

ANALISA PENGARUH MANIPULASI PROSES *TEMPERING* TERHADAP PENINGKATAN SIFAT MEKANIS POROS POMPA AIR AISI 1045

Willyanto Anggono

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Universitas Kristen Petra,
Product Innovation and Development Centre Petra Christian University
Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236
E-mail : willy@petra.ac.id

Abstrak

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan komponen mesin industri. Baja AISI 1045 adalah salah satu jenis baja yang digunakan sebagai poros pompa air untuk keperluan industri yang mempunyai kelemahan sifat mekanis yang diperlukan pada poros pompa air industri. *Tempering* dan *hardening* adalah proses yang digunakan untuk merubah sifat mekanis baja. Pada proses ini baja dipanaskan sampai temperatur austenisasi kemudian didinginkan cepat dengan media pendingin air (*hardening*). Proses ini menghasilkan baja yang sangat keras dan getas. Untuk mengetahui pengaruh manipulasi proses *tempering* terhadap peningkatan sifat mekanis poros pompa air baja AISI 1045, baja AISI 1045 kemudian dipanaskan kembali dengan menggunakan temperatur tertentu dan ditahan selama waktu tertentu. Dengan memanaskan kembali baja AISI 1045 maka akan didapatkan baja AISI 1045 yang kekerasan dan kekuatan tariknya lebih rendah tetapi keuletannya lebih tinggi. Dari Penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur *tempering* yang digunakan maka kekerasan dan kekuatan tariknya akan menjadi semakin rendah tetapi keuletannya menjadi lebih tinggi. Proses perlakuan panas dengan memanipulasi proses *tempering* dari bahan poros pompa air AISI 1045 terbukti dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah sifat mekanis yang dihadapi poros pompa air AISI 1045.

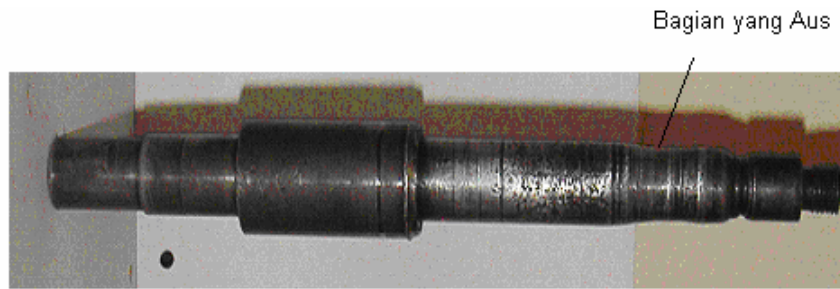
Kata kunci: Poros pompa air AISI 1045; Sifat mekanis; *Tempering*.

Pendahuluan

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Salah satu kegunaannya adalah digunakan pada poros pompa air untuk keperluan industri. Pada gambar 1 terlihat gambar pompa air yang digunakan untuk keperluan industri dan gambar 2 terlihat poros pompa air baja AISI 1045 yang telah mengalami kerusakan. Pada poros pompa air baja AISI 1045 yang telah mengalami kerusakan poros, kerusakan poros ini disebabkan oleh pengikisan atau keausan poros pompa air oleh gesekan yang terjadi dengan *sealing* sehingga poros pompa air tidak berfungsi sebagaimana fungsinya. Pengikisan atau keausan poros pompa air baja AISI 1045 ini adalah merupakan suatu kelemahan sifat mekanik yang berpengaruh negatif pada poros pompa air.

