

Analisis Kualitatif Gugus Fungsi Pada Baja Karbon Rendah Yang Mendapat Perlakuan Nitridasi, Karbonasi dan *Quenching* NaCl (NiKaNa) Menggunakan Spektroskopi FTIR

Susanto¹, M. Nur^{2,4}, K. Sofjan Firdausi^{2,4}, Priyono^{3,4}, Rasito⁴

1. Laboratorium Riset Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

2. Laboratorium Fisika Atom dan Inti Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

3. Laboratorium Fisika Zat Padat Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

4. Pusat Studi Aplikasi Radisi dan Rekayasa Bahan Universitas Diponegoro

ABSTRACT

The implemented NiKaNa method on analysis functional group of low carbon steel has been studied using Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. The hardness degree of the steel by NiKaNa method is tested using Rockwell method. The result shows that the NiKaNa method is possible to increase the hardness value of low carbon steel until about 552 % for heating 900⁰ C and duration time 15 minutes. The result of FTIR spectroscopy shows that on NiKaNa steel is seen more addition of N-H functional group. This fact support for a past result of X-ray diffraction was got the existence of Fe-N bonding in Fe₂N compounds. So that the existence of addition in functional group to being NiKaNa steel harder than nontreatment steel because atomic structures more dense and solid.

Keywords: NiKaNa, Microhardness, functional group, Rockwell method, Fourier Transform Infrared Spectroscopy.

INTISARI

Telah dilakukan analisis gugus fungsi baja karbon rendah yang mengalami proses Nitridasi, Karbonasi, dan quenching NaCl (NiKaNa) menggunakan spektroskopi FTIR. Baja karbon rendah yang mengalami proses NiKaNa diuji tingkat kekerasan mikro dengan metode Rockwell. Hasil pengujian tingkat kekerasan mikro menunjukkan bahwa metode NiKaNa mampu meningkatkan kekerasan baja karbon rendah hingga sekitar 552 % pada suhu 900⁰ C dengan lama pemanasan 15 menit. Hasil uji spektroskopi FTIR menunjukkan bahwa pada baja terNiKaNa terlihat adanya pengayaan gugus fungsi N-H. Hal ini mendukung hasil uji difraksi sinar-X sebelumnya yang didapatkan adanya ikatan Fe-N dalam bentuk senyawa Fe₂N. Sehingga dengan adanya penambahan gugus fungsi tersebut menjadikan baja terNiKaNa lebih keras dari baja tanpa perlakuan NiKaNa karena struktur atom-atomnya lebih rapat dan padat.

Kata kunci: NikaNa, kekerasan mikro, gugus fungsi, metode Rockwell, Spektroskopi FTIR.

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sangat pesat dengan didukung oleh perkembangan sektor industri. Industri memegang peranan penting dalam menunjang perkembangan teknologi. Dengan adanya industri-industri baru akan memungkinkan terciptanya barang-barang baru yang lebih inovatif sehingga dapat mendorong munculnya penemuan baru baik di bidang ilmu pengetahuan (sains) maupun teknologi.

Industri-industri yang ada tidak akan lepas dari pemanfaatan logam terutama baja sebagai bahan baku penunjang dalam pembuatan alat-alat produksi. Alat produksi tersebut haruslah kuat dan awet sehingga dapat menunjang kelancaran proses produksi. Oleh karena itu agar alat produksi kuat diperlukan

bahan baku baja yang kuat pula (tingkat kekerasannya tinggi).

Untuk membuat baja yang kuat maka diperlukan metode khusus. Sejak tahun 2001 di Undip telah ditemukan metode baru untuk mengeraskan baja yakni **NiKaNa**. Metode ini terdiri atas gabungan tiga proses yaitu Nitridasi, Karbonasi, dan *Quenching* NaCl (Nur dkk, 2001). Metode NiKaNa ini merupakan pengembangan dari metode sebelumnya yakni merupakan gabungan tiga proses yang semula dilakukan secara terpisah. Dengan metode gabungan ini didapatkan baja dengan tingkat kekerasan yang lebih besar daripada metode sebelumnya. Proses pengerasan ini terjadi karena adanya perubahan fasa atau struktur penyusun atom dari besi baja tersebut.

Perubahan fase dilakukan dengan cara memanaskan baja dengan suhu tertentu dan pendinginan dengan kecepatan tertentu pula dengan menambahkan material baru ke dalam baja tersebut biasanya Nitridasi dan Karbonasi. Nitridasi yaitu pendeposisian atom-atom nitrogen pada permukaan baja. Sedangkan Karbonasi sama dengan nitridasi hanya ditambah dengan karbon.

Teknik nitridasi dilakukan dengan menggunakan gas nitrogen yang disemprotkan langsung pada baja yang sedang membara (Bintoro, 2001). Dengan metode tersebut kekosongan pada material akan terisi oleh atom-atom yang bergeser karena penumbukan oleh atom nitrogen maupun oleh atom nitrogen yang menempati letak interstisi. Proses tersebut akan membentuk struktur baru yang mempunyai kekerasan yang lebih baik dibanding material aslinya. Material yang dipakai dalam penelitian ini adalah baja, mengingat material tersebut banyak digunakan dalam dunia industri.

Pengerasan baja dengan metode NiKaNa pertama kali dilakukan pada tahun 2001 dengan suhu kurang dari 900°C (Nur dkk.,2001; Syaefudin, 2001). Pada tahapan nitridasi, teknik ini dilakukan dengan menembakkan atom nitrogen melalui penyemprotan gas nitrogen secara langsung pada baja yang sedang membara dengan suhu kurang dari sama dengan 900°C (Nur, 2001; Syaefudin, 2001). Dengan menembakkan atom nitrogen pada material, maka kekosongan yang terdapat pada material akan terisi oleh atom-atom yang bergeser karena penumbukan oleh ion nitrogen maupun oleh ion nitrogen yang menempati letak interstisi. Sehingga akan terbentuk struktur baja baru yang mempunyai kekerasan lebih baik dibandingkan material aslinya (Nur, 2001). Sebelumnya teknik ini telah dilakukan dengan kenaikan kekerasan mencapai 300 % dan struktur baja berubah sampai kedalaman 0,1 mm (Nur , 2001; Syaefudin 2001).

Nitridasi

Proses ini dapat menyebabkan permukaan logam menjadi lebih keras dan juga menyebabkan lebih tahan aus dan lebih tahan lelah. Pada penelitian ini menggunakan gas N_2 yang disemprotkan langsung pada material yang dipanaskan pada suhu 300°C , 600°C , dan 900°C dengan tekanan tinggi > 10 bar.

Jumlah molekul nitrogen yang disemprotkan pada teknik tersebut dapat diketahui dengan mengetahui debit gas yang disemprotkan dengan asumsi bahwa gas N_2 mengikuti persamaan gas ideal. Dengan menembakkan atom nitrogen pada material, maka kekosongan yang terdapat pada material akan terisi oleh atom-atom yang bergeser karena penumbukan oleh ion nitrogen maupun oleh ion nitrogen yang menempati letak interstisi. Proses tersebut akan membentuk struktur baru yang mempunyai kekerasan lebih baik dibandingkan material aslinya. Bila ion-ion nitrogen ditembakkan pada besi (Fe) pada kondisi tertentu ion-ion nitrogen tersebut akan membentuk fase baru yaitu fase Fe-N (Leslie, 1982).

Karbonasi

Karbonasi adalah proses pendeposisian unsur karbon ke dalam permukaan logam. Pada pendeposisian ini dimaksudkan agar terjadi peningkatan kekerasan lebih besar dibandingkan sebelum dilakukan proses karbonasi. Pada karbonasi baja karbon rendah ($< 0,3\% \text{ C}$) akan terjadi peningkatan kekerasan lebih besar dibandingkan dengan karbon medium ($0,3\% \text{ C} - 0,7\% \text{ C}$) atau tinggi ($0,7\% \text{ C} - 1,7\% \text{ C}$) (Amanto, 1999).

Quenching

Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara mendadak material yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Kenaikan kekerasan berbeda-beda pada beberapa kandungan karbon. Medium *quenching* yang digunakan secara umum adalah hidrokarbon (oli bekas). Laju *quenching* tergantung pada beberapa faktor di antaranya : pertama temperatur medium, kedua panas spesifik, selanjutnya panas pada penguapan, kemudian konduktivitas termal medium, dan viskositas, serta agitasi (pergolakan) adalah laju pergerakan atau aliran media pendingin. Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli. Dan pendinginan oleh udara mempunyai kecepatan yang paling kecil (Syaefudin, 2001).

METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Furnace Chamber Oven* sebagai pemanas, alat uji kekerasan Rockwell, dan alat

uji gugus fungsi spektroskopi FTIR. Sedangkan bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah diameter 2,2 cm dan tebal 0,3 cm jenis Assab 750 JIS STKM 18A dengan kadar karbon 0,18 % dan silikon 3 %, ampelas, gas nitrogen, oli bekas jenuh, dan larutan garam jenuh. Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahap, yaitu tahap treatment awal, tahap treatment NiKaNa, tahap pengujian sampel. Tahap treatment awal adalah pengampelasan dan pemanasan. Sampel baja dipanaskan dalam Furnace dengan melakukan variasi suhu dan waktu pemanasan. Variasi suhunya adalah 300, 600, dan 900 °C, sedangkan variasi waktu adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit.

Tahap treatment NiKaNa memiliki 3 bagian secara berurutan yaitu nitridasi, karbonasi, dan *quenching* NaCl. Nitridasi adalah penyemprotan langsung gas nitrogen pada sampel baja yang telah dipanaskan dengan suhu dan waktu pemanasan tertentu. Karbonasi adalah pencelupan sampel secara cepat yang telah dipanaskan kembali dengan

suhu dan waktu pemanasan yang sama dengan awal ke dalam cairan oli bekas konsentrasi jenuh. Dan *quenching* NaCl adalah pencelupan mendadak sampel baja yang telah dipanaskan kembali pada suhu dan waktu pemanasan yang sama dengan awal ke dalam larutan garam dapur (NaCl) jenuh. Tahap terakhir adalah pengujian sampel hasil treatment NiKaNa dan tanpa treatment. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan dengan metode Rockwell (HRC), dan uji gugus fungsi dengan menggunakan spektroskopi FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

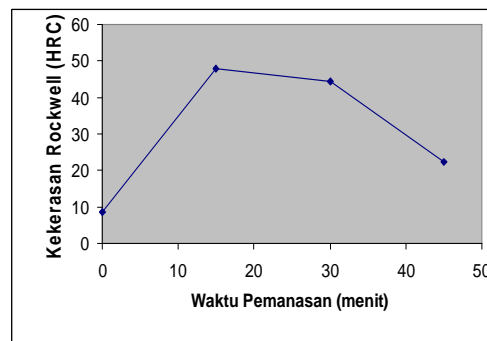
Peningkatan Nilai Kekerasan Mikro Baja Karbon Rendah TerNiKaNa

Hasil uji tingkat kekerasan mikro baja terNiKaNa yang dilakukan dengan metode Rockwell (HRC) memberikan hasil sebagaimana yang terlihat pada tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Tabel hasil uji kekerasan mikro sampel baja karbon rendah

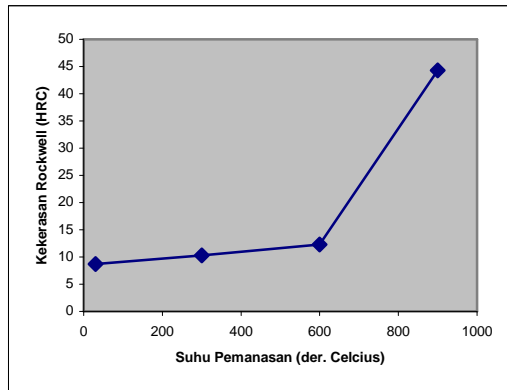
No.	Suhu Pemanasan (°C)	Waktu Pemanasan(menit)	Hasil kekerasan mikro(HRC)	Hasil warna setelah perlakuan
1.	Nontreatment	Nontreatment	8,7 ± 0,6	Putih mengkilap
2.	300	30	10,3 ± 0,9	Coklat kebiruan tidak membara
3.	600	30	12,3 ± 0,3	Coklat kehitaman tidak membara
4.	900	15	48,0 ± 1,5	Hitam pekat membara
5.	900	30	44,3 ± 1,2	Hitam pekat membara
6.	900	45	22,3 ± 2,0	Hitam pekat membara

Berdasar tabel 1 dapat dibuat grafik hubungan antara tingkat kekerasan mikro baja karbon rendah (HRC) dan suhu (°C) serta grafik hubungan antara tingkat kekerasan mikro baja karbon rendah (HRC) dengan waktu (menit), seperti terlihat pada gambar 1 dan 2 berikut ini. Dengan demikian dapat dianalisis bagaimana pengaruh besaran satu dengan besaran lainnya, yang menunjukkan kaitan peristiwa fisis pada baja yang terNiKaNa.



Gambar 1. Grafik hubungan kekerasan dengan waktu pada suhu 900 °C

Pada gambar 1 diperlihatkan hubungan antara nilai kekerasan dengan waktu pemanasan. Dari grafik terlihat bahwa kekerasan baja pada 15 menit pertama mengalami peningkatan yang signifikan sedangkan jika waktu pemanasan ditambah maka kekerasan baja akan mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa untuk suhu 900 °C memiliki waktu optimum 15 menit.



Gambar 2. Grafik hubungan kekerasan dengan suhu pada waktu pemanasan 30 menit

Pada gambar 2 menunjukkan tingkat kekerasan mikro baja meningkat sebanding dengan peningkatan suhu pemanasan. Dengan mengambil empat titik suhu pemanasan yaitu 30 °C, 300 °C, 600 °C, dan 900 °C, terlihat jelas perbedaan tingkat kekerasan terutama ketika suhu pemanasan 900 °C terjadi peningkatan nilai kekerasan yang sangat signifikan. Dari kedua grafik membuktikan bahwa metode NiKaNa dapat meningkatkan nilai kekerasan baja. Untuk waktu pemanasan 15 menit pada suhu 900 °C, nilai kekerasan baja meningkat hingga 552 %.

Tingkat kekerasan mikro meningkat diakibatkan proses nitridasi, karbonasi, dan *quenching* NaCl. Pada proses nitridasi dilakukan pendeposisian atom-atom nitrogen pada baja perlakuan panas yang mengakibatkan peregangan atom-atom material dan mengalami kekosongan hingga diisi oleh atom nitrogen tersebut sehingga memunculkan ikatan atom baru yaitu Fe-N, sesuai dengan hasil uji difraksi sinar-X sebelumnya ikatan Fe-N ditemukan dalam bentuk senyawa Fe₂N (Susilo D, 2005).

Atom nitrogen yang menyusup menempati letak interstisi maupun secara

substitusi. Dengan masuknya atom nitrogen dalam substrat mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro atom target yaitu atom-atom penyusun baja menjadi lebih rapat dan padat. Pada proses karbonasi atom-atom karbon mampu berdifusi dalam material baja, atom karbon sangat mudah menyusup dalam substrat karena ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan atom Fe. Dengan kadar karbon bertambah maka kekerasannya meningkat.

Selanjutnya pada proses *quenching* adalah sangat baik pada pengerasan bahan. Pada celup cepat suatu bahan tidak sempat mengalami difusi dengan atom tetangga sehingga seluruh kekosongan langsung akan terisi oleh media *quenching* tersebut secara mendadak, sehingga kerapatan atom menjadi lebih besar hingga menyebabkan bahan menjadi lebih keras. Hal ini karena pada proses *quenching* akan membuat batas butir menjadi kecil hingga menjadi lebih halus dan padat. Argumentasi tersebut sesuai dengan pendapat Vlack (1992), bahwa logam yang struktur butirnya halus cenderung akan lebih kuat dan keras.

Pada material logam yang dipanaskan pada suhu tertentu atom-atom ataupun partikelnya akan mengalami peregangan atau pergeseran dan kekosongan atom. Dengan adanya celup cepat atau pendinginan mendadak maka atom-atom nitrogen ataupun karbon akan secara cepat mengisi kekosongan material tersebut dan menempati letak interstisi dan substitusi. Dengan adanya peningkatan suhu, maka atom-atom akan bergetar lebih cepat dengan energi yang lebih besar pula. Maka ikatannya pun menjadi lemah, dengan ikatan atom material yang lemah maka akan mudah untuk diisi atau ditempati oleh atom-atom lain dari luar. Proses pendeposisian atom-atom nitrogen dan karbon didasarkan pada proses penyusupan atom.

Adanya peningkatan nilai kekerasan logam baja karbon rendah dibanding awalnya, berarti proses pendeposisian atom-atom tersebut berhasil dan mampu membentuk permukaan logam menjadi semakin keras dan padat akibat penghalusan struktur butirnya. Hal ini sesuai dengan pendapat Vlack (1992), bahwa logam dengan struktur butir lebih halus akan cenderung lebih kuat dan keras.

