

## ANALISIS KOROSI DARI SS 440C PADA MEDIA AIR TAWAR DAN AIR LAUT

Sulistioso G.S.<sup>1</sup>, M. Ihsan<sup>1</sup> dan Komarudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN  
Kawasan Puspipetek, Serpong 15314, Tangerang

<sup>2</sup>Jurusan Fisika FMIPA - UNAND  
Jl. Limau Manis, Padang

### ABSTRAK

**ANALISIS KOROSI DARI SS 440C PADA MEDIA AIR TAWAR DAN AIR LAUT.** Telah dilakukan analisis korosi dari fasa *martensite* dan fasa campuran *martensite - austenite* pada SS 440 C, metode pengujian korosi yang digunakan adalah tahanan polarisasi dan potensiodinamik dalam media air tawar dan air laut. Laju korosi untuk fasa *martensite* lebih besar dibandingkan dengan laju korosi dari fasa campuran *martensite* dan *austenite*, hasil ini diperkuat dengan pengamatan menggunakan potensiodinamik. Laju korosi untuk fasa *martensite* dalam media air tawar dan air laut sebesar 0,0262 mpy dan 0,2028 mpy, sedangkan laju korosi untuk fasa campuran *martensite - austenite* sebesar 0,0022 mpy dan 0,0796 mpy. Hal ini menunjukkan bahwa sampel SS 440 C dengan fasa *martensite* lebih rentan terhadap korosi dibandingkan dengan fasa campuran *martensite* dan *Austenite*. Sampel dengan fasa *martensite* dalam media air tawar (pH = 7,13) mengalami pasifasi pada potensial sebesar 1500 mV sedangkan sampel campuran *austenite* dan *martensite* pasifasinya pada potensial sebesar 600 mV. Pada media air laut (pH = 7,22), sampel *martensite* mengalami pasifasi pada potensial 100 mV dan transpasif pada potensial sebesar 300 mV. Sedangkan sampel campuran terpasifkan secara sempurna akibat adanya lapisan pelindung pada potensial sebesar 300 mV dan setelah itu arusnya tetap mantap sampai 1400 mV.

**Kata kunci:** Korosi, SS 440C, *martensite*, *austenite*

### ABSTRACT

**CORROSION ANALYSIS OF SS440C IN THE GROUND WATER AND SEA WATER ENVIRONMENTS.** Corrosion Analyses of Martensitic Phase and Mixed phase of Martensite and Austenite of SS440C have been carried out. A method used for corrosion testing is polarisation resistant and potentiodynamic which was used under the ground and sea water medium. It was found that the corrosion rate for sample with martensitic phase is higher than that of the mixed phase of martensite and austenite. The result was confirmed by observation using potentiodynamic method. The corrosion rate for martensitic phase in the ground water and sea water medium are 0.0262 mpy and 0.2028 mpy, respectively. Meanwhile the corrosion rate for mixed phases of martensite-austenite is 0.0022 and 0.0796 mpy for ground water and sea water environments, respectively. This shows that SS440C the sample with martensitic phase is more sensitive to corrosion than that with the mixed phase of martensite and austenite. Sample with martensitic phase in ground water media (pH = 7.13) passivated at a potential of 1500 mV, while the passivation potential of the mixed sample of austenite and martensite is 600 mV. In the sea water environment (pH = 7.22) the sample with martensite passivated at a potential of 100 mV and transpassivated at a potential of 300 mV. The mixed sample passivated perfectly at 300 mV due to the presence of a layer protection and steady current was observed afterward until 1400 mV.