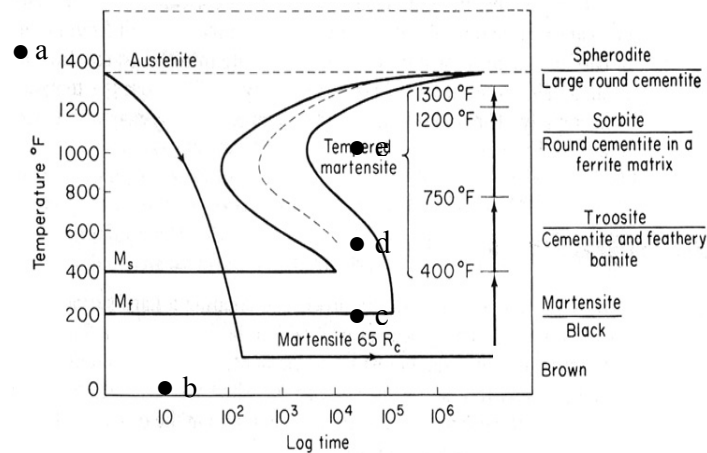


Gambar 1. Pompa Air Industri



Gambar 2. Poros Pompa Air Setelah Rusak

Dari gambar 2 diatas, terlihat bahwa poros pompa air baja AISI 1045 tersebut terjadi pengikisan atau aus yang disebabkan karena baja yang digunakan tidak mempunyai kekerasan yang cukup. Oleh karena itu, baja AISI 1045 tersebut perlu dilakukan proses lagi yaitu proses *hardening*. Dengan melakukan *hardening* maka akan didapatkan sifat kekerasan yang lebih tinggi. Semakin tinggi angka kekerasan maka sifat keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas. Baja yang demikian tidak cukup baik untuk berbagai pemakaian. Oleh karena itu dilakukan proses pengerasan kemudian segera diikuti dengan *tempering* sehingga sifat getas dari baja AISI 1045 tersebut dapat dihilangkan menjadi baja AISI 1045 yang bersifat ulet.



Gambar 3. TTT Diagram Baja *Hypoeutectoid*
(Sumber: Pollack, 1988)

Tempering adalah proses dimana baja yang sudah dikeraskan dipanaskan kembali pada temperatur tertentu dan ditahan selama waktu tertentu untuk menghilangkan atau mengurangi tegangan sisa dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhannya. Kembalinya sebagian keuletan atau ketangguhan ini didapat dengan mengorbankan sebagian kekuatan dan kekerasan yang telah dicapai pada proses pengerasan. Temperatur *temper* pada *tempering* mempunyai pengaruh yang cukup besar dalam memperoleh kembali keuletan dari baja.

Pada proses *tempering* sebenarnya adalah proses pemberian energi panas kepada martensit, tentunya banyaknya energi yang disalurkan akan tergantung tidak hanya pada temperatur saja tetapi juga waktu. Dengan *tempering* diharapkan baja akan menjadi lebih ulet atau tangguh disamping memiliki kekerasan atau kekuatan yang cukup tinggi.

Bahan dan Metode Penelitian

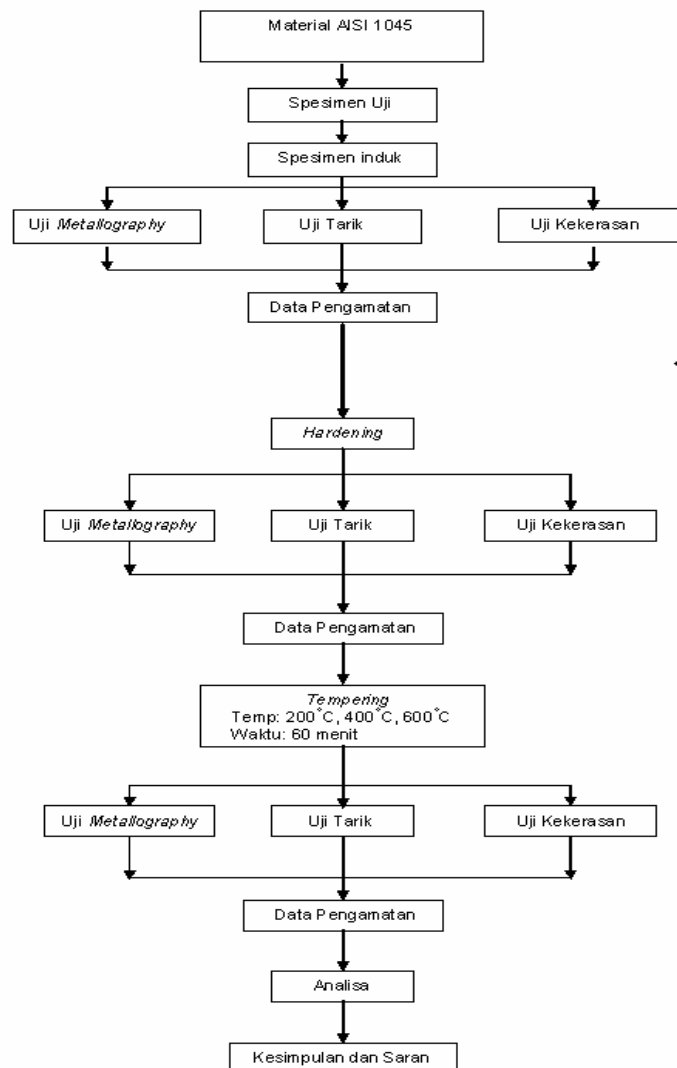
Material yang digunakan pada penelitian ini adalah baja AISI 1045 yang merupakan bahan dari poros pompa industri. Baja AISI 1045 terdiri dari : 0,44 % C; 0,69 % Mn ; 0,05 % Ni; 0,03 % Cr; 0,02 % Si. Material yang digunakan berbentuk batang silindrik dengan diameter 14 mm. Dalam melakukan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan spesimen uji sesuai dengan standart pengujiannya (JIS *Standard*).

