

PROSIDING

Seminar Nasional Teori dan Aplikasi
Teknologi Kelautan 2007
(SENTA 2007)

dengan tema

Inovasi Teknologi Kelautan:
Mempertemukan Perspektif Industri dan Riset

Editor:
I.K.A.P. Utama
I.K. Suastika

15 NOPEMBER 2007
RUANG SEMINAR FTK
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

KAPAL TANKER PERTAMINA YANG BERKONSEP "GREEN TECHNOLOGY TANKER"	
Subagjo H. Moeljanto, M. Ishak, I Ketut Sudana	A - 103
PENGEMBANGAN PROGRAM SIMULASI MANUEVER DOMAIN WAKTU MODEL PLANING HULL (KAPAL PATROLI)	
Andi Haris Muhammad and D. Paroka	A - 111
WING IN GROUND EFFECT PHENOMENA DUE TO VARIATION OF GEOMETRY MODELS	
Irfan Syarif Arief	A - 123
STUDI EXPERIMENT KAPAL HYBRID TRIMARAN BERSIRIP	
Paulus Indiyono	A - 131
SIMULASI NUMERIK KECEPATAN ARUS LAUT DI SELAT ALAS DENGAN MENGGUNAKAN VARIABLE MESH	
Erwandi, Zulis Irawanto, Afian Kasharjanto, dan Rina	A - 137
ANALISIS STABILITAS KAPAL-KAPAL PENYEBERANGAN ANTAR PULAU	
D. Paroka, S. Asri, Rahim Teruncu, Baso M. Saad	A - 149
STUDY VISUALISASI SILINDER BANYAK (4) YANG DISUSUN SEBARIS (IN-LINE) SEBAGAI PEMBANGKIT TURBULEN (Visualization Study Of Multiple Cylinders In-Line as Turbulent Generator)	
Benny D Leonanda, P. Indiyono, Wisnu W. H. Sasongko	A - 159
SQUAT PHENOMENON OF FLOATING BODY MOVING IN RESTRICTED WATER	
Budi Setyo Prasodjo dan Samudro	A - 167

PAPER KOMISI B

PEMBUATAN DAN PENGUKURAN ANTENA OMNIDIRECTIONAL SQUARE CYLINDRICAL METAL-PLATE MONOPOLE 2-6 GHz	
Anindyajati. P. Yogaswara, Gamantyo Hendrantoro, Puji Handayani, Aulia R. Farhan, Rudhy Akhwady, R. Bambang A. Nugraha	B - 1
STUDI POLA TRAYEK ANGKUTAN LAUT PERINTIS DI DAERAH TERTINGGAL (Study on Pioneer Shipping Routes Pattern Servicing Less Developed Islands)	
Ganding Sitepu	B - 15
DYNAMIC SYSTEM SIMULATION OF TANKER SHIP EVACUATION DUE TO OIL SPILL ACCIDENT IN INDONESIA	
Rusmanto, Trika Pitana, Ketut Buda Artana, Panji Yulianto K.....	B - 23

PENGARUH PERLAKUAN PANAS PADA BAJA TYPE AISI 304 TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU KOROSI PADA MEDIA ASAM KLOORIDA (35%)

Robertoes Koekoeh Koentjoro Wibowo C – 95

MODEL PERTUMBUHAN KEANDALAN CROW UNTUK SISTEM BAHAN BAKAR DAN SISTEM PELUMASAN MESIN KAPAL

Tungga Bhimadi, Daniel M. Rosyid dan I Ketut Budha..... C – 105

DESAIN KONSEP MIDGET UNTUK APLIKASI MILITER DI INDONESIA DENGAN METODA OPTIMISASI ALGORITMA GENETIKA BERTUJUAN JAMAK

Wisnu Wardhana C – 114

PAPER KOMISI D

SISTEM PERPIPAAN BAWAH LAUT ANTARA TANTANGAN DAN HAMBATAN

Agus Triono D – 1

STUDI AWAL PENYEBAB KERUSAKAN SUBMARINE HOSELINE HSD PLTGU MUARA TAWAR BEKASI - JAWA BARAT

Machrif Heriansjah, H.C. Kis Agustin D – 11

REDESAIN PENGELOLAAN BERBASIS PRIORITAS PADA POTENSI KAWASAN PESISIR KABUPATEN GRESIK

M. Mustain D – 21

MEMBANGUN KEKUATAN PELABUHAN INDONESIA MELALUI “SINGLE YARD MANAGEMENT SYSTEM”

Adrian Syahminur dan Taufik Fajar Nugroho D – 31

PENYIMPANGAN NILAI KERAPATAN UDARA PADA PEMBANGKITAN ENERGI DI PULAU-PULAU KECIL INDONESIA

Ridho Hantoro, I Ketut Aria Pria Utama, dan I Ketut Suastika D – 42

KAJIAN PENGEMBANGAN INDUSTRI GALANGAN KAPAL DI KAWASAN TIMUR INDONESIA

Samuel. M. Tuny D – 55

PENGEMASAN SEBAGAI UPAYA MENDONGKRAK NILAI JUAL PRODUK HASIL LAUT KABUPATEN JEMBER

Mahros Darsin D – 73

APLIKASI TEKNOLOGI KELAUTAN UNTUK MEREKAYASA BUOY SEAWATCH SEBAGAI BUOY TEWS – INDONESIA

Wibowo HN, Samudro, Sahlan RB D – 81

SUSUNAN PANITIA SENTA 2007

PENGARAH

Djauhar Manfaat, Ir., MSc., PhD. (Dekan)
Asjhar Imron, Ir., MSc., MSE, PED
Soegiono, Prof., Ir.
Paulus Indiyono, Prof., Ir., MSc., PhD.
R. Sjarief Widjaja, Prof., Ir., PhD.
Achmad Zubaydi, Ir., MSc., PhD.
Ketut Buda Artana, Dr., ST, MSc.
Tri Achmadi, Ir., PhD.
Hari Prastowo, Ir., MSc.
Murdjito, Ir., MSc.Eng.
Imam Rochani, Ir., Msc.
Triwilaswandio Wuruk Pribadi, Ir., Msc.
Suryo Widodo Adjie, Ir., Msc.
Alam Baheramsyah, Ir., Msc.
Ibrahim Hasyim, Dr., MSc. (BP Migas)

PELAKSANA

Setyo Nugroho, Dr.Ing.	Ketua
Ketut Suastika, Dr.	Sekretaris
Dony Setiawan, MEng.	Bendahara
I Ketut Aria Pria Utama, PhD.	Seminar
M. Badrus Zaman, MT.	Pameran
Nur Syahroni, MT.	
Sri Rejeki Wahyu Pribadi, MT.	
I G. N. Sumanta Buana, ME.ng	

KOMITE KARYA ILMIAH

I Ketut Aria Pria Utama, Dr.
Djauhar Manfaat, Dr.
Aries Sulisetyono, Dr.
Agoes Masroeri, Dr.
Ketut Buda Artana, Dr.
Wahyudi, Dr.
Wisnu Wardhana, Dr.
Ika Prasetyawan, Dr. (LHI)
Wibowo Harso Nugroho, Dr. (LHI)

ASISTEN

Teguh Indrawan
Romadhoni Ahmad
Amir Murtono
Wahyu Putra
Siti Dwi Lazuardi
Prabawa Adhikara Triyoso Putra
Angjuang Adi Panji Pratama
Umar Syaifullah
Reni P. Simatupang
Fiska Fitria Harum Nurwidhia



SEKAPUR SIRIH

Dunia maritim adalah luas dan bukanlah wilayah eksklusif. Laut adalah milik semua bidang baik teknik perkapalan, sistem perkapalan, kelautan, elektro, biologi, ekonomi maupun matematika, perikanan dan pertambangan. Oleh sebab itu, seminar dan pameran inovasi teknologi kelautan –SENTA2007- didesain dengan sasaran untuk turut meningkatkan kesadaran bahwa dunia maritim adalah multidisipliner.

Di dalam dunia industri yang semakin kompetitif, inovasi adalah kata kunci yang berperan penting. Inovasi ibaratnya bersepeda, kita akan maju jika kita terus-menerus mengayuh maju, mengupayakan inovasi itu tumbuh. Dan kita akan jatuh, jika kita berhenti berinovasi, berhenti mengayuh.

Seminar dan pameran ini adalah upaya bersahaja, dengan harapan sungguh-sungguh, agar dunia maritim semakin dianggap menjadi bagian yang penting, bagi kita bersama dari berbagai disiplin, dan inovasi diharapkan tumbuh dari berbagai disiplin dengan warna maritim yang makin nyata. Dunia maritim menyimpan segenap potensi hanya bisa tergarap dengan baik, jika berbagai disiplin berupaya bersama untuk memajukannya.

Kami mengucapkan terima kasih yang setulusnya kepada PT Terminal Peti Kemas Surabaya (TPS), PT PAL Indonesia, PT Samudera Shipping Services, PT Dharma Lautan Utama, CV Wicaksana Mandiri, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan unit-unit penelitian dan pendidikan perguruan tinggi di Indonesia dan sejumlah pihak yang tak disebutkan namun sangat berperan pada kegiatan ini, atas dukungannya hingga SENTA 2007 terlaksana.

Akhir kata, kami sungguh-sungguh berharap, bahwa seminar ini berguna dan dan memberi dampak: *“ini saatnya untuk lebih sungguh-sungguh menoleh ke laut”*.

Surabaya, 15 Nopember 2007

Ketua,

Dr.-Ing. Setyo Nugroho



**PENGARUH PERLAKUAN PANAS
PADA BAJA TYPE AISI 304 TERHADAP KEKERASAN DAN LAJU
KOROSI
PADA MEDIA ASAM KLORIDA (35%)**

Robertoes Koekoeh Koentjoro Wibowo
Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik, Universitas Jember (UNEJ)
Fak: 0331410243, Email: robertoes_wibowo@yahoo.com

Abstrak

Baja tahan karat austenit AISI 304 adalah baja yang banyak digunakan untuk konstruksi mesin. Namun bila perlakuan pemanasan terhadap baja tahan karat tersebut berada pada temperature sensitisasi (500-800 °C) akan mengakibatkan terjadinya korosi batas butir dan antar butir. Penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi temperatur pada daerah sensitisasi terhadap kekerasan dan ketahanan korosi pada media asam klorida (35%) serta pengaruh variasi *holding time* terhadap laju korosi baja tahan karat AISI 304 dalam media asam klorida (HCl) (35%). Metode penelitian ini menggunakan standar ASTM 262 (*Standart Practices For Detecting Susceptibility to Intergranular Attack In Austenitic Stainless Steels*). Proses perlakuan panas dilakukan pada suhu 450 °C, 550 °C, 650 °C, 750 °C, 850 °C dan 950 °C, kemudian menahannya selama 1 dan 2 jam. Kemudian didinginkan dengan media pendingin air dan udara. Setelah dilakukan proses *heat treatment* dilakukan proses pengkorosian pada specimen uji selama 7 hari didalam larutan Asam Klorida (HCL) dengan konsentrasi 35%. Penimbangan berat akhir spesimen dilakukan setelah pembersihan spesimen sesuai standar ASTM G1-90. Struktur permukaan spesimen setelah proses perlakuan panas dan setelah uji korosi, dietsa dan diamati dengan mikroskop metalurgi. Nilai laju korosi material baja AISI 304 pada media HCl (35%) sebesar 18,54 mpy (mil/year). Setelah dilakukan perlakuan panas dengan *holding time* 1 dan 2 jam dengan media pendinginan air atau udara didapat nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas semakin naik dengan naiknya temperatur. Laju korosi AISI 304 semakin naik dengan semakin tingginya temperatur *heat treatment*, akan tetapi setelah melewati 850 °C laju korosinya turun.

Kata kunci: perlakuan panas, AISI 304, kekerasan, laju korosi, asam klorida (35%)

**INFLUENCE OF HEAT TREATMENT FOR STEEL TYPE AISI 304 TO
HARDNESS AND CORROSION RATE IN CHLORIDE ACID (35%)
MEDIA**

Abstract

Austenite Stainless Steel type AISI 304 is steel which used to the construction of machine. But iwhen treatment of warm-up to the stainless steel reside in sensitisasi temperature (500-800 °C) will result the happening of intergranular corrosion and corrosion between granular. The research aims are to know how big influence of temperature variation at area of sensitisasi to resilience and hardness of corrosion in sour media of chloride acid (35%) and also influence of variation of holding time to accelerateing stailless steel corrosion of AISI 304 in sour media of chloride acid (HCl) (35%). The research methods use standard of ASTM 262. Process treatment of



heat conducted at temperature 450 °C, 550 °C, 650 °C, 750 °C, 850 °C and 950 °C, later; then holding it during 1 and 2 hours. Later; then it made cool with cooler media water and air. After heat treatment process, the next step is conducting to corrosion process at specimen test during 7 days in chloride acid solution (HCl) with concentration 35%. The heavy weighing-machine of spesimen conducted after cleaning of specimen according to standard of ASTM G1-90. The structure surface of spesimen after heat treatment process and after test of corrosion, etched and perceived with metallurgy microscope. Rate corrosion value of AISI 304 at media of HCL (35%) equal to 18,54 mpy (mile/year). After conducted by heat treatment with holding time 1 and 2 hours with water and air media, got that hardness value after process treatment of heat progressively go up gone up with ittemperature. Corrosion rate of AISI 304 progressively go up with its excelsior of heat treatment temperature, however after temperature passing 850 °C its corrosion rate go down.

Keyword: heat treatment, AISI 304, hardness, corrosion rate, chloride acid (35%)

1. Pendahuluan

Dalam bidang perkapalan baja jenis *stainless steel* biasanya digunakan untuk poros *propeller*, daun kemudi maupun untuk tangki muat pada kapal *chemical tanker*. Sedang pada konstruksi permesinan sering digunakan untuk *boiler* maupun *pressure vessel* (Rochim, 1979).

Baja tahan karat merupakan paduan besi yang mempunyai kadar krom minimal 11 %. Salah satu dari jenis baja tahan karat ini adalah baja tahan karat austenit tipe 304. Baja tahan karat AISI 304 mempunyai sifat mekanik yang baik dan ketahanan terhadap korosi yang cukup tinggi dalam media yang tidak mengandung ion agresif. (Anonim (a) 2006).

Untuk meningkatkan kualitas material *Stainless steel* perlu adanya *treatment* tertentu agar terjadi perubahan struktur mikro dan sifat mekaniknya. *Treatment* ini berupa *quenching* setelah material tersebut mengalami perlakuan panas. Hal ini dimaksudkan agar terjadi proses sensitisasi dimana semua unsur karbon akan larut dalam fasa α (austenit) dan δ (ferrite). Akan tetapi bila terjadi sensitisasi dimana sebagian besar karbon terendapkan sebagai batas butir maka ketahanan korosinya akan menurun. Perubahan yang terjadi dapat juga mempengaruhi sifat mekanik dari material. Untuk mengamati hal tersebut, maka dilakukan pengujian kekerasan dan analisis struktur mikro. Sehingga dengan perlakuan panas yang tepat terhadap suatu bahan akan didapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan (Hariyono, *et al.* (1999).

Untuk mengetahui seberapa besar ketahanan baja AISI 304 terhadap korosi pada lingkungan asam, maka diadakan penelitian mengenai pengaruh proses perlakuan panas pada baja AISI 304 terhadap kekerasan dan laju korosi dalam media Asam Klorida (HCl) (35%) dengan media pendingin air dan udara.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menganalisa pengaruh perlakuan panas dengan variasi temperatur sensitisasi terhadap kekerasan dan ketahanan korosi pada baja AISI tipe 304.
2. Menganalisa pengaruh variasi (*holding time*) dan Media pendingin terhadap laju korosi baja tahan karat AISI 304 dalam media HCL (35 %).
3. Mengetahui kerusakan material pada batas butir dan korosi batas butir dengan metode mikroskopis.

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dari rekayasawan dalam mendesain suatu konstruksi.

2. Tujuan Pustaka

Baja tahan karat merupakan paduan besi yang mempunyai kadar krom minimal 11%. Peranan krom dalam baja tahan karat sangat besar, karena dapat menghasilkan lapisan oksida Cr_2O_3 yang kontinu yang bersifat pasif. Sehingga dengan adanya lapisan oksida ini baja tahan karat mempunyai sifat ketahanan terhadap korosi yang sangat tinggi (Smallman dan Bishop 2007).

Terjadinya presipitasi karbida krom akan menurunkan sifat tahan korosi pada material tersebut, sehingga dapat mendorong terjadinya korosi *intergranular* (Suherman, 1988).

Proses perlakuan panas adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan jalan mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan tanpa atau merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Menurut Inonu *et al* (1999) perlakuan panas adalah suatu proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fasa logam tersebut.

Sedangkan menurut Suherman (1988), Proses laku panas *heat treatment* adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam/paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu.

Selama proses laku panas ini akan menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikro yang menyebabkan perubahan sifat dari baja paduan tersebut. Melalui perlakuan panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir dapat diperbesar atau diperkecil, ketangguhan dapat ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekelilingi inti yang ulet (Inonu *et al.*, 1999).

Proses perlakuan panas dilakukan dalam upaya untuk memperoleh material dengan sifat-sifat tertentu sesuai dengan yang diperlukan. Seperti diketahui bahwa baja tahan karat memiliki koefisien panas yang tinggi namun daya hantar panasnya rendah. Sifat ini menyebabkan baja tahan karat austenit apabila mengalami proses laku panas yaitu proses pemanasan dan pendinginan akan menyebabkan terjadinya cacat. Dimana kecepatan pendinginan tidak dikehendaki. Karena, bila didinginkan secara cepat akan menyebabkan terjadinya distorsi dan apabila didinginkan perlahan-lahan kemungkinan terjadinya presipitasi karbida juga besar. Sebab apabila terjadi presipitasi karbida akan mempermudah terjadinya korosi batas butir pada lingkungan yang korosif (Nurbanasari dan Budi, 2002).

Pada baja tahan karat 18/8 yang mengandung karbon (C) $>0,03\%$, untuk menghilangkan pengaruh tegangan sisa pada saat pengerjaan dingin maupun panas, dilakukan proses pemanasan pada $1050^{\circ}C$ yang kemudian didinginkan secara cepat sampai temperatur kamar akan menghasilkan fasa austenit yang lewat jenuh meskipun masih ada pengendapan senyawa karbida (Suratman, 2005).

