

## KETAHANAN KOROSI BAHAN MAGNET BERBASIS RIGID BONDED MAGNET (RBM)

M. Ihsan, Sudirman, Mujamilah, Aloma Karo Karo, dan Teguh Yulius S.P.P

Puslitbang Iptek Bahan (P3IB) - BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

### ABSTRAK

#### KETAHANAN KOROSI BAHAN MAGNET BERBASIS RIGID BONDED MAGNET (RBM).

Telah dilakukan pengujian korosi bahan *Rigid Bonded Magnet* (RBM) MQP-0 yang dilapis epoksi dan MQP-L yang telah dilapis dari pabriknya pada media air, NaOH 0,01 M, HCl 0,01 M, dan NaCl 2 %. Dengan teknik *polarization resistance*, didapat bahwa laju korosi sampel MQP-0 pada media air, NaOH 0,01 M, HCl 0,01 M dan NaCl 2 % berturut-turut adalah 1,5947 mpy, 0,5057 mpy, 230,36 mpy, dan 162,15 mpy. Sedangkan laju korosi sampel MQP-L pada media air, NaOH 0,01 M, HCl 0,01 M dan NaCl 2 % berturut-turut adalah 1,6898 mpy, 0,9372 mpy, 0,0913 mpy, dan 6,27 mpy. Teknik *potentiodynamic* menunjukkan bahwa sampel MQP-0 dan MQP-L mengalami pasivasi pada media NaOH dan NaCl. Pengamatan dengan mikroskop optik menunjukkan terjadi korosi pada bahan magnet MQP-0 and MQP-L. Dapat disimpulkan secara umum pelapis pada MQP-L lebih baik dibandingkan epoksi pada MQP-0.

**Kata kunci** : Korosi, RBM, *polarization resistance*, *potentiodynamic*

### ABSTRACT

**CORROSION RESISTANCE OF RIGID BONDED MAGNET.** Corrosion analysis of *Rigid Bonded Magnet* (RBM) MQP-0 that coated by epoxy and MQP-L that have been coated from the manufacturer was carried out in water, NaOH 0.01 M, HCl 0.01 M, dan NaCl 2 %. The corrosion rate of MQP-0 in water, NaOH 0.01 M, HCl 0.01 M, and NaCl 2 % are 1.5947 mpy, 0.5057 mpy, 230.36 mpy, dan 162.15 mpy, respectively by *polarization resistance* technique. Meanwhile the corrosion rate of MQP-L in water, NaOH 0.01 M, HCl 0.01 M, and NaCl 2 % are 1.6898 mpy, 0.9372 mpy, 0.0913 mpy, dan 6.27 mpy. *Potentiodynamic* technique showed that passivation of MQP-0 and MQP-L happened in NaOH and NaCl. Microscope optic showed that MQP-0 and MQP-L corroded. In general it can be concluded that coating of MQP-L is better than epoxy at MQP-0.

**Key words** : Corrosion, RBM, *polarization resistance*, *potentiodynamic*

### PENDAHULUAN

Bahan *Bonded Magnet* merupakan bahan magnet komposit yang dibuat dari serbuk magnet yang dicampur dengan bahan pengikat (*binder*) yang bersifat nonmagnet [1,2]. Bahan *Bonded Magnet* dapat bersifat kaku (*rigid*) atau lentur (*flexible*) tergantung dari jenis pengikat yang digunakan.

Bahan *Rigid Bonded Magnet* (RBM) yang pasarnya berkembang sangat cepat adalah bahan NdFeB. Bahan NdFeB mempunyai sifat kemagnetan yang unggul ( $BH_{max}$ ) dan dapat diaplikasikan dalam bidang industri otomotif, kesehatan dan elektronik [3]. Sayangnya dibalik keunggulan dari bahan NdFeB, ada masalah korosi yang harus diperhatikan. Bahan NdFeB mudah terkorosi karena mengandung bahan Nd, yang merupakan unsur tanah jarang dan Fe yang sangat elektropositif. Bahan Nd dan Fe sangat

mudah teroksidasi di udara khususnya di udara yang lembab [4,5].

Salah satu cara untuk menanggulangi masalah korosi pada bahan magnet adalah dengan melