

ANALISA PEMILIHAN BAHAN PADA PEMODELAN SPROKET

Feddy Wanditya Setiawan⁽¹⁾, Danang Yugo Pratomo⁽²⁾

Program Studi D3 Teknik Otomotif Politeknik Hasnur^(1,2)

Jl. Brigjen Hasan Basri, Barito Kuala 70582, Kalimantan Selatan-Indonesia

E-mail: feddy@polihasnur.ac.id

Abstract

Sprocket is a chain drive component as a power transfer, starting from one shaft to another. For effective power transfer, chain sprocket is made and planned precisely. A Sprocket varies from the number of gears, measurements and types of material, for example on bicycles, motorcycles, cars, chain-wheeled vehicles, and other machines. This study uses the basis of sprocket modeling with re-engineering of the model. Testing with finite element analysis will know the strength and toughness of the sprocket to the optimum limit. Sprocket modeling is designed and simulated before operational testing. A number of materials are used, such as alloy steel, gray cast iron, carbon fiber and then a comparison of tensile stress values, total deformation, pressure and stress levels are used. The progress of this modeling process is to check the sprocket by selecting the best material. With finite element analysis based software, dimension comparisons, model designs and ideal materials are made for the sprocket.

Keywords: Software FEA, manufacturing model, sprocket chain, material properties, testing simulation

Abstrak

Sproket adalah komponen penggerak rantai sebagai pemindah tenaga, dimulai dari poros satu ke poros lainnya. Untuk pemindahan daya efektif, sproket rantai dibuat dan direncanakan dengan tepat. Berbagai sproket bervariasi dari jumlah gigi, pengukuran dan jenis materialnya, misal pada sepeda, sepeda motor, mobil, kendaraan roda rantai, dan mesin lainnya. Kajian ini menggunakan dasar pemodelan sproket dengan rekayasa ulang model. Pengujian dengan analisa elemen hingga akan diketahui kekuatan dan ketangguhan sproket sampai batas optimum. Pemodelan sproket dirancang dan disimulasikan sebelum pengujian operasional. Digunakan beberapa bahan seperti baja paduan, besi tuang kelabu, serat karbon lalu dilakukan komparasi nilai tegangan tarik, total deformasi, level tekanan dan tegangan. Kemajuan proses pemodelan ini agar pengecekan sproket melalui pemilihan bahan terbaik. Dengan perangkat lunak berbasis analisis elemen hingga (FEA), dibuat perbandingan dimensi, perancangan model dan bahan ideal untuk sproket.

Kata Kunci: software analisis elemen hingga, pembuatan model, sproket, sifat bahan, simulasi pengujian

Pendahuluan

Sproket adalah salah satu bagian yang sangat dibutuhkan dari sepeda motor atau berbagai mesin-mesin yang lainnya, berguna untuk memindahkan tenaga melalui putaran. Sistem transmisi yang dipakai menggunakan rantai secara berpasangan dengan posisi sproket untuk bagian depan dan sproket bagian belakang. Koneksi putaran sproket bagian depan terhubung dengan kotak roda gigi. Pemindahan tenaga dan putaran dari sproket bagian depan mengarah pada sproket bagian belakang tentunya terhubung dengan rantai. Sproket seringkali dibuat melalui proses-proses manufaktur seperti proses dengan mesin milling, mesin hobbing, mesin sinter, mesin pelubang (*punch*) atau di cor dan proses lainnya.

Pertimbangan proses pembuatan sproket berdasar jenis bahan, alat dan pembiayaan. Penggunaan jenis bahan adalah hal yang utama agar diperoleh ketepatan dalam proses manufaktur. Faktor pertimbangan penggunaan jenis bahan disesuaikan dengan mutu bahan yang diperlukan. Pertimbangan unjuk kerja