Proses Pembentukan Gugus Fungsi dan Analisisnya

Proses pembentukan gugus fungsi pada baja terNiKaNa didasarkan pada mekanisme difusi. Difusi yaitu pergerakan atom ke posisi baru karena atom mengalami vibrasi merenggang akibat pemanasan pada atom-atom penyusun bahan. Proses difusi perpindahan atom dari posisi interstisi ke posisi berikutnya dalam kristal baja tidak dikendalikan oleh cacat kristal. Atom yang berdifusi untuk sementara menduduki posisi interstisi dan berada dalam kesetimbangan dinamik dengan atom lain dalam posisi substitusi. Namun demikian, energi untuk membentuk interstisi seperti ini beberapa kali nilai energi yang diperlukan untuk membentuk kekosongan sehingga mekanisme yang paling mungkin adalah migrasi kekosongan secara terus-menerus.

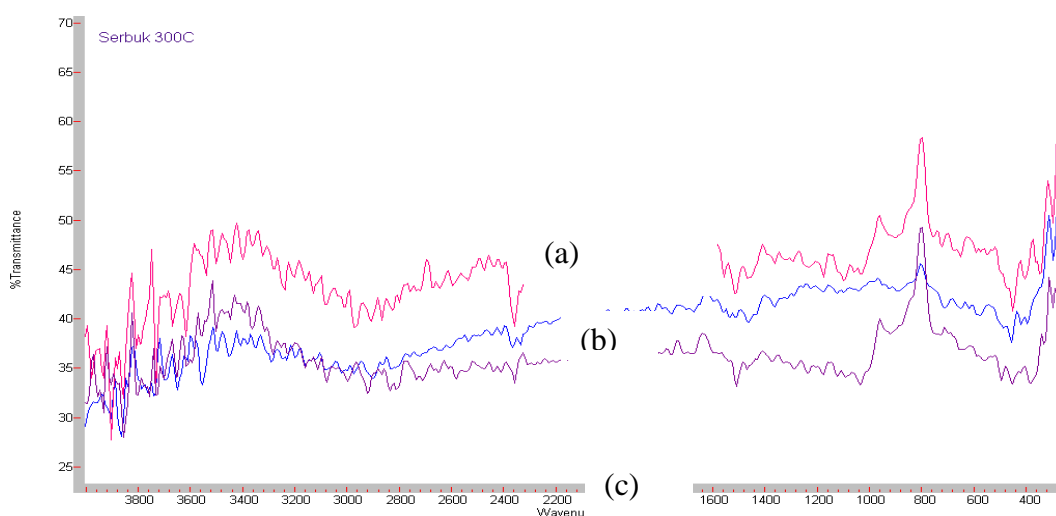
Dengan difusi kekosongan, probabilitas bahwa atom dapat melompat ke lokasi berikutnya bergantung pada probabilitas bahwa terdapat lokasi kosong (yang sebanding dengan fraksi kekosongan dalam kristal) dan probabilitas bahwa atom memiliki energi aktivasi untuk melakukan transisi. Argumentasi tersebut sesuai dengan pendapat Smallman (1999), bahwa proses perpindahan atom dalam kristal baja melalui mekanisme difusi baik secara interstisi maupun substitusi.

Dua faktor terpenting yang mempengaruhi difusi yaitu temperatur dan

komposisi. Laju difusi bertambah dengan meningkatnya temperatur (Smallman, 1999). Pada penelitian NiKaNa ini, sampel baja dipanaskan pada suhu 300, 600, dan 900⁰ C. Pada suhu pemanasan 900⁰ C karena proses nitridasi dan karbonasi atom N dan C akan lebih banyak berdifusi ke dalam baja dibandingkan pada baja dengan suhu pemanasan 300 dan 600⁰ C. Akibatnya semakin banyak atom yang berdifusi menyebabkan baja suhu 900⁰ C memiliki susunan atom yang lebih rapat dan padat serta terjadi penghalusan struktur butirnya. Sehingga baja suhu 900⁰ C lebih kuat dan keras dibandingkan dengan baja suhu 300 dan 600⁰ C.

Analisis Intensitas Transmisi Inframerah

Dari percobaan telah didapatkan spektrum inframerah untuk 3 sampel yaitu sampel nontreatment, dan sampel treatment untuk suhu 300 dan 900⁰ C. Sampel nontreatment berfungsi sebagai pembanding. Jika dibandingkan ketiga spektrum maka akan terlihat adanya perbedaan transmisi inframerah (% transmittance) dari spektrum tersebut. Spektrum paling bawah menunjukkan spektrum nontreatment, kemudian spektrum yang tengah menunjukkan spektrum untuk sampel suhu 300⁰ C, dan spektrum paling atas menunjukkan spektrum untuk sampel suhu 900⁰ C. Gabungan ketiga spektrum tersebut ditunjukkan oleh gambar berikut ini:



Gambar 3. Grafik gabungan spektrum dari baja karbon rendah. (a) Baja terNiKaNa pada suhu pemanasan 900⁰ C (b) Baja terNiKaNa pada suhu pemanasan 300⁰ C (c) Baja nontreatment.

