

DESAIN DAN SIMULASI RODA GIGI LURUS DENGAN PERBANDINGAN BAHAN AISI 1045 STEEL, AISI 4130 STEEL, DAN AISI 4340 STEEL DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORK

Riza Muhammad Shofian¹, Abdullah Robeid Soleh², David Maulana³, Muhammad Nabiil Hadiyyatullah⁴

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Jember, Kabupaten Jember, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding author: : rizamuhshofian@gmail.com

Article Information: submission received XXX; revision: XXX; accepted XXX; first published online XXX

Abstract

Gears are an important component in modern industrial machinery that plays a role in transmitting power and movement between machine parts. This study aims to design and simulate straight gears using SolidWorks 2018 software by considering three different types of steel: AISI 1045 Steel (cold drawn), AISI 4130 Steel (annealed at 865°C), and AISI 4340 Steel (normalized). Evaluation was carried out on the strength, structural stability, and safety factors of each steel material used. The simulation results showed that the three types of steel were able to withstand the generated stress well. The maximum recorded Von Mises voltage is 294 MPa for AISI 1045 Steel, 304 MPa for AISI 4130 Steel, and 324 MPa for AISI 4340 Steel. The recorded maximum displacement of about 0.025 mm, indicating that the gear design has optimal stability during operation. The equivalent strain that occurs in all materials is also low, around 0.001, indicating a good ability to resist deformation when the load is applied. High safety factors are observed for all types of steel, reaching a maximum value of up to 42,521.7 for AISI 4340 Steel. Thus, this study concludes that the three types of steel evaluated are suitable for applications in straight gear design taking into account the dimensions and operational conditions that have been established, as well as contributing to the understanding of the mechanical behavior of gears and the importance of simulation in validating the design before physical production is carried out.

Keywords: Gears; SolidWorks 2018; AISI 1045 Steel; AISI 4130 Steel; AISI 4340 Steel

1. INTRODUCTION

Roda gigi umumnya merupakan benda yang terdiri dari logam dan nonlogam, berbentuk bulat dan pipih pada pinggirannya dengan gigi-gigi. Dengan kemajuan dan pertumbuhan industri yang kompetitif, peningkatan kekuatan komponen mesin, seperti roda gigi, telah menjadi hal yang sangat krusial dalam dunia industri saat ini. Semua

peralatan industri, bahkan peralatan sehari-hari, telah menggunakan roda gigi dalam berbagai bentuk, dari yang sederhana hingga yang kompleks untuk keperluan yang besar. Seiring dengan perkembangan dan bertumbuhnya industri yang kompeten, peningkatan kekuatan komponen mesin, seperti roda gigi, menjadi bagian terpenting dari sebuah mesin di industri. Karena roda gigi dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin dengan beban dan kecepatan yang bervariasi, maka dibutuhkan bahan yang sesuai dengan kekuatan yang memadai dan bobot yang ringan (Susanto, H. 2017). Jika perancangan roda gigi tidak akurat, maka roda gigi tidak dapat berfungsi secara optimal. Misalnya, kontak kasar antara gigi-gigi dapat mengganggu gerakan yang tepat, menyebabkan gaya kontak yang tidak konsisten antar gigi. Perhitungan perancangan roda gigi dapat dilakukan secara manual atau dapat dibantu dengan menggunakan software solidwork 2018 dapat menghemat waktu dan biaya. Dalam penelitian ini software solidwork 2018 digunakan untuk perancangan roda gigi sehingga diperoleh dimensi, gaya dan torsi dan tegangan yang bekerja pada roda gigi dengan cepat dan mudah. Setelah itu, hasil perancangan dibandingkan dengan perhitungan manual untuk roda gigi lurus yang telah dirancang. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang roda gigi lurus dengan menggunakan software solidwork 2018.

2. LITERATURE REVIEW

Roda gigi dapat dibagi berdasarkan arah giginya menjadi beberapa jenis seperti roda gigi lurus, miring, kerucut, dan cacing. Dalam perancangan roda gigi, penting untuk memperhatikan dimensi, gaya, torsi, dan tegangan-tegangan yang bekerja pada roda gigi. Ketidak sempurnaan dalam hal ini dapat mengakibatkan roda gigi tidak berfungsi optimal, seperti kontak yang kasar antara gigi-gigi yang mengganggu gerakan yang tepat dan menyebabkan ketidak seragaman gaya kontak antar gigi dengan gigi lainnya (Mott, 2008).