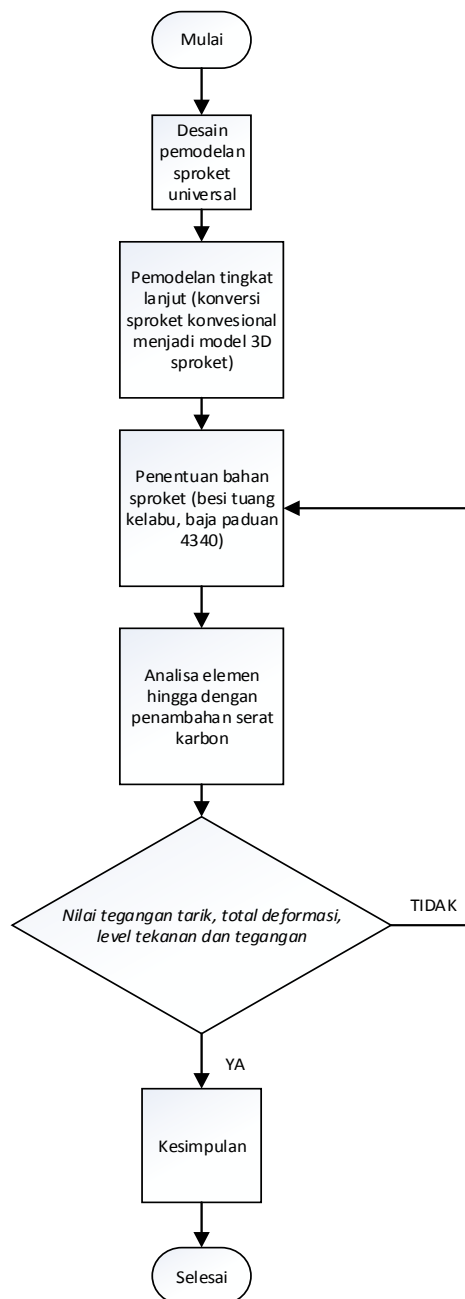
sproket, kekerasannya serta pembiayaan yang diperlukan merupakan hal dasar dalam memilih bahan. Banyak sproket menggunakan jenis bahan dari baja dengan karbon medium serta unsur lainnya yang ditambahkan demi meningkatkan nilai kekerasan, seperti nikel, chromium serta molybdenum. Dengan menggunakan proses perlakuan panas juga akan meningkatkan kekuatannya.

Sproket idealnya memiliki nilai kekerasan permukaan tinggi kemudian pada bagian dalam memiliki nilai yang lebih rendah serta bersifat ulet. Sehingga tidak semua model proses pengerasan akan cocok dan diperoleh sproket yang bermutu baik. Salah satunya dengan proses pengerasan permukaan adalah pengerasan dalam proses perlakuan panas yang dapat mengeraskan spesimen hanya pada bagian permukaan. Pengerasan permukaan sangat tepat untuk diterapkan pada proses pengerasan sproket. Pada Gambar 1 ditampilkan sebuah sproket.



Gambar 1. Universal parts sprocket

Metode Penelitian



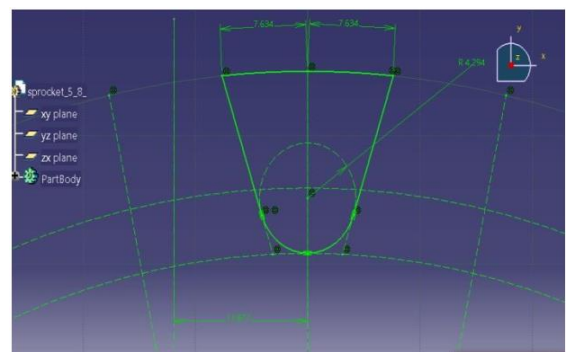
Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Hasil dan Pembahasan

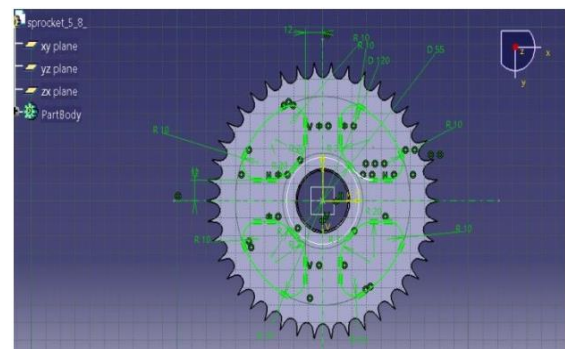
Perhitungan pada sproket dilakukan melalui pemodelan ulang. Penilaiannya akan dikonversikan dalam CADD untuk memperoleh hasil komputerisasi pemodelan.

