

ANALISA KEGAGALAN SHAFT RODA GIGI GEARBOX TYPE RFM 3090 LA 35,5/1**Sunaryo⁽¹⁾, Japri⁽²⁾, Ir.Denur⁽³⁾**⁽¹⁾ Prodi Teknik Mesin - Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah Riau^(2,3) Prodi Mesin Otomotif – Fak. Teknik Universitas Muhammadiyah RiauE-mail : Sunaryo@umri.ac.id, Japri@umri.ac.id, denur@umri.ac.id**Abstract**

Shaft gear is one part of the machine components that experience dynamic load will occur voltage fluctuations. When the fluctuations occur repeatedly as often as possible, there will be failure, even though the maximum voltage that occurs is still smaller than the static strength of the wheel axle material. Failure of a shaft material is inseparable from the characteristics of its structure. Failure of the shaft occurs at points where there is a voltage concentration, where the source of the stress concentration on the machine element, can be pull, groove, hole, thread, pegs and others. The weakness or failure of a SS 304 carbon steel material used as a shaft is influenced by many factors. It should be noted that the breakage of a material always begins at places where stress concentration occurs with its loading pattern. In response to the above problems, a failure analysis of the gear shaft of Stainless Steel AISI 304 is required. By testing the metal mechanical properties by tensile testing, hardness testing, obtained from fatigue test with tensile strength of 812,97 MPa in diameter 13 shaft of gear and 825,37 MPa for diameter 16 and yield strength of SS 304 for diameter 13 is 806,03 N/mm² while diameter 16 equal to 821,20 N/mm². The result of fatty test shows the three stresses given at diameter 12 (mm) of 61.2 Mpa then the resulting cycle amounted to 87476 for 145 Minutes at 2800 speed, in contrast to the fatigue test results for a given voltage of 76.5 Mpa, resulting in 87354 for 120 minutes, resulting in the greater the applied stress the cycle and time will be faster the occurrence of fatality in the material Stainless Steel AISI 304. Hardness value (Hardening) on shaft gears with Stainless Steel AISI 304 material no difference between shaft diameter 13 of HB: 133 and diameter 16 of HB: 133. The difference in diameter on the shaft does not affect the hardness value in the shaft material of the gear. Factors that affect or tend to alter the condition of fatigue or fatigue strength are the types of loading, rotation, environmental humidity (corrosion), stress concentration, temperature, material fatigue, chemical composition of materials, residual stresses.

Keyword : shaft gear rotary, failure, material**I. PENDAHULUAN**

Perkembangan dalam bidang perancangan dan manufaktur konstruksi mesin telah mendorong dilakukannya secara terus menerus pengujian terhadap material dengan berbagai metoda. Meskipun semua jenis material yang ada dipasaran telah mengalami proses pengujian kekuatan dan perilaku mekanik, ternyata masih banyak informasi yang dibutuhkan oleh para perancang dan teknisi yang belum terpenuhi secara maksimal. Salah satu hal yang masih perlu dilakukan penelitian dalam mendapatkan perilaku dinamis material dalam berbagai kondisi pembebanan.

Shaft roda gigi gearbox merupakan salah satu bagian dari komponen mesin yang mengalami beban dinamis akan terjadi fluktuasi tegangan. Ketika fluktuasi yang terjadi berlangsung secara berulang sesering mungkin, maka akan terjadi kegagalan, meskipun tegangan maksimum yang terjadi masih lebih kecil dibanding dengan kekuatan statis material pros roda tersebut. Pada kondisi ini, sifat-sifat mekanik material telah mengalami perubahan, kemampuannya untuk menerima beban maksimum akan berkurang pula