Proses *hardening* yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan pada spesimen uji dengan tujuan untuk menaikkan kekerasan logam. Pada proses *hardening* ini spesimen mengalami dua kali proses yaitu proses pemanasan dan setelah itu dilakukan proses *quenching* dengan menggunakan media air. Pada Proses ini

spesimen dipanaskan sampai suhu 850°C dan ditahan selama 30 menit kemudian dilakukan proses *quenching* dengan menggunakan media air.

Proses *Tempering* yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan melakukan pemanasan kembali spesimen uji yang sudah diproses *hardening*. Hal ini bertujuan untuk menurunkan kekerasan dan menaikkan keuletan spesimen. Pada proses ini spesimen dipanaskan dengan variasi temperatur, yaitu : 200°C , 400°C dan 600°C , kemudian ditahan selama 60 menit.

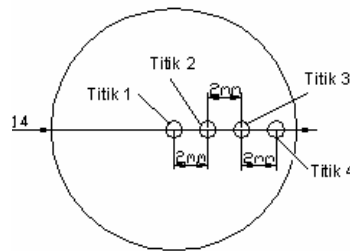
Dalam melakukan penelitian akan digunakan metodologi sebagai berikut :



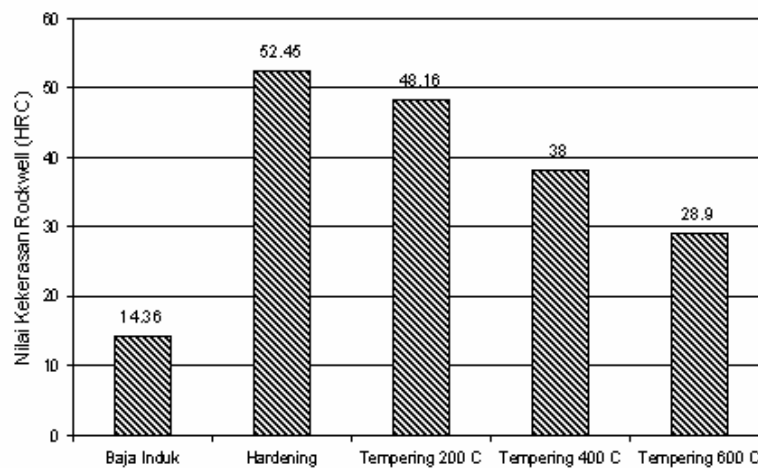
Gambar 4. Metode Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan pengujian kekerasan untuk masing-masing kondisi menggunakan tiga buah spesimen (A,B,C). Setiap spesimen diuji kekerasannya pada empat titik indentasi yaitu titik indentasi 1 dipusat lingkaran spesimen, titik indentasi 2 di 2 mm dari pusat lingkaran spesimen, titik indentasi 3 di 4 mm dari pusat lingkaran spesimen dan titik indentasi 4 di 6 mm dari pusat lingkaran spesimen dapat dilihat pada gambar 5. Setelah dilakukan pengujian kekerasan, distribusi hasil pengujian kekerasan disetiap titik yang dilakukan pengujian menunjukkan hasil yang cukup homogen pada masing-masing spesimen yang diuji. Rata-rata hasil pengujian kekerasan pada setiap titik yang dilakukan indentasi dan pada masing-masing spesimen yang diuji didapatkan hasil seperti yang terlihat pada gambar 6.