Roda gigi lurus adalah batang bulat yang memiliki gigi-gigi hasil dari pemotongan. Roda gigi lurus digunakan untuk memindahkan putaran antara dua poros yang sejajar dan dapat meningkatkan kecepatan atau menurunkan kecepatan. Roda gigi lurus memiliki variasi berdasarkan posisi poros antara roda gigi penggerak dan yang digerakkan. Perhitungan roda gigi lurus meliputi ukuran-ukuran yang tercantum dalam bagian-bagian utama roda gigi, seperti jumlah gigi, putaran roda gigi, dan modul gigi. (Sularso K. S. 2008).

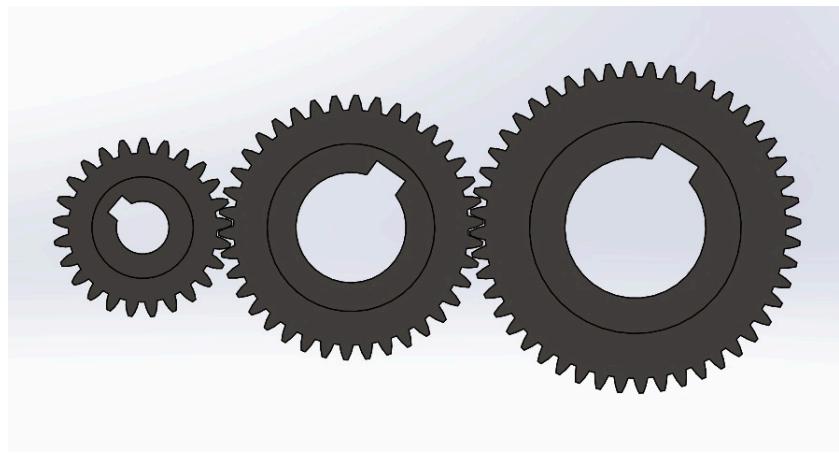
SolidWorks adalah perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD) dan Computer-Aided Engineering (CAE) yang dikembangkan oleh Dassault Systèmes, digunakan secara luas di industri manufaktur, teknik, dan desain produk untuk merancang, mensimulasikan, dan menganalisis komponen mekanik serta sistem. Dirilis pertama kali pada tahun 1995, SolidWorks telah mengalami berbagai pengembangan hingga versi SolidWorks 2018 yang menawarkan alat dan fitur canggih untuk membantu insinyur dan desainer dalam proses perancangan. Komponen utama SolidWorks 2018 meliputi Part Modeling untuk pembuatan

model 3D, Assembly Modeling untuk merakit komponen menjadi sistem kompleks, Drawing untuk membuat gambar teknik 2D, dan Simulation untuk analisis dan pengujian virtual. Selain itu, SolidWorks 2018 juga dilengkapi dengan alat-alat tambahan untuk rendering, animasi, dan dokumentasi teknik, yang semuanya berkontribusi pada efisiensi dan akurasi dalam proses desain dan pengembangan produk.

3. METHOD

Desain Roda Gigi Lurus

Penelitian ini menggunakan SolidWorks 2018 untuk merancang roda gigi Simulasi dilakukan untuk tiga jenis baja (AISI 1045, AISI 4130, AISI 4340) dengan evaluasi terhadap tegangan Von Mises, perpindahan, regangan, dan faktor keamanan. Beban sebesar 5000 Newton diterapkan pada roda gigi untuk mensimulasikan kondisi operasional.



Gambar 1. GEAR 1, GEAR 2, GEAR 3.