Aplikasi interaktif berbantuan komputer pada aplikasi 3D untuk sproket konvensional dalam model CADD diperoleh:

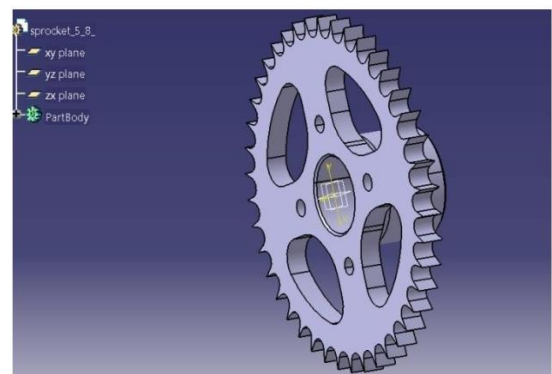
- Jenis sproket pulsar-200 ESF
- Diameter sproket-170mm
- Jumlah gigi-42
- Pitch rantai-12.6mm
- Tebal sproket-8.52mm
- Ketebalan rol-7.21



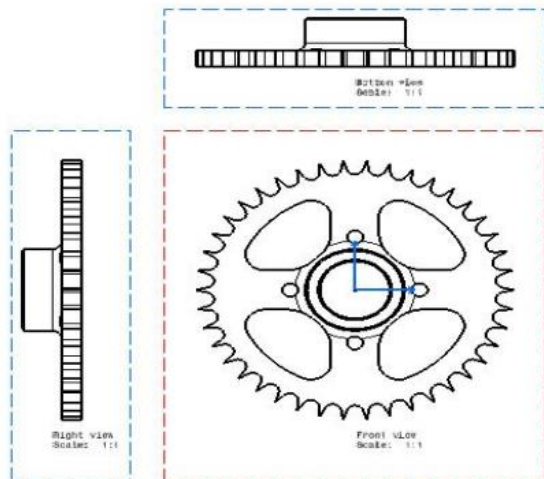
Gambar 3. Pengukuran gigi sproket



Gambar 4. Gambaran awal sproket



Gambar 5. Pemodelan sproket



Gambar 6. Penataan gambar sproket

1. Bahan sproket

Berbagai bahan sebagai pertimbangan dalam pembuatan sproket diperlukan untuk memberikan kekuatan yang diinginkan. Pengecekan bahan sproket yang terbuat dari jenis besi, baja paduan dan penambahan karbon. Diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam aplikasinya dalam mengurangi bobot, kebisingan dalam pemakaian serta meningkatkan efisiensi biaya sproket.

2. Besi tuang kelabu

Besi cor kelabu adalah campuran dari besi, karbon dan silikon yang telah dilebur dan dituangkan ke dalam cetakan untuk membentuk suatu bentuk. Jika besi cair dibiarkan dingin secara normal, karbon akan keluar dari larutan dan membentuk serpihan grafit yang mengalir melalui matriks ferrit/perlit [1]. Faktor utama dari warna abu-abu dalam membentuk karbon di kisaran 1,7-4,5% dan silikon di kisaran -1-3%. Karbon mengendap sebagai serpihan grafit atau karbida selama pemadatan; grafit bebas memperluas konsolidifikasi, menghasilkan tuangan yang terolah dengan baik, sehingga meningkatkan kemampuan maksimum mesin tetapi mengurangi kekuatan besi tuang kelabu. Kemudian, grafit bertindak sebagai pelumas, meningkatkan ketahanan aus. Di sisi lain, keberadaan karbida dalam besi tuang kelabu menghasilkan kekerasan dan juga kerapuhan yang ekstrem [2].

Meskipun peningkatan yang diperoleh dalam sifat-sifat teknik besi tuang kelabu pada penggunaan yang presisi, kenyataannya secara optimum pada tegangan, pembengkokan atau beban kejut belum mencapai nilai yang memadai, hal ini mungkin tidak ada korelasinya dengan kekerasan yang tinggi dan [3], dan juga kemampuan pengelasan yang kurang baik. [4]. Oleh karena itu, jika bahan ini digunakan untuk keadaan seperti itu, maka harus dilakukan upaya bersama oleh para peneliti tentang bagaimana sifat-sifatnya dapat ditingkatkan lebih lanjut, dan karena diketahui bahwa sifat besi cor dapat diubah dengan perlakuan panas dalam proses pengecoran [5].