Gambar 5. Titik-Titik Indentasi Pada Pengujian Kekerasan



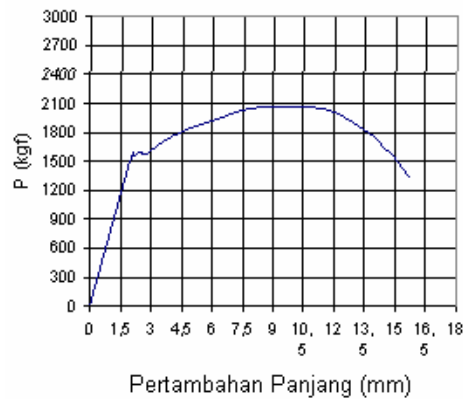
Gambar 6. Grafik Nilai Kekerasan Rata-rata Baja AISI 1045 Pada Semua Kondisi

Setelah dilakukan pengujian kekerasan pada spesimen yang diteliti, dilakukan pengujian tarik. Pengujian tarik juga dilakukan untuk semua kondisi spesimen uji, baik spesimen induk, spesimen yang sudah dihardening serta spesimen hasil tempering dengan tiga variasi temperatur. Hasil dari pengujian tarik ini adalah diketahuinya kekuatan tarik (Ultimate Tensile Strength – UTS) dan keuletan (elongation) serta data diagram gaya tarik (P) sebagai fungsi dari pertambahan panjang yang terjadi (ΔL). Data dari hasil pengujian tarik dapat dilihat pada tabel 1. Gambar diagram P- ΔL hasil uji tarik baja AISI 1045 untuk spesimen induk, spesimen hasil proses *hardening*, spesimen hasil proses *tempering* dengan temperatur 200°C, 400°C serta 600°C dapat dilihat pada gambar 7 sampai dengan gambar 11.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Tarik Baja AISI 1045

Perlakuan	Beban Maksimum P (kgf)	Kekuatan Tarik σ (kgf/mm ²)	Elongation ϵ (%)
Baja Induk	2063.04	41.04	26.30
Hardening Temp : 850°C Holding : 30 mnt	4574,14	91,00	1.52
Tempering Temp : 200°C Holding : 60 mnt	3676,19	73,14	8.67
Tempering Temp : 400°C Holding 60 mnt	2901,47	57,72	16.25
Tempering Temp : 600°C Holding : 60 mnt	2274.77	45.26	19.33

Test Chart



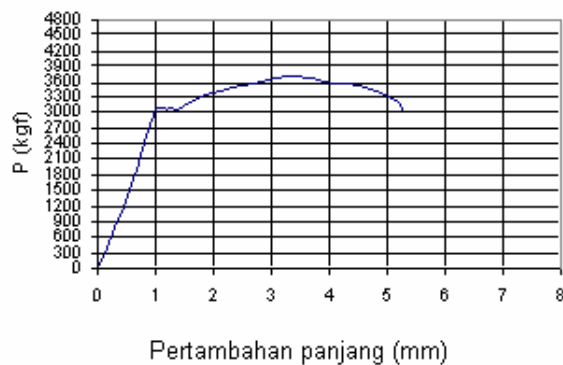
Gambar 7. Diagram Gaya Sebagai Fungsi Pertambahan Panjang Spesimen Logam Induk Baja AISI 1045

Test Chart

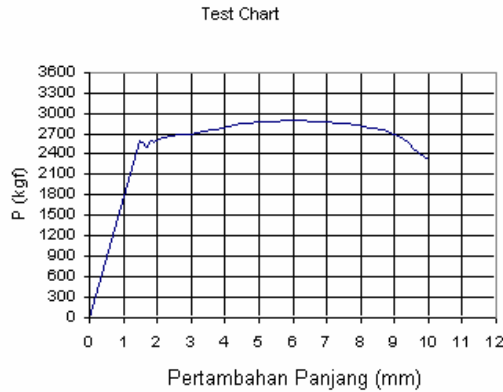


Gambar 8. Diagram Gaya Sebagai Fungsi Pertambahan Panjang Spesimen Baja AISI 1045
Setelah Proses *Hardening*