Apabila austenit yang lewat jenuh ini dipanaskan kembali pada daerah $\gamma + M_{23}C_6$ akan terjadi pengendapan senyawa kromium karbida pada batas butir austenit. Dengan mengatur temperatur dan waktu pemanasan, akan memungkinkan pengendapan senyawa kromium yang kaya karbida, tetapi tidak memungkinkan kromium terdifusi kembali pada fasa austenit dekat karbida. Dengan tidak dapat berdifusinya kembali kromium pada fasa austenit ini akan menghasilkan daerah miskin krom pada fasa austenit sehingga daerah tersebut rawan terhadap serangan korosi yang dikenal dengan korosi batas butir (Suratman, 2005).

Presipitasi karbida terjadi apabila baja tahan karat didinginkan secara perlahan-lahan melewati daerah temperatur sensitis yaitu pada kisaran temperatur 500°C - 800°C (Smallman dan Bishop, 2000). Akibat presipitasi karbida pada batas butir ini, daerah sekitar batas butir menjadi kekurangan kadar Cr hingga jauh dibawah tingkat untuk terjadinya passivasi yaitu lapisan permukaan yang stabil dari Cr agar tidak mudah terjadi korosi. Kelemahan inilah yang disebut sebagai kelemahan sensitisasi yang akan menyebabkan baja lebih mudah terkorosi.

Korosi *intergranular* tidak menyerang matrik akan tetapi menyerang daerah sekitar tempat terjadinya karbida krom. Karena pada daerah tersebut kandungan kromnya mengalami penurunan hingga kurang dari 10% - 12%, sedangkan pada matrik dan tempat karbida kandungan kromnya cukup tinggi yang berarti masih cukup mampu untuk membentuk lapisan pasif oksida krom. Dalam hal ini batas butir, dimana kandungan kromnya tinggi sekitar 70% - 88% berfungsi sebagai katoda lokal (Anonim (a) 2006).

Menurut Supardi (1997), salah satu cara untuk menanggulangi pengaruh sensitisasi antara lain adalah melakukan proses olah panas setelah proses pengelasan.

Secara umum korosi diartikan sebagai suatu proses kerusakan atau keausan material akibat terjadinya reaksi dengan lingkungan, yang didukung oleh faktor-faktor tertentu. Lingkungan yang menyebabkan kerusakan pada material disebut lingkungan korosif, yang terbagi dalam beberapa bagian (Fontana, 1987) :

Menurut teori korosi elektrokimia, bahwa proses pada logam disebabkan karena logam itu mempunyai komposisi kimia yang tidak homogen. Dalam kenyataan memang logam sangat sulit untuk dibuat betul-betul homogen. Akibatnya akan ada perbedaan potensial yang dapat menimbulkan korosi galvanis bila ada elektrolit seperti uap air dari udara. Bagian yang berpotensi lebih rendah akan menjadi anoda sedangkan yang berpotensi lebih tinggi akan jadi katoda (Supardi, 1997).

Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan *cold worked* seperti pengerolan, penarikan, pemakanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas (Van vlack, 1992).

3. Metode Penelitian

Metode Penelitian

1. Menurut Anonim (c) (1994), Setiap specimen dibuat sesuai dengan standart ASTM 262 (*Standart Practices For Detecting Susceptibility to Intergranular Attack In Austenic Stainless Steels*). Ukuran untuk setiap specimen uji adalah, panjang 75 mm, lebar 35 mm, dan tebal 6mm. Dengan 6 variasi temperature sensitisasi, 2 variasi *holding time* dan 2 media pendinginan yaitu air dan udara. Dimana setiap variasi temperature menggunakan 10 buah specimen.
2. Spesimen dicuci/ dibersihkan sesuai standar ASTM G1-90 (*Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*) (Anonim (b) 1994).
3. Berat awal, struktur permukaan dan sifat mekanik (kekerasan), dilakukan pengujian sebelum dilakukan proses perlakuan panas.
4. Proses perlakuan panas dilakukan pada temperature 450°C , 550°C , 650°C , 750°C , 850°C dan 950°C , kemudian menahannya beberapa saat.

Variasi waktu penahanan suhu (*Holding Time*) yang diambil adalah 1 jam dan 2 jam. Kemudian didinginkan dengan cepat pada media pendingin air dan udara.

5. Setelah dilakukan proses heat treatment dilakukan proses pengkorosian pada specimen uji selama 7 hari didalam larutan Asam Klorida (HCL) dengan konsentrasi 35%.
6. Penimbangan berat akhir spesimen dilakukan setelah pembersihan sesuai standar ASTM G1-90.
7. Struktur permukaan spesimen setelah proses perlakuan panas dan setelah uji korosi diamati dengan mikroskop metalurgi.

Pengujian Kekerasan

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan dari material *non heat treatment* serta material yang telah di *heat treatment* dengan variasi temperature, holding time dan media pendingin untuk menganalisa perubahan nilai kekerasan yang terjadi. Pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan Vickers.

Uji Metallography

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan struktur mikro dari specimen awal (*non heat treatment*) dan setelah proses *heat treatment* . Uji metallography dilakukan melalui beberapa proses penghalusan permukaan logam yang akan difoto mikro dengan pembesaran 200x.