Tabel 1. Klasifikasi dan sifat mekanik besi tuang kelabu [6]

Casting Grade SAE J431		Class per ASTM A48M	Typical Carbon Content (%)	Theoretical Minimum Tensile Strength (MPa)	Typical Brinell Hardness Range (BHN)
Current	Previous				
G7	G1800	20	3.50-3.70	124	163-223
G9	G2500	25	3.45-3.65	170	170-229
G10	G3000	30	3.35-3.60	198	187-241
G11	G3500	35	3.30-3.55	217	207-255
G12	G4000	40	3.25-3.50	272	217-259
G13	G4000	40	3.15-3.40	268	217-259

3. Baja paduan

Baja paduan rendah, seperti AISI 4130, 4140, 4340, dan 1045, umumnya memiliki kandungan karbon sekitar 0,4% dan nilai karbon antara 0,6 dan 0,9, yang menurut literatur sangat rentan terhadap keretakan, dan baja ini membutuhkan kehati-hatian dalam memilih logam pengisi dan dalam penentuan parameter pengelasan. Juga, dibutuhkan pengaturan temperatur pada pemanasan awal, dan perlakuan panas setelah proses pengelasan [7].

Tabel 2. Komposisi beberapa baja paduan rendah [8]

Steel	Chemical Composition (%Mass)							
	C	Cr	S	P	Mn	Mo	Ni	Si
AISI 1045	0.44	0.017	0.008	0.016	0.86	0.0007	0.0062	0.15
AISI 4140	0.39	1.01	0.025	0.018	0.87	0.17	0.12	0.17
AISI 4340	0.41	0.82	0.004	0.010	0.77	0.23	1.74	0.19

Tabel 3. Klasifikasi dan sifat mekanik baja paduan [9]

Material	Young's modulus (GPa)	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)	Hardness (HRC)
RHA	218	1320	1750	13.3	43
AISI 4340	220	847	1020	20.6	34
AR500	220	1370	1740	12.5	47

4. Serat karbon

Daerah transisi dengan grafit terlarut sebagian memiliki peningkatan kekerasan diamati, yang terbentuk sebagai hasil difusi karbon. Daerah transisi komposit lebih besar dalam spesimen dinormalisasi daripada dalam spesimen cor karena difusi karbon. Difusi karbon meningkat dengan meningkatnya suhu; karenanya panjang daerah transisi menjadi lebih besar dengan meningkatnya suhu. Terlebih lagi, jumlah fase perlit meningkat dengan meningkatnya suhu normalisasi [10].

Tabel 4. Sifat mekanik serat karbon dan resin epoksi dari bahan pelat [11]

Material	Density [g/cm ³]	Young modulus [Mpa]	Ultimate stress [Mpa]	Areal weight [g/m ²]	Thermal conductivity coef. [W/mK]	Ultimate strain [%]
Carbon fiber	1.65	/	/	240	~15	/
Epoxy resin	1.14÷1.16	2900÷3100	75÷80	0.1919	~0.22	8.5÷9

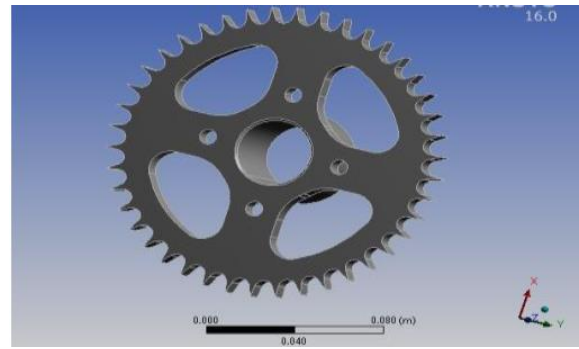
5. Simulasi metode elemen hingga

Analisa dengan simulasi perangkat lunak metode elemen hingga dengan langkah-langkah evaluasi sebelum-proses, setelah-proses, penyelesaian dan hasil.

