

PENGARUH VARIASI SUHU DAN MEDIA PENDINGIN PADA PROSES PACK NITRIDING MATERIAL SUS 630 TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKUR MIKRO

Yoseph Netanyahu Silalahi¹⁾, Rudi Siswanto²⁾

Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km. 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714

Telp. 0511 – 4773858

Email: Yosephnetansilalahi@gmail.com

Abstract

This research investigates the application of material engineering techniques on Stainless steel SUS 630 so that it not only has good resilience and resistance to corrosive properties but also has hard properties on its surface. In an effort to improve the quality of violence on the surface, among others, by surface hardening technique, one of which is a heat treatment technique by adding nitrogen elements to the surface of a material called the nitriding pack process. The nitrogen source in the pack nitriding process comes from urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) with a nitrogen content of 46%. Parameters for controlling this study using variables by applying temperature variations (420°C , 470°C , 520°C , 570°C , 620°C) and cooling media (inside the furnace, room temperature, and with fan) with a holding time of 2 hours. To evaluate this study microstructure testing, diffusion layer testing and micro hardness testing were carried out. From the results of the test it was found that there was no significant transformation of the microstructure shape when comparing with raw material, the optimal value of diffusion layer was in the cooling furnace with a temperature of 620°C with an average of $4.57\ \mu\text{m}$ and white layer $0.53\ \mu\text{m}$, the highest hardness was at 620°C with cooling in furnace media which has a value of 80.9 HRN.

Keywords: Nitriding, Stainless Steel SUS 630, Kekerasan, Struktur Mikro, Difusi

PENDAHULUAN

Stainless Steel SUS 630 digunakan sebagai material *part* pompa asam karbamat yang beroperasi di lingkungan korosif, pengoprasian suatu material di lingkungan korisif merupakan tantangan yang harus dihadapi. Untuk itu setiap industri dituntut mampu berinovasi dalam pemilihan material dalam memecahkan masalah yang kompleks. Pada aplikasinya baja *Stainless Steel* SUS 630 akan bergesekan dengan material lainnya sehingga menimbulkan keausan maupun kerusakan, dalam permasalahan inilah baja jenis ini perlu dilakukan rekaya material agar tidak hanya memiliki sifat ulet dan ketahanan korosif yang baik namun di imbangi dengan sifat keras pada permukaan materialnya sehingga dapat menunjang pengoprasian dan pengaplikasinya.

Upaya mengatasi hal tersebut dalam bidang rekayasa material dikenal dengan istilah “perlakuan permukaan (*surface treatment*)”, cara tersebut untuk meningkatkan kekerasan kualitas permukaan material dengan jalan mendifusikan unsur *nitrogen* pada permukaan material *Stainless Steel* SUS 630. Teknik dengan jalan mendifusikan unsur *nitrogen* pada permukaan material disebut proses nitridasi atau *nitriding*. Proses nitridasi menggunakan urea sebagai sumber penyuplai *nitrogen* sehingga teknik ini lebih dikenal sebagai proses *pack nitriding*. *Pack nitriding* ini dilakukan dengan suhu yang relatif rendah $420 - 620^\circ\text{C}$ karena jika mendekati suhu 700°C *nitrogen* sudah terurai sehingga hasilnya tidak berdifusi secara maksimal.

Stainless steel SUS 630

Stainless Steel merupakan baja tahan korosi yang memiliki *chromium* minimal 10,5% hingga 12%. krom melapisi dan membentuk elemen pelindung pada permukaan baja yang menghambat perusakan baja sehingga dapat melindungi baja dari karat. Menurut analisa struktur mikro dan teknik meningkatkan kekuatannya, baja tahan karat dibagi dan dikelompokkan menjadi beberapa jenis :

1. *Austenitic Stainless Steel.*
2. *Ferritic Stainless Steel.*
3. *Duplex Stainless Steel.*
4. *Martensitic Stainless Steel.*
5. *Precipitation Hardening Stainless Steel.*

Stainless steel SUS 630 atau yang disebut *Precipitation hardening stainless steels* merupakan perpaduan *chromium* dan *nickel* pada material baja yang memiliki fase *martensitic* dan *austenitic*. Pada umumnya *grades martensitic* memiliki karakter *high strength* hingga *tensile stress* dengan berbagai proses pengerjaan panas (*Heat Treatment*) dan *Quenching* atau pengendapan (*precipitation hardening*) kemudian dipadukan dengan *chromium*, *nickel*, *Copper*, *Aluminium*, *Titanium*, *Niobium*, dan *Molybden* sehingga memiliki ketahanan korosi dan kekerasan yang memumpuni. *Stainless steel SUS 630* *Stainless steel precipitation hardening* yang banyak di pasaran adalah AISI 17-4 PH, disebut 17-4 PH karena unsur *chromium* dengan presentase 17% dan 4% *Nickel* dan juga terkandung 4% *Copper* dan 0.3% *Niobium*. 17-4 PH *stainless steel* juga dikenal sebagai grade AISI 630.