Tabel 1. Spesifikasi Ukuran Desain

GEAR 1	GEAR 2	GEAR 3
Module: 1.5	Module: 1.5	Module: 1.5
Teeth: 25	Teeth: 38	Teeth: 48
Pressure Angle: 20°	Pressure Angle: 20°	Pressure Angle: 20°
Width: 15	Width: 15	Width: 15
Hub Diameter: 23	Hub Diameter: 38	Hub Diameter: 48
Overall Length: 20	Overall Length: 23	Overall Length: 23
Nominal Shaft Diameter: 12	Nominal Shaft Diameter: 25	Nominal Shaft Diameter: 33

Tabel 2. AISI 1045 Steel, cold drawn

NO	Property	Value	Units
1	Elastic Modulus	205000	N/mm ²
2	Poisson's Ratio	0.29	N/A
3	Shear Modulus	80000	N/mm ²
4	Mass Density	7850	kg/m ³
5	Tensile Strength	625	N/mm ²
6	Yield Strength	530	N/mm ²
7	Thermal Expansion Coefficient	1.15e-05	/K
8	Thermal Conductivity	49.8	W/(m·K)
9	Specific Heat	486	J/(kg·K)

Tabel 3. AISI 4130 Steel, annealed at 865C

NO	Property	Value	Units
1	Elastic Modulus	205000	N/mm ²
2	Poisson's Ratio	0.285	N/A
3	Shear Modulus	80000	N/mm ²
4	Mass Density	7850	kg/m ³
5	Tensile Strength	560	N/mm ²
6	Yield Strength	460	N/mm ²
8	Thermal Conductivity	42.7	W/(m·K)
9	Specific Heat	477	J/(kg·K)

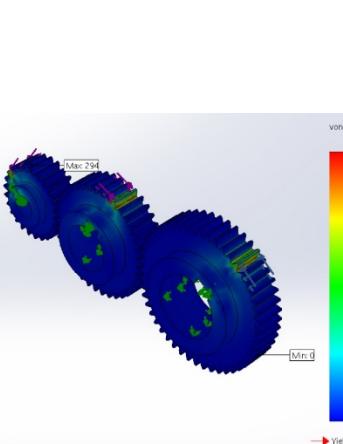
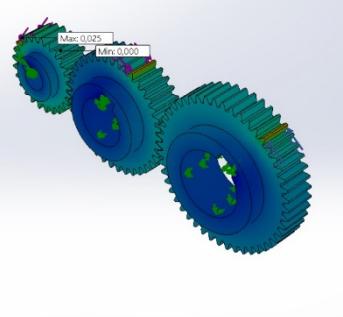
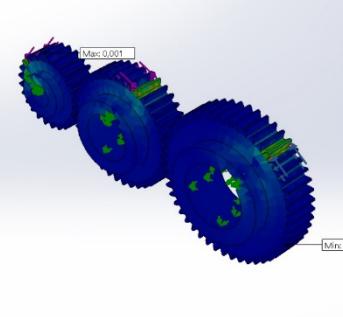
Tabel 4. AISI 4340 Steel, normalized

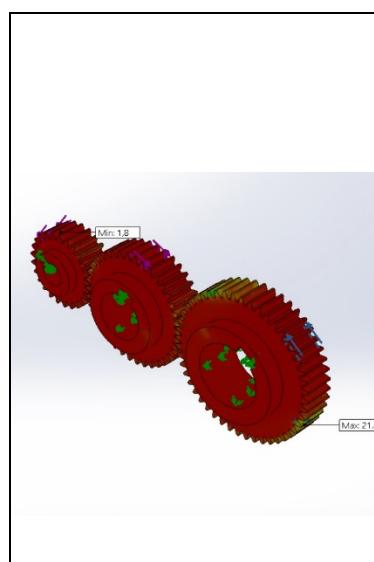
NO	Property	Value	Units
1	Elastic Modulus	205000	N/mm ²
2	Poisson's Ratio	0.32	N/A
3	Shear Modulus	80000	N/mm ²
4	Mass Density	7850	kg/m ³
5	Tensile Strength	1110	N/mm ²
6	Yield Strength	710	N/mm ²
7	Thermal Expansion Coefficient	1.23e-05	/K
8	Thermal Conductivity	44.5	W/(m·K)
9	Specific Heat	475	J/(kg·K)

Hasil simulasi ini, dilakukan menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2018 untuk mengevaluasi performa roda gigi lurus yang terbuat dari tiga jenis baja berbeda: AISI 1045