**Key words:** Corrosion, SS 440C, *martensite*, *austenite*

### PENDAHULUAN

Secara umum, baja tahan karat (*stainless steel*) merupakan baja paduan yang memanfaatkan keefektifan unsur-unsur paduan seperti : Karbon (C), Khrom (Cr), Molibdinum (Mo), Silikon (Si), Mangan (Mn) dan Nikel (Ni), sebagai unsur yang tahan korosi, unsur-unsur pemuat tersebut bervariasi komposisinya bergantung dari fungsi dan penggunaan

material tersebut . Baja SS 440 C mengandung 16,0% sampai dengan 18,0% unsur Khrom [1]. Kandungan unsur Cr ini berfungsi sebagai pembentuk lapisan pasif yang stabil dan diharapkan mempunyai sifat tahan terhadap korosi [1,2]

Baja SS 440 C merupakan salah satu jenis baja tahan karat yang dimanfaatkan sebagai *steelball* di

Bandar udara untuk alat bantu memindahkan barang-barang berat dari lantai Bandara ke dalam bagasi pesawat, sehingga material yang digunakan sebagai *steelball* tersebut harus keras, karena selain menahan beban yang besar juga harus licin agar tetap bisa berputar, karena itu digunakan baja SS 440C.

Sebelum digunakan sebagai *steelball*, SS 440C tersebut sudah diberi perlakuan panas dengan tujuan menghasilkan fasa *martensite* yang keras, namun harus diperhitungkan juga keberadaan *austenite* sisa (*retained austenite*), karena fasa *austenite* merupakan fasa yang stabil, sedangkan fasa *martensite* tidak stabil dan menyimpan tegangan dalam yang besar, sehingga rentan terhadap kondisi lingkungan terbuka. Keberadaan fasa *austenite* diharapkan bisa mengurangi tegangan dalam pada fasa *martensite*, dan dampaknya akan mengurangi kekerasan tapi juga meningkatkan ketahanan korosi pada sampel secara keseluruhan.

Makalah ini membahas hasil penelitian fenomena korosi pada baja SS 440 C yang mempunyai kandungan fasa yang berbeda yaitu SS 440C dengan fasa *martensite* dan SS 440C dengan fasa campuran antara fasa *martensite* dan fasa *austenite*. Sifat korosi dari SS 440C menarik untuk diteliti karena material ini merupakan bahan dasar dari *steelball*, yang digunakan di bandara, pada umumnya bandara selalu terletak di area yang berdekatan dengan laut, sehingga *steelball* pada saat digunakan selalu bersentuhan dengan uap air laut, maupun air hujan (air tawar).

Pada makalah ini pengujian korosi dilakukan dengan metode *polarization resistance* (ketahanan polarisasi) untuk melihat laju korosi dari sampel dan juga dilakukan uji korosi dengan metode *potensiodinamik* (potensial dinamis) untuk melihat sifat aktivasi dari kedua jenis sampel SS 440C terhadap lingkungannya, dalam hal ini media air tawar dan air laut. Penjelasan yang lebih lengkap dari prinsip kerja kedua metode tersebut, dijelaskan pada bagian tata kerja. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai penyebab cepat terkorosinya baja SS 440C ini. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan dalam usaha mengendalikan korosi pada baja SS 440C.

## METODE PERCOBAAN

Pada percobaan ini digunakan sampel SS 440C, yang mempunyai fasa *martensite* dan fasa campuran *martensite-austenite*, air laut, air tawar dan larutan *etsa*.

Peralatan yang digunakan berupa kertas gerinda (*grinding paper*), alumina suspension, alat uji korosi potensiodinamik dan tahanan polarisasi.

## Cara Kerja

Kedua jenis sampel SS 440C, dipotong berbentuk keping lingkaran dengan diameter 1,5 cm, dengan ketebalan kira-kira 20 mm. Kemudian keping sampel

dipoles dengan kertas amplas, sampai *grit* 2000. Kedua jenis sampel kemudian di cuci dengan aseton lalu diuji korosi dengan teknik potensiodinamik dan tahanan polarisasi. Media yang digunakan air tawar dan air laut pada suhu kamar.