Kegagalan suatu material shaft roda gigi tidak terlepas dari karakteristik struktur yang dimilikinya. Kegagalan poros tersebut terjadi pada titik-titik dimana terdapat konsentrasi tegangan, dimana sumber dari konsentrasi tegangan pada elemen mesin, dapat berupa takik, alur, lubang, ulir, pasak

dan lain-lain. Untuk membuat geometri struktur yang benar-benar kontinyu dan bebas cacat adalah relatif sulit, karena tuntutan desain ataupun proses fabrikasi yang berpeluang menciptakan cacat, baik disengaja maupun tidak disengaja. Adanya takikan, alur pasak, maupun kontruksi yang bertanggung sangat berpotensi untuk menimbulkan konsentrasi tegangan pada daerah dimana terjadi perubahan penampang. Suatu struktur tanpa konsentrasi tegangan, patah leleh dapat terjadi pada tegangan yang besarnya kurang dari sepertiga kekuatan tarik statiknya. Sedangkan pada struktur dengan konsentrasi tegangan, maka patah leleh akan terjadi pada tegangan yang

Meskipun semua jenis material yang ada dipasaran telah mengalami proses pengujian kekuatan dan perilaku mekanik, ternyata masih banyak informasi yang dibutuhkan oleh para perancang yang belum terpenuhi secara maksimal. Salah satu hal yang hingga saat ini masih terus dikaji adalah permasalahan kegagalan (*failure*) yang terjadi pada shaft roda gigi seperti; perpathan(*breaking*), misalignment, leleh dari permukaan, serta material *shaft* pada roda gigi tidak sesuai dengan kinerja roda gigi.

a. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kegagalan *shaft* roda gigi RFM 3090 LA 35,5/1.

b. Metode Eksperimen

Alat dan Bahan yang digunakan

Beberapa peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: 1) *Hardening Portable Tester* AMTAST, 2) Mesin uji fatik, 3) Mesin uji tarik HUNG TAHT-8503

II. Material Uji (Spesimen)

Paduan Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*) Fe-Cr-Mn Semua logam cenderung bereaksi dengan oksigen di lingkungan membentuk lapisan oksida pada permukaan. Begitu juga dengan baja, baja merupakan logam yang mudah terkorosi apabila berada pada lingkungan yang korosif. Untuk mengatasi hal ini biasanya dibutuhkan upaya untuk mengendalikan korosi baik dengan pelapisan, anoda tumbal maupun arus paksa. Namun tentu perlindungan yang diberikan terbatas. Baja tahan karat merupakan salah satu *high alloy steel* terutama adalah paduan Cr. Baja tahan karat mengandung kromium lebih dari 10.5% (Baddo, Burgan, & Orgen, 1997). Baja paduan jenis ini merupakan baja yang memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi. Adanya oksida krom pada baja akan membentuk lapisan oksida pada permukaan baja. Jenis yang kedua adalah baja tahan karat feritik, baja jenis ini merupakan baja dengan fase ferit pada semua temperatur. Pembentukan ferit sangat dipengaruhi oleh kadar krom yang tinggi dan kadar penstabil austenit seperti Ni dan Mn rendah. ini memiliki karakteristik tidak dapat dikeraskan, magnetic dan dapat di *cold work* maupun *hot work*. Bila dibandingkan dengan martensitic, kelompok baja tahan karat ini lebih tahan korosi karena kadar krom juga tinggi yaitu 14-27%Cr. Berdasarkan AISI baja tahan karat jenis feritik merupakan baja tahan karat seri 400.

