



ISSN 2338-0322

JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

Pengaruh *Normalizing* dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (*Holding Time*) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi

Vicky Bhaskara Sardi¹⁾, Sarjito Jokosisworo¹⁾, Hartono Yudo.¹⁾

¹⁾Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,

Email: vickysardi@gmail.com, sarjitojs@gmail.com, hartonoyudo@yahoo.com

Abstrak

Proses perlakuan panas *normalizing* dilakukan pada baja ST 46 yang merupakan baja tipe *low carbon* pada pemanasan 880°C dengan variasi penahan panas 20 menit dan 40 menit dengan media pendingin udara. Penelitian ini bertujuan membandingkan hasil kekuatan tarik, kekerasan dan mikrografi dari variasi penahan panas dengan menggunakan media pendinginan udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor penahanan panas (*holding time*) berpengaruh dalam nilai tarik, nilai kekerasan dan struktur mikrografi spesimen penelitian. Pada spesimen dengan waktu tahan 20 menit didapatkan nilai tegangan maksimal 334.61 MPa, nilai tegangan luluh sebesar 238.09 dan nilai regangan 8.9%. Sedangkan pada spesimen dengan waktu tahan 40 menit didapatkan nilai tegangan maksimal 328.72 MPa, nilai tegangan luluh sebesar 235.61 dan nilai regangan 31.33%. Pada pengujian kekerasan spesimen dengan waktu tahan 20 menit mempunyai nilai kekerasan 76.11 HRB sedangkan spesimen dengan waktu tahan 40 menit mempunyai nilai kekerasan 70.22 HRB. Dari hasil pengujian tarik dan kekerasan didapatkan bahwa spesimen dengan variasi waktu tahan 20 menit memiliki nilai kekerasan dan nilai tegangan maksimal lebih besar dari variasi penahanan waktu tahan 40 menit. Pada perlakuan panas *normalizing* dengan variasi 40 menit struktur mikrografinya menunjukkan fasa *ferrite* lebih dominan, dibandingkan variasi waktu tahan 20 menit.

Kata Kunci: Baja ST 46, *Holding Time*, *Normalizing*, Kekuatan Tarik, Kekerasan Mikro.

1. PENDAHULUAN

Di masa kini industri baja berkembang cukup pesat, hal ini disebabkan oleh beberapa aspek yang mendukungnya terutama teknologi proses dan teknologi material. Manusia berusaha untuk memperbaiki sifat-sifat fisik dan mekanik dari baja tersebut. Proses perlakuan panas pada baja sangatlah bermanfaat untuk memperbaiki sifat-sifat baja. Pada zaman sekarang ini peneliti diharapkan mampu untuk menciptakan produk baja dan material yang mempunyai sifat unggul seperti memiliki nilai kekerasan, sifat keuletan serta ketangguhan yang lebih baik yang nantinya akan dimanfaatkan pada pembuatan benda tertentu

Proses perlakuan panas memiliki tujuan untuk memperoleh bahan yang memiliki kekuatan keras, lunak, ulet, dan menghilangkan tegangan sisa.

Perlakuan panas yang dilakukan sering disebut sebagai cara untuk menaikkan kekerasan bahan, sebenarnya dapat digunakan juga untuk mengubah sifat yang berguna atau dengan kepentingan tertentu untuk keperluan pengguna, seperti: menaikkan sifat mudah dibentuk, mengembalikan elastisitas setelah proses *cold work*. Bahkan perlakuan panas bukan hanya mengubah sifat material, tapi juga mampu meningkatkan performa material dengan meningkatnya kekuatan atau karakteristik tertentu dari material yang telah diproses laku panas

Proses *normalizing* baja merupakan proses pemanasan baja hingga ke fasa *austenite* sehingga diperoleh struktur mikro *austenite*, dan didinginkan di udara terbuka hingga temperatur kamar yaitu 27°C. Sehingga menyebabkan struktur dalam

material yang awalnya berubah akibat pembebanan, ataupun digunakan pada temperatur tinggi dapat dikembalikan ke struktur yang normal lewat proses *normalizing*. Tujuan dari *normalizing* untuk mengurangi tegangan sisa, memperbaiki sifat mekanik baja serta mengembalikan keuletan baja. [1]

1.1. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir ini agar sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang di harapkan adalah :