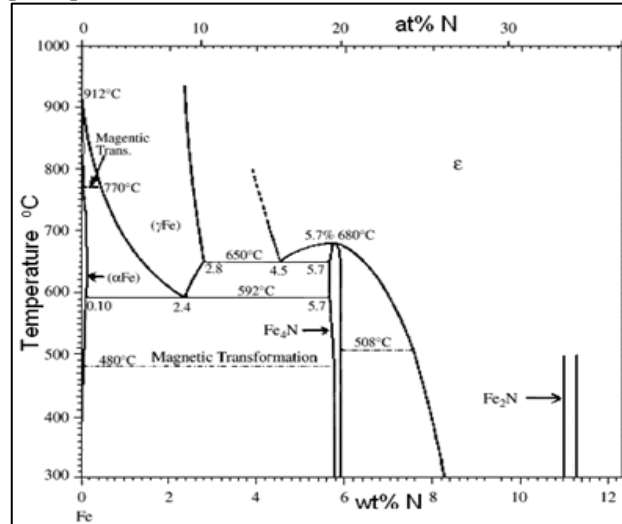
Design Material Nitriding

Nitriding adalah salah satu *diffusion treatment* yang banyak diterapkan pada permukaan mesin, alat maupun benda logam lainnya yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan pada permukaan. *Salt Bath nitriding* pertama kalinya dijelaskan pada tahun 1929 yang di aplikasikan pada baja karbon dan baja perkakas berkecepatan tinggi. Semakin majunya teknologi membawa pengembangan pada proses nitridasi dimana teknik *gas*, *salt bath* dan *plasma nitriding* mulai dikembangkan dengan kelebihanannya masing-masing. Pada metode *nitriding* proses *hardening* terjadi dengan jalan berdifusinya *nitrogen* aktif ke suatu permukaan sehingga terbentuknya sebuah lapisan *Nitriding* biasanya dilakukan pada suhu 420 – 630°C (788 – 1166°F), dan range ini biasanya dipersempit menjadi 500 – 590°C (932–1094°F), pada proses nitridasi suhu jauh lebih rendah dari pada metode karburisasi dan tidak terjadinya perubahan struktur pada *core material*. Proses nitridasi jika dibandingkan dengan *surface hardening* lainnya memiliki *depth of case* yang lebih kecil dibandingkan dengan karburisasi dan juga membutuhkan waktu yang lama pada penerapannya namun dibanyak penggunaannya nitridasi berhasil menggantikan proses karburisasi pada penggunaan material yang tahan aus.

Kesetimbangan/Equilibrium Nitrogen

Nitriding adalah fenomena mendifusikan *nitrogen* (N) ke dalam *surface*/permukaan baja (Fe). Proses difusi ini diakibatkan oleh kelarutan *nitrogen* kedalam besi, seperti yang terlihat diagram *equilibrium iron-nitrogen*. Dalam hal nitridasi, *nitrogen* akan masuk ke logam sasaran (induk) akibat dari aktivitasnya (istilah termodinamik) lebih tinggi dari *nitrogen* (N) dan keberlangsungan proses nitridasi ini terjadi hingga aktivitas kedua sisi sama yang mana proses perilaku nitridasi dipengaruhi oleh kondisi suhu, waktu dan tekanan, dll. Proses difusi ini berlangsung secara interstisi yaitu dikarenakan adanya kenaikan suhu sehingga jarak antar atom Fe melebar sehingga atom *nitrogen* mengisi celah atom Fe akibat perbedaan besaran atom. Batas kelarutan *nitrogen* dalam besi berkisar antara suhu 500 – 590°C dimana paduan besi akan menyerap 0,1 %, dari N, jika lebih besar dari 0,1% maka akan membentuk nitrida γ' (Fe_4N) dan pada kelarutan *nitrogen* pada besi melebihi 6%, nitrida γ' (Fe_4N) akan berubah menjadi ϵ (Fe_{2-3}N). Pada

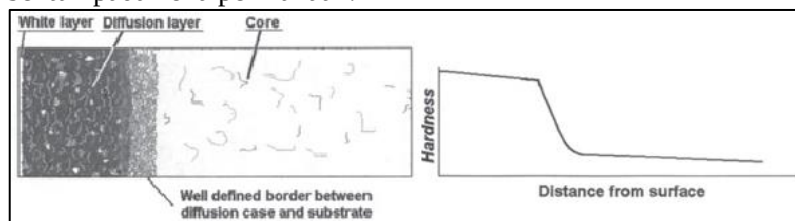
temperatur dibawah 500°C dengan kadar *nitrogen* lebih dari 11 % maka nitrida ξ (Fe_2N) akan segera terbentuk dan diatas 650°C Fe_4N mulai terurai. Nitrida γ' dan ϵ secara fisik pada permukaan baja terlihat sebagai lapisan putih (white layer) atau compound layer. Diagram equilibrium menunjukkan kontrol difusi *nitrogen* mempengaruhi keberhasilan proses nitriding seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Fasa Fe-N

Difussion pada Proses Nitriding

Nitrided layer terbentuk oleh difusi atom *nitrogen* ke dalam baja hal ini terlihat dengan adanya perbedaan pada surface dan core material. Ketika konsentrasi atom *nitrogen* meningkat maka diawali dngan terbentuk γ' (Fe_4N), lapisan ini dikenal sebagai white layers (lapisan putih) dan ketika konsentrasi atom *nitrogen* lebih banyak menyebabkan terbentuknya lapisan ϵ (Fe_2N) namun di beberapa baja paduan urutan pembentukan fase nitrida mungkin berbeda, ϵ nitrida mungkin dapat yang pertama kali terbentuk. Pertumbuhan nitrided layer tergantung pada parameter salah satunya yaitu kadar *nitrogen* dan suhu nitriding. Pada baja *martensitic stainless steels* (Gambar 2) menunjukkan ciri serupa tetapi dengan kekerasan inti yang berbeda tergantung pada *treatment* sebelumnya, terliha ada zona transisi antara *diffusion case* dan *substrate*, pada kondisi nitridasi pada suhu di atas 450°C (842°F) menyebabkan lapisan chromium nitrides terbentuk pada zona permukaan.



Gambar 2. Ciri Khas Nitrided Layer Pada Martensitic Stainless Steels

Metode Nitridasi

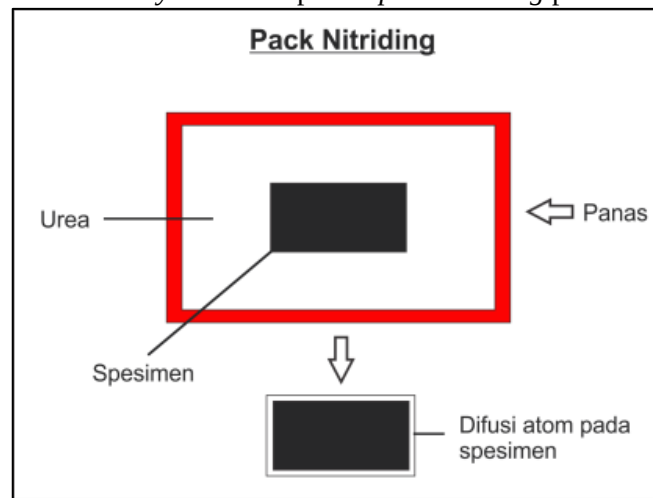
Seiring dengan kenaikan suhu nitridasi, urea akan terurai sehingga menghasilkan atom *nitrogen* dengan reaksi:



Nitridasi dengan urea menghasilkan residu cyanic acid (HNCO). Dalam prakteknya, gas N yang monoatomik dihasilkan dari pemanasan gas amoniak (NH_3) dan akan terurai seiring kenaikan suhu menurut reaksi :



Nitrogen (N) akan bereaksi dengan Fe membentuk nitrida besi yang disebut *Diffusion Layer* dan *White Layer*. Skema proses *pack nitriding* pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema *Pack Nitriding*

METODE PENELITIAN

Langkah-langkah prosedur penelitian adalah sebagai berikut:

Preparasi Spesimen

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah *Stainless Steel SUS 630*. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. *Sectioning* : memotongkan spesimen sebanyak 16 spesimen.
2. Pengamplasan : spesimen diampelas dengan ukuran grid 200, 400, 600, 800, 1200, dan 2000 mesh.
3. *Polishing* : spesimen di *polishing Alumina Polish* sebesar 1 μm , 0.05 μm , 0.03 μm .

Proses Pack Nitridasi

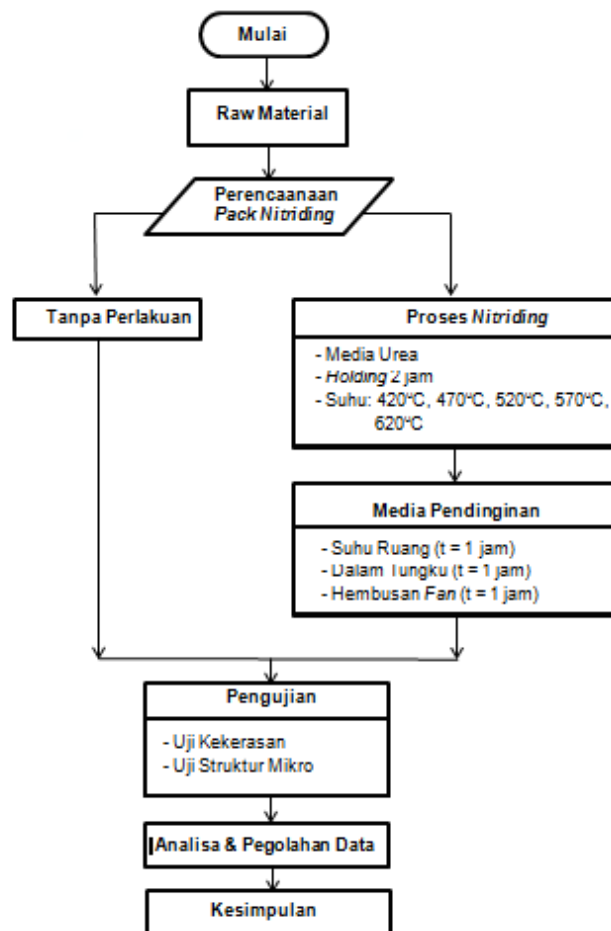
Pack nitridasi proses *heat treatment* spesimen *stainless steel SUS 630* dimana spesimen dimasukkan kedalam kotak urea yang akan *treatment* pada suhu 420°C, 470°C, 520°C, 570°C, 620°C *holding time* selama 2 jam.

Langkah-langkah proses nitridasi:

- a. Mempersiapkan urea sebanyak 150 gr.
- b. Mempersiapkan kotak nitridasi dari bahan plat *stainless steel* yang dilapisi *aluminium foil* dengan dimensi panjang 9,5 cm x 10 cm x 4,5 cm. Kemudian urea dimasukkan kurang lebih setengah tinggi kotak, lalu spesimen disusun di atas urea tersebut lalu ditutup kembali dengan campuran urea hingga spesimen sampai tertutup rata dan tutup rapat kotak nitridasi menggunakan penutup kotak.
- c. Kotak nitridasi kemudian dimasukkan ke dalam *furnance* dengan suhu 420°C yang di *holding* selama 2 jam.
- d. Setelah di *holding* selama 2 jam kemudian spesimen di *cooling* dengan media pendinginan suhu ruang, pendinginan dalam tungku dan hembusan *fan*.
- e. Lakukan kembali seperti langkah a – e dengan variasi suhu 470°C, 520°C, 570°C, 620°C.

Flow Chart

Secara umum tahapan proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 4:



Gambar 4. Flow chart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

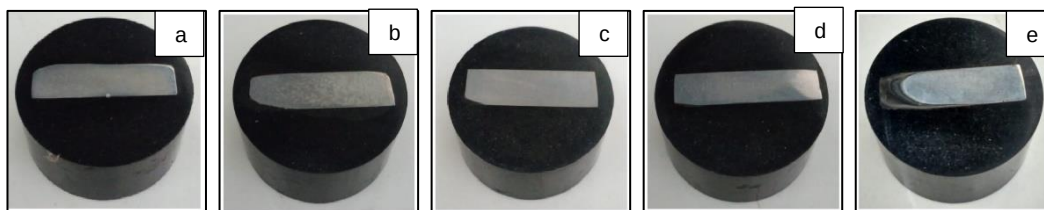
Perilaku Nitriding

Perilaku nitridasi dipengaruhi dengan keberadaan atom *nitrogen* (N) yang berdifusi secara interstisi kedalam permukaan sampel *Stainless Steel* SUS 630, difusi ini terjadi diakibatkan oleh kenaikan suhu dan adanya perbedaan jari – jari atom. Besar atom Fe sebesar 1,4 Å dimana atom Fe jauh lebih besar jika dibandingkan dengan atom *nitrogen* yang hanya sebesar 0,6 Å, akibat dari kenaikan suhu jarak antar atom Fe memiliki celah satu sama lain sehingga atom – atom *nitrogen* (N) masuk mengisi celah dari sampel sasaran (Fe).

Sampel Hasil Preparasi

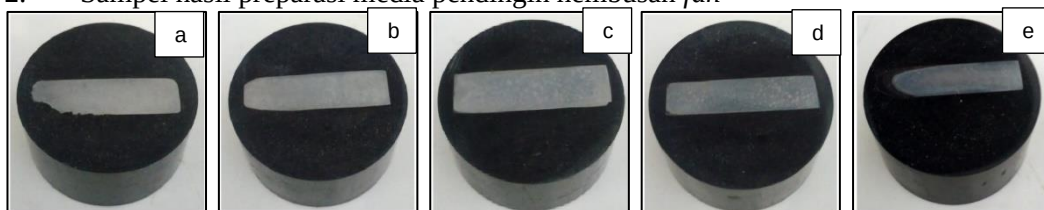
Preparasi pada sampel material *Stainless Steel* SUS 630 ini dilakukan setelah spesimen di nitridasi dengan suhu dan media pendingin masing – masing, preparasi ini bertujuan untuk memudahkan dalam proses pengujian material. Adapun proses preparasi meliputi cutting, grinding, polishing dan etching untuk proses pengujian struktur mikro. Pada Gambar 5 - 7 merupakan hasil preparasi sampel:

1. Sampel hasil preparasi media pendingin suhu ruang (27°C)



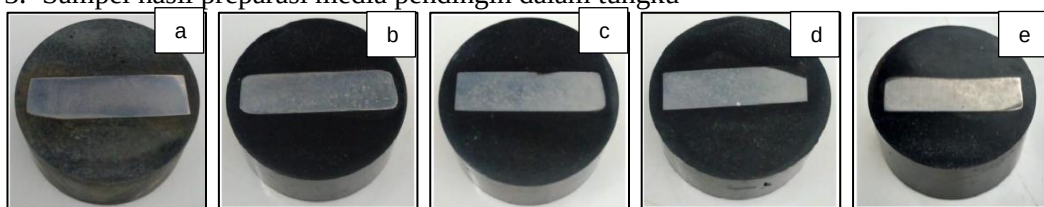
Gambar 5. Sampel hasil nitridasi pada media pendingin Suhu Ruang 27°C dengan suhu (a) 420°C, (b) 470°C, (c) 520°C, (d) 570°C, (e) 620°C

2. Sampel hasil preparasi media pendingin hembusan *fan*



Gambar 6. Sampel hasil nitridasi pada media pendingin Hembusan *Fan* dengan suhu (a) 420°C, (b) 470°C, (c) 520°C, (d) 570°C, (e) 620°C

3. Sampel hasil preparasi media pendingin dalam tungku



Gambar 7. Sampel hasil nitridasi pada media pendingin Dalam Tungku dengan suhu (a) 420°C, (b) 470°C, (c) 520°C, (d) 570°C, (e) 620°C

Hasil Uji Komposisi

Pada tabel 1 merupakan hasil uji komposisi:

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi

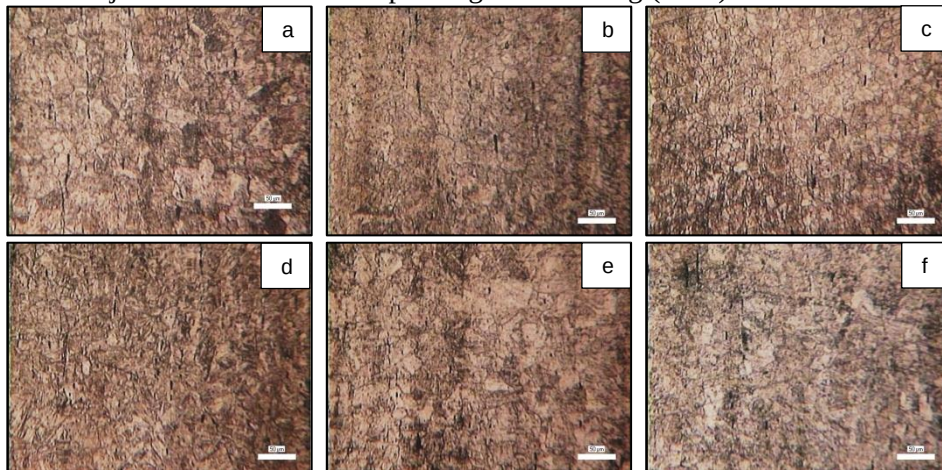
Unsur					
Fe%	C%	Si%	Mn%	P%	S%
82.335	0.0260	0.2436	0.4136	0.0793	0.0192
Unsur					
Cr%	Ni%	Mo%	Cu%	Al%	Ti%
12.823	3.8114	0.1628	0.0736	0.0012	0.0113

Pada hasil uji komposisi material Stainless Steel SUS 630 memiliki nilai chromium yang tinggi, hal ini sesuai dengan kriteria material stainless steel yaitu mengandung minimal chromium yang tinggi minimal 10,5% dan nikel sebesar 4%

Hasil Uji Struktur Mikro

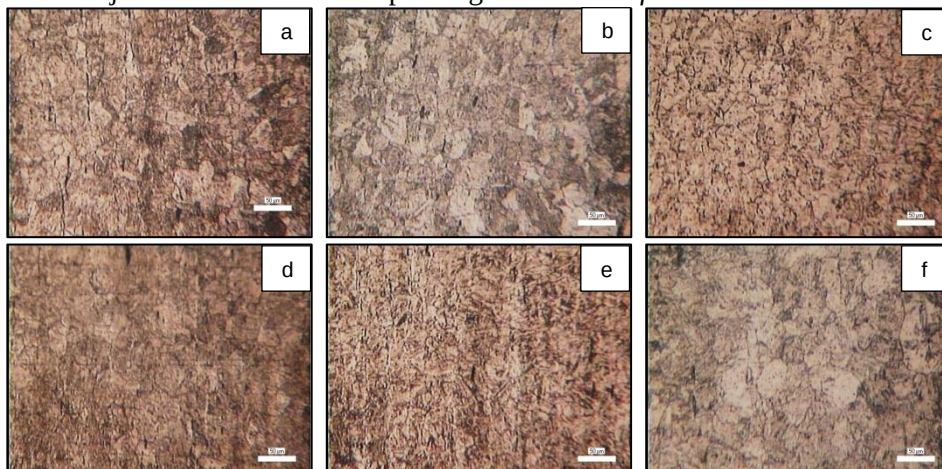
Pada Gambar 8 - 10 merupakan hasil uji struktur mikro:

1. Hasil uji struktur mikro media pendingin suhu ruang (27°C)



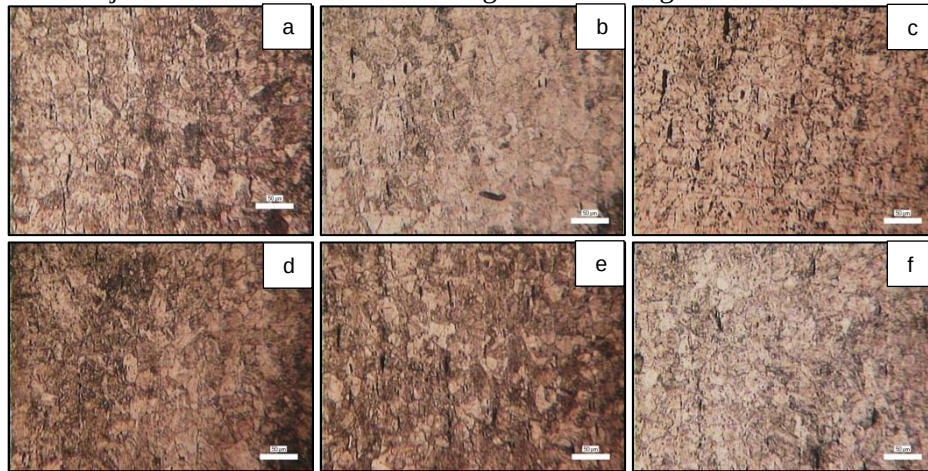
Gambar 8. Hasil pengujian mikrostruktur pada Suhu Ruang (27°C), (a) *Raw material*, (b) Suhu 420°C (c) Suhu 470°C , (d) Suhu 520°C , (e) Suhu 570°C , (f) Suhu 620°C

2. Hasil uji struktur mikro media pendingin hembusan *fan*



Gambar 9. Hasil pengujian mikrostruktur pada Hembusan *Fan*, (a) *Raw material*, (b) Suhu 420°C (c) Suhu 470°C , (d) Suhu 520°C , (e) Suhu 570°C , (f) Suhu 620°C

