Jurnal Teknik Mesin, Vol. 14, No. 2, Oktober 2013, 103-108 DOI: 10.9744/jtm.14.2.103-108
ISSN 1410-9867

Peningkatan Sifat-Sifat Fatik Baja NS-1045 Chromized dengan Proses Perlakuan Panas

Amru Siregar[1*] dan Amrinsyah[1]
[1] Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Uniersitas Medan Area
Jl. Kolam 1, Bandar Selamat, Medan Tembung, Medan 20223
*Korespondensi penulis, e-mail: amru_50@yahoo.co.id

ABSTRAK

Paduan logam untuk penggunaan temperatur tinggi, selain diperlukan sifat-sifat mekanis yang baik juga diperlukan sifat-sifat ketahanan korosi. Komponen-komponen yang dilapisi dengan chromium menunjukkan ketahanan yang sangat baik terhadap mekanisme korosi yang bervariasi, termasuk oksidasi temperatur tinggi dan serangan asam-asam chlorida. Lapisan-lapisan chromium adalah tipe lapisan difusi yang dapat dilakukan dengan teknik *electrodepositin*. Akan tetapi terjadi penurunan kekuatan fatik dari baja *chromized*. Sifat-sifat mekanis baja *chromized* dapat ditingkatkan dengan proses perlakuan panas. Pada penelitian ini telah dilakukan proses *hardening* dan *tempering* untuk baja NS-1045 *chromized*. Pengaruh perlakuan panas terhadap sifat-sifat mekanis telah diuji dengan menggunakan mesin uji rotary bending. Sedangkan struktur mikro diuji dengan menggunakan mikroskop optik dan scanning electrone microscope (SEM). Analisa pengaruh perlakuan panas baja NS-1045 *chromized* terhadap kekuatan fatik meningkat ± (20 ÷ 25)%.

Kata kunci: Fatik, baja *chromized, hardening, tempering*

ABSTRACT

Metal alloys for usage the high temperature, besides needed the good mechanical properties, also needed the corrosion resistance properties. Chromized components exhibit superior resistance to a variety of aggressive corrosive mechanism, including high temperature oxidation, and chloride-related attack. Chromized coatings are diffusion-type coating can be applied by electrodeposition. So that happened degradation fatigue strength of chromized steel. The mechanical properties of chromized steel can be improved by heat-treatment process. In this research conducted hardening and tempering process to NS-1045 chromized steel. Influence of heat-treatment to the mechanical properties, it is has been tested by using machine rotary bending test. While examination of microstructure can do it by using microscope optic and scanning electrone microscopy (SEM). Analysis influence heat-treatment of NS-1045 chromized steel to fatigue strength, it is increase about (20÷25)%.

***Keywords**: Fatigue, chromized steel, hardening, tempering.*

PENDAHULUAN

Ketahanan korosi suatu paduan logam dapat ditingkatkan dengan cara melapisi permukaannya. Lapisan-lapisan yang kaya chromium telah banyak digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi. Struktur lapisan permukaan baja *chromized* terdiri dari matrik ferit yang kaya chromium yang diselang-selingi oleh sejumlah chromium karbida yang bervariasi. Oleh karena itu baja *chromized* selain memiliki ketahanan korosi yang baik pada temperatur tinggi juga mempunyai sifat tahan terhadap gesekan [1-3].

Proses *chromizing* adalah pelapisan bentuk difusi yang dapat dilakukan dengan metode *salt bath*, *pack cementation* [4], atau *electrodeposition* [5]. Metode *electrodeposition* telah digunakan pada penelitin ini. Metode *electrodeposition* mempunyai keuntungan-keuntungan antara lain relatif lebih mudah, biaya lebih murah dibanding metode lainnya, tidak ada garis batas dan terjadi ikatan yang kuat antara lapisan *chromized* dengan logam dasar. Proses *electrodeposition* terdiri dari dua tahapan yaitu proses *electroplating* dan proses pemanasan dalam *pack* [5]. Pada proses *electroplating* atom-atom chromium diendapkan pada permukaan logam yang akan dilapisi, sedangkan pada proses pemanasan dalam *pack*, endapan atom-atom chromium pada permukaan logam berdifusi ke arah bagian dalam logam dasar.