1. Proses perlakuan panas yang digunakan adalah *normalizing*.
2. Lama waktu tahan yang digunakan pada proses *normalizing* adalah 20 menit dan 40 menit.
3. Pemasangan proses *normalizing* dilakukan pada suhu ± 880 °C.
4. Pengujian kekuatan yang dilakukan hanya menggunakan spesimen perlakuan panas *normalizing*.
5. Uji material yang dilakukan adalah dengan uji tarik, uji kekerasan dan uji mikrografi.
6. Uji kekerasan menggunakan metode *rockwell*.
7. Spesimen yang digunakan adalah jenis baja ST 46 dengan bentuk uji standar ASTM (*American Society for Testing and Material*).
8. Jumlah spesimen yang digunakan pada tiap-tiap waktu tahan adalah tiga spesimen saja.
9. Media pendingin yang digunakan adalah udara.
10. Penelitian hanya dilakukan dengan pengujian tanpa analisa dengan *software*.

1.2. Tujuan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian dengan variasi tanpa perlakuan pendinginan dan perlakuan pendinginan dengan media air laut dan oli adalah untuk mengetahui :

1. Mengetahui nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dari baja ST 46 setelah dilakukan perlakuan panas *normalizing* pada dua macam variasi waktu penahanan dan melakukan analisa kekuatan tarik (*tensile strength*) pada baja ST 46.
2. Mengetahui nilai kekuatan kekerasan dari baja ST 46 setelah dilakukan perlakuan panas *normalizing* pada dua macam variasi waktu penahanan dan melakukan analisa kekuatan kekerasan pada baja ST 46.
3. Mengetahui bentuk struktur mikro dari baja ST 46 setelah dilakukan perlakuan panas *normalizing* pada dua macam variasi waktu penahanan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Baja Karbon

Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Disamping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti S, P, S, Mn, Cr dan Co. Kandungan karbon didalam baja sekitar 0,1-1,7%, sedangkan unsur lainnya dibatasi persentasenya.

Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

- Baja karbon rendah
Mengandung karbon kurang dari 0,3% C
- Baja Karbon Menengah
Mengandung karbon 0,3% C – 0,6% C
- Baja Karbon Tinggi
mengandung 0,6 % C – 1,5% C

2.2. Pengerolan Logam

Rolling atau pengerolan logam merupakan proses yang bertujuan untuk mengurangi ketebalan atau luas penampang bahan, dengan cara melewatkan spesimen baja pada benda kerja pada sepasang pemutar yang berputar dengan arah yang berlawanan.

Ada dua jenis proses pengerolan logam, tapi yang nantinya dipakai pada skripsi ini adalah proses pengerolan panas (*Hot Rolling Coil*). Yang merupakan proses pengerolan yang dilakukan pada temperatur lebih tinggi dari temperatur rekristalisasi. Bahan yang digunakan dalam proses pengerolan panas berupa potongan besar logam dalam bentuk *slab* atau *bloom* untuk tahap berikutnya, sehingga pada akhirnya diperoleh bentuk batang, plat, atau lembaran.

2.3. Sifat Mekanik Baja

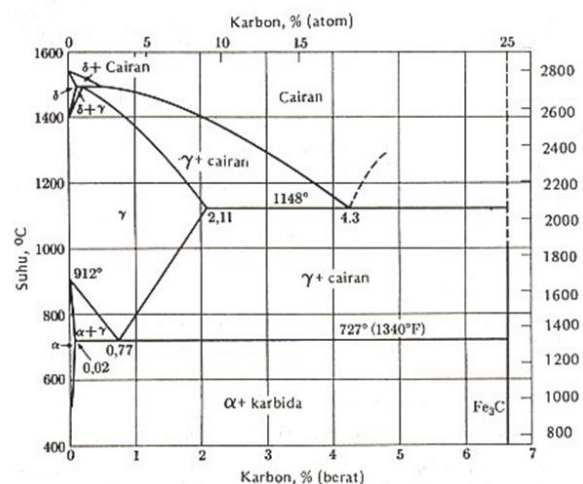
- Kekuatan (*Strength*) dapat dimaksudkan sebagai kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan tergantung pada beban yang bekerja seperti kekuatan tarik, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
- Kekerasan (*Hardness*) adalah kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan, dan penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai hubungan dengan kekuatan.
- Kekenyalan (*Elasticity*) adalah kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk permanen setelah

tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menjelaskan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen yang nantinya akan terjadi, maksudnya kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk serta ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan perubahan bentuk.

- Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau defleksi. Untuk beberapa hal kekakuan ini biasanya lebih penting daripada kekuatan.
- Plastisitas (*plasticity*) maksudnya adalah kemampuan bahan untuk mengalami deformasi plastis yang permanen tanpa terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti rolling, extruding dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan (*ductility*).
- Ketangguhan (*toughness*) adalah kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa terjadinya kerusakan. Dan juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk membuat benda kerja patah pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
- Kelelahan (*fatigue*) adalah kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan yang berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini sulit diukur karena memiliki banyak faktor lainnya.

2.4. Diagram Fasa FE - C

Diagram kesetimbangan besi karbon adalah diagram yang menjelaskan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fase selama proses pendinginan atau pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini juga merupakan dasar pemahaman untuk semua proses perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa ialah untuk memudahkan pengguna untuk memilih temperatur pemanasan yang sesuai dengan setiap proses perlakuan panas baik proses annealing, normalizing maupun proses pengerasan.



Gambar 1 : Diagram Fasa Baja Karbon

2.5. Heat Treatment

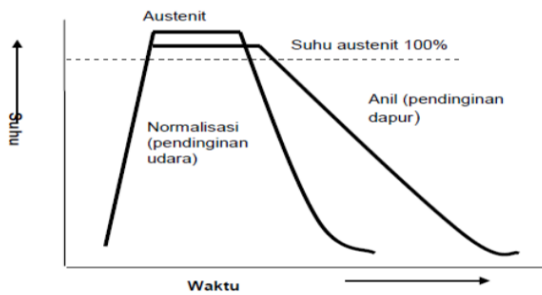
Perlakuan panas atau *Heat Treatment* bertujuan meningkatkan nilai keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal serta meningkatkan kekerasan maupun tegangan tarik bahan [4]. Beberapa faktor yang mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan (*holding time*), laju pendinginan dan lingkungan. Perlakuan panas adalah gabungan proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam maupun paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan.

1. Normalizing

Normalizing adalah proses perlakuan panas dimana proses pemanasan mencapai temperatur, kemudian didinginkan perlahan dengan menggunakan media pendingin udara [3]. *Normalizing* baja adalah proses pemanasan baja ke fase austenite sehingga diperoleh struktur mikro austenite, selanjutnya didinginkan dengan media pendingin udara normal hingga suhu kamar. Sehingga struktur dalam material yang telah berubah akibat perlakuan mekanik, ataupun karena bekerja pada temperatur tinggi atau rendah dapat dikembalikan ke struktur yang normal lagi melalui proses *normalizing*.

Awalnya baja dipanaskan diatas suhu kritis (800-950°C), kemudian setelah mencapai suhu kritisnya baja ditahan (*holding*) pada suhu tersebut, dan yang terakhir baja didinginkan, pendinginannya sesuai dengan suhu kamar, yaitu didinginkan hingga suhu kurang lebih 27°C, lama pendinginan inilah yang sangat mempengaruhi sifat mekanik dari baja, semakin cepat pendinginannya maka akan menghasilkan baja dengan sifat mekanik berupa kekuatan dan

kekerasan yang lebih tinggi, dan jika pendinginannya lambat maka akan terjadi hal yang sebaliknya.



Gambar 2. Proses Normalizing

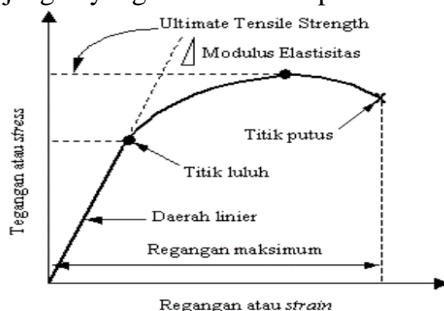
2.6. Media Pendingin

Pendinginan udara biasanya dilakukan pada proses pemanasan yang membutuhkan pendinginan lambat yaitu *normalizing*. Untuk keperluan tersebut udara yang mengalir masuk ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan rendah. Udara sebagai media pendingin akan memberikan kesempatan kepada bahan untuk membentuk kristal dan kemungkinan mengikat unsur lain yang ada di udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan. [2]