## Polarization Resistance/Polarization Linear

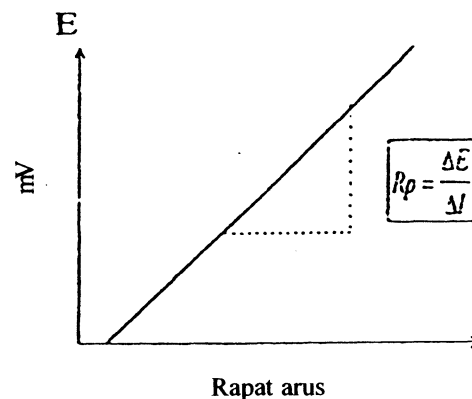
Teknik ini digunakan untuk mengukur Rp (ketahanan polarisasi). Tahanan polarisasi adalah ketahanan sampel terhadap oksidasi selama diberi potensial luar. Rp digunakan untuk mengukur kecepatan korosi. Sebelum mengukur kecepatan korosi haruslah menentukan  $I_{corr}$  terlebih dahulu. Rumus berikut menerangkan hubungan antara Rp dan  $I_{corr}$

$$\frac{\Delta E}{\Delta I} = R_p = \frac{\beta_A \cdot \beta_C}{(\beta_A + \beta_C) (2,3 \cdot I_{corr})}$$

Dengan :

- $I_{corr}$  = arus korosi (mA)
- $R_p$  = tahanan polarisasi
- $\beta_A$  = konstanta *tafel* anodik
- $\beta_C$  = konstanta *tafel* katodik

Besaran Rp dihitung secara analitik melalui hubungan antara Arus dan tegangan, yang digambarkan dengan grafik pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva *polarization resistance*

Dari  $I_{corr}$  yang didapat dimasukkan ke rumus penentuan laju korosi :

$$\text{Laju korosi (mpy)} = 0,13 I_{corr} (EW) / (A \cdot d)$$

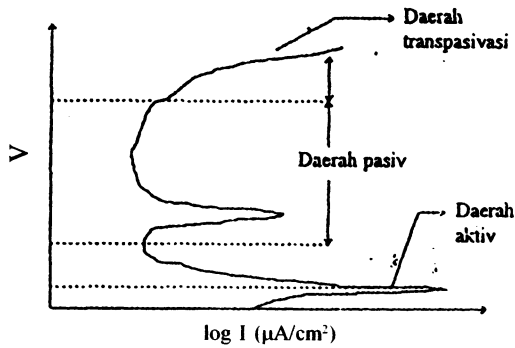
Dengan :

- $I_{corr}$  = arus korosi (mA)
- EW = berat ekuivalen (g)
- A = luas permukaan sampel (cm<sup>2</sup>)
- d = densitas masa (g/cm<sup>3</sup>)

## Potensiodinamik

Teknik potensiodinamik digunakan untuk mengetahui karakter aktif pasif dari sistem logam-larutan

yang diukur. Bentuk keseluruhan dari kurva merupakan indikasi kelakuan korosi dari sampel dalam larutan yang diuji. Dari kurva pada Gambar 2, dapat menentukan kepasifan sampel yang diuji.



Gambar 2. Kurva potentiodynamik

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 dan Gambar 4 merupakan pola difraksi dari sampel SS 440C dengan jenis fasa *martensite* saja dan yang berjenis fasa campuran *martensite* dan *austenite* (*retained austenite*), dilakukan dengan alat XRD, merek Shimadzu tipe 610XD, di laboratorium XRD, P3IB-BATAN.

Simbul A adalah fasa *austenite* sisa (*retained austenite*), dan yang tidak diberi simbul adalah fasa *martensite*. Dari Gambar 4 tampak bahwa fasa *austenite* sisa jumlahnya sangat kecil dibandingkan fasa *martensite*.