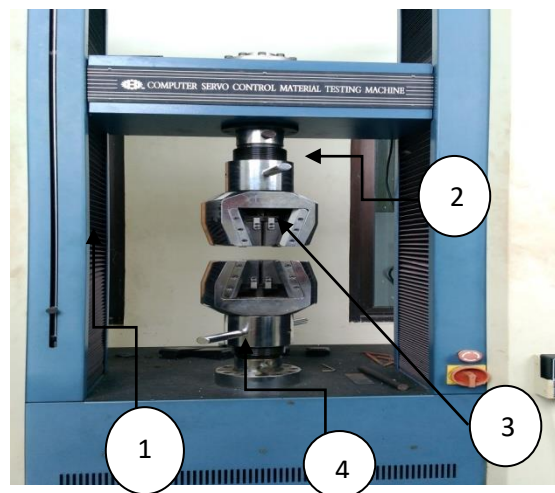
Dan jenis baja yang paling banyak diproduksi didunia adalah baja seri 300 yaitu baja tahan karat austenitik. Baja jenis ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya sifat ketahanan korosi paling baik diantara jenis lainnya. Selain itu memiliki kekuatan dan kekerasan tinggi sekaligus keuletan juga tinggi. Jenis baja tahan karat austenitic mengandung krom lebih dari 23% dan menggunakan Ni atau Mn sebagai penstabil austenit. Karakteristik dari baja jenis ini adalah mudah di *hotwork*, tapi sulit di *coldwork*, non magnetic dan tidak dapat dikeraskan. Semakin tinggi kadar Ni dalam baja tahan karat maka austenit akan semakin stabil pada temperatur kamar. Untuk mendapatkan fasa yang diinginkan biasanya digunakan diagram schaeffler (gambar 2.10). Diagram tersebut dapat memprediksi fasa apakah yang akan terbentuk bila komposisi baja tahan karat diubah-ubah.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik, Fatik, dan Hardening

III. Rancangan Penelitian

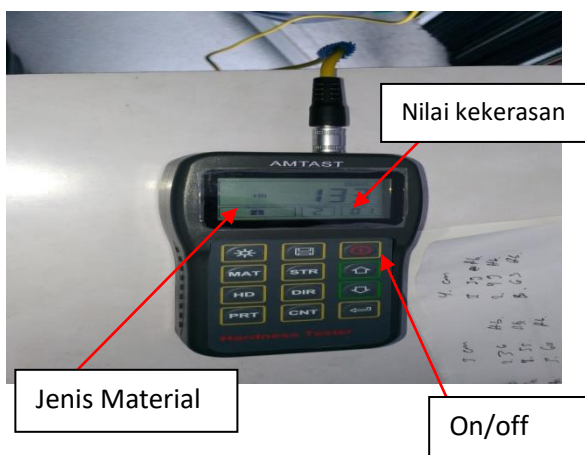
a. Set-up alat uji



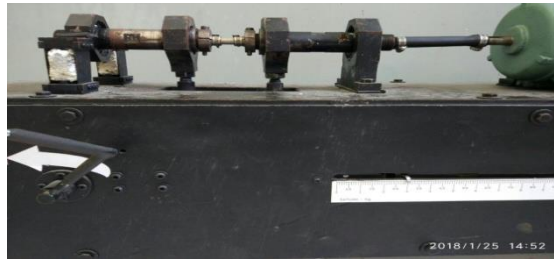
Gambar 2. Alat penguji tarik HUNG TAHT-8503

Keterangan gambar :

1. Batang hidrolik
2. Penyangga ragum
3. Ragum atas
4. Tuas pengikat ragum



Gambar 3 Hardness Portable



Gambar 4 Mesin Uji Fatik Universitas Andalan

IV. Hasil Uji Tarik

V. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan

A. Diameter 13 (mm) :

1. Spesimen : *Stainless Steel* AISI 304
2. $L_o = 200$ mm $L_f = 265$ mm
3. $d = 13$ mm
4. Kecepatan tarik : 2 mm/menit
5. Jenis mesin : HUNG TA HT-8503

Tabel 1. hasil uji tarik

6. Beban batas maksimum = 115507 N
7. Beban skala penuh = 115000 N

Spesimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
Diameter 13 (mm)	132,665	115507,0	806,03	812,97	34,67
Diameter 16 (mm)	200,96	150756,7	821,20	825,37	34,67

Luas penampang spesimen :

$$\frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3,14}{4} \cdot (13)^2 = 132,665 \text{ mm}^2$$

a. Elongation (e) = $\frac{\Delta L}{L_o} \times 100 \% = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \% = \frac{65}{200} \times 100 \% = 32,5 \%$

b. Tensile Strength (S_u) = $\frac{P}{A_o} = \frac{115507}{132,665} = 870,667 \text{ Mpa}$

c. Yield Strength (Ys) = $\frac{P_y}{A_0} = \frac{115000}{132,665} = 866,845 \text{ Mpa}$