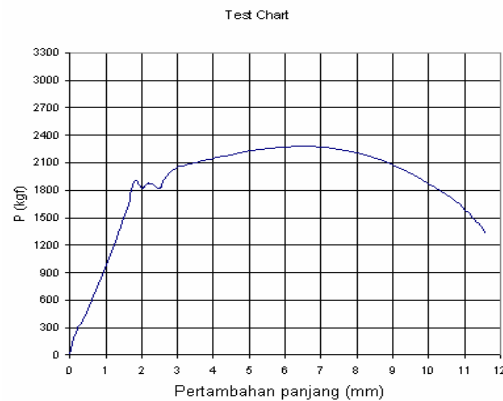
Test Chart



Gambar 9. Diagram Gaya Sebagai Fungsi Pertambahan Panjang Spesimen Baja AISI 1045
Setelah Proses *Tempering* 200°C

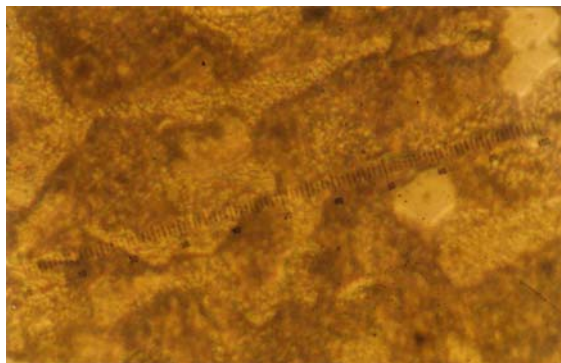


Gambar 10. Diagram Gaya Sebagai Fungsi Pertambahan Panjang Spesimen Baja AISI 1045 Setelah Proses *Tempering* 400°C

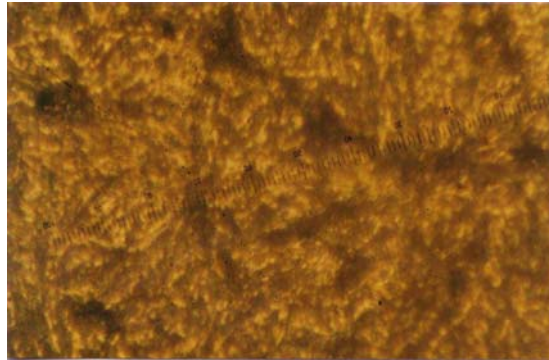


Gambar 11. Diagram Gaya Sebagai Fungsi Pertambahan Panjang Spesimen Baja AISI 1045 Setelah Proses *Tempering* 600°C

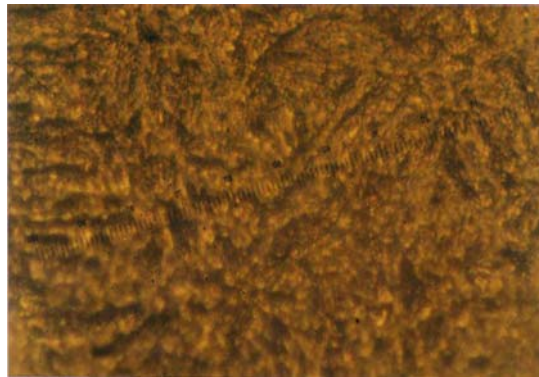
Setelah dilakukan proses pengujian kekerasan dan pengujian tarik, dilakukan juga pengambilan gambar struktur mikro spesimen untuk mengetahui perubahan struktur mikro yang terjadi setelah proses *hardening* dan *tempering* yang dilakukan pada spesimen uji. Hasil pengambilan gambar struktur mikro baja AISI 1045 dengan perbesaran 1000X untuk masing-masing spesimen yaitu spesimen induk, spesimen hasil proses *hardening*, serta spesimen hasil proses *tempering* dengan temperatur 200°C, temperatur 400°C dan temperatur 600°C dapat dilihat pada gambar 12 sampai dengan gambar 16.