3. Hasil Uji Struktur Mikro Media Pendingin Dalam Tungku



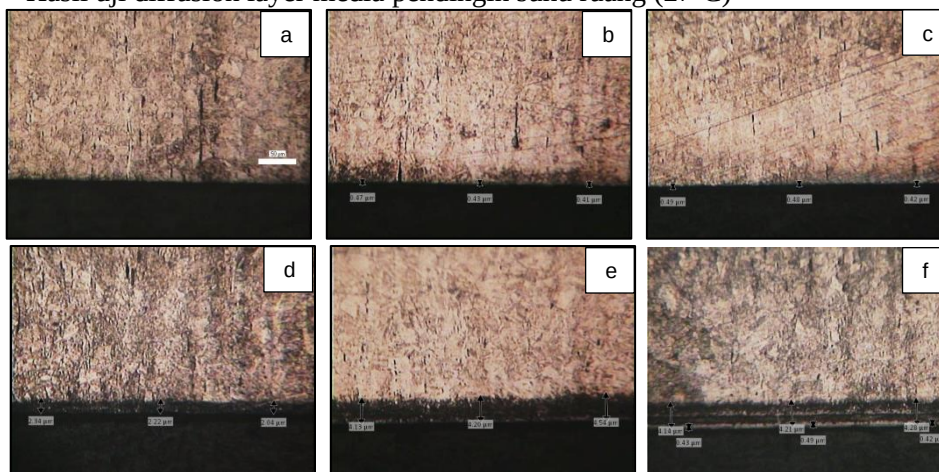
Gambar 10. Hasil pengujian mikrostruktur pada Dalam Tungku, (a) Raw material, (b) Suhu 420°C (c) Suhu 470°C, (d) Suhu 520°C, (e) Suhu 570°C, (f) Suhu 620°C

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro sampel nitridasi jika dibandingkan antara sampel struktur mikro nitridasi pada suhu (420°C, 470°C, 520°C, 570°C dan 620°C) dengan sampel struktur mikro raw material tidak adanya transformasi bentuk butir yang signifikan yaitu memiliki struktur yang sama yaitu memiliki struktur mikro fasa seperti *base material* yaitu martensit hal ini dapat dikatakan demikian karena jika dilihat dari proses nitridasi suhu nitriding berada pada suhu rendah (*low temperature*) yang mana berkisar antara 420 – 630°C sehingga tidak ada terjadinya perubahan fase struktur mikro karena syarat perubahan struktur mikro terjadi jika suatu material di *treatment* hingga mencapai suhu kritis A3 austenisasi.

Hasil Uji Diffusion Layer

Analisa struktur mikro material *Stainless Steel* SUS 630 hasil nitridasi di tampilkan oleh mikroskop optik dengan perbesaran yang digunakan pada pengamatan ini sebesar 200x. Sebelum dilakukan pengujian struktur mikro sampel yang telah di nitridasi terlebih dahulu di *mounting* dan setelah itu sampel dilakukan proses *etching* sehingga pada saat di analisa struktur mikro nantinya pada batas butir terlihat transformasi bentuk struktur mikro fasa material.

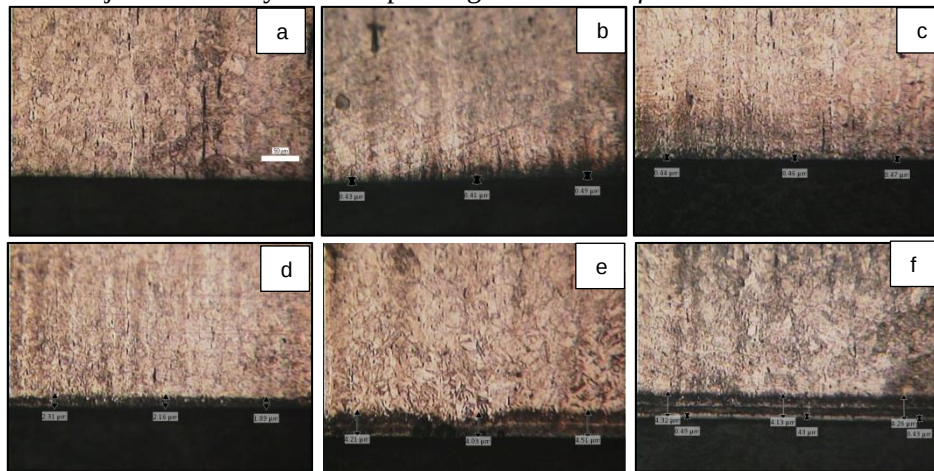
1. Hasil uji diffusion layer media pendingin suhu ruang (27°C)