B. Diameter 16 (mm) :

1. Spesimen : *Stainless Steel* AISI 304
2. $L_o = 200 \text{ mm}$ $L_f = 273 \text{ mm}$
3. $d = 16 \text{ mm}$
4. Kecepatan tarik : 2 mm/menit
5. Jenis mesin : HUNG TA HT-8503
6. Beban batas maksimum = 150756,7 N
7. Beban skala penuh = 150000 N

Luas penampang spesimen =

$$\frac{\pi}{4} d^2 = \frac{3,14}{4} \cdot (16)^2 = 200,96 \text{ mm}^2$$

a. Elongation (e) = $\frac{\Delta L}{L_o} \times 100 \% = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100 \% = \frac{73}{200} \times 100 \% = 36,5 \%$

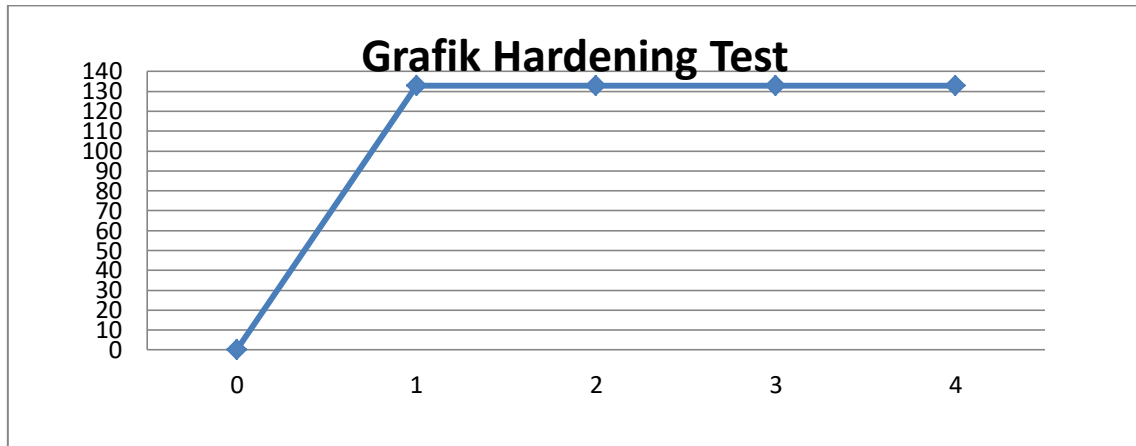
b. Tensile Strength (S_u) = $\frac{P}{A_0} = \frac{150756,7}{200,96} = 750,227 \text{ Mpa}$

c. Yield Strength (Ys) = $\frac{P_y}{A_0} = \frac{150000}{200,96} = 746,417 \text{ Mpa}$

C. Hasil Uji Kekerasan (Brinell Test)

Jumlah Pengambilan	Jenis Material	HB (Nilai kekerasan)
1	<i>Stainless Steel</i> AISI 304	133
2	<i>Stainless Steel</i> AISI 304	133
3	<i>Stainless Steel</i> AISI 304	133
4	<i>Stainless Steel</i> AISI 304	133

Hasil uji Brinell Hardening diameter 13 (mm) dan diameter 16 (mm)



Gambar 4. Nilai Kekerasan shaft roda gigi Stainless Steel AISI 304

D. Hasil Uji Kelelahan (*Fatigue*)

133 133 133

No	UTS (MPa)	Tegangan (%)	d (mm)	L (mm)
1.	510	12	12	42
2.	510	15	12	42

Tabel

4 Data Hasil Uji Kelelahan (*fatigue*)

Tegangan yang diberikan pada pengujian ditentukan berdasarkan *Ultimate Tensile Stress Stainless Steel AISI 304*. Data yang dihasilkan dari *mechanical properties Stainless Steel AISI 304* adalah minimal 510 MPa dan maksimal 610 MPa. Pengujian dengan memakai nilai minimal sebesar 510 MPa. Nilai pembebanan yang didapat .