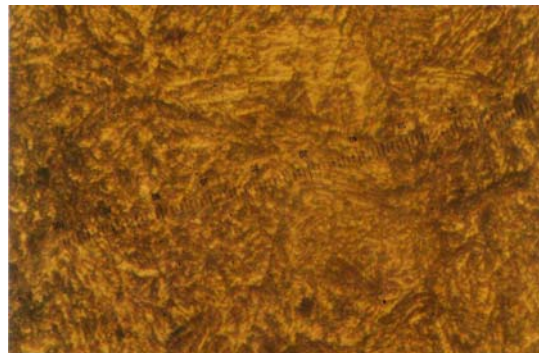
Gambar 12. Struktur Mikro Baja AISI 1045 Spesimen Logam Induk Pembesaran 1000X



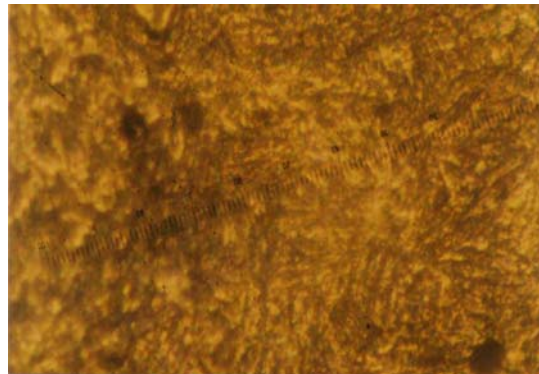
Gambar 13. Struktur Mikro Baja AISI 1045 Setelah Proses *Hardening* Pembesaran 1000X



Gambar 14. Struktur Mikro Baja AISI 1045 Setelah Proses *Tempering* 200°C Pembesaran 1000X



Gambar 15. Struktur Mikro Baja AISI 1045 Setelah Proses *Tempering* 400°C pembesaran 1000X



Gambar 16. Struktur Mikro Baja AISI 1045 Setelah Proses *Tempering* 600°C Pembesaran 1000X

Pada logam induk baja AISI 1045, besarnya kekerasan rata-ratanya sebesar 14,36 HRC, besarnya kekuatan tarik adalah 41,04 kgf/mm² dan prosentase pertambahan panjang sebesar 26,30%. Pada gambar (foto) struktur mikro logam induk baja AISI 1045 dengan pembesaran 1000X, terlihat bahwa struktur mikro logam induk baja AISI 1045 terdiri dari ferrit dan perlit.

Proses *hardening* menyebabkan angka kekerasan meningkat menjadi 52,45 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan angka kekerasan yang cukup besar yaitu sekitar 265,25 %. Setelah dilakukan proses *hardening*, kekuatan tarik menjadi 91 kgf/mm² atau naik sebesar 121,73%. Sedangkan prosentase pertambahan panjang menjadi 1,52% atau terjadi penurunan sebesar 94,2%. Baja AISI 1045 setelah proses *hardening* terjadi perubahan pada struktur mikronya. Struktur mikro yang awalnya terdiri dari ferrit dan perlit, setelah proses *hardening* berubah menjadi martensit. Perubahan struktur ini disebabkan karena proses pemanasan dengan temperatur yang cukup tinggi kemudian didinginkan dengan proses pendinginan cepat.

Pada proses *tempering* dengan temperatur 200°C dan waktu penahanan (*holding time*) 60 menit, dihasilkan angka kekerasan sebesar 48,16 HRC. Hal ini apabila dibandingkan dengan kondisi awal logam induk baja AISI 1045 maka terjadi peningkatan angka kekerasan sebesar 235,37 %. Sedangkan apabila dibandingkan dengan angka kekerasan hasil proses *hardening* maka terjadi penurunan sebesar 8,18 %. Penurunan ini tidak terlalu besar karena temperatur *tempering* yang digunakan tidak terlalu tinggi. Proses *tempering* dengan menggunakan temperatur 200°C, menghasilkan kekuatan tarik sebesar 73,14 kgf/mm² serta menghasilkan prosentase pertambahan panjang sebesar 8,67%. Hal ini apabila dibandingkan dengan kondisi logam induk maka terjadi peningkatan kekuatan tarik sebesar 78,22% dan terjadi peningkatan keuletan sebesar 470,39% jika dibandingkan dengan spesimen hasil proses *hardening*. Proses *tempering* dengan temperatur 200°C yang dilakukan pada baja AISI 1045 merubah struktur mikro yang sebelumnya adalah martensit, berubah menjadi black martensit. Martensit masih terlihat tetapi mulai berkurang tetragonalnya dan mulai terbentuk presipitat karbida besi yang sangat halus. Pada kondisi ini baja masih mempunyai kekerasan yang cukup tinggi dan keuletan yang cukup baik.