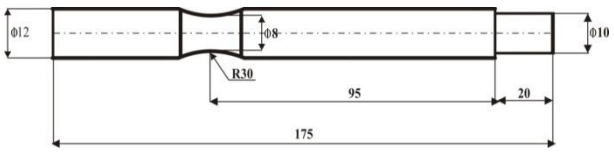
Proses difusi atom-atom chromium ini memerlukan energi kinetik yang relatif besar untuk dapat menembus ke arah bagian dalam logam dasar. Oleh karena itu proses pelapisan *electrodepisition* ini memerlukan pemanasan sampai temperatur relatif tinggi. Proses pemanasan ini identik dengan proses pelunakan, sebagai akibatnya sifat-sifat mekanis dari logam yang dilapisi menurun, terutama sifat-sifat fatiknya [7, 9]. Sifat-sifat mekanis baja *chromized* ini dapat diperbaiki melalui proses-proses perlakuan panas.

Pada penelitian ini telah dilakukan perlakuan panas baja karbon NS-1045 *chromized.* Proses perlakuan panas terdiri rangkaian proses anil, proses *hardening*, dan diikuti dengan proses *tempering*. Telah diamati rangkaian proses dan variabel perlakuan panas yang memberikan konstribusi terbaik pada peningkatan sifat-sifat mekanis, khususnya kekuatan fatik dari baja karbon NS-1045 *chromized.*

Hasil penelitian ini masih jauh dari hasil yang diharapkan, sehingga masih memerlukan kajian-kajian atau penelitian lebih lanjut dengan variabel perlakuan panas yang berbeda atau dengan metode pelapisan chromium lainnya.

METODE PENELITIAN

Bahan baku (*raw materials*) untuk benda uji adalah baja karbon NS-1045, dengan komposisi kimia: C = 0,44%; Si = 0,20%; Mn = 0,76%; P = 0,20%; S = 0,21%; Cu=0,01% dan Ni = 0,02%. Baja karbon NS-0145 ini diperoleh dari baja batangan dengan diameter ½ inchi. Persiapan benda uji meliputi pemotongan batang baja karbon, dan selanjutnya dibentuk dengan menggunakan mesin bubut, sehingga diperoleh benda uji untuk uji kekuatan fatik, uji struktur mikro, dan untuk uji kekerasan. Benda uji untuk uji kekuatan fatik diperlihatkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Benda Uji Kekuatan Fatik

Lapisan *chromized* yang terbentuk diperoleh melalui proses difusi atom-atom chromium pada permukaan benda uji. Proses difusi atom-atom chromium ke permukaan benda uji dilakukan dengan metode *electrodeposition.* Metode *electrodeposition* terdiri dari dua tahapan yaitu proses *electroplating* dan proses pemanasan dalam *pack* [5]. Pada proses *elektroplating*, benda uji terlebih dahulu dibersihkan dengan menggunakan mesin polis, dan selanjutnya dibilas dengan aseton. Benda uji yang telah dibersihkan dimasukkan ke dalam larutan plating yang terdiri dari campuran 300 gr/liter Cr_2O_3, 2,5 gr/liter H_2SO_4, dan 4,5 gr/liter Natrium floursilikat [5]. Larutan ini dialiri arus listrik dengan kerapatan arus 4000 ampere/m^2 selama 35 menit. Sebuah batang Pb digunakan sebagai anoda, sedangkan benda uji yang akan dilapisi bertindak sebagai katoda. Jarak antara anoda dan katoda diperkirakan sekitar 1,5 "- 2". Pada tahapan proses pemanasan dalam *pack*, benda uji produk proses *electroplating* dikemas dalam sebuah *pack* yang diisi dengan campuran serbuk amonium chlorida (NH_4Cl) 10% (berat) sebagai *activator*, serbuk aluminium oksida (Al_2O_3) 90% (berat), sebagai bahan pengisi (*filler*). Selanjutnya *pack* ini dipanaskan sampai temperatur 950°C di dalam dapur induksi, dan ditahan selama ± 8 jam, selanjutnya didinginkan di dalam dapur.

Proses perlakuan panas terdiri dari proses *hardening,* dipanaskan sampai 900^{0}C dan ditahan selama satu jam di dalam dapur pemanas, dilanjutkan proses *quenching* dalam media oli. Berikutnya dilakukan proses *tempering* dengan variasi temperatur 300^{0}C, 315^{0}C, 350^{0}C, 375^{0}C, 400^{0}C, dengan waktu penahanan satu jam dan didinginkan di udara terbuka.

Pengujian benda uji dilakukan untuk uji kekuatan fatik menggunakan mesin uji *rotary bending* jenis *cantilever* pada putaran 2850 rpm, uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik & *scanning elektrone microscope* (SEM) jenis BRUKER, sedangkan uji kekerasan dengan metode *vickers.*

HASIL DAN PEMBAHASAN

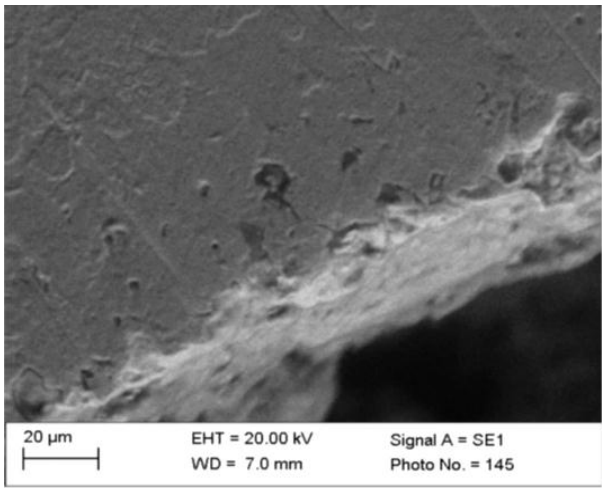
Struktur Mikro Lapisan *Chromized*

Bentuk struktur mikro lapisan *chromized* pada baja *chromized* tanpa perlakuan panas dan baja *chromized* yang diperlakukan panas pada temperatur temper, 300^{0}C, 315^{0}C, 350^{0}C, dan 375^{0}C, masing-masing ditunjukkan pada gambar 2 ÷ 6. Sedangkan bentuk struktur mikro logam dasar untuk *raw material*, baja *chromized* tanpa perlakuan panas, dan baja *chromized* dengan perlakuan panas pada temperatur temper 350^{0}C, dan 375^{0}C, masing-masing ditunjukkan pada Gambar 7 ÷ 10.

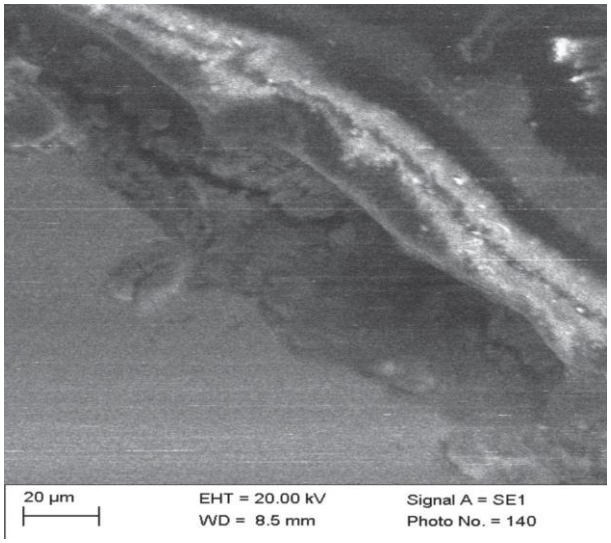
Secara umum lapisan *chromized* terdiri dari dua struktur sub lapisan. Struktur sub lapisan *chromized* terluar dibentuk oleh difusi dan pengendapan unsur-unsur Cr, dan struktur sub lapisan *chromized* bagian dalam dibangun oleh fasa karbida antara unsur Cr dan C. Pada diagram fasa Fe-Cr dapat dilihat bahwa paduan kandungan chrom lebih besar dari 12%, akan terbentuk fasa ferit pada semua tingkat temperatur, dan tidak ada transformasi martensit yang mungkin terjadi [6]. Pada gambar 2 struktur sub lapisan *chromized* yang terluar dapat dikenali sebagai tumpukan unsur-

unsur Cr dan pada daerah sub lapisan yang lebih dalam konsentrasi unsur Cr berkurang dan senyawa karbida terbentuk. Karbida yang terbentuk antara Cr dan C, disebabkan oleh bertemunya unsur Cr yang berdifusi dari daerah sub lapisan *chromized* luar dan unsur C yang berdifusi dari daerah dalam logam dasar [8]. Oleh karena itu jelas bahwa struktur lapisan *chromized* terdiri dari matrik ferit dan unsur-unsur chromium sebagai hasil difusi, dan diselang-selingi oleh sejumlah chromium karbida. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, bahwa struktur lapisan *chromized* pada baja paduan terdiri dari $(CrFe)_2N_{1-x}$ dan $Cr_{23}C_6$ [1].

