

KARAKTERISTIK KEKUATAN MATERIAL AISI 4140 DENGAN VARIASI DIAMETER AKIBAT PROSES *TEMPER QUENCH*

Weriono^{*}, Rinaldi^{**}

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Universitas Harapan Medan, JL HM Joni 70 C Medan^{*}

Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru, JL Dirgantara Pekanbaru^{**}

e-mail: weriono@gmail.com; rinaldiyds@gmail.com

Abstrak

Perlakuan panas pada baja mempunyai peran penting dalam upaya mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan. Pemakaian baja AISI 4140 aplikasi penggunaannya *connecting rod*, poros engkol, *fastener*, as roda, alat pertambangan dan komponen alat berat. Bahan yang digunakan mensyaratkan beberapa faktor seperti kekuatan, kekerasan, ketangguhan, keuletan, tahanan panas, tahanan aus dan sebagainya. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas baja adalah dengan perlakuan panas.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kekuatan bahan akibat proses perlakuan panas pada logam serta untuk mendapatkan sesuai sifat spesifikasi sesuai standar sehingga kekuatan, kekerasan, ketangguhan, dan keuletan dapat terukur. Kekerasan di bawah standard di titik radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) untuk d = 36 mm sampel 1 dari tepi 15 mm 21,5 HRC, d = 38 mm sampel 1 (Ra) = 20,4 HRC (Rb) = 21,5 HRC sedangkan sampel 2 (Ra) = 20,5 HRC (Rb) = 22,4 HRC.

Rata – rata kekerasannya masih di dalam standard tetapi radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) lebih tinggi nilai kekerasannya dibandingkan arah radius tegak (Ra) dan pada titik pengukuran mendekati pusat batangan baja mempunyai harga kekerasan dibawah standard Persentasi *elongation* dan persentasi *reduction area* diameter 36 mm lebih tinggi dari diameter 38 mm. diameter 36 mm $\sigma_y = 826$ MPa lebih tinggi dari diameter 38 mm $\sigma_y = 708$ MPa, kondisi ini menunjukan kekuatan standard AISI 4140 $\sigma_y = 655$ MPa. Kekuatan material dan kekerasan tidak seragam pada variasi diameter.

Kata kunci : *hardness rockwell test (hrc), tensile test*

Abstrak

Heat treatment in steel has an important role in the effort to get the desired properties as needed. The material used required several factors such as strength, hardness, toughness, tenacity, heat resistance, wear resistance and so on. One of the efforts made to improve the quality of steel is by heat treatment.

The purpose of this research is to know the change of material strength due to heat treatment process on metal and to get according to standard specification according to standard so that strength, hardness, toughness, and ductility can be measured. Hardness below standard in radius measuring angle 30° upright (Rb) for d = 36 mm sample 1 from edge 15 mm 21.5 HRC, d = 38 mm sample 1 (Ra) = 20.4HRC (Rb) = 21, 5HRC while sample 2 (Ra) = 20.5 HRC (Rb) = 22.4 HRC.

The mean of hardness is still within the standard but the radius measuring angle 30° upright (Rb) is higher in hardness value than the direction of radius upright (Ra) and at the point of measurement close to the center of the steel bar having the price of hardness under the standard Percent elongation and the reduction area percentage of the diameter area 36 mm higher than 38 mm in diameter. Diameter 36 mm $\sigma_y = 826$ MPa higher than diameter = 38 mm $\sigma_y = 708$ MPa, this condition indicates the strength of standard AISI 4140, $\sigma_y = 655$ MPa. Strength of material and hardness are not uniform in diameter variation.

keywords : *hardness rockwell test (hrc), tensile test*

1. Pendahuluan

Perlakuan panas pada baja mempunyai peran penting dalam upaya mendapatkan sifat-sifat tertentu yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan.

Pemakaian baja AISI 4140 aplikasi penggunaannya *connecting rod*, poros engkol, *fastener*, as roda, alat pertambangan dan

komponen alat berat. Bahan yang digunakan mensyaratkan beberapa faktor seperti kekuatan, kekerasan, ketangguhan, keuletan, tahanan panas, tahanan aus dan sebagainya [1,5]. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas baja adalah dengan perlakuan panas (*heat treatment*) [1,7].