Dengan memperhatikan ketiga spektrum tersebut, maka dapat diketahui bahwa untuk baja yang dikeraskan pada suhu 900°C memiliki % transmisi yang paling tinggi dibandingkan % transmisi pada baja yang dikeraskan dengan suhu 300°C dan baja nontreatment. Hal ini menunjukkan bahwa pada baja yang dikeraskan pada suhu 900°C memiliki susunan atom yang lebih padat sehingga semakin banyak (padat) atom yang menyusun baja maka semakin banyak pula sinar inframerah yang diloloskan oleh atom-atom tersebut. Sinar inframerah yang diloloskan itu ditunjukkan oleh % Transmisi dari spektrum tersebut.

Dari analisis tersebut jika dikaitkan dengan kekerasan baja maka terlihat bahwa baja dengan suhu pemanasan 900°C memiliki kekerasan yang lebih besar dibandingkan dengan baja pada suhu pemanasan 300°C dan baja nontreatment. Hal ini sesuai dengan hasil percobaan sebelumnya yang menunjukkan angka kekerasan pada baja 900°C adalah paling tinggi dibandingkan dengan baja 300°C dan nontreatment yaitu sebesar 48,0 HRC. Sedangkan pada baja 300°C memiliki kekerasan 10,3 HRC dan baja nontreatment memiliki kekerasan 8,7 HRC.

Sampel baja dengan suhu pemanasan 900°C dengan kekerasan 48,0 HRC adalah sampel baja dengan waktu pemanasan 15 menit. Sedangkan untuk waktu 30 menit dan 45 menit tidak diujikan karena ternyata angka kekerasannya masih dibawah baja dengan waktu pemanasan 15 menit.

Analisis Gugus Fungsi dari Baja TerNiKaNa

1. Baja nontreatment

Dari spektrum baja nontreatment di atas ditemukan gugus C-H dimana terdapat pada bilangan gelombang $3079,1\text{ cm}^{-1}$ dan $3001,2\text{ cm}^{-1}$ sesuai dengan referensi (tabel standar bilangan gelombang) bahwa gugus C-H dengan ikatan spesifik $\text{C}_2\text{-H}$ pada bilangan gelombang $3000\text{-}3100\text{ cm}^{-1}$. Dan diperoleh juga bilangan gelombang $2922,2\text{ cm}^{-1}$ yang juga menunjukkan gugus C-H dengan ikatan spesifik $\text{C}_3\text{-H}$. Selain itu didapatkan pula gugus fungsi C-C pada bilangan gelombang $1239,9\text{ cm}^{-1}$ dan $1183,3\text{ cm}^{-1}$ (sesuai dengan tabel standar bahwa gugus C-C terdapat pada bilangan gelombang $1150\text{-}1250\text{ cm}^{-1}$). Dari

bilangan gelombang tersebut dapat dilihat adanya unsur karbon pada baja nontreatment dimana unsur karbon ditunjukkan oleh gugus fungsi C-H dan C-C.

2. Baja terNiKaNa pada suhu pemanasan 300°C

Pada spektrum ini terdapat gugus fungsi C-N ikatan tunggal yang ditunjukkan oleh bilangan gelombang $1047,3\text{ cm}^{-1}$; dan $1127,0\text{ cm}^{-1}$ dimana sesuai dengan tabel standar gugus C-N dengan ikatan C-N tunggal terdapat pada bilangan gelombang antara $1030\text{-}1230\text{ cm}^{-1}$. Selain itu didapatkan pula gugus C-C pada bilangan gelombang $1183,0\text{ cm}^{-1}$.

Selanjutnya didapatkan pula gugus N-H pada bilangan gelombang $2368,8\text{ cm}^{-1}$ (sesuai tabel standar bahwa gugus N-H terdapat pada bilangan gelombang $2250\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$). Hal ini menunjukkan bahwa pada baja yang dikeraskan dengan suhu pemanasan 300°C terjadi penambahan gugus fungsi C-N dan N-H yang merupakan hasil dari penyusupan atom nitrogen dari proses nitridasi dan penambahan gugus fungsi C-C yang merupakan hasil penyusupan karbon pada proses karbonasi.