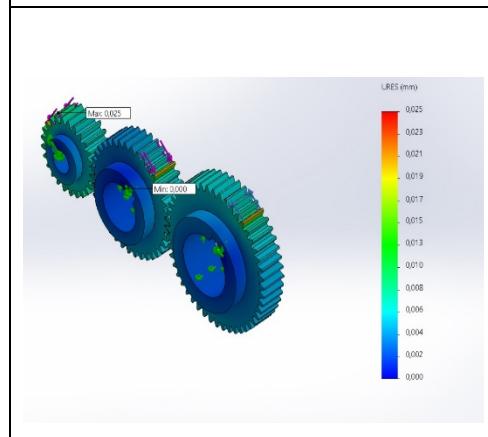
Steel (cold drawn), AISI 4130 Steel (annealed at 865°C), dan AISI 4340 Steel (normalized). Berikut adalah hasil simulasinya:

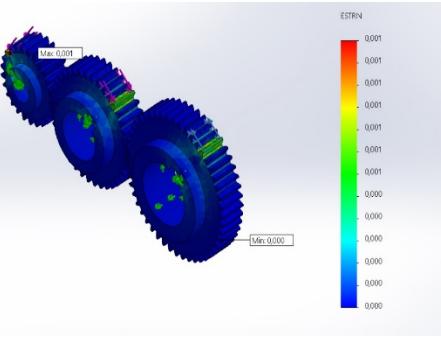
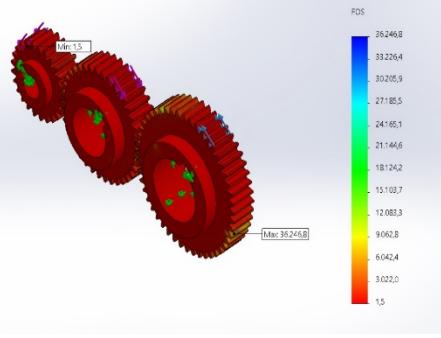
5.1 AISI 1045 Steel, cold drawn

	Name	Type	Min	Max
	Stress1	VON: Von Mises Stress	Tegangan minimum (Min) adalah 0 MPa, yang mungkin terjadi pada elemen-elemen yang tidak terbebani secara signifikan.	Tegangan maksimum (Max) yang terjadi adalah sekitar 294 MPa pada Node 10079 dari model roda gigi.
	Displacement1	URE S: Resultant Displacement	Displacement minimum (Min) adalah 0 mm, yang menunjukkan bahwa beberapa bagian dari model mungkin tetap stabil.	Perpindahan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 0,025 mm pada Node 1 dari model.
	Strain1	ESTR N: Equivalent Strain	Regangan minimum (Min) adalah 0, yang menunjukkan bahwa beberapa elemen mungkin tidak mengalami deformasi yang signifikan.	Regangan maksimum (Max) yang terjadi adalah sekitar 0,001 pada elemen dengan nomor 2781 dari model.

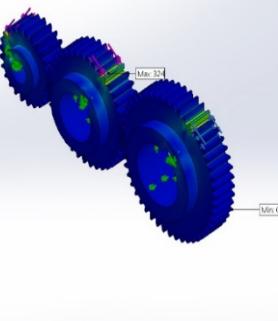
	Factor of Safety1	Auto	Faktor keamanan minimum (Min) adalah 1,8, yang menunjukkan bahwa beberapa area pada model mungkin memiliki keamanan yang lebih rendah dari yang diinginkan.	Faktor keamanan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 21.475,1 pada Node 10079 dari model.
---	-------------------	------	---	--

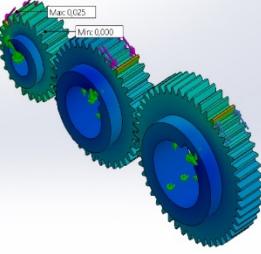
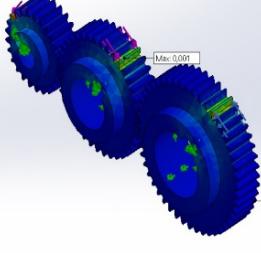
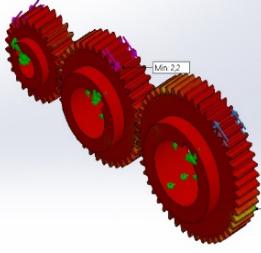
5.2 AISI 4130 Steel, annealed at 865C