Proses ini meliputi pemanasan baja pada temperatur tertentu sesuai jenisnya. dan dipertahankan pada waktu tertentu pula (*holding time*) serta didinginkan dalam media tertentu pula (*quench*) [1,3,4]. Baja yang digunakan biasanya sudah diproses di industri baja sesuai spesifikasi tetapi terkadang proses di industri untuk keseragaman proses *Quality Control* tidak secara keseluruhan dan pada saat menggunakan untuk proses khusus perlu dilakukan proses tempering sesuai spesifikasi yang diinginkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan kekuatan bahan akibat proses perlakuan panas pada logam serta untuk mendapatkan sesuai sifat spesifikasi sesuai standar sehingga kekuatan, kekerasan, ketangguhan, dan keuletan dapat terukur. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu temperatur pemanasan, waktu yang diperlukan pada temperatur pemanasan, laju pendinginan, dan lingkungan atmosfer.

Proses pengujian dilakukan untuk mendapatkan kekerasan bahan dengan *Rockwell Test* dan *Brinnel Test* serta dilakukan *Tensile Test* untuk mendapatkan kekuatan bahan..

Berdasarkan uraian diatas permasalahan yang akan diungkap dalam penelitian ini adalah: berapa besar dampak terhadap kekerasan dan kekuatan material baja paduan AISI 4140 akibat *quenching* dan *tempering*.

Manfaat dari penelitian yang dilakukan adalah dengan perlakuan yang dilakukan mengetahui perubahan kekuatan material dan mendapatkan kekuatan dan kekerasan sesuai standard sehingga material yang akan digunakan untuk suatu produk khusus dapat terukur kualitasnya.

2. METODOLOGI

2.1 BAHAN

2.1.1 Material AISI 4140

Untuk mempermudah mendapatkan respon terhadap perlakuan panas sehingga pada penelitian ini digunakan material AISI 4140 $\sigma_y = 655$ MPa komposisi C 0,38 – 0,43 %, Mn 0,75 – 1 %, Si 0,2 – 0,35 %, 0,8 – 1,1 %, Mo 0,15 – 0,25 %, P $\leq$ 0,035 %, S $\leq$ 0,04 % dengan diameer 36 mm dan diameer 38 mm yang karakteristiknya sifat mekanik standardnya. AISI 4140 diambil dari hasil

produksi komersial dengan memotong sebagian kemudian diambil untuk dilakukan pengujian.

2.1.2 Tungku Pemanas

Menemper menggunakan tungku pemanas listrik dengan dilakukan penyetelan suhu 600⁰ C ditahan selama 1 jam , dibakar di dalam tungku dengan media pendingin oli.

2.1.3 Uji Kekerasan dengan *Rockwell Test (HRC)* dan *Brinnel Test (BHN)*

2.1.4 *Tensile test* untuk kekuatan tarik Statik bahan

2.2. DATA EKSPERIMEN PENGUJIAN

2.2.1 Data eksperimen pengujian dengan *Brinnel Test* sebelum *Tempering*.

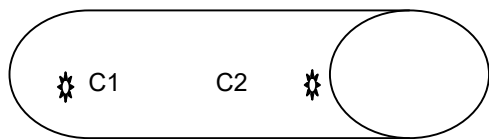
Tujuan eksperimen ini adalah mengumpulkan data kekerasan bahan sebelum dilakukan penemperan. Awal prosedur *Brinnel Test* (Kalpakjian et al, 2006) dilakukan pengambilan nilai kalibrasi dengan menguji kalibrator untuk dapat mengkoreksi nilai pengujian bahan. Pengujian kekerasan mulai dilakukan pada material AISI 4140 sesuai jarak yang sudah ditentukan. Ekperimen ini adalah umumnya pengujian kekerasan dengan variasi panjang jarak pengujian sesuai diameter material.