Pengujian Korosi

1. Model pengkorosian yang direncanakan dalam penelitian ini adalah dengan uji imersi yaitu uji simulasi ketahanan korosi terhadap media media korosif dengan cara material uji dicelupkan kedalam media korosif untuk suatu waktu tertentu dengan menerapkan atau mensimulasikan semua parameter yang terlibat dalam kondisi aktual. Hasil yang didapat dengan cara ini adalah kehilangan berat dari material uji yang dapat dikonversikan ke laju korosi dan fenomena kerusakan material uji atau bentuk korosi. Uji imersi yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji imersi total yaitu uji celup yang spesimennya tercelup total didalam media korosif.

2. Pembersihan Produk Korosi

Pembersihan produk korosi sesuai standar ASTM G1-90. Pembersihan dilakukan dengan metode kimia menggunakan larutan acid pickling, metode ini dipilih dengan harapan kehilangan berat akibat pembersihan akan lebih kecil apabila dibandingkan dengan metode lainnya.

Pengukuran Berat Setelah Uji Korosi

Penimbangan berat akhir spesimen uji dilakukan setelah pembersihan sesuai standar ASTM G1-90. Setelah selama 7 hari atau 168 jam logam baja dalam hal ini baja tahan karat AISI 304 dicelupkan kedalam larutan kimia HCL sebagai media korosi akan mengalami korosi yang mengakibatkan berat logam specimen uji tersebut akan berkurang dari berat awal (*weight loss*). Timbangan analit yang digunakan adalah *Libror eb- 330D Shimadzu* dengan kapasitas 330,00g.

Analisa data untuk menghitung laju korosi dilakukan dengan metode pengurangan berat yang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (Tjitro, S. *et al.* 2000) :

$$mpy = \frac{3.45 \times 10^6 \times W}{D \times A \times T}$$

Dimana :

- Mpy = Laju korosi (*miles per year*)
 W = perubahan berat (*W_o-W_a*) gr
 D = masa jenis logam (gr/cm³)
 A = Luasan specimen (cm²)
 T = waktu ekspos (jam)

4. Hasil dan Pembahasan

Perumusan laju korosi dilakukan dengan menggunakan metode pengurangan berat. Jumlah produk korosi yang terjadi dalam waktu 7 hari (168 jam) disajikan di bawah ini.

Untuk specimen tanpa *heat treatment* dapat dilihat pada table 4.1, nilai laju korosinya sebesar 18,54 mpy

Tabel 4.1 laju korosi specimen tanpa *heat treatment*

Spesimen	ΔW (gram)	t (jam)	D (g/cm ²)	A (cm ²)	Laju korosi mpy (mil/th)
NHT	0,47	168	7.9	65,91	18,54

Hal ini disebabkan material tanpa perlakuan panas tidak terjadi pengendapan kromium karbida pada batas butir dimana pengendapan karbida hanya terjadi jika material stainless steel dikenai proses perlakuan panas. Dengan nilai laju korosi sebesar 18,54 mpy yang dikorosi dalam media HCl maka material AISI 304 dapat dikategorikan sebagai material dengan ketahanan korosi kategori baik (Fontana, 1987).

Pengaruh *Holding Time* Terhadap Laju Korosi AISI 304 dengan Media Pendinginan Air atau udara dapat dilihat pada table 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Laju korosi AISI 304 dengan HT 1 dan 2 jam dalam media pendingin air

Temperatur	450 °C	550 °C	650 °C	750 °C	850 °C	950 °C
HT 1 Jam	40,98	49,26	115,89	172,96	169,01	151,66
HT 2 Jam	48,41	81,21	141,54	125,30	197,56	171,31

Tabel 4.3 Laju korosi AISI 304 dengan *holding time* 1 dan 2 jam dalam media pendingin udara

Temperatur	450 °C	550 °C	650 °C	750 °C	850 °C	950 °C
HT 1 Jam	57,94	64,43	123,54	181,27	209,77	185,34
HT 2 Jam	59,76	94,44	147,01	186,69	220,78	199,81

Dari Tabel 4.2 dan 4.3 didapat bahwa untuk *holding time* 1 jam dan 2 jam dengan media pendinginan air laju korosi berdasarkan variasi temperatur semakin naik dengan semakin tingginya temperatur *heat treatment*. Mula-mula temperatur 450°C kemudian semakin besar sesuai dengan tingginya temperature *heat treatment* yaitu pada puncaknya terdapat pada temperatur 850°C. Namun pada temperature 950°C laju korosi mulai menurun.. Menurunnya laju korosi ini dikarenakan pada temperatur 950°C adalah temperatur diluar daerah sensitisasi. Pada temperature ini akan menyebabkan sejumlah besar karbon akan terlarut dalam larutan dan dengan pemberian *holding time* yang cukup akan memberikan kesempatan kepada atom krom yang mengendap pada batas butir untuk larut kembali kedalam butir membentuk *solid solution* yang tahan terhadap korosi.