Proses *tempering* dengan temperatur 400°C menunjukkan angka kekerasan sebesar 38 HRC. Hal ini apabila dibandingkan dengan angka kekerasan logam induk maka terjadi peningkatan sebesar 164,62 %. Kenaikan angka kekerasannya masih cukup tinggi. Apabila dibandingkan dengan angka kekerasan pada proses *hardening* maka terjadi penurunan angka kekerasan sebesar 27,57 % dan apabila dibandingkan dengan angka kekerasan pada proses *tempering* dengan temperatur 200°C maka terjadi penurunan angka kekerasan sebesar 21 %. Proses *tempering* dengan temperatur 400°C menghasilkan kekuatan tarik sebesar 57,72 kgf/mm² dan prosentase pertambahan panjang yang didapatkan adalah sebesar 16,25%. Kondisi ini apabila dibandingkan dengan logam induk maka terjadi kenaikan kekuatan tarik sebesar 40,64% dan prosentase pertambahan panjang mengalami penurunan sebesar 38,21%. Apabila dibandingkan dengan kondisi pada proses *hardening* maka kekuatan tarik mengalami penurunan sebesar 36,57% sedangkan keuletannya mengalami kenaikan sebesar 969,1%. Jika dibandingkan dengan kondisi pada spesimen hasil *tempering* dengan temperatur 200°C maka kekuatan tarik mengalami penurunan sebesar 21,08% sedangkan keuletannya mengalami peningkatan sebesar 87,43%. *Tempering* dengan temperatur 400°C pada baja AISI 1045 menyebabkan epsilon carbide bertransformasi menjadi sementit, low-carbon martensit menjadi ferrit, sedangkan austenit sisa menjadi bainit. Sementit yang terbentuk masih sangat halus. Pada kondisi ini spesimen mengalami penurunan kekerasan tetapi keuletan mengalami kenaikan.

Pada Proses *Tempering* Dengan Temperatur 600°C, angka kekerasan pada spesimen yang mengalami proses *tempering* dengan temperatur 600°C adalah sebesar 28,9 HRC. Angka kekerasan ini apabila dibandingkan dengan angka kekerasan logam induk, terjadi kenaikan sebesar 101,25 %. Kenaikan kekerasan ini masih cukup besar. Apabila dibandingkan dengan angka kekerasan pada proses *hardening* maka terjadi penurunan sebesar 44,9 %. Penurunan ini paling besar dibandingkan dengan proses *tempering* yang lain. Hal ini dikarenakan temperatur *tempering* yang digunakan adalah yang paling tinggi pada penelitian ini yaitu 600°C. Angka kekerasan pada proses ini apabila dibandingkan dengan angka kekerasan pada proses *tempering* dengan temperatur 200°C maka terjadi penurunan sebesar 39,9 %. Sedangkan apabila dibandingkan dengan angka kekerasan pada proses *tempering* dengan temperatur 400°C maka terjadi penurunan angka kekerasan sebesar 23,95 %. *Tempering* dengan menggunakan temperatur 600°C menghasilkan kekuatan tarik sebesar 45,26 kgf/mm² dan prosentase pertambahan panjang sebesar 19,33%. Hal ini apabila dibandingkan dengan kondisi awal logam induk maka kekuatan tarik terjadi kenaikan sebesar 10,28% dan prosentase pertambahan panjang mengalami penurunan sebesar 26,5%. Jika dibandingkan dengan spesimen yang mengalami proses *hardening* maka kekuatan tarik mengalami penurunan sebesar 50,26% dan keuletan mengalami peningkatan sebesar 1171,71%. Sedangkan apabila dibandingkan dengan spesimen hasil *tempering* dengan temperatur 200°C maka kekuatan tarik mengalami penurunan sebesar 38,12% dan keuletan mengalami peningkatan