2.2.2 Data eksperimen pengujian tarik dengan *Tensile Test* sesudah *Tempering*.

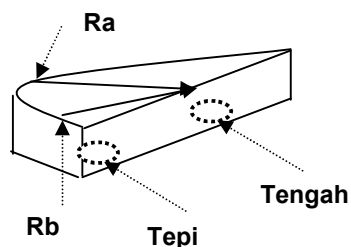
2.2.3 Data eksperimen pengujian dengan *Rocwell Test* sesudah *Temperig*.

Tujuan eksperimen ini adalah mengumpulkan data kekerasan bahan sebelum dan setelah dilakukan penemperan. Prosedur awal *Rockwell Test* dilakukan pengambilan nilai kalibrasi dengan menguji kalibrator untuk dapat mengkoreksi nilai pengujian bahan [2].

Pengujian kekerasan mulai dilakukan pada material AISI 4140 sesuai jarak yang sudah ditentukan. Ekperimen ini adalah umumnya pengujian kekerasan dengan variasi panjang jarak pengujian sesuai diameter material.



Gambar 2.1 Daerah uji kekerasan (BHN) pada batang AISI 4140



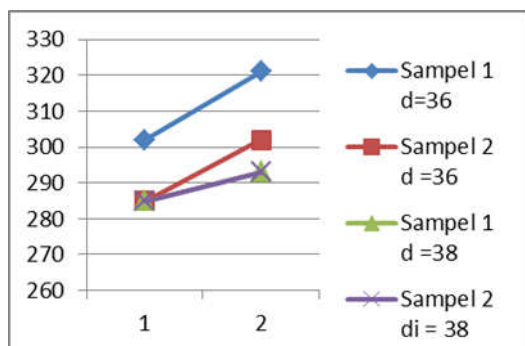
Gambar 2.2 Daerah *hardness test* dan *metallography test*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil awal pengambilan data spesifikasi material AISI 4140 dilakukan uji kekerasan (BHN) sebelum perlakuan panas dan data hasil uji tersebut disajikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Kekerasan sebelum proses *Tempering*

Kekerasan Bahan (BHN)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
302	285	285	293
321	302	285	293
Kekerasan Bahan (HRC)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
32,11	29,85	29,85	30,87
34,25	32,11	29,85	30,87



Gambar 3.1 Kekerasan sebelum *Tempering*

Standard kekerasan AISI 4140 antara 23 – 34 HRC kemudian pada Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 dapat dilihat rata – rata kekerasannya masih di dalam standard dari pengukuran arah radius tegak dan radius pengukuran sudut 30° dari radius tegak.

Pengujian kekerasan sebelum dilakukan proses *temper*, dimulai dilakukan pada material AISI 4140 sesuai jarak yang sudah ditentukan pada Gambar 2.1. Pada Gambar 3.1 dapat dilihat sampel 1 & 2 diameter 36 mm lebih tinggi kekerasan dari pada diameter 38 mm. Ekperimen ini adalah umumnya pengujian kekerasan dengan variasi panjang jarak pengujian sesuai diameter material.

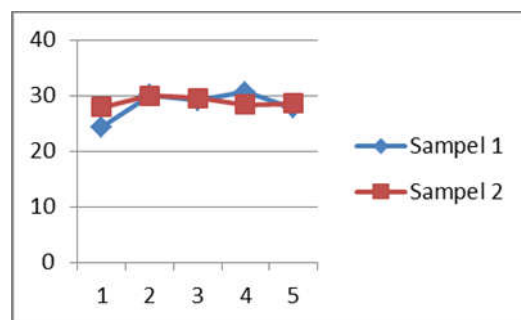
Hasil awal pengambilan data spesifikasi material AISI 4140 dilakukan uji kekerasan setelah *tempering* sesuai Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.2 Uji kekerasan setelah proses *Tempering* diameter 36 mm

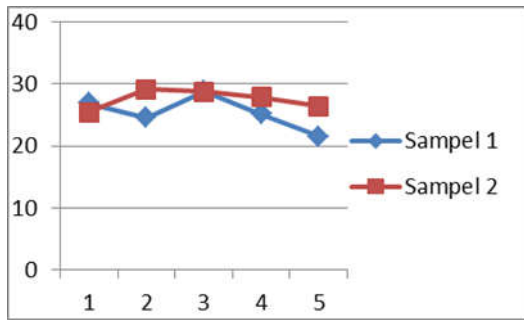
Titik (mm)	Sampel 1		Sampel 2	
	R _A (HRC)	R _B (HRC)	R _A (HRC)	R _B (HRC)
3	24.3	27.9	26.9	25.5
6	30.1	30	24.6	29.2
9	29.1	29.5	28.9	28.8
12	30.6	28.4	25.2	27.9
15	27.7	28.6	21.6	26.4