2.7. Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik merupakan pembebanan pada bahan dengan memberikan gaya yang berlawanan pada bahan dengan arah menjauh dari titik tengah. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis suatu bahan. Pengujian ini paling sering dilakukan karena merupakan dasar pengujian dan studi mengenai kekuatan bahan. Hasil dari penarikan kekuatan tarik terhadap bahan adalah perubahan bentuk (deformasi) bahan, yaitu pergeseran butiran kristal bahan hingga terlepasnya ikatan kristal tersebut karena gaya maksimum

Proses terjadinya deformasi pada bahan sampai putus, dapat diketahui melalui tahapan pengujian tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang memberikan hubungan antara gaya yang dipergunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen



Gambar 3. Kurva tegangan regangan Baja

Sifat mekanik pertama yang dapat diketahui dari kurva pengujian tarik yang dihasilkan adalah kekuatan tarik maksimum yang diberi simbol u . simbol u didapat dari kata ultimate yang berarti puncak. Jadi besarnya kekuatan tarik ditentukan oleh tegangan maksimum yang diperoleh dari kurva tarik.

Pada kurva tarik baja karbon rendah batas ini mudah terlihat, tetapi pada bahan lain batas ini sukar sekali untuk diamati oleh karena daerah linier dan tidak linier bersambung secara berkelanjutan. Oleh karena itu untuk menentukan titik luluh diambil dengan metode *off set* yaitu suatu metode yang menyatakan bahwa titik luluh adalah suatu titik pada kurva yang menyatakan dicapainya regangan plastis sebesar 0,2 %.

2.8. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bahan merupakan kemampuan bahan terhadap pembebanan dalam perubahan yang tetap, ketika gaya tertentu diberikan pada suatu benda uji. Harga kekerasan bahan tersebut dapat dianalisis dari besarnya beban yang diberikan terhadap luasan bidang yang menerima pembebanan.

Indentor dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang membulat (*brale*). Diameter bola baja umumnya 1/16 inchi, tetapi terdapat juga *indentor* dengan diameter lebih besar, yaitu 1/8, 1/4, atau 1/2 inchi untuk bahan-bahan yang lunak. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk *indentor* bola baja dan 150 kg untuk *indentor brale*. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan *indentor* sesuai kondisi pengujian. Karena pada pengujian *rockwell*, angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indentor yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

2.9. Pengujian Mikrografi

Pengujian Mikrografi bertujuan untuk memperoleh gambar yang menunjukkan struktur mikro sebuah bahan. Melalui Proses ini kita dapat mengetahui struktur dari suatu bahan dengan memperjelas batas-batas butir bahan sehingga dapat langsung dilihat dengan menggunakan mikroskop dan diambil gambarnya. Pengujian mikrografi dimaksudkan untuk melihat perubahan struktur pada bahan. [2]

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium teknik dengan penekanan pada kekuatan tarik dan kekerasan bahan. Materi penelitian yang dimaksud dalam meliputi data-data yang bersifat primer dan sekunder serta teori dan referensi yang menjadi dasar dalam penelitian ini. Kategori rancangan percobaan yang dipilih adalah spesimen baja ST 46 yang telah mengalami perlakuan panas yaitu spesimen *normalizing*.

3.2. Material Spesimen

- Dimensi Pengujian Tarik



Gambar 4. Bentuk Spesimen Uji tarik

- Dimensi Pengujian Kekerasan
Dimensi spesimen pengujian kekerasan menggunakan tabung silindris dengan tebal 10 mm.



