum principal stress*; (c) *maximum shear stress*

Gambar 4 (a) menunjukkan hasil dari simulasi *equivalent stress* dengan bahan *carbon steel*, nilai maximum *equivalent stress* terletak pada warna merah dengan nilai stress tertinggi sebesar 33.547 MPa, sedangkan nilai *stress* terendah terletak pada *swing arm* yang berwarna biru dengan nilai stress sebesar 0,00559 MPa. (b) nilai *maximum principal stress* tertinggi terletak pada warna merah dengan nilai *stress* tertinggi sebesar 19.128 MPa, sedangkan nilai *stress* terendah terletak pada engkol yang berwarna biru dengan nilai stress sebesar -4.169 MPa. (b) nilai *maximum shear stress* tertinggi sebesar 18.561 MPa, sedangkan nilai stress terendah sebesar 0,00030 MPa.

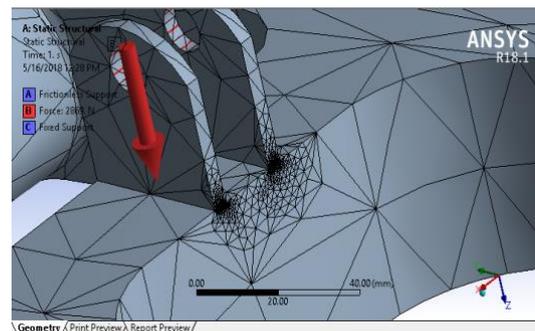
Deformasi



Gambar 5. Deformasi total

Gambar 5 menunjukkan hasil dari simulasi deformasi total diperoleh bahwa nilai deformasi total tertinggi sebesar 0.0559 mm, sedangkan nilai deformasi terendah sebesar 0 mm.

Uji Retakan



Gambar 6. Letak uji retakan

Hasil analisis simulasi dari uji retakan diperoleh nilai dari *J-Integral* dan *SIFS (KI)*. Nilai *J-Integral* adalah laju energi regangan (*strain energy release rate*) dari suatu *crack body per unit* pertambahan panjang retak yang terjadi pada *body* tersebut. Nilai *SIFS (KI)* untuk mengetahui faktor intensitas tegangan (*K*) dari suatu material dengan bentuk geometri tertentu pada kondisi pembebanan elastis. Gambar 12 (a) nilai dari *J-Integral* maksimum sebesar 0,00282 mJ/mm^2 . Selanjutnya nilai dari *J-Integral* minimum sebesar -0,00045 mJ/mm^2 .

Analisis Dinamika Struktur

Dinamik dapat diartikan bervariasi terhadap waktu dalam konteks gaya yang bekerja (eksitasi) pada struktur. Variasi beban dinamik dapat berupa besaran (magnitude), arahnya (direction) dan titik pangkatnya (point of application). Respon struktur tersebut, bekerja pada defleksi dan tegangan yang bervariasi terhadap waktu dalam respon dinamik dan respon statik [1].

Tegangan

Apabila sebuah batang atau plat dibebani suatu gaya maka akan terjadi gaya reaksi yang sama dengan arah yang berlawanan. Gaya tersebut akan diterima sama rata oleh setiap molekul pada bidang penampang batang tersebut [7]. Jadi tegangan adalah suatu ukuran intensitas pembebanan yang dinyatakan oleh gaya dan dibagi oleh luas ditempat gaya tersebut bekerja. Tegangan yang bekerja pada penampang bahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma = P/A$$

σ = Tegangan (N / m²)

P = Beban (Newton)

A = Luas Penampang (m²)

Rengangan

Regangan adalah suatu bentuk tanpa dimensi untuk menyatakan perubahan bentuk. Biasanya dinyatakan dalam bentuk persentasi atau tidak dengan persentasi. Besarnya regangan menunjukkan apakah bahan tersebut mampu menahan perubahan bentuk sebelum patah. Makin besar regangan suatu bahan maka bahan itu mudah dibentuk. Persamaan untuk regangan adalah: $\epsilon = \Delta L / L_0$

Deformasi

Semua struktur bila mendapat beban luar akan berubah sedikit dari bentuk awalnya, baik berubah bentuk maupun ukurannya atau berdeformasi. Bertambahnya ukuran dari sebuah struktur disebut perpanjangan atau elongasi, sedangkan sebaliknya disebut pemendekan atau kontraksi [7].

Faktor Keamanan (Safety Factor)

Pada karakteristik mekanis jika suatu material mengenai beban, maka beban yield dapat diasumsikan sebagai beban maksimum yang dapat diterima oleh suatu struktur sehingga mencapai kondisi kritis yang besarnya tergantung kepada material pembentuk struktur [8]. Dengan adanya suatu tuntutan yang mengharuskan suatu desain struktur velg cast wheel memiliki jaminan bahwa tidak akan terjadi suatu kegagalan struktural selama struktur tersebut menerima beban, maka diperlukan suatu metode yang handal yang dapat digunakan untuk menentukan kekuatan struktur secara aman [9]. Berbagai macam teori mengenai struktur telah banyak dikembangkan dan telah banyak diterapkan sehingga dapat menentukan secara akurat kekuatan struktur dalam menerima suatu jenis pembebanan. Faktor keamanan yang digunakan pada velg cast wheel dihitung berdasarkan perbandingan tegangan luluh pada material yang digunakan dengan hasil analisis tegangan *Von Mises* maksimum seperti dibawah ini.

$$\text{Factor of Safety } (\eta) = \frac{S_y}{\sigma_e}$$

Dari faktor keamanan yang didapat pada perhitungan analisis akan merujuk pada nilai *margin of safety* pada kekuatan statik struktur velg tersebut, batas keamanan *Margin of Safety* dalam terminologi kekuatan statik struktural didefinisikan sebagai suatu ukuran besarnya kemampuan atau kapasitas yang masih tersedia dalam suatu struktur untuk menerima beban statik secara aman, pada kondisi dimana terdapat beban statik yang bekerja pada struktur tersebut [10].