sebesar 122,95%. Apabila dibandingkan dengan spesimen hasil proses *tempering* dengan temperatur 400°C maka kekuatan tarik mengalami penurunan sebesar 21,59% dan keuletan mengalami peningkatan sebesar 18,95%. Proses *tempering* dengan temperatur yang paling tinggi pada penelitian ini yaitu 600°C menyebabkan partikel sementit tumbuh lebih besar dan ferrit. Struktur yang demikian juga sering disebut dengan sorbite.

Untuk mengatasi permasalahan kerusakan poros pompa air untuk keperluan industri yang dialami oleh baja AISI 1045 yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara poros pompa dengan *sealing* sehingga poros pompa air tidak berfungsi sebagaimana fungsinya, perlu dilakukan manipulasi proses *tempering* dengan temperatur *tempering* 200°C dan *holding time* 60 menit pada baja AISI 1045 setelah dilakukan proses *hardening* sehingga sifat kekerasan sebagai sifat mekanis dalam mengatasi masalah keausan dapat meningkat sebesar 235,37% dibandingkan dengan kondisi awal logam induk baja AISI 1045 dan baja AISI 1045 tetap memiliki sifat keuletan yang baik.

Kesimpulan

Dengan memanaskan kembali baja AISI 1045 sebagai bahan dari poros pompa air industri maka didapatkan baja AISI 1045 yang kekerasan dan kekuatan tariknya lebih rendah tetapi keuletannya lebih tinggi. Semakin tinggi temperatur *tempering* yang digunakan maka kekerasan dan kekuatan tariknya akan menjadi semakin rendah tetapi keuletannya menjadi lebih tinggi.

Untuk mengatasi permasalahan kerusakan poros pompa air untuk keperluan industri yang dialami oleh baja AISI 1045 yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara poros pompa dengan *sealing* sehingga poros pompa air tidak berfungsi sebagaimana fungsinya, perlu dilakukan manipulasi proses *tempering* dengan temperatur *tempering* 200°C dan *holding time* 60 menit pada baja AISI 1045 setelah dilakukan proses *hardening*, sehingga sifat kekerasan sebagai sifat mekanis dalam mengatasi masalah keausan dapat meningkat sebesar 235,37% dibandingkan dengan kondisi awal logam induk baja AISI 1045 dan baja AISI 1045 masih memiliki sifat keuletan yang baik.

Proses perlakuan panas dengan memanipulasi proses *tempering* dari bahan poros pompa air AISI 1045 terbukti dapat digunakan sebagai solusi dalam mengatasi masalah sifat mekanis yang dihadapi poros pompa air AISI 1045.

Daftar Pustaka

1. Callister, W.D, 1997, "*Materials Science and Engineering An Introduction*", 4th, Canada, John Wiley & Sons, Inc.
2. Kartikasari, R, "Studi Pengaruh Proses Flame Hardening Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Korosi Baja S45C dalam media Asam Klorida", Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Material dan Proses ke 2 Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri Ke 12, *Gadjah Mada University*, Indonesia, 27 Juni 2006, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
3. Keyser, C.A, 1986. "*Materials Science in Engineering*", 4th, Ohio, Charles E. Merrill Publishing Co.
4. Masrukan, 2006, "Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan Bahan Baku Kelongsong AlMgSi Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikronya", Prosiding Seminar Nasional Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Material dan Proses ke 2 Perkembangan Riset dan Teknologi Di Bidang Industri Ke 12, *Gadjah Mada University*, Indonesia, 27 Juni 2006, Universitas Gadjah Mada, Indonesia.
5. Pollack, H.W, 1988 "*Materials Science and Metallurgy*", 4th, New Jersey, Prentice Hall.
6. Smith, W.F, 1990, "*Principles of Materials Science and Engineering*", 2nd, Singapore, McGraw-Hill.
7. Shackelford, J.F, 1992, "*Introduction to Materials Science for Engineers*", 3rd, USA, Macmillan Publishing Company.
8. Van Vlack, L.H, 1982, "*Material For Engineering*", USA, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.