Hasil uji kekerasan dengan menggunakan alat uji kekerasan Vickers terhadap specimen yang telah mengalami proses laku panas dapat dilihat pada tabel dibawah ini. Sedangkan untuk specimen tanpa perlakuan panas pada material AISI 304 didapatkan nilai kekerasannya sebesar 123 HV.

Pengaruh *Holding Time* dalam Media Pendingin Air

Tabel 4.4 Pengaruh *holding time* terhadap kekerasan setelah proses laku panas dalam media pendinginan air

Temperatur	450 °C	550 °C	650 °C	750 °C	850 °C	950 °C
HT 1 Jam	124,3	125,0	129,0	131,6	133,0	135,3
HT 2 Jam	125,6	127,0	128,6	132,6	133,3	137,6

Pengaruh *Holding Time* dalam Media Pendingin Udara

Tabel 4.5 Pengaruh *holding time* terhadap kekerasan setelah proses laku panas dalam media pendinginan udara.

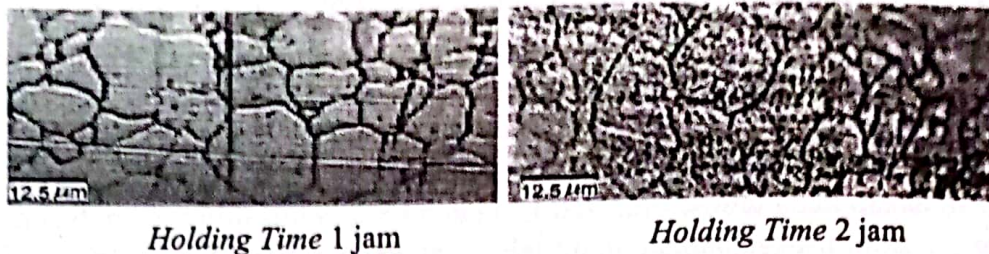
Temperatur	450 °C	550 °C	650 °C	750 °C	850 °C	950 °C
HT 1 Jam	123,6	124,3	126,3	128,6	132,0	134,0
HT 2 Jam	124,0	125,6	127,6	129,0	132,3	136,0

Dengan membaca table 4.4 dan 4.5 dapat diketahui bahwa nilai kekerasan berdasarkan variasi temperatur semakin meningkat walaupun nilainya kecil. Karena baja tahan karat austenitic tidak dapat dikeraskan dengan perlakuan panas sehingga nilai kekerasan yang didapatkan kenaikannya juga sangat kecil.

Analisa Struktur Mikro

Setelah Proses *Heat Treatment* dalam Media Pendinginan Air

Laju pertumbuhan butir sangat bergantung pada suhu. Peningkatan suhu memperbesar energi vibrasi termal, yang kemudian mempercepat difusi atom melintasi batas butir dari butir yang kecil menuju butir yang besar. Material dengan ukuran butir yang kecil mempunyai daerah batas butir yang besar. Batas butir memegang peranan penting dalam difusi, nukleasi, sifat mekanik, korosi dan sebagainya.

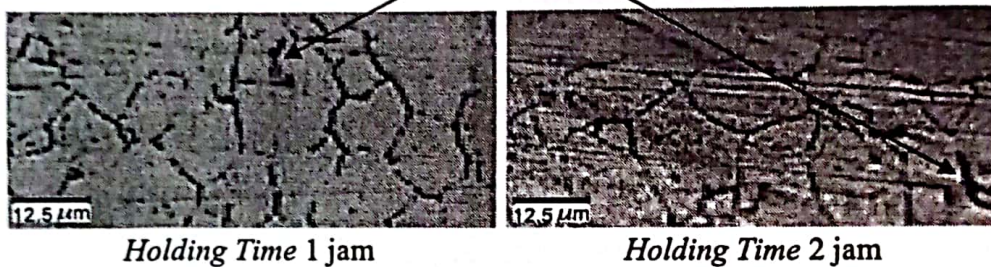


Gambar 4.12 Struktur mikro AISI 304 yang mengalami sensitisasi 650°C.

Dari gambar diatas, merupakan struktur mikro AISI 304 yang telah dilakukan proses perlakuan panas dengan holding time 1 dan 2 jam dicelup dengan cepat dalam media pendingin air. Fasa yang terbentuk adalah austenit.

4.3.2 Setelah Proses *Heat Treatment* dalam Media Pendinginan Udara

Presipitasi karbida



Gambar 4.14 Struktur mikro AISI 304 yang mengalami sensitisasi 750°C

Sama halnya seperti pada pendinginan dengan media air. Untuk pendinginan dengan media udara fasa yang terbentuk adalah austenit.

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa terjadinya korosi pada batas butir sangat dipengaruhi oleh derajat presipitasi karbida yang terbentuk. Semakin tinggi temperatur dan semakin lama *holding time* maka semakin banyak presipitasi karbida yang terbentuk serta semakin lebar pula daerah yang kekurangan kromium sehingga kemungkinan terjadinya korosi pada batas butir juga semakin lebar.

Dengan semakin naiknya temperatur akan menyebabkan kromium berpresipitasi dengan karbon di daerah batas butir serta dengan semakin lamanya *holding time* akan memberikan kesempatan yang semakin besar pada kromium untuk bersenyawa dengan karbon. Hal inilah yang menyebabkan laju korosi semakin naik dengan semakin tingginya temperatur serta semakin besar nilai laju korosinya dengan semakin lama *holding time*.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju korosi semakin meningkat dengan semakin naiknya temperatur sensitisasi.
2. Nilai kekerasan setelah proses perlakuan panas semakin naik dengan naiknya temperatur.

3. Korosi yang terjadi pada AISI 304 akibat proses perlakuan panas atau presipitasi karbida tidak hanya korosi batas butir saja, tetapi dapat pula terjadi korosi sumuran maupun korosi permukaan.
4. Struktur mikro AISI 304 yang mengalami presipitasi karbida akan menunjukkan pengikisan disekitar batas butir.
5. Semakin lamanya *holding time* dan semakin cepatnya pendinginan mengakibatkan semakin naik nilai kekerasannya.

Saran

Untuk pengembangan, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini maka perlu untuk diadakan penelitian lanjutan mengenai:

1. Pengaruh berbagai media korosif terhadap laju korosi baja tahan karat.
2. Pengembangan bahan polimer atau komposit seperti baja yang tahan korosi.

Daftar Pustaka

- Anonim.(a) (2006), *Korosi pada Stainless steel*, Lembaran Publikasi PT.Tira Andalan Steel, http://www.Tira_Andalan_Steel.co.id/tira_steel.htm. 13 Maret 2006. Diakses tanggal 10 Februari 2007.
- Anonim (b) (1994), ASTM G1-90, *Standard Practice for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens*, ASTM Internasional, Annual Book of ASTM Standart, USA.
- Anonim (c) (1994), ASTM 262, *Standart Practices For Detecting Susceptibility to Intergranular Attack In Austenic Stainless Steels*, ASTM International, Annual of ASTM Standart, USA.
- Fontana, M.G.(1978), *Corrosion Engineering*. 2nd ed., New York : Mc Graw-Hill Book Company.
- Hariyono, H. et al. (1999), "Pengaruh Lingkungan Terhadap Efisiensi Inhibisi Asam Askorbat (Vitamin C) Pada Laju Korosi Tembaga", *Jurnal Teknik Mesin, Vol. 1, No. 2*. Fakultas Teknologi Industri, Universitas Petra, pp 100-107.
- Inonu, I. et al. (1999), "Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil (Holding Time) Terhadap Kekerasan Logam", *Jurnal Natur Indonesia II (I)*, pp 5-17.
- Nurbanasari, M. dan Budi, M. (2002), "Pengaruh Temperatur dan Reduksi Ketebalan Terhadap Kekerasan dan Laju Korosi AISI 321 pada Larutan 3,5% NaCl." *Jurnal ITENAS*. Vol. 6. No.1, pp 26-36
- Rokhim, S. (1979), *Metalurgy Fisik Baja Tahan Karat*, Diklat Korosi Dan Pengendaliannya, ITB, Bandung.
- Smallman,R. E. dan Bishop, R. J. (2000), *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*, Jakarta, Erlangga.

Suherman, W. (1988), *Ilmu Logam*. Diktat Ilmu Logam Fakultas teknik Industri ITS, Surabaya.

Supardi, H.R. (1997), *Korosi*. Bandung: Penerbit Tarsito.

Suratman, R. (2005), *Teknologi Perlindungan Logam*, Seminar Nasional Teknik Metalurgi, Universitas Jendral Ahmad Yani Bandung.

Tjitro, S. et al. (2000), *Studi Perilaku Korosi Tembaga dengan Variasi Konsentrasi Asam Askorbat (Vitamin C) dalam Lingkungan Air yang Mengandung Klorida dan Sulfat*, Jurnal Teknik Mesin. Vol. 2, No. 1, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Petra, pp 62 - 67.

Van vlack, L.H. (1992), *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Jakarta: Erlangga.

*Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya*



PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA



Gateway to Eastern Indonesia

**Jl. Tanjung Mutiara No. 1 Surabaya 60177 Indonesia
Phone : 62 31 328 3265-70, Fax 62 31 329 1628
Email : tps@tps.co.id, Website : www.tps.co.id**