3. Baja terNiKaNa pada suhu pemanasan 900°C

Pada spektrum ini terdapat ikatan $\text{C}=\text{N}$ ikatan rangkap dua yang ditunjukkan oleh bilangan gelombang $1678,3\text{ cm}^{-1}$ dimana sesuai dengan tabel standar bahwa gugus C-N dengan ikatan spesifik $\text{C}=\text{N}$ rangkap dua terdapat pada bilangan gelombang $1640\text{-}1690\text{ cm}^{-1}$. Selain itu didapatkan pula gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ (ikatan rangkap dua) pada bilangan gelombang $1604,7\text{ cm}^{-1}$ (sesuai dengan tabel standar gugus $\text{C}=\text{C}$ terdapat pada bilangan gelombang $1600\text{-}1670\text{ cm}^{-1}$).

Selanjutnya didapatkan pula gugus fungsi N-H pada bilangan gelombang $2361,7\text{ cm}^{-1}$. Hal ini sesuai dengan pendapat Fressenden (1999), bahwa ikatan yang menimbulkan absorpsi inframerah yang karakteristik amina adalah ikatan C-N dan N-H, dimana N-H adalah termasuk gugus amina dengan rumus kimia umum R_2NH dengan R adalah gugus alkil.

Apabila spektrum baja terNiKaNa suhu 900°C dibandingkan dengan spektrum baja suhu 300°C dan spektrum baja nontreatment maka dapat di katakan bahwa baja terNiKaNa suhu 900°C

memiliki ikatan yang lebih kuat daripada baja terNiKaNa suhu 300°C karena ikatan rangkap lebih stabil daripada ikatan tunggal dan juga energi disosiasi dari ikatan rangkap lebih besar daripada ikatan tunggal sehingga untuk memecah ikatan rangkap lebih susah dari ikatan tunggal (Fressenden, 1991). Dapat dikatakan bahwa pada baja terNiKaNa suhu 900°C dengan ikatan rangkap C=N dan C=C membuat baja lebih keras daripada baja terNiKaNa suhu 300°C dengan ikatan tunggal C-N dan C-C serta baja nontreatment dengan ikatan tunggal C-C. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa baja terNiKaNa suhu 900°C memiliki kekerasan yang lebih tinggi daripada baja terNiKaNa pada suhu 300°C dan baja nontreatment.

Perbandingan Spektrum

Berdasarkan gambar 3 di atas dapat diketahui bahwa antara spektrum baja nontreatment, baja terNiKaNa pada suhu 300°C , dan baja terNiKaNa pada suhu 900°C terdapat perbedaan transmisi inframerahnya (seperti yang telah dibahas pada uraian sebelumnya) dan pada puncak-puncak (*peaks*) dari spektrum tersebut. Dimana pada baja terNiKaNa pada suhu 900°C memiliki puncak yang lebih tinggi dan signifikan (dominan) dibandingkan pada baja terNiKaNa pada suhu 300°C dan baja nontreatment.

Hal ini terlihat jelas pada gugus fungsi N-H dimana spektrum yang menunjukkan gugus N-H pada baja terNiKaNa suhu 900°C lebih dominan (terjadi penonjolan puncak ke bawah yang signifikan) dibandingkan dengan baja terNiKaNa suhu 300°C maupun baja nontreatment. Sehingga dari sini dapat diketahui bahwa telah terjadi penambahan gugus N-H dalam jumlah yang cukup besar pada baja terNiKaNa suhu 900°C dibandingkan dengan pada baja terNiKaNa suhu 300°C yang memiliki puncak yang tidak begitu dominan. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa gugus fungsi (ikatan kimia) pada baja terNiKaNa suhu 900°C lebih banyak dibandingkan dengan baja terNiKaNa suhu 300°C dan nontreatment. Akibatnya baja terNiKaNa suhu 900°C memiliki susunan atom yang lebih rapat dan padat sehingga kekerasannya lebih tinggi dibandingkan dengan baja terNiKaNa suhu 300°C dan baja nontreatment.