Struktur mikro lapisan *chromized* untuk baja *chomized* yang diperlakukan panas pada temperatur temper 300^0C, 315^0C, 350^0C dan 375^0C, identik dengan struktur mikro lapisan *chromized* dari baja *chromized* yang tidak diperlakukan panas. Pada sub lapisan *chromized*.

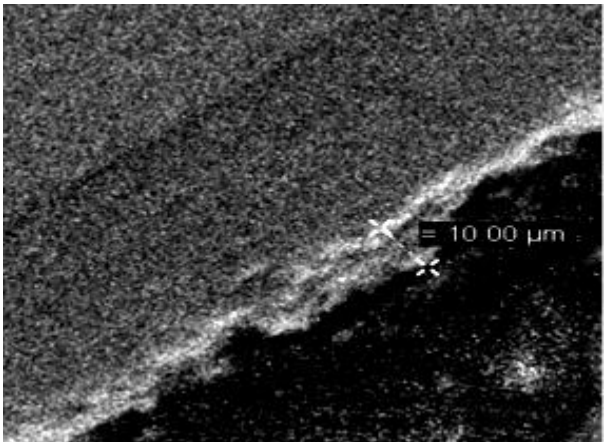


Gambar 2. Struktur Mikro Lapisan *Chromized* Tanpa Perlakuan Panas.

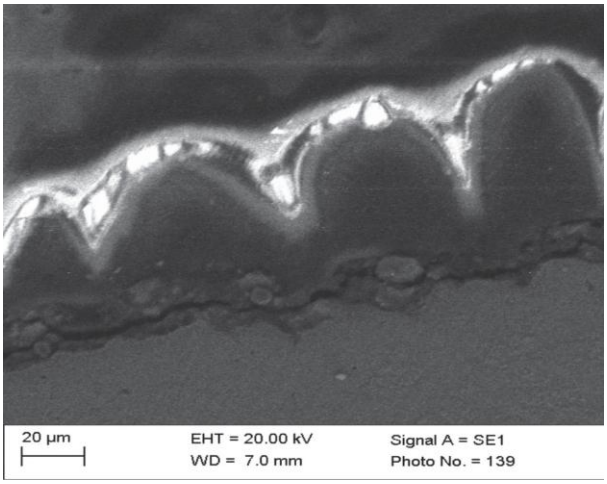


Gambar 3. Struktur Mikro Lapisan *Chromized* dengan Perlakuan Panas Temper 300^0C.

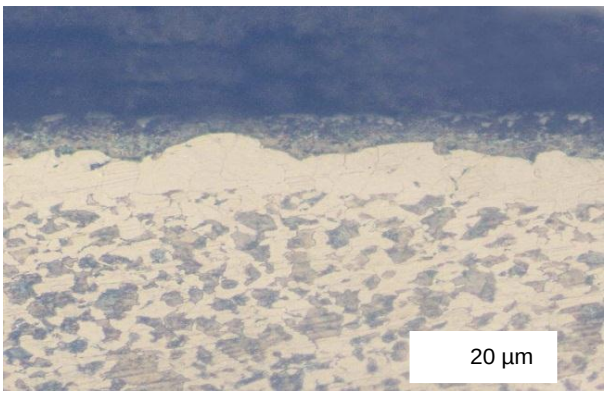
Terluar dengan ketebalan ± 10 µm, seperti diperlihatkan pada Gambar 3, 4, 5, dan 6, walaupun secara kuantitatif tidak diketahui dengan tepat, namun secara kualitatif dapat dikenali sebagai senyawa yang banyak mengandung unsur chromium. Dengan hal yang sama juga untuk sub lapisan *chromized* pada daerah bagian dalam terdiri dari senyawa karbida Cr dan C.