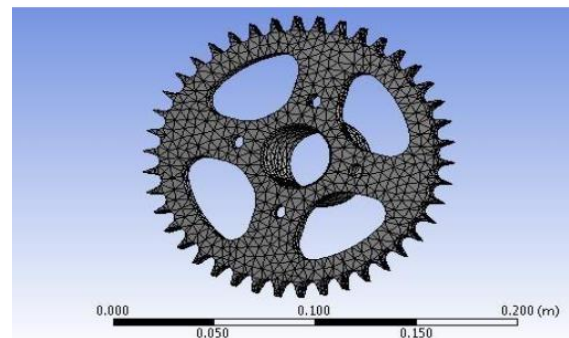
a. Sebelum-proses

1. Pembuatan *mesh*.

Pemodelan elemen hingga dengan pemodelan domain menjadi poligon, pembagian domain menjadi subdomain. Pembuatan mesh dapat memberikan *frame works* solusi masalah dalam perhitungan interpolasi. Pembuatan mesh kelihatannya seperti masalah sederhana jika dilihat sekilas, tetapi pada dasarnya adalah hal rumit dan kompleks.



Gambar 7. Pemodelan sebelum dilakukan mesh



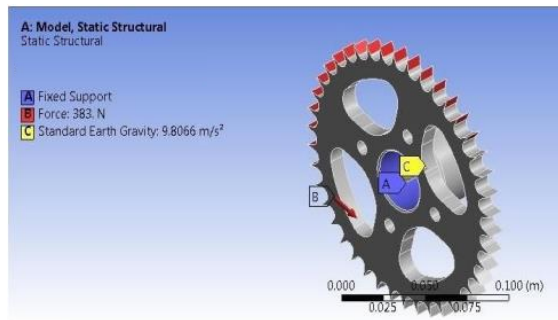
Gambar 8. Pemodelan setelah dilakukan mesh

- Nomor nodal 16989
- Nomor elemen 8420

Pertama-tama memunculkan mesh dengan menetapkan nodal-nodal melalui distribusi internal atau eksternal poligon. Poligon dalam bentuk fisik 2 dimensi dari permasalahan sesungguhnya. Data nodal ini adalah pernyataan dari nodal bagian eksternal poligon. Nodal utamanya merupakan titik-titik sudut poligon, selain itu juga dinyatakan dengan jumlah nodal segmen garis internal poligon sehingga mempertegas bentuk poligon.

2. Kondisi batas

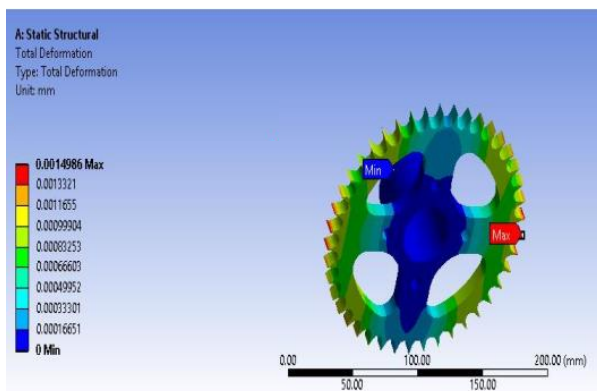
Untuk memperoleh solusi beberapa kondisi semuanya akan diatur sampai analisis elemen hingga. Kondisi batas untuk Sproket pulsar 200 ESF
 Gaya tetap -383 Nm
 Standar roda gigi = 26.91: 1
 Torsi mesin = 14,23 Nm@6500,01 rpm
 Torsi = $T_e \times G = 384 \text{ Nm}$
 Standar gravitasi = 9,8066 m/detik



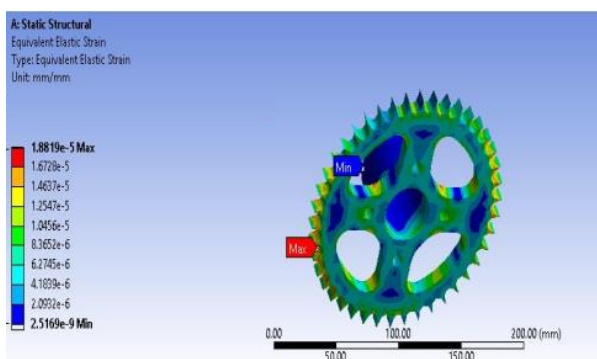
Gambar 9. Penerapan kondisi batas sproket

- b. Setelah-proses
Setelah pra-pemrosesan, model CADD dikonversi kedalam prosedur analisis penyelesaian setelah proses. Untuk menghitung deformasi, tegangan dan regangan berdasarkan kondisi batas yang diterapkan.