Gambar 5. Bentuk Spesimen Uji Kekerasan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Komposisi

Uji komposisi bertujuan untuk mengetahui presentase unsur kimia yang terkandung di dalam spesimen sebelum dilakukan perlakuan panas *normalizing*. Unsur-unsur yang terkandung di dalam baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja tersebut. Dan juga jenis-jenis baja umumnya ditentukan berdasarkan kandungan karbon di dalam material baja tersebut.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja ST 46

UNSUR	(%)
C (Carbon)	0,1675
Si (Silikon)	0,2551
S (Belerang)	0,0047
P (Fosfor)	0,0159
Mn (Mangan)	0,5275
Ni (Nikel)	0,0175
Cr (Krom)	0,3546
Mo (Molibdenum)	0,0241
W (Wolfram)	0,0000
Ti (Taliun)	0,0029
Sn (Timah)	0,013
Al (Alumunium)	0,0103
Nb (Niobium)	0,0000
V (Vanadium)	0,0076
Co (Kobal)	0,0046
Pb (Timbal)	0,0000
Ca (Kalsium)	0,0014
Zn (Seng)	0,0000
Fe (Besi)	98,58

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, spesimen baja yang nantinya akan dilakukan proses *normalizing* merupakan baja tipe karbon rendah. Baja karbon rendah mengandung karbon kurang dari 0,3%, sedangkan hasil pengujian dapat diketahui spesimen baja yang nantinya akan dilakukan proses *normalizing* memiliki kadar karbon sebesar 0,1675%. Hal ini sesuai dengan karakter baja ST 46 yang merupakan baja tipe karbon rendah

4.2. Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan sebanyak tujuh kali menggunakan baja ST 46 sebanyak tujuh spesimen dengan dimensi dan beban yang sama dengan pembagian. Satu spesimen yang belum dilakukan perlakuan panas (*Raw Material*), tiga spesimen yang mengalami perlakuan panas dengan *holding time* selama 20 menit dan tiga spesimen

yang mengalami perlakuan panas dengan *holding time* selama 40 menit.

Pengujian ini dilakukan secara komputerisasi sehingga kurva tegangan regangan bisa langsung diketahui. Dimana untuk nilai tegangan adalah besarnya beban dibagi dengan luas penampang awal, sedangkan nilai regangan adalah pertambahan panjang spesimen dibagi dengan panjang mula-mula spesimen

Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik

Perlakuan panas	Teg. Luluh (σ_y) (Mpa)	Teg. Max (σ_U) (MPa)	Regangan (ϵ) (%)
Raw Material	549.98	559.92	8.9
Holding time 20 menit	248.30	338.31	31.2
Holding time 20 menit	238.09	334.61	34.3
Holding time 20 menit	238.33	336.85	30.5
Holding time 40 menit	245.34	328.14	32.7
Holding time 40 menit	227.50	328.60	30.8
Holding time 40 menit	234.00	329.44	30.5

Berdasarkan tabel 2 dapat diketahui bahwa baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing holding time* 20 menit memiliki kekuatan tarik 336.53 Mpa dan kekuatan luluh sebesar 241.75 Mpa. Sedangkan pada tabel 4.6 menunjukkan bahwa baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing holding time* 40 menit memiliki kekuatan tarik 328.72 Mpa dan kekuatan luluh sebesar 235.61 Mpa. Hal ini menunjukkan bahwa baja ST 46 perlakuan panas *normalizing holding time* 20 menit mempunyai kekuatan ulet (*ductile*) yang lebih baik dibandingkan dengan baja ST 46 perlakuan panas *normalizing holding time* 40 menit

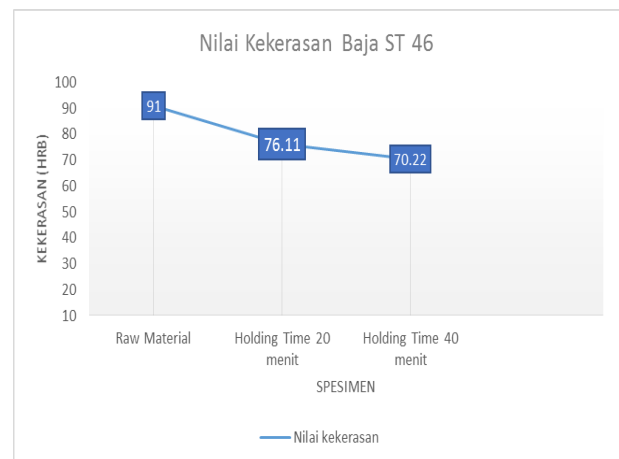
4.3. Pengujian Kekerasan

Metode pengujian kekerasan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode *rockwell* tipe B dimana beban yang diberikan sebesar 100 kg dengan indenter berbentuk kerucut

intan. Pengujian dilakukan pada tiga spesimen yang telah mengalami *normalizing* dengan waktu penahanan 20 menit, tiga spesimen yang telah mengalami *normalizing* dengan waktu penahan 40 menit dan juga satu spesimen yang tidak dilakukan perlakuan panas. Pada tiap spesimen dilakukan indentasi sebanyak tiga kali. Pada pengujian kekerasan, permukaan spesimen harus dihaluskan dengan cara diamplas.