	Name	Type	Min	Max
	1	VON: Mises	Tegangan minimum (Min) adalah 0 MPa.	Tegangan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 304 MPa pada Node 20800 dari model roda gigi.
	Displacement1	URES: Resultant Displacement	Displacement minimum (Min) adalah 0 mm.	Perpindahan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 0,025 mm pada Node 310 dari model.

	1 Strain	ESTR N: Equivalent Strain	Regangan minimum (Min) adalah 0.	Regangan maksimum (Max) yang terjadi adalah sekitar 0,001 pada elemen dengan nomor 16113 dari model.
	Factor of Safety 1	Automatic	Faktor keamanan minimum (Min) adalah 1,5.	Faktor keamanan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 36.246,8 pada Node 20800 dari model.

5.3 AISI 4340 Steel, normalized

Name	Type	Min	Max
	Stress1 Von Mises Stress	VON: Mises Tegangan minimum (Min) adalah 0 MPa.	Tegangan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 324 MPa pada Node 18614 dari model roda gigi.

	Displacement1	VON: Von Mises Stress	Displacement minimum (Min) adalah 0 mm.	Perpindahan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 0,025 mm pada Node 3 dari model.
	Strain1	ESTR N: Equivalent Strain	Regangan minimum (Min) adalah 0.	Regangan maksimum (Max) yang terjadi adalah sekitar 0,001 pada elemen dengan nomor 7921 dari model.
	Factor of Safety1	Auto	Faktor keamanan minimum (Min) adalah 2,2.	Faktor keamanan maksimum (Max) yang tercatat adalah sekitar 42,521,7 pada Node 18614 dari model.

4. RESULTS and DISCUSSION

Penelitian ini, dilakukan simulasi menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2018 untuk mengevaluasi performa roda gigi lurus yang terbuat dari tiga jenis baja berbeda: AISI 1045 Steel (cold drawn), AISI 4130 Steel (annealed at 865°C), dan AISI 4340 Steel (normalized). Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan Von Mises untuk AISI 1045 Steel, AISI 4130 Steel, dan AISI 4340 Steel berturut-turut adalah 294 MPa, 304 MPa, dan 324 MPa. Semua material menunjukkan tegangan di bawah batas kekuatan tariknya, dengan AISI 4340 Steel menunjukkan kekuatan tertinggi.

Perpindahan maksimum yang tercatat untuk ketiga jenis baja adalah sekitar 0,025 mm, menunjukkan stabilitas yang baik dari struktur roda gigi selama operasi. Regangan maksimum yang terjadi pada semua material sekitar 0,001, menandakan kemampuan yang baik dalam menahan deformasi saat beban diberikan. Analisis faktor keamanan menunjukkan nilai maksimum hingga 42.521,7 untuk AISI 4340 Steel, yang menegaskan ketahanan yang cukup terhadap beban maksimum sebelum batas kegagalan tercapai.

Berdasarkan hasil simulasi, AISI 4340 Steel diidentifikasi sebagai material terbaik untuk roda gigi lurus, menawarkan tegangan Von Mises tertinggi, faktor keamanan yang lebih tinggi, dan stabilitas yang baik dalam kondisi operasional yang berat. Sementara itu, meskipun memiliki performa yang baik, AISI 4130 Steel menunjukkan faktor keamanan yang sedikit lebih rendah dibandingkan dengan AISI 1045 Steel, sehingga perlu pertimbangan lebih lanjut dalam aplikasi yang membutuhkan ketahanan struktural yang tinggi.

Dengan demikian, pemilihan material berdasarkan hasil simulasi ini dapat memberikan panduan yang bermanfaat dalam desain roda gigi untuk aplikasi industri yang memerlukan performa yang optimal dan keandalan structural.