Selain itu terdapat pula perbedaan gugus fungsi dimana pada baja terNiKaNa suhu 900°C ditemukan gugus fungsi C=C dengan ikatan rangkap dua, sedangkan pada baja nontreatment tidak ditemukan bilangan gelombang yang menunjukkan gugus C=C dan hanya ditemukan gugus C-C ikatan tunggal. Hal ini menunjukkan pada baja terNiKaNa suhu 900°C terdapat penambahan gugus fungsi baru yaitu gugus C=C yang menyebabkan susunan atom pada baja terNiKaNa suhu tersebut lebih padat dibandingkan dengan baja nontreatment. Akibatnya dengan struktur atom yang lebih padat dan rapat pada baja terNiKaNa suhu 900°C memiliki kekerasan lebih tinggi dari baja nontreatment. Hasil analisis ini sudah menunjukkan adanya kesesuaian dengan pengujian kekerasan mikro sebelumnya yang menunjukkan baja terNiKaNa suhu 900°C memiliki kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 48,0 HRC.

Jadi dapat dikatakan bahwa tingkat kekerasan baja akan meningkat karena terjadi perubahan struktur atom penyusunnya menjadi lebih rapat dan padat akibat adanya penambahan ikatan kimia (gugus fungsi) secara signifikan. Dan hal ini telah dibuktikan pada metode NiKaNa yang mampu meningkatkan kekerasan baja karbon rendah menjadi 5 kali lipat dibandingkan dengan baja nontreatment (tanpa perlakuan NiKaNa).

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa metode NiKaNa mampu meningkatkan kekerasan baja karbon rendah hingga 552 % pada suhu pemanasan 900°C dengan waktu pemanasan 15 menit. Metode NiKaNa menyebabkan terjadinya penambahan gugus N-H (yang merupakan kontribusi dari proses nitridasi) sehingga hal ini menjadikan susunan atom pada baja karbon rendah menjadi rapat dan padat.

SARAN

1. Perlu dilakukan uji korosi untuk mengetahui ketahanan korosi dari baja NikaNa karena pengaruh *quenching* NaCl.
2. Perlu dilakukan riset lanjutan untuk membandingkan metode NiKaNa dengan metode biasa (teknik terpisah).

3. Sebaiknya dilakukan pengukuran terhadap tekanan gas nitrogen, serta konsentrasi oli bekas dan larutan NaCl untuk mengetahui pengaruhnya terhadap proses pengerasan NiKaNa.
4. Data diperhalus dengan membuat hipotesa terlebih dahulu bagaimana kekerasan sebagai fungsi dari waktu dan suhu pemanasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada DIKTI yang telah mendanai penelitian saya. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada seluruh staf laboratorium Teknik Mesin Polines, staf laboratorium spektroskopi fisika UI yang telah membantu dalam pengujian sampel, laboratorium Riset fisika UNDIP atas fasilitasnya dalam penelitian, serta Dr. M. Nur DEA dan Drs. K. Sofjan Firdausi selaku pembimbing penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amanto dan Daryanto. 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [2] Fressenden. 1999. *Kimia Organik*. Edisi ketiga, jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- [3] *Infrared Spectroscopy*. http://www.wpi.edu/Academics/Dept/Chemistry/courses/CH_2670/infrared.html. Senin, 21 Februari 2005, pk. 21.49.
- [4] Leslie, W. O. 1982. *The Physical Metallurgy of Steel*. New York: Mc Graw Hill.
- [5] Nur, M, M. Munir, Priyono, Syaefudin, dan Eko Hidayanto. 2001. *Pengerasan Produk-produk Kerajinan Logam (cangkul), Kecamatan Jatinom, Klaten dengan Teknik Nitridasi dan Karbonasi*. Jurnal PPT Dikti, Vol. II, No. 5.
- [6] Smallman, R. E. 1999. *Metalurgi Fisik Modern*. Edisi IV. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Susilo, Djoko. 2005. *Kajian Struktur Kristal Baja Karbon Rendah yang Mengalami Proses Nitridasi, Karbonasi, dan Quenching NaCl (NiKaNa) dengan Metode Difraksi Sinar-X* (skripsi). Semarang : F MIPA Universitas Diponegoro.
- [8] Syaefudin. 2001. *Pengerasan Baja Karbon Rendah dengan Metode Nitridasi dan Quenching* (skripsi). Semarang: F MIPA Universitas Diponegoro.
- [9] Vlack, Van. 1992. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. (terjemahan Sriati Djaprie). Jakarta: Erlangga.