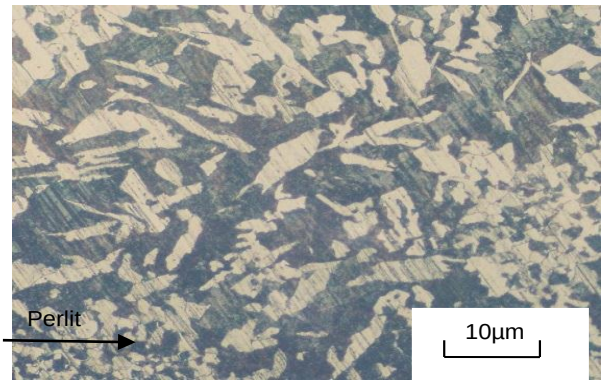
Gambar 4. Struktur Mikro Lapisan *Chromized* dengan Perlakuan Panas Temper 315^0C



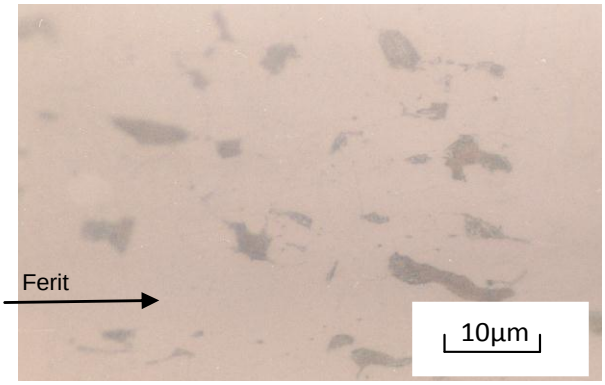
Gambar 5. Struktur Mikro Lapisan *Chromized* Temper 350^0C



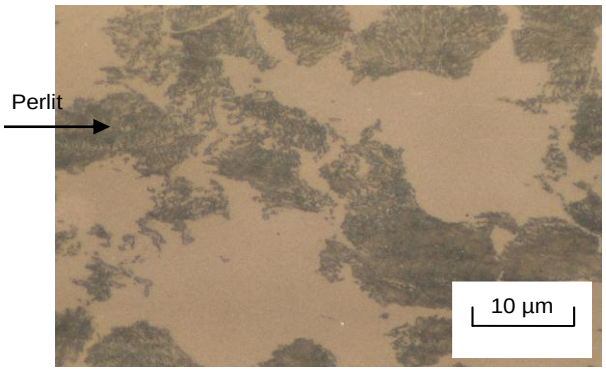
Gambar 6. Struktur mikro lapisan *chromized* dengan perlakuan panas temper 375^0



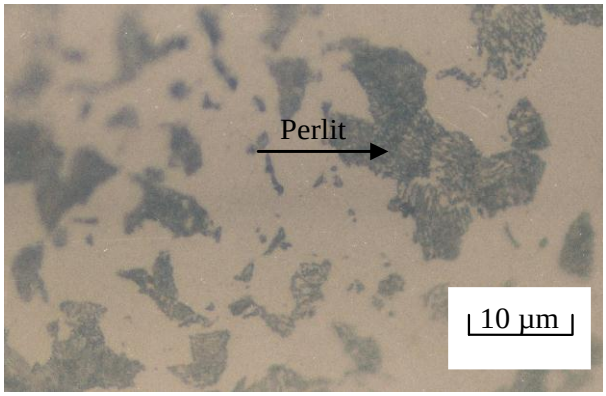
Gambar 7. Foto Struktur Mikro Baja *Raw Material* (200X)



Gambar 8. Foto Struktur Mikro Baja *Chromized* Tanpa Perlakuan Panas (200X)



Gambar 9. Struktur Mikro Benda Uji *Chromized* Temper 350^{0}C Perbesaran 200X



Gambar 10. Struktur mikro benda uji *chromized* temper 375^{0}C perbesaran 200X

Struktur mikro logam dasar dari baja *raw material* terdiri dari campuran fasa-fasa perlit dan ferit yang didominasi oleh fasa perlit (Gambar 7). Oleh karena itu baja *raw material* mempunyai sifat relatif ulet. Gambar 8 memperlihatkan struktur mikro logam dasar dari baja *chromized* tanpa perlakuan panas, terdiri dari campuran fasa-fasa ferit dan perlit yang sebagian besar adalah fasa ferit. Oleh karena itu salah satu sifat baja chromized ini adalah relatif lunak.