Tabel 3.3 Uji kekerasan setelah proses *Tempering* diameter 38 mm

Titik (mm)	Sampel 1		Sampel 2	
	R _A (HRC)	R _B (HRC)	R _A (HRC)	R _B (HRC)
3	20.5	25.5	22.6	25.4
6	24.4	23.9	23	26.8
9	25.7	25.8	25.3	26.4
12	21.7	25.5	23.2	25.1
15	23.6	22.7	22.2	23.2
18	20.4	21.5	20.5	22.4

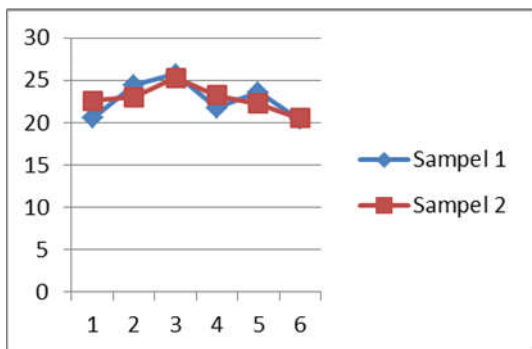


Gambar 3.2 Kekerasan (Ra) d = 36 mm

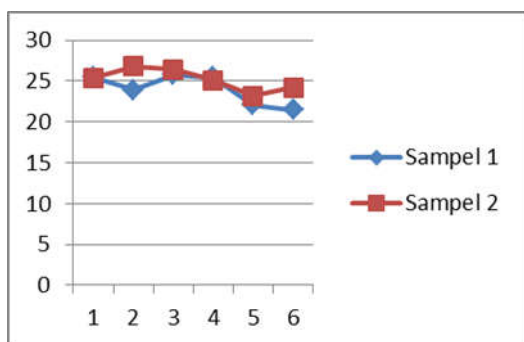


Gambar 3.3 Kekerasan (Rb) d = 36 mm

Standard kekerasan AISI 4140 diameter 36 mm antara harga standard 23 – 34 HRC kemudian pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.3 dapat dilihat rata – rata kekerasannya masih di dalam standard tetapi radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) untuk sampel 1 & 2 lebih tinggi nilai kekerasannya dibandingkan arah radius tegak (Ra), kondisi ini menunjukkan mikrostruktur di setiap daerah material tidak sama.



Gambar 3.4 Kekerasan (Ra) d = 38 mm



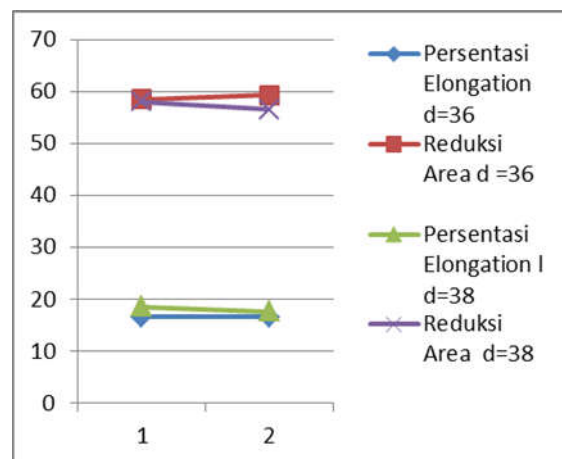
Gambar 3.5 Kekerasan (Rb) d = 38 mm

Pada Tabel 3.2 dan Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 dapat dilihat rata – rata kekerasannya masih di dalam standard tetapi radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) untuk sampel 1 & 2 lebih tinggi nilai kekerasannya dibandingkan arah radius tegak (Ra), kondisi ini menunjukkan mikrostruktur di setiap daerah material tidak sama.