Gambar 11. Hasil pengujian mikrostruktur pada Suhu Ruang (27°C),

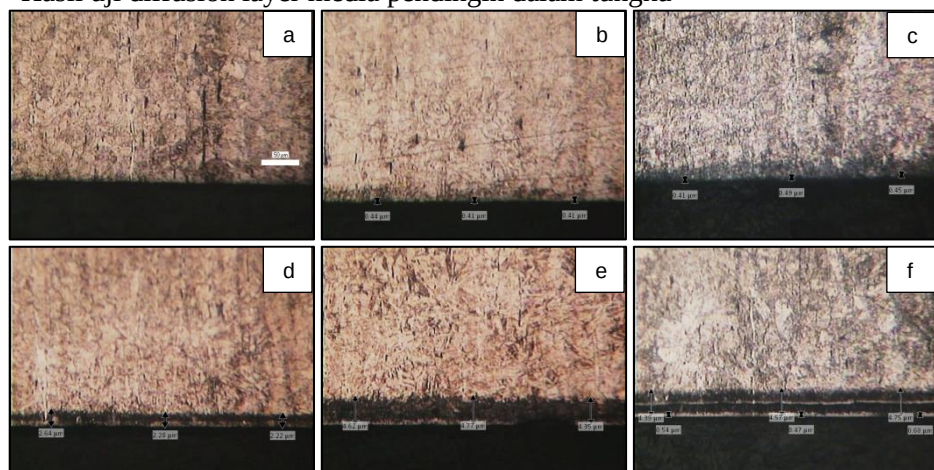
(a) *Raw material*, (b) Suhu 420⁰C (c) Suhu 470⁰C, (d) Suhu 520⁰C, (e) Suhu 570⁰C, (f) Suhu 620⁰C pembesaran 200x

2. Hasil uji diffusion layer media pendingin hembusan *fan*

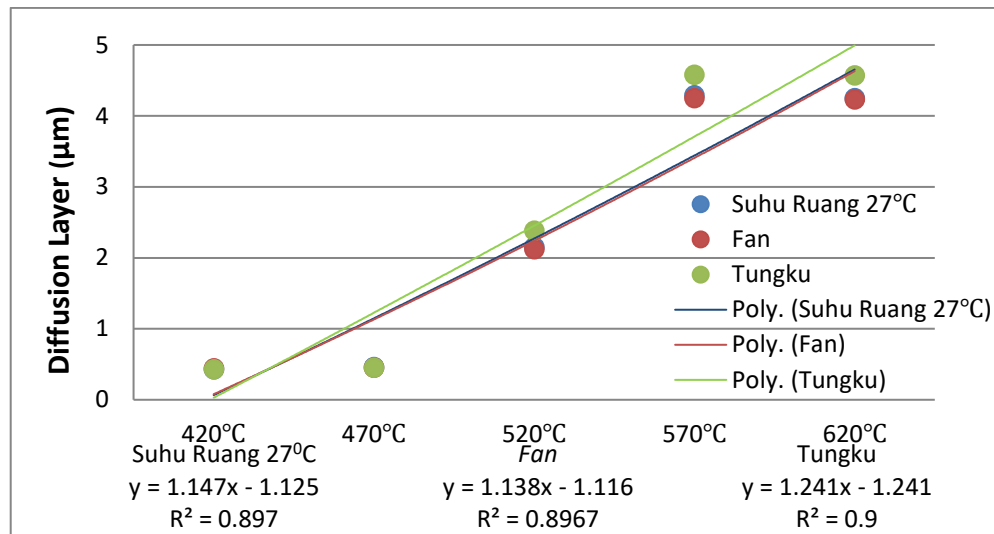


Gambar 12. Hasil pengujian mikrostruktur pada Hembusan *Fan*, (a) *Raw material*, (b) Suhu 420⁰C (c) Suhu 470⁰C, (d) Suhu 520⁰C, (e) Suhu 570⁰C, (f) Suhu 620⁰C

3. Hasil uji diffusion layer media pendingin dalam tungku



Gambar 13. Hasil pengujian mikrostruktur pada Dalam Tungku, (a) *Raw material*, (b) Suhu 420⁰C (c) Suhu 470⁰C, (d) Suhu 520⁰C, (e) Suhu 570⁰C, (f) Suhu 620⁰C