5. CONCLUSION

Dalam evaluasi performa roda gigi lurus menggunakan simulasi SolidWorks 2018 dengan mempertimbangkan tiga jenis baja berbeda: AISI 1045 Steel (*cold drawn*), AISI 4130 Steel (*annealed at 865°C*), dan AISI 4340 Steel (*normalized*), beberapa kesimpulan dapat diambil. Pertama, ketiga jenis baja menunjukkan tegangan maksimum yang masih berada di bawah batas kekuatan tariknya, dengan AISI 4340 Steel menunjukkan kekuatan tertinggi di antara ketiganya. Kedua, perpindahan maksimum yang sangat kecil menunjukkan stabilitas yang baik dari desain roda gigi dalam mempertahankan integritas geometrisnya selama operasi. Ketiga, regangan setara yang rendah pada semua material menunjukkan kemampuan yang baik dalam menahan deformasi saat beban diberikan. Keempat, dengan faktor keamanan yang tinggi untuk semua jenis baja, mencapai nilai maksimum hingga 42.521,7 untuk AISI 4340 Steel, desain roda gigi menunjukkan ketahanan yang memadai terhadap beban maksimum yang diperhitungkan. Secara keseluruhan, hasil simulasi mendukung kesesuaian ketiga jenis baja ini untuk aplikasi dalam desain roda gigi lurus dengan mempertimbangkan dimensi dan kondisi operasional yang ditetapkan, serta menyoroti pentingnya simulasi untuk validasi desain sebelum produksi fisik dilakukan.

References

- Agrawal, A. P., Ali, S., & Rathore, S. (2022). Finite element stress analysis for shape optimization of spur gear using ANSYS. *Materials Today: Proceedings*, 64, 1147–1152.

- Darmawan, A. S., Anggono, A. D., Yulianto, A., Febriantoko, B. W., Masyrukan, M., & Hamid, A. (2022). Comparison of Microstructure, Yield Strength, Tensile Strength, and Modulus of Elasticity between Gray Cast Iron and Nodular Cast Iron. *Key Engineering Materials*, 935, 25-32.
- Darmawan, A. S., Yulianto, A., Masyrukan, P. I. P., & Jati, G. N. (2020). Shear yield strength, modulus of rigidity, and modulus of rupture of nodular cast iron on Magnesium Addition. *International Journal*, 8(6).
- Erinofiardi, Kevin Asyarial, Hendra. (2013). *PERANCANGAN RODA GIGI LURUS, RODA GIGI MIRING DAN RODA GIGI KERUCUT LURUS BERBASIS PROGRAM KOMPUTASI*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- Firth, A., & Long, H. (2010). A design software tool for conceptual design of wind turbine *GEAR*boxes. In European Wind Energy Conference and Exhibition 2010, EWEC 2010 (Vol. 5, pp. 3568-3578). Sheffield.
- Gupta, K., & Chatterjee, S. (2018). Analysis of design and material selection of a spur *GEAR* pair for solar tracking application. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 789-795.
- Hidayat, N. (2013). *SolidWorks 3D Drafting and Design*. Bandung: Informatika.
- Mott L. Robert, 2008. "Perancangan Elemen Mesin". Jakarta.
- Prasetyo, A. D. A., Darmawan, I. A. S., & Patna Partono, S. T. (2021). Perancangan Ulang Transmisi Roda Gigi Lurus pada Sepeda Motor Honda Astrea Star 85, 8 cc Dengan Daya 6, 27 kW dan Putaran 7.500 rpm dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga dan Bahan Besi Cor Nodular (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Puneeth M L, M. G. (2022). Design and Analysis of Asymmetric Spur Gear.
- Sularso K. S. (2008). "Roda Gigi dan Puli." *Digilib UNS*.
- Susanto, H. (2017). "Analisis Tegangan Roda Gigi Miring pada Transmisi Kendaraan Roda Empat berdasarkan AGMA dan ANSYS". *Media Teknika Jurnal Teknologi*. Vol. 12, No. 1, 1412-5641.
- Tangel, D., Tangkuman, S., & Luntungan, H. (2016). Aplikasi Spreadsheet Pada Perancangan Roda Gigi Lurus. *JURNAL POROS TEKNIK MESIN UNSRAT*, 5(2).