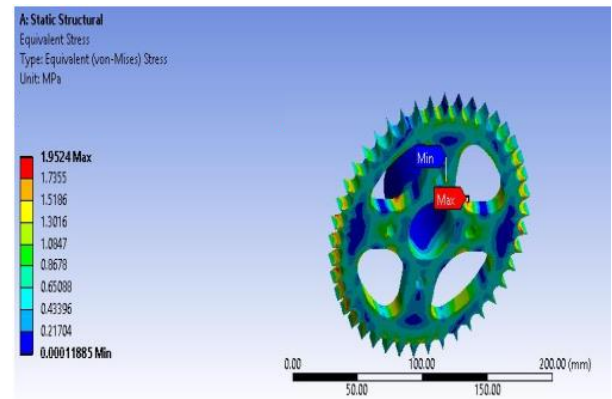
- c. Solusi elemen hingga
1. Besi tuang kelabu



Gambar 10. Hasil total deformasi besi tuang kelabu



Gambar 11. Hasil ekivalen elastisitas regangan pada besi tuang kelabu

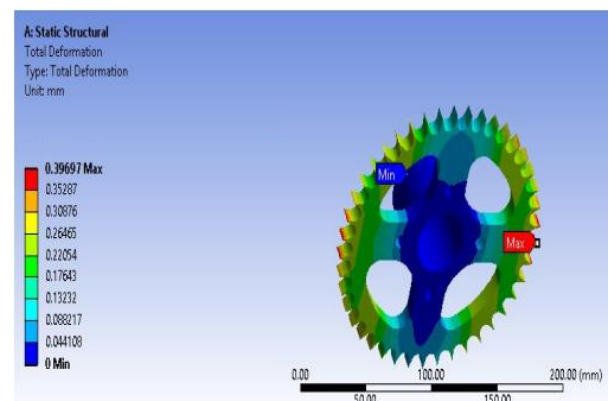


Gambar 12. Hasil ekivalen elastisitas tegangan pada besi tuang kelabu

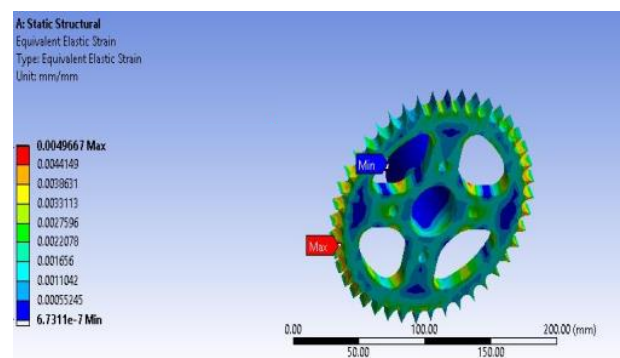
Tabel 5. Hasil analisa besi tuang kelabu

Pengamatan	Minimum	Maksimum
Deformasi total	0 mm	1.44979e-003 mm
Ekivalen regangan	2.5170e-009 mm/mm	1.8820e-005 mm/mm
Ekivalen tegangan	1.1879e-004 MPa	1.9519 MPa
Deformasi langsung	-4.3218e-004 mm	5.9829e-004 mm
Tegangan geser	-0.99211 MPa	0.96729 MPa