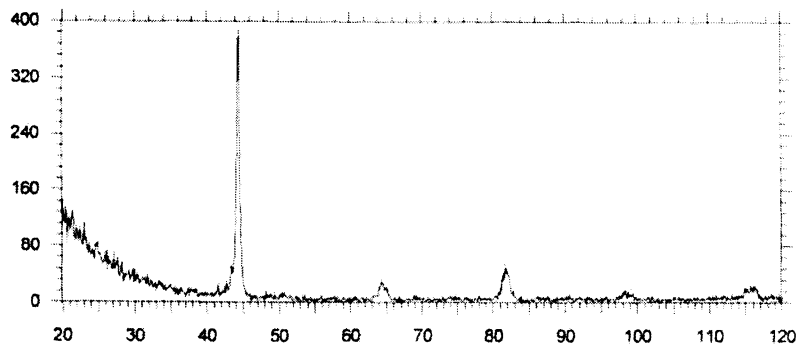
Hasil pengamatan uji korosi pada kedua sampel dengan metode tahanan polarisasi pada media air tawar dan air laut menghasilkan grafik seperti pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Pada Gambar 5, tampak kemiringan kurvanya lebih tajam dibandingkan Gambar 6. Hal tersebut dapat diartikan bahwa kecepatan korosi sampel SS 440C dengan fasa campuran *austenite-martensite* mempunyai kecepatan korosi yang lebih lambat dibandingkan kecepatan korosi dari sampel SS 440C dengan fasa *martensite* pada media air tawar. Fakta tersebut didukung oleh data perhitungan, yang ditabulasikan pada Tabel 1.

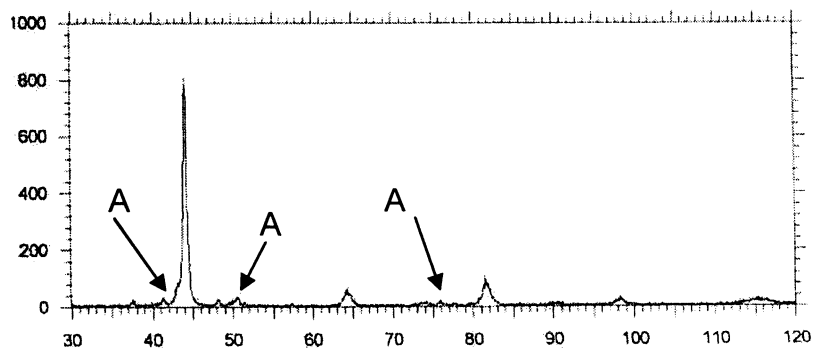
Tabel 2 merupakan hasil pengamatan dengan metode tahanan polarisasi dari kedua jenis sampel pada media air.tawar.

Analog dengan Gambar 5 dan Gambar 6 di atas, grafik pada Gambar 8, mempunyai kemiringan yang lebih landai dibandingkan grafik pada Gambar 7. Sehingga dapat dikatakan bahwa SS 440C dengan fasa campuran mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan SS 440C dengan fasa *martensite* saja, untuk media air laut. Secara kuantitas datanya ditabulasikan pada Tabel 2 yang merupakan hasil pengamatan dengan metode tahanan polarisasi dari kedua jenis sampel pada media air laut.

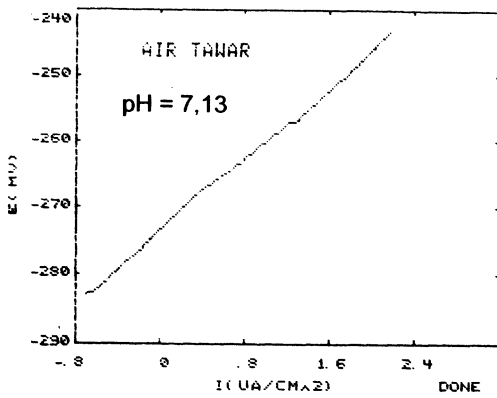
Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dengan teknik *polarization resistance* tampak bahwa laju korosi untuk sampel dengan fasa campuran lebih kecil dibandingkan dengan fasa *martensite* baik pada media air tawar ataupun air laut.