Tabel 3 Hasil Pengujian Kekerasan

No	Spesimen	Posisi titik uji	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Kekerasan (HRB)
1	Raw Material	Acak	92.0	89.0	92	91
2	Holding time 20 menit	Acak	75.0	75.0	75.0	75
3	Holding time 20 menit	Acak	77.0	77.0	79.0	77.67
4	Holding time 20 menit	Acak	74.0	76.0	77.0	75.67
5	Holding time 40 menit	Acak	70.0	72.0	69.0	70.33
6	Holding time 40 menit	Acak	70.0	70.0	69.0	69.67



Gambar 6. Diagram Nilai rata-rata Kekerasan

Berdasarkan gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai kekerasan baja ST 46 tanpa perlakuan panas adalah 91 HRB, nilai dari kekerasan baja ST 46 dengan variasi penahanan panas 20 menit memiliki rata-rata sebesar 76.11 HRB, dan nilai dari kekerasan baja ST 46 dengan variasi penahanan panas 40 menit memiliki rata-rata sebesar 70.22 HRB.

Dapat disimpulkan bahwa semakin lama spesimen mengalami perlakuan panas *normalizing*, maka semakin berkurang nilai kekerasannya. Perbedaan nilai tersebut diakibatkan oleh pengaruh

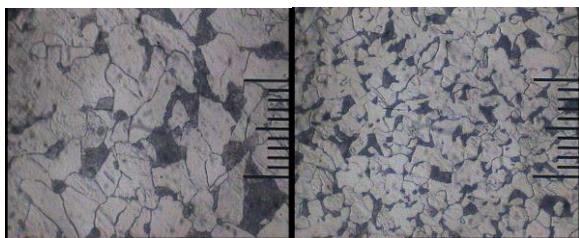
lama waktu spesimen mengalami perlakuan panas sehingga menyebabkan nilai kekerasan menjadi turun. Selain itu, lama waktu perlakuan panas juga menyebabkan struktur mikro spesimen menjadi ikut berubah

4.4. Hasil Pengujian Mikrografi

Untuk proses pengerjaan pengujian mikrografi tahapan yang harus dilakukan sebelum hasil dapat dilihat struktur mikro dan makronya terlebih dahulu material di grinding dengan mesin grinding putar. Sebagai medium grinding dipakai kertas amplas dengan nomor 100, 200, 400, 600, 800, 1500 dan 2000. Ketika sampel mengalami grinding diatas kertas amplas, harus dialiri air bersih secara berkelanjutan dengan tujuan untuk menghindari timbulnya panas di pemakaian sampel yang kontak langsung dengan kertas amplas. setelah proses pengamplasan hingga halus maka material harus di autosol hingga material yang sudah di amplas mengkilap. Lalu proses dilanjutkan dengan pengetsaan

Pengujian mikrografi pada penelitian ini dilakukan pada tiga jenis spesimen, yaitu : Baja ST 46 tanpa perlakuan panas, baja ST 46 perlakuan panas dengan variasi penahanan panas 20 menit, dan baja ST 46 perlakuan panas dengan variasi penahanan panas 40 menit Hal ini dilakukan untuk mengetahui dan membandingkan perubahan struktur mikro baja ST 46 karena mendapat proses perlakuan panas (*heat treatment*). Pengujian mikrografi ini dilakukan dengan dua kali pembesaran 100 dan 200 pada tiap-tiap spesimen

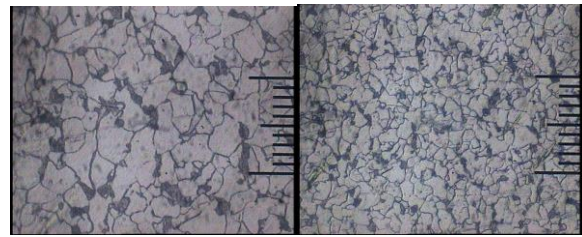
1. Struktur mikro raw material .