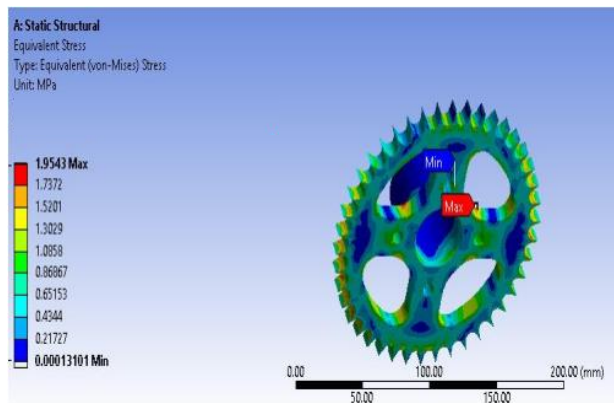
2. Baja paduan AISI 4340



Gambar 13. Hasil total deformasi baja paduan AISI 4340



Gambar 14. Hasil ekivalen elastisitas regangan pada baja paduan AISI 4340

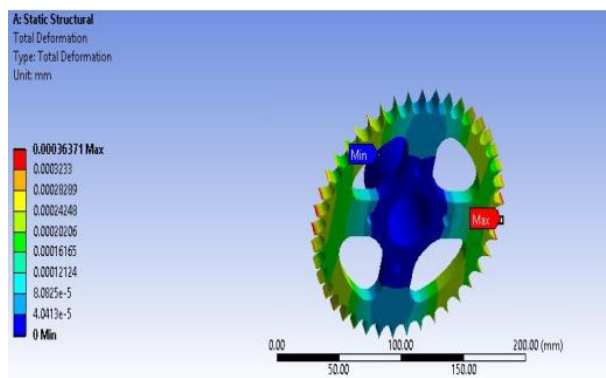


Gambar 15. Hasil ekivalen elastisitas tegangan pada baja paduan AISI 4340

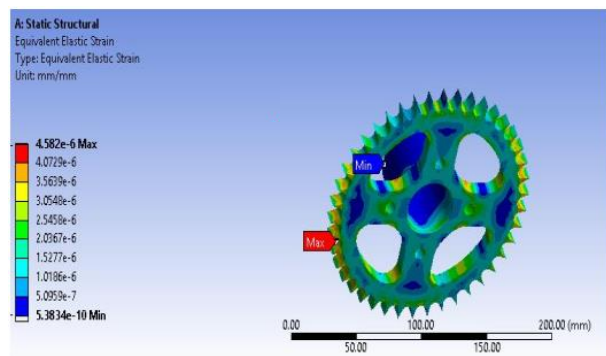
Tabel 6. Hasil analisa baja paduan AISI 4340

Pengamatan	Minimum	Maksimum
Deformasi total	0 mm	0.39689 mm
Ekivalen regangan	6.7309e-007 mm/mm	4.9659e-003 mm/mm
Ekivalen tegangan	1.3111e-004 MPa	1.9539 MPa
Deformasi langsung	-0.11449 mm	0.15779 mm
Tegangan geser	-0.97011 MPa	0.97012 MPa

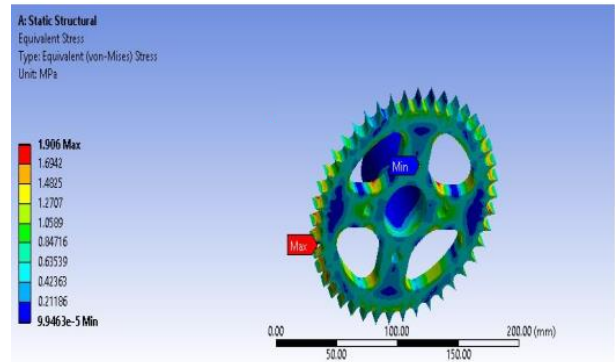
3. Serat karbon epoksi



Gambar 16. Hasil total deformasi serat karbon epoksi



Gambar 17. Hasil ekivalen elastisitas regangan pada serat karbon epoksi



Gambar 18. Hasil ekivalen elastisitas tegangan pada serat karbon epoksi

Tabel 7. Hasil analisa serat karbon epoksi

Pengamatan	Minimum	Maksimum
Deformasi total	0 mm	3.6369e-004
Ekivalen regangan	5.3829e-010 mm/mm	4.579e-006 mm/mm
Ekivalen tegangan	9.9459e-005 MPa	1.911 MPa
Deformasi langsung	1.0449e-004 mm	1.4459e-004 mm
Tegangan geser	-0.9931 MPa	0.9712 MPa

6. Hasil pengamatan

Tabel 8. Hasil analisa elemen hingga besi tuang kelabu

Hasil	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Deformasi total	0 mm	1.44979e-003 mm
Ekivalen regangan	2.5170e-009 mm/mm	1.8820e-005 mm/mm
Ekivalen tegangan	1.1879e-004 MPa	1.9519 MPa

Tabel 9. Hasil analisa elemen hingga baja paduan AISI 4340

Hasil	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Deformasi total	0 mm	0.39689 mm
Ekivalen regangan	6.7309e-007 mm/mm	4.9659e-003 mm/mm
Ekivalen tegangan	1.3111e-004 MPa	1.9539 MPa

Tabel 10. Hasil analisa elemen hingga serat karbon epoksi

Hasil	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Deformasi total	0 mm	3.6369e-004
Ekivalen regangan	5.3829e-010 mm/mm	4.579e-006 mm/mm
Ekivalen tegangan	9.9459e-005 MPa	1.911 MPa

Dengan mengamati tabel di atas dan dilakukan perbandingan hasil sebagai berikut:

1. Total nilai deformasi dalam karbon epoksi adalah 3.6369e-004 mm lebih sedikit dibandingkan dengan besi tuang kelabu dan baja paduan AISI 4340.