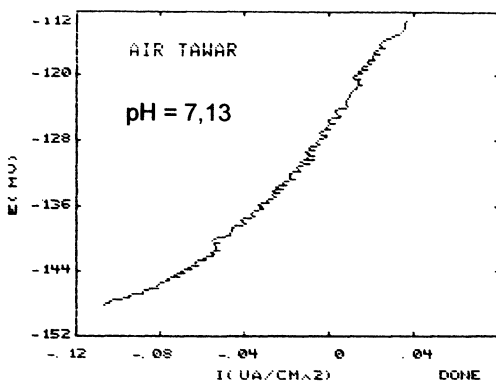
Gambar 3. Pola difraksi sampel dengan fasa *martensite*



Gambar 4. Pola difraksi dari sampel dengan fasa *martensite* dan *austenite*



Gambar 5. Grafik hasil pengujian korosi dengan tahanan Polarisasi pada sampel fasa martensite dengan media air tawar



Gambar 6. Grafik hasil pengujian korosi dengan tahanan polarisasi pada sampel campuran fasa austenite-martensite dengan media air tawar

Tabel 1. Data hasil pengukuran sampel SS 440C pada media air tawar

KETERANGAN	HASIL	
	Fasa Martensit	Fasa Campuran
E (I = 0) (MV)	-273,37	-125,76
POL RES.(K.OHMS CM^2)	14,8	349,34
I - CORR (UA/CM^2)	0,69	0,06
CORR RATE (MPY)	0,262	0,0022
CORRELATION	1	0,99
RANGE (MV +/- E (I = 0))	10	10

Tabel 2. Data hasil pengukuran SS 440C pada media air laut

KETERANGAN	HASIL	
	Fasa Martensit	Fasa Campuran
E (I = 0) (MV)	-444,92	-373,01
POL RES.(K.OHMS CM^2)	1,1406	3,4476
I - CORR (UA/CM^2)	5,38	2,2
CORR RATE (MPY)	0,2028	0,0796
CORRELATION	1	1
RANGE (MV +/- E (I = 0))	10	10

Sementara dari Gambar 9 sampai dengan Gambar 12, penggunaan teknik potensiodynamik memberikan gambaran kualitatif (perilaku aktif-pasif) dari material SS 440 C dengan fasa yang berbeda. Dalam media air tawar, sampel *martensite* mulai mengalami korosi pada potensial -305,27 mV (Tabel 3) dan mengalami pasifasi pada potensial 1500 mV (Gambar 7) sedang sampel dengan fasa campuran mulai mengalami korosi pada potensial -191,87 mV ( $E_{corr}$ ) (Tabel 3) dan mengalami pasifasi pada potensial 600 mV (Gambar 10). Sedangkan pada media air laut sampel *martensite* mulai mengalami korosi pada potensial -456,86 mV (Tabel 4) dan mengalami pasifasi pada potensial 100 mV dan transpasifasi pada potensial sebesar 300 mV (Gambar 11). Mengacu pada Gambar 10 juga terlihat adanya daerah pembentukan lapisan pelindung pada sampel campuran setelah mengalami korosi pada potensial -411,76 mV (Tabel 4), yaitu pada daerah pasifasinya pada potensial 300 mV dan setelah itu arusnya tetap mantap sampai potensial sebesar 1400 mV.

Data-data ini menunjukkan bahwa sampel SS 440C dengan fasa campuran mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan sampel SS 440C dengan fasa *martensite* saja, hal ini disebabkan karena sampel dengan fasa *martensite* mempunyai struktur BCT, yang tidak stabil dan menyimpan energi dalam yang besar akibat dari terjebaknya atom-atom karbon (C) di sumbu c. Terjebaknya atom C tersebut terjadi karena transformasi fasa dari *austenite* menjadi *martensite*, adalah transformasi tanpa difusi (*diffusionless transformation*), dari fasa *austenite* yang mempunyai struktur FCC berubah menjadi fasa *martensite* yang BCT, karena ada atom C yang terjebak di sumbu c.