(1) (2)

Gambar 7. (1) Perbesaran 100 (2) Perbesaran 200

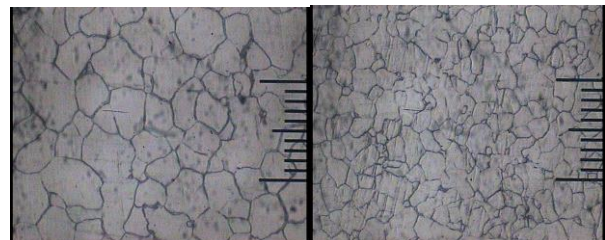
2. Struktur mikro variasi penahanan panas 20 menit.



(1) (2)

Gambar 8. (1) Perbesaran 100 (2) Perbesaran 200

3. Struktur mikro variasi penahanan panas 40 menit.



(1) (2)

Gambar 9. (1) Perbesaran 100 (2) Perbesaran 200

Berdasarkan pengujian mikrografi baja ST 46 yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses perlakuan panas (*heat treatment*) akan mengubah struktur mikro pada material.
2. Baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 20 menit memiliki kekerasan yang lebih tinggi, diikuti dengan baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 40 menit, hal tersebut dikarenakan baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 20 menit memiliki fasa *sementite* yang lebih dominan dibandingkan dengan baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 40 menit.
3. Baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 40 menit memiliki nilai keuletan (*ductile*) yang lebih tinggi, diikuti dengan baja dengan *holding time* 20 menit hal tersebut dikarenakan baja ST 46 tersebut memiliki fasa *ferrite* yang lebih dominan dibandingkan dengan baja ST 46 perlakuan panas *normalizing* dengan *holding time* 20 menit.

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis hasil pengujian tarik, kekerasan, dan mikrografi pada baja ST 46 variasi penahanan panas 20 menit dan 40 menit yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 20 menit memiliki nilai tegangan luluh sebesar 241.57 Mpa, dan memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 336.53 Mpa. Sedangkan baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 40 menit memiliki nilai tegangan luluh sebesar 235.61 Mpa, dan memiliki nilai tegangan maksimum sebesar 328.72 Mpa. Sehingga semakin cepat proses penahanan panas pada spesimen semakin tinggi nilai tegangan maksimum dan tegangan luluh spesimen tersebut.
2. Berdasarkan pengujian kekerasan yang telah dilakukan, baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 20 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 76.11 HRB, sedangkan baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 40 menit memiliki nilai kekerasan sebesar 70.22 HRB. Sehingga baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 20 menit cenderung lebih keras dibandingkan dengan baja ST 46 dengan perlakuan panas *normalizing* variasi penahanan panas 40 menit.
3. Berdasarkan pengujian mikrografi yang telah dilakukan, perlakuan panas *normalizing* dengan variasi penahanan panas menghasilkan perubahan struktur yang mengakibatkan perbedaan-perbedaan nilai pada pengujian tarik maupun kekerasan.

5.2. Saran

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apabila ingin melakukan penelitian tentang pengujian material sebaiknya untuk spesimen uji diperbanyak sehingga data yang didapatkan lebih valid.
2. Apabila ingin melakukan penelitian tentang pengujian material sebaiknya dilakukan pemeriksaan spesimen terlebih dahulu apakah spesimen memiliki cacat material akibat pembuatan spesimen di mesin bubut.

3. Apabila ingin melakukan penelitian tentang pengujian material sebaiknya dilakukan pemeriksaan mesin uji terlebih dahulu untuk mengetahui apakah mesin uji telah dilakukan kalibrasi atau belum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karokaro, Muchtar. 2001. *Pengaruh normalizing ulang terhadap sifat kelelahan baja DIN 42MnV7*, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [2] Murtiono, Arief. 2012, *Pengaruh Quenching dan Tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau permanen sawit*, Departemen Teknik Mesin, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [3] Pribadi, Bangun. Suprpto. Dan Dwi Priyantoro, 2009. *Pengaruh normalisasi terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro baja tahan karat setelah proses pengerolan*, Badan Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- [4] Cahyono, Azis. 2015. *Heat Treatment (Perlakuan Panas) Dengan cara Normalizing*, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, Semarang