Struktur mikro logam dasar dari baja *chromized* yang diperlakukan panas dengan temperatur temper 350°C, dan 375°C, diperlihatkan pada Gambar 9 dan 10, terdiri dari campuran fasa-fasa perlit dan ferit. Struktur mikro logam dasar ini berada diantara struktur mikro logam dasar baja *chromized* tanpa perlakuan panas dan struktur mikro logam dasar baja *raw material*. Oleh karena itu kekerasannya relatif tinggi dari kekerasan logam dasar baja *chromized* tanpa perlakuan panas.

Analisa Kekuatan Fatik Baja Chromized yang Diperlakukan Panas

Sifat-sifat fatik dari semua kelompok benda uji diperlihatkan pada kurva S-N, Gambar 11. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kekuatan fatik untuk baja *chromized* tanpa perlakuan panas, terjadi penurunan yang cukup signifikan dibandingkan dengan kekuatan fatik dari baja *raw material*. Gambar 7 memperlihatkan struktur mikro logam dasar dari baja *raw material*, terdiri dari campuran dari fasa perlit dan fasa ferit, yang sebagian besar didominasi oleh fasa perlit, struktur ini sifatnya relatif lebih ulet.

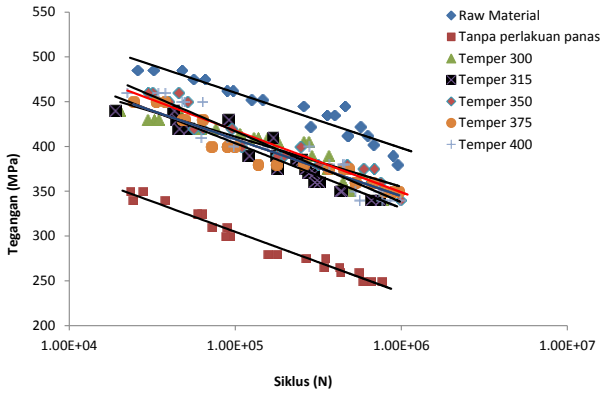
Sedangkan Gambar 8 memperlihatkan struktur mikro logam dasar dari baja *chromized* tanpa perlakuan panas, terdiri dari fasa-fasa yang didominasi oleh fasa ferit, struktur seperti ini memiliki sifat relatif lunak. Dari kedua gambar ini jelas dilihat bahwa terjadi perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis dari *raw material* menjadi struktur mikro baja *chromized* tanpa perlakuan panas. Perubahan struktur mikro logam dasar dari baja *chromized* tanpa perlakuan panas ini, terjadi karena pemanasan baja tersebut sampai temperatur 900 ^{0}C dan ditahan dalam jangka waktu ± 8 jam, selanjutnya didinginkan di dalam dapur. Oleh karena itu terjadi transformasi fasa pada struktur mikro, sehingga terjadi penurunan sifat-sifat mekanis terutama kekuatan fatik dari pada baja *chromized* tanpa perlakuan panas. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang berkaitan yang telah dilakukan sebelumnnya, terjadi penurunan kekuatan fatik baja karbon rendah yang dilapisi *Titanium alloy* dengan metode *pack cementation* [7].

Kekuatan fatik baja *chromized* yang diperlakukan panas pada temperatur temper masing-masing

300^{0}C, 315^{0}C, 350^{0}C, 375^{0}C, dan 400^{0}C juga diperlihatkan pada Gambar 11. Kekuatan fatik baja *chromized* yang diperlakukan panas menunjukkan peningkatan ± (20÷25) % dibandingkan dengan kekuatan fatik baja *chromized* tanpa perlakukan panas. Peningkatan kekuatan fatik ini diakibatkan oleh perubahan struktur mikro logam dasar dari baja *chromized* selama proses perlakukan panas. Struktur mikro logam dasar baja *chromized* yang diperlakukan panas dengan temperatur temper 350^{0}C terdiri dari campuran fasa-fasa perlit dan ferit yang sebagian besar didominasi oleh fasa perlit, (Gambar 9). Terkait dengan perubahan struktur mikro tersebut, kekerasan vickers logam dasar dari baja *chromized* yang diperlakukan panas, menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan dengan baja *chromized* tanpa perlakuan panas, maupun baja raw material (Tabel 1). Oleh karena itu jelas bahwa peningkatan kekuatan fatik baja *chromized* yang diperlakukan panas, diakibatkan oleh perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis dari baja tersebut.