Tetapi pada titik pengukuran mendekati pusat batangan baja mempunyai harga kekerasan dibawah standard dikarenakan persentasi fasa mikrostruktur lebih besar yng membuat kekerasannya menurun.

Tabel 3.4 Uji Tarik setelah *Tempering*

Persentasi <i>Elongation</i> (%)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
14,24	14,04	18,56	17,60
Persentasi <i>Reduction Area</i> (%)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
55,06	61,04	57,97	56,47

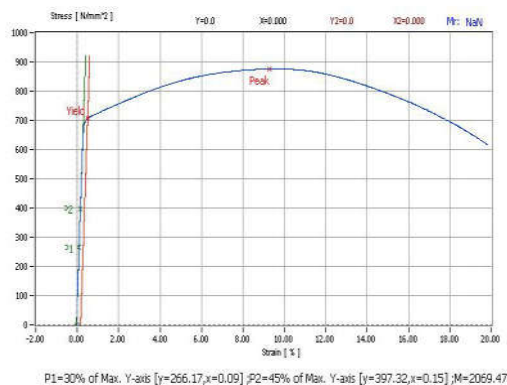
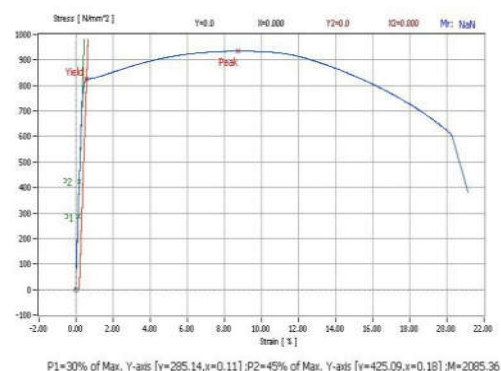
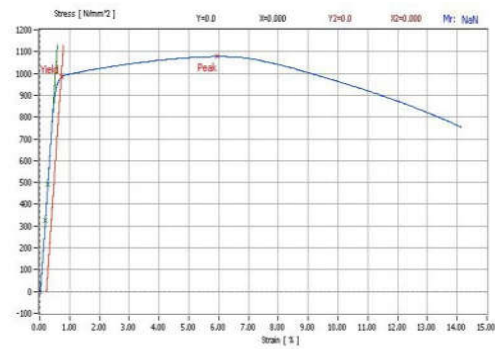
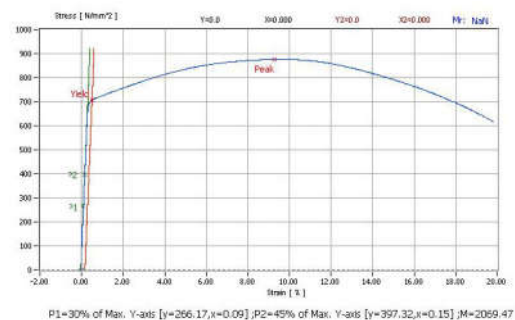
Gambar 3.6 *Tensile Test* sesudah proses *Tempering*

Pada Tabel 3.4 dan Gambar 3.6 dapat dilihat persentasi *elongation* dan persentasi reduksi untuk sampel 1 & 2 diameter 36 mm lebih tinggi dari diameter 38 mm, kondisi ini menunjukkan *deformasi elastis* lebih tinggi untuk diameter 36 mm.

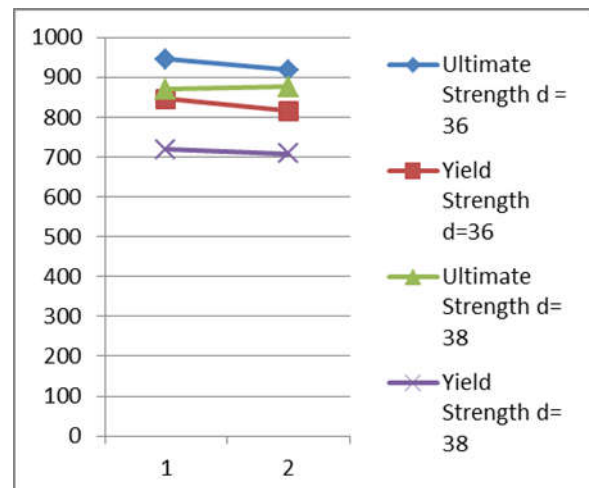
Tabel 3.5 Uji Tarik setelah *Tempering*

Yield Strength 0,2% non propotional elongation (N/mm ²)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
983	826	719	708
Ultimate Strength (N/mm ²)			
Diameter 36 mm		Diameter 38 mm	
Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
1071	935	870	876