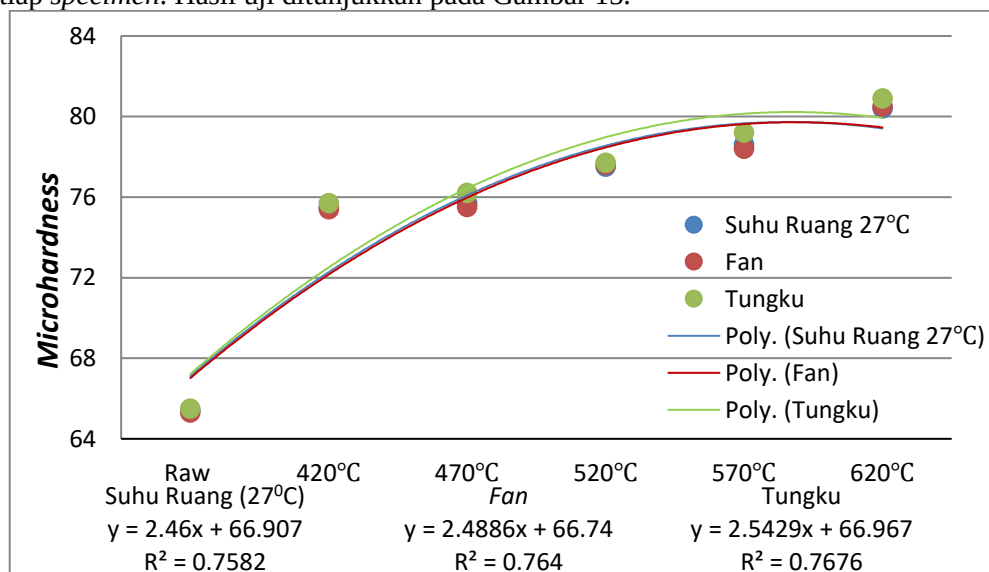


Gambar 14. Grafik Analisa Diffusion Layer Terhadap Suhu

Grafik variasi distribusi *diffusion layer* menunjukkan garis *Polynomial* yang menghubungkan antar titik pengukuran dengan harga *diffusion layer* sehingga disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu maka kedalaman difusi juga meningkat. Hal ini dikarenakan jarak antara atom-atom sampel (sasaran) yaitu atom Fe pada material SUS 630 stainless steel akan lebih besar sehingga kemungkinan difusi interstisi atom – atom *nitrogen* pupuk urea lebih mudah dan daya kelarutan material target lebih besar, Oleh sebab itu hasil pengukuran diperoleh nilai optimal *diffusion layer* terdapat pada suhu 620°C dengan media pendingin dalam tungku ditandai dengan terbentuknya *white layer* sebesar 0.53 µm yang menandakan suatu keberhasilan proses nitridasi nitrogen terhadap baja.

Hasil Uji kekerasan

Pengujian *Micro Hardness* dilakukan dengan menggunakan Rockwell Superficial (HRN) dengan beban sebesar 15 kgf , untuk setiap sampel dilakukan 3 kali pengujian setiap *specimen*. Hasil uji ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15. Grafik Analisa Microhardness Terhadap Suhu

Jika dilihat pada Gambar 15, garis *Polynomial* menunjukkan kenaikan. Fenomena ini disebabkan seiring kenaikan suhu reaksi difusi interstisi antara baja SUS 630 *stainless steel* dan *nitrogen* dari pupuk urea berlangsung lebih banyak, sehingga konsentrasi *nitrogen* pada permukaan sampel akan lebih banyak dan membentuk besi nitrida (FeN) hingga membentuk *white layer*. Oleh karena faktor kenaikan suhu maka difusi yang terjadi lebih banyak yang mengakibatkan kekerasan permukaan yang lebih tinggi. Jika dilihat dari kurva diatas, kekerasan optimal pada suhu 620°C dengan waktu penahanan (holding time) 2 jam dan media pendingin dalam tungku menghasilkan kekerasan permukaan paling tinggi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Semakin tinggi suhu nitridasi maka semakin meningkat nilai kekerasan material SUS 630, nilai kekerasan tertinggi terdapat pada suhu 620°C pendinginan dalam tungku dengan nilai 80.9 HRN, diikuti nilai kekerasan pada suhu 620°C pendinginan hembusan *fan* 80.5 HRN dan nilai kekerasan pada suhu 620°C pendinginan suhu ruang 80.4 HRN
2. Tidak ada terjadinya perubahan transformasi bentuk struktur mikro yang signifikan jika membandingkan antara material sebelum nitridasi (*raw material*) dengan material setelah dilakukan proses nitridasi dengan media pendingin suhu ruang (27°C), pendinginan hembusan *fan* dan pendinginan dalam tungku.
3. Nilai optimal *diffusion layer* terdapat pada pendinginan dalam tungku dengan suhu 620°C menghasilkan nilai rata – rata 4.57 μm dan *white layer* sebesar 0.53 μm , diikuti nilai pendinginan suhu ruang dengan suhu 620°C menghasilkan nilai rata-rata 4.25 μm dan *white layer* sebesar 0.45 μm dan nilai pendinginan hembusan *fan* dengan suhu 620°C menghasilkan nilai rata – rata 4.23 μm dan *white layer* sebesar 0.44 μm .

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Internasional, 1991, “*Metals Handbook Heat Treating*”, Volume 4.
- Bakran, Fachmi Hasan . (2011). Pengaruh Nitridasi terhadap Laju Korosi pada Baja KS01. Tugas Akhir Sarjana S-1, Departemen Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Fisika IPB, Bogor.
- Metallography, Structures, and Phase Diagrams*, Vol 8, *Metals Handbook*, 8th ed., American Society for Metals, 1973.
- Priyantoro, D., Sujitno, T., & Utami, R. A. Pengerasan Permukaan *Bearing* Dengan Teknik *Plasma Nitriding*.
- Purwadadi, W., Idamayanti, D., & Firman, F. (2017). Peningkatan Kekerasan Permukaan *Ferro Casting Ductile* (Fcd) 700 Melalui Proses Nitridasi Dengan Media Urea. *Creative Research Journal*, 1(01), 64-78.
- Rahayu, S. (2017). Pengaruh Proses *Powder Nitriding* Terhadap Perubahan Kekerasan Dan Tebal Lapisan Difusi Pada Pahat Bubut *High Speed Steel* (*Doctoral dissertation*, Universitas Pendidikan Indonesia).
- Rumendi, U., & Hermawan, H. (2014). Analisis Pengerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Baja AISI 1045 Melalui Proses Nitridasi Menggunakan Media Urea. Jurnal konversi energi dan manufaktur UNJ, 1(2), 104-109.
- Sulistyo, E., Setyarini, P. H., & Sudana, Y. (2010). Proses *Pack Nitriding* dengan Variasi Suhu dan Media Pupuk *Nitrogen* Terhadap Kekerasan AISI 420. *Rekayasa Mesin*,(1), 17-20.

- Thelning, K.E. (1984). *Steel and its Heat Treatment*, 2 ed. Jordan Hill : Butterworth-Heinemann.
- Totten, G. (2004). *Handbook of Metallurgical Process Design (Materials Engineering)*. 1st ed. CRC Press.