Tabel 5 hasil uji kelelahan (*fatigue*) terhadap spesimen

No	σ (Mpa)	Siklus (N)	d (mm)	L (mm)	Speed (rpm)	Waktu (Menit)
1.	61,2	87476	12	42	2800	145
2.	76,5	87354	12	42	2800	120

• Beban pada tegangan

12 % dari UTS (*Ultimate Tensile Strength*)

$$\begin{aligned}\sigma &= \frac{w \cdot L/2}{\pi/32 d^3} \\ 510 \cdot 12 \% &= \frac{w \cdot 42/2}{\pi/32 (12 \text{ mm})^3} \\ w &= 864,756 \text{ N} \qquad \qquad \qquad = 8,65 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Beban (w) yang diberikan terhadap spesimen uji ketika pengujian berlangsung adalah sebesar 8 kg dan 10 Kg.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa kegagalan shaft roda gigi type RFM 3090 LFM 35,5/1, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari kekuatan tarik spesimen untuk diameter 13 (mm) didapat elongation (e) sebesar 34,67 % sedangkan secara teoritis elongation (e) sebesar 32,5 % .
Spesimen untuk diameter 16 (mm) didapat elongation (e) sebesar 34,67 % sedangkan secara teoritis elongation (e) sebesar 36,5 %
Tensile Strength (kekuatan tarik) untuk diameter 16 (mm) sebesar 825,37 Mpa lebih tinggi dari diameter 13 (mm) yaitu sebesar 812,97 Mpa.
Yield Strength (Kekuatan luluh) untuk diameter 16 (mm) sebesar 821,20 N/mm² dan untuk spesimen diameter 13 (mm) sebesar 806,03 N/mm²
2. Diameter shaft dapat mempengaruhi nilai *elongation* (perpanjangan), *Tensile Strength* (Kekuatan Tarik), dan *Yield Strength* (Kekuatan luluh).
3. Nilai kekerasan (*Hardening*) pada shaft roda gigi dengan material *Stainless Steel* AISI 304 tidak ada perbedaan antara shaft diameter 13 (mm) sebesar HB : 133 dan diameter 16 (mm) sebesar HB : 133. Perbedaan diameter pada shaft tidak mempengaruhi nilai kekerasan pada material shaft roda gigi.
4. Tegangan yang diberikan kepada *Stainless Steel* AISI 304 pada *shaft* gearbox sangat tinggi yaitu >15 % sehingga melebihi nilai *ultimate tensile strength* yang dianjurkan.
5. Beban yang diterima *shaft* roda gigi gearbox RFM 3090 LA 35,5/1 dengan material AISI 304 mempengaruhi waktu fatik terhadap *shaft*.

Waktu operasional *shaft* roda gigi gearbox RFM 3090 L:A 35,5/1 sebesar 12 jam/hari, tetapi kenyataannya waktu operasional selama 24 jam/hari.

VII. DAFTAR PUSTAKA

- Surdia Tata, Saito Shinroku. (1992). Pengetahuan Bahan Teknik, Penerbit Pradya Paramita, Jakarta
- Sularso, Suga Kyokatsu. (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Penerbit Pradya Paramita, Jakarta
- Frost, A Dan Ashby, M.F. (1982). *Deformation Mechanism Maps*. Pergamon Press
- Lawrence H. Van Vlack. (1989). Ilmu dan Teknologi Bahan, Penerbit Erlangga, Jakarta
- <https://www.mobil.com> diakses tanggal 12 Juli 2017
- repository.unand.ac.id diakses tanggal 14 Juli 2017
- Parker, E. Dan Colombo, U. (ed). 1973. *The Science of Material Used in*.
- William F. Smith, *Principle of Material Science and Engineering*.
- Van Vlack, L.H., (1991), ilmu dan Teknologi Bahan, terjemahan: Dr.Ir.Sriati Djaprie, Edisi Kelima, Penerbit Elangga, Jakarta
- Van, V. 2005. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga. Jakarta.