Pada Tabel 3.5 dan Gambar 3.7, Gambar 3.8, Gambar 3.9 dan Gambar 3.10 dapat dilihat persentasi *Ultimate Strength* (σ_{ut}) dan *Yield Strength* (σ_y) untuk sampel 1 & 2 diameter 36 mm lebih tinggi dari diameter 38 mm, kondisi ini menunjukkan kekuatan material tidak seragam biarpun diameter lebih besar sedangkan kekuatannya lebih rendah dari diameter yang lebih kecil.

Gambar 3.7 Tensile Test d=36 mm sampel 1 sesudah *Tempering*Gambar 3.8 Tensile Test d=36 mm sampel 2 sesudah *Tempering*Gambar 3.9 Tensile Test d=38 mm sampel 1 sesudah *Tempering*Gambar 3.10 Tensile Test d=38 mm sampel 2 sesudah *Tempering*

Pada Gambar 3.11 dapat dilihat persentasi *Ultimate Strength* (σ_{ut}) dan *Yield Strength* (σ_y) untuk sampel 1 & 2 diameter 36 mm lebih tinggi dari diameter 38 mm, kondisi ini menunjukkan kekuatan material

Tabel 3.11 Uji Tarik setelah *Tempering*

4. KESIMPULAN

Standard kekerasan AISI 4140 antara harga 23 – 34 HRC sedangkan rata – rata kekerasan sampel 1 dan 2 diameter 36 mm dan 38 mm diantara harga kekerasan standard. Kekerasan masih di dalam standard tetapi radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) untuk sampel 1 & 2 lebih rendah nilai kekerasannya dibandingkan arah radius tegak (Ra), di titik radius pengukuran sudut 30° tegak (Rb) untuk d = 36 mm sampel 1 dari tepi 15 mm 21,5 HRC, d = 38 mm sampel 1 (Ra) = 20,4 HRC (Rb) = 21,5 HRC sedangkan sampel 2 (Ra) = 20,5 HRC (Rb) = 22,4 HRC. Kondisi ini menunjukan mikrostruktur di setiap daerah material tidak sama.

Persentasi *elongation* dan persentasi *reduksi area* untuk sampel 1 & 2 diameter 36 mm lebih tinggi dari diameter 38 mm, kondisi ini menunjukan deformasi elastis lebih tinggi untuk diameter 36 mm.

Ultimate Strength (σ_{ut}) dan *Yield Strength* (σ_y) untuk sampel 1 & 2 diameter 36 mm $\sigma_y = 826$ MPa lebih tinggi dari diameter 38 mm $\sigma_y = 708$ MPa, kondisi ini menunjukan kekuatan standard AISI 4140 $\sigma_y = 655$ MPa . Kekerasan material tidak seragam biarpun diameter lebih besar tetapi kekuatannya lebih rendah dari diameter yang lebih kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalpakjian, S., Schmid, S. 2006. *Manufacturing Engineering and Technology*. Singapore: Pearson Prentice Hall.
- [2] Cross, N. 1989. *Engineering Design Methods*. West Sussex: John Wiley & Sons.
- [3] Jones, J. C. 1984. *Developments in Design Methodology*. Chichester: Wiley.
- [4] Dieter, G. E. 1998. *Mechanical Metallurgy*. London: McGraw-Hill
- [5] Budynas, R.G., Nisbett, J. K. 2009, *Shigley's Element Design*. New York: McGraw-Hill.
- [6] Ullman, D. G. 1997 *The Mechanical Design Process*. New York: McGraw-Hill.
- [7] J.T Black, Ronald A. Kohser. 2013. *Materials and Processes in Manufacturing* New York: John Wiley & Sons