Tabel 1. Nilai Kekerasan Vickers (HV)

Jenis benda uji	Benda uji I	Benda uji II	Benda uji III	Rata-rata
Baja raw material	187,31	189,22	187,32	187,95
Baja *chromized* tanpa perlakuan panas	175,56	172,36	170,12	172,68
Baja *chromized* diperlakukan panas	189,27	190,20	189,22	189,56



Gambar 11. Kurva S-N gabungan untuk semua kelompok benda uji

Baja *chromized* yang diperlakuan panas pada temperatur temper 400^{0}C menunjukkan kekuatan fatik terbesar pada siklus rendah, sedangkan pada siklus tinggi kekuatan fatik terbesar adalah baja *chromized* diperlakukan panas pada temperatur temper 350^{0}C. Secara keseluruhan tidak menunjukkan perbedaan kekuatan fatik secara signifikan di antara kelompok benda uji untuk temperatur temper 300^{0}C, 315^{0}C, 350^{0}C, 375^{0}C, dan 400^{0}C. Hal ini berlaku juga untuk struktur mikro dari masing-masing kelompok benda uji *chromized,* tidak menunjukkan perbedaan susunan fasa-fasa yang cukup signifikan. Oleh karena itu untuk baja NS-1045 *chromized* dapat dilihat bahwa perlakuan panas yang memberikan konstribusi terbaik terhadap peningkatan sifat-sifat mekanis maupun kekuatan fatiknya adalah proses *hardening* pada temperatur 900^{0}C, yang diikuti dengan proses *tempering* pada temperatur 350^{0}C s/d temperatur 400^{0}C.

KESIMPULAN

Susunan struktur mikro yang terbentuk pada proses perlakukan panas baja NS-1045 *chromized* akan menentukan sifat-sifat mekanis maupun kekuatan fatik dari baja tersebut, oleh karena itu diperlukan proses perlakuan panas yang tepat. Rangkaian proses perlakuan untuk baja NS-1045 *chromized* yang memberikan konstribusi pada peningkatan sifat-sifat mekanis dan kekuatan fatiknya adalah proses anil, proses *hardening*, dan proses *tempering*. Temperatur *tempering* untuk baja NS-1045 *chromized* adalah antara 350^{0}C dan 400^{0}C. Proses pelapisan dengan metode *electrodeposition,* adalah lebih mudah dan lebih menguntungkan dibandingkan dengan metode *pack cementation* yang konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Liu, T.C., and Wu, D.J., *The Structure and High Temperature Corrosion Properties of Chromized Coatings*, Surface and Coatings Technology, 43-44, 1990.

[2] Kim H. S., Yoon J. H., dan Han J. H., *Influence of Chromizing Treatment on the Corrosion Behavior of AISI 316 Stainless Steel in Supercritical Water Oxidation,* Metal and Material International, Vol. 10, No.1, 2004.

[3] Casteletti, L.C., Fernandes, F.A.P., and Heck, S.C., *Pack and Salt Bath Diffusion Treatment on Steels*, Heat Treating Progress, ASM Heat Treating Society, 2009.

[4] Ellis, F.V., *Metallurgical Evaluation of Chromized Coating for Boiler Tubing Application, Microstructural Science*, 19 . 597-606, 1992.

[5] Agarwal, V., *A model system for the study of chromized coatings*, A Thesis Presented to the Graduate Committee of Lehigh University in Candidacy for the Degree of Master of Science, 1993.

[6] Surdia, T., dan Saito, S., *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ketiga, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 1995.

[7] Hashem, A. M., and Aly, I. H., *Hight Cycle fatigue Life of Coated low carbon steel*, Fatigue, 16, 321-329, 1994.

[8] Lakhtin, Y., *Chemical Heat-Treatment of steel*, Engng Physical Metal, Foreign, Lang Publish House Moscow, 1981.

[9] Siregar, A., *Pengaruh Chromizing Baja ASSAB 709 Terhadap Kelakuan Fatik*, Tesis Program Studi Teknik Mesin, UGM, Yogyakarta, 2000.