Jadi pada velg truck dengan bahan *carbon steel* yang sudah dilakukan analisis menggunakan software Ansys 18.1 diketahui nilai dari tegangan *von mises (equivalent stress)* maksimal sebesar 175,42 MPa, sedangkan nilai dari *yield strength* material *carbon steel* sebesar 350 MPa. Sehingga untuk mengetahui faktor keamanan pada velg truck diperoleh dengan rumus berikut ini.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e} = \frac{350 \text{ MPa}}{33.547 \text{ MPa}} = 10.44 \text{ MPa}$$

Perhitungan Safety Factor pada Velg Kendaraan dengan bahan Baja (Carbon Steel)

a) Equivalent Stress

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{350 \text{ Mpa}}{33.547 \text{ MPa}} \\ &= 10.44 \text{ MPa} \end{aligned}$$

b) Maximum Principal Stress

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{350 \text{ Mpa}}{19.128 \text{ MPa}} \\ &= 18.298 \text{ MPa} \end{aligned}$$

c) Maximum Shear Stress

$$\begin{aligned} \text{Safety Factor} &= \frac{\text{Yield Strength}}{\sigma_{max}} \\ &= \frac{350 \text{ Mpa}}{18.561 \text{ MPa}} \\ &= 18.856 \text{ MPa} \end{aligned}$$

PENUTUP

Kesimpulan

Hasil analisis simulasi tegangan dan perubahan bentuk pada *swing arm* di atas sesuai dengan pembebanan yang sudah ditentukan masing-masing *swing arm* sesuai dengan FO, tegangan dan perubahan bentuk *swing arm* maksimum selalu berada di daerah tumpuan beban *swing arm*. Kenyataan tersebut didasarkan pada letak tumpuan pada *swing arm*.

Komposisi pada material *swing arm* baja *carbon steel* merupakan baja karbon rendah tanpa paduan sehingga unsur tidak mempengaruhi penyebab terjadinya deformasi pada velg. Pada simulasi yang sudah dilakukan ini maka, penulis melakukan analisis terhadap velg truck dengan beban 2869 N, meshing 5 mm, sehingga perubahan bentuk (*Total Deformation Maximum*) diperoleh sebesar **0.055964**, *maximum principal stress* didapatkan sebesar **19.128** dan minimum sebesar **-4.169**, *Maximum Shear Stress* sebesar **18.561** dan minimum sebesar **0.0030047**, dan Equivalent Stress didapatkan nilai Maksimum sebesar **33.547** dan minimum sebesar **0,00559**. kemudian pada hasil retakan (*crack*) J-Integral terdapat nilai maksimum sebesar **-3.7364** mJ/mm².

Saran

Swing Arm merupakan komponen yang ada pada kendaraan bermotor dengan berbagai macam bahan dan berbagai macam bentuk. Sebagai pengembangan hasil penelitian ini maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dari sisi perbedaan bahan dan bentuk sesuai dengan perkembangan zaman.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] A. Kholil, "ANALISIS DINAMIKA STRUKTUR SWING ARM SEPEDA MOTOR JENIS SUSPENSİ MONOSHOCK MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA," *J. Konversi Energi Dan Manufaktur UNJ*, vol. 1, no. 1, hal. 1–13, 2013.

- [2] J. Singh dan S. Saha, "Static structural analysis of suspension arm using finite element method," *Int. J. Res. Eng. Technol. E-ISSN*, hal. 2319–1163.
- [3] C. F. do Lago Vieira, "Structural evaluation of a motorcycle frame," 2014.
- [4] C. Prapti Mahandari, Dita Satyadarma, dan Firmansyah, "Kajian Awal Kekuatan Rangka Sepeda Motor Hibrid," *TEKNOSIM 2007*, 2007.
- [5] João Diogo da Cal Ramos, *Front and Rear Swing Arm Design of an Electric Racing Motorcycle*. TECNICO LISBOA, 2016.
- [6] B. B. Stewart, *Application of Magnetorheological dampers in motorcycle rear swing arm suspension*. Western Carolina University, 2015.
- [7] A. H. Irawan, S. Majanasastra, R. Bagus, dan R. H. Rahmanto, "Analisis Kekuatan Velg Cast Wheel Sepeda Motor Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga," *J. Ilm. Tek. Mesin Unisma 45 Bekasi*, vol. 4, no. 2, 2016.
- [8] Anggi Kurniawan, "ANALISA KEKUATAN STRUKTUR CRANE HOOK DENGAN PERANGKAT LUNAK ELEMEN HINGGA UNTUK PEMBEBANAN 20 TON." 2014.
- [9] J. Zrnik, S. V. Dobotkin, dan I. Mamuzić, "Processing of metals by severe plastic deformation (SPD)—structure and mechanical properties respond," *Metalurgija*, vol. 47, no. 3, hal. 211–216, 2008.
- [10] A. H. Irawan, S. Majanasastra, R. Bagus, dan R. H. Rahmanto, "Analisis Kekuatan Velg Cast Wheel Sepeda Motor Dengan Perangkat Lunak Berbasis Metode Elemen Hingga," *J. Ilm. Tek. Mesin Unisma 45 Bekasi*, vol. 4, no. 2, 2016.