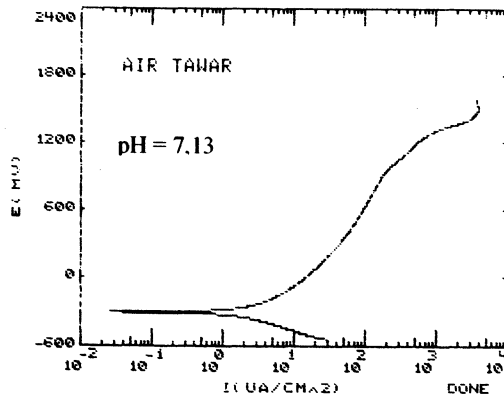
Tabel 3. Data hasil pengukuran pada media air tawar dengan metode potensiodynamik.

KETERANGAN	HASIL	
	Fasa Martensit	Fasa Campuran
E (I = 0) (MV)	-305,27	-191,87
I - CORR (UA/CM^2)	3,21	0,57

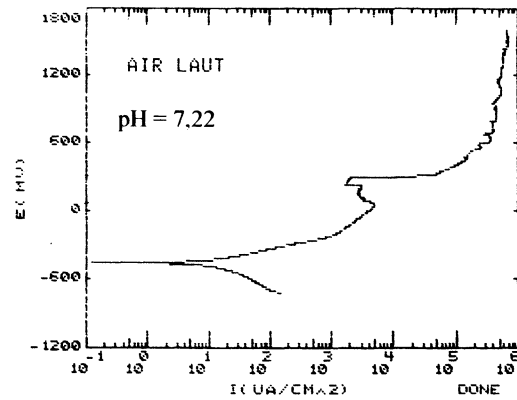
Tabel 4. Data hasil pengukuran dengan metode potensiodynamik pada media air laut.

KETERANGAN	HASIL	
	Fasa Martensit	Fasa Campuran
E (I = 0) (MV)	-456,86	-411,76
I - CORR (UA/CM^2)	12,99	8,44

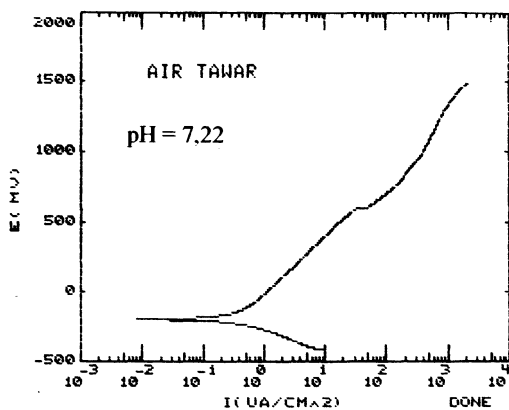
Semakin banyak atom C yang terjebak di sumbu c dari struktur BCT maka fasa *martensitenya* akan semakin keras dan semakin besar tegangan dalam yang tersimpan dan konsekuensinya semakin rentan terhadap serangan dari luar [7], terutama serangan dari media yang korosif. Keberadaan fasa *austenite* akan mengurangi energi dalam tersebut, karena sebagian atom C akan terikat di struktur FCC (fasa *austenite*),



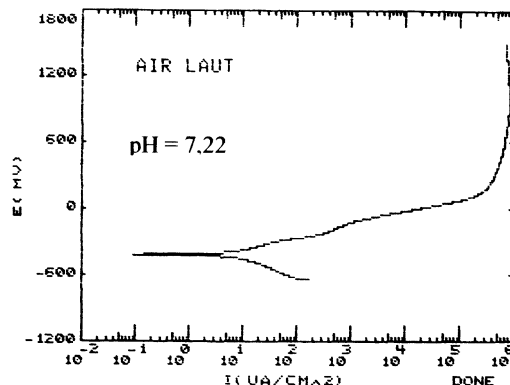
Gambar 9. Grafik hasil pengujian korosi dengan potensiodinamik pada sampel *martensite* dengan media air tawar