2. Regangan elastis baja paduan AISI 4340 adalah 4.9659×10^{-3} mm/mm lebih sedikit dibandingkan dengan besi tuang kelabu dan karbon epoksi.
3. Ekuivalen tegangan baja paduan AISI 4340 adalah 1.9539 MPa. Yang menunjukkan desain lebih aman sebagai bahan yang memiliki keuletan alami.

Kesimpulan

Dari analisis elemen hingga bahan-bahan di atas, nilai tegangan AISI 4340 dan Karbon epoksi memiliki batas ijin yang aman. Perbandingan dengan sifat bahan, karbon epoksi paling cocok untuk sproket karena memiliki kepadatan rendah, ketersediaan bahan, dan biaya yang lebih murah. Baja paduan AISI 4340 menunjukkan hasil yang lebih baik mendekati karbon epoksi, tetapi pada kinerja karbon epoksi melebihi baja paduan AISI 4340 karena adanya pengurangan massa, kemampuan lumas lebih baik dan tingkat ketersediaan yang lebih banyak.

Daftar pustaka

- [1] Harvey, J.N and Noble, G.A (2007). *Inoculation of Cast Irons- An Overview*. 55th Indian Foundry Congress. pp 344-360.
- [2] Onsoien, M.I and Skaland, T (2001). *Preconditioning of Grey Iron melts using Ferrosilicon or Silicon carbides*. American Foundry Society.
- [3] Higgins, R.A (2004). *Engineering Metallurgy: Applied Physical Metallurgy*, 6th ed. Viva Books. New Delhi. pp.355-356.
- [4] Chisamera, M; Riposan, I; Stan, S; White, D and G.Grasmø, (2008). *Graphite Nucleation Control in Grey Cast Iron*, *International journal of cast metals research*. W.S. Maney & son Ltd, Vol. 21 No. 1-4. pp39-44.
- [5] Sudsakorn Inthidech, Prasonk Sricharoenchai and Yasuhiro Matsubara (2006). *Effect of Alloying Elements on Heat Treatment Behavior of Hypoeutectic High Chromium Cast Iron*, *Materials Transactions*. Vol. 47, No. 1, pp. 72.
- [6] Mark Ihm. (2010). *Introduction to Gray Cast Iron Brake Rotor Metallurgy*. TRW Automotive. Society of Automotive Engineers. www.slideshare.net/usman31/tutorial-ihm. July, 02, 2019.
- [7] Cleiton C. et.al. (2008). *Evaluation of AISI 4140 Steel Repair Without Post-Weld Heat Treatment*. Journal of Materials Engineering and Performance. ASM International. p.1-9.
- [8] Edwan Anderson A. et.al. (2014). *Numerical Simulation with Thorough Experimental Validation to Predict the Build-up of Residual Stresses during Quenching of Carbon and Low-Alloy Steels*. ISIJ International. Vol. 54 No. 6. pp. 1396–1405.
- [9] W.N.M. Jamil. et.al. (2016). *Mechanical properties and microstructures of steel panels for laminated composites in armoured vehicles*. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME). Vol.13. Issue 3 pp. 3742 – 3753.
- [10] Ahmet Avci. et.al. (2009). *Mechanical and microstructural properties of low-carbon steel-plate-reinforced gray cast iron*. Journal Of Materials Processing Technology. Vol.20 Issue 9. pp.1410–1416.
- [11] V.Dattoma, R. et.al. (2016). *Advanced NDT Procedures And Thermal Data Processing On CFRP Aeronautical Components*. Proceedings IRF2018: 6th International Conference Integrity-Reliability-Failure Lisbon/Portugal. Editors J.F. Silva Gomes and S.A. Meguid. 22-26 July 2018.