Gambar 11. Grafik hasil pengujian korosi dengan potensiodinamik pada sampel fasa *martensite* dengan media air laut



Gambar 10. Grafik hasil pengujian korosi dengan potensiodinamik pada sampel fasa campuran *austenite-martensite* dengan media air tawar



Gambar 12. Grafik hasil pengujian korosi dengan potensiodinamik pada sampel fasa campuran *austenite-martensite* dengan media air laut

sehingga Fasa *martensite* yang terbentuk pada sampel campuran mempunyai sumbu c yang panjangnya tidak berbeda jauh dengan sumbu a dan b sehingga energi dalam yang tersimpan tidak besar, dan mengurangi sensitifitas terhadap lingkungan. Jumlah fasa *austenite* pada sampel SS 440C, yang berfasa campuran sangat kecil, hal tersebut tampak pada gambar 4, kuantitas yang sedikit tersebut dimaksudkan untuk menjaga agar kekerasannya tidak jauh berbeda dibandingkan sampel SS 440C, yang berfasa *martensite*., tapi sudah cukup efektif untuk memperlambat proses korosi.

## KESIMPULAN

1. Dalam media air tawar sampel *martensite* mempunyai laju korosi 0,0262 mpy sedangkan sampel campuran 0,0022 mpy. Untuk media air laut, laju korosi sampel *martensite* sebesar 0,2028 mpy sedangkan sampel campuran sebesar 0,0796 mpy.
2. Dalam media air tawar, sampel *martensite* mulai terkorosi pada potensial -305,27 mV dan mengalami pasifasi pada potensial 1.500 mV sedangkan sampel campuran mulai terkorosi pada -191,87 mV dan

mengalami pasifasi pada potensial 600 mV. Dengan media air laut sampel *martensite* terkorosi mulai -456,86 mV dan mengalami pasifasi pada potensial 100 mV dan transpasif pada potensial sebesar 300 mV. Sampel campuran mulai terkorosi pada -411,76 mV. Pembentukan lapisan pelindung pada sampel campuran terjadi pada potensial 300 mV dan setelah itu arusnya tetap mantap sampai potensial sebesar 1.400 mV.

3. Dari data hasil teknik *polarization resistance* dan *potentiodynamic* diketahui bahwa sampel SS 440C dengan fasa campuran mempunyai ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan sampel SS 440C dengan fasa *martensite*.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. SUMARAW E.A, Pengaruh Kecepatan Agitasi Media Pendingin Air dan Oli SAE 40 Terhadap Strukturmikro dan Kekerasan pada Baja ASSAB STAVAX ESR, *Jurnal Ilmu dan Rekayasa Teknologi Industri (JITRI)*, 4 (1) (2001)
- [2]. SURATMAN R., *Dasar-dasar Metalografi*, INSTRUCT (Indonesian Microstructure Competition and Exhibition), ITB, Bandung (2003)

- [3]. TRETHERWEY, KENNETH R., and CHAMBERLAIN, J., *Korosi untuk Mahasiswa Sain dan Rekayasa*, Edisi 1. Alih bahasa Alex Trikantjono Widodo, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (1991)
- [4]. ASM International, *Steels Heat Treatment and Processing Principles*, ASM International Handbook Comite, USA (1990)
- [5]. IHSAN M., WURYANTO dan SUPARDI, *Korosi, Prosiding Seminar Nasional Elektrokimia*, P3IB-BATAN, Serpong (2000)
- [6]. HERBERT H.U., *The Corrosion Handbook*, John Willey Sons, Inc., New York (1984)
- [7]. V. RAGHAVAN, *Prentice-Hall of India, Private Limited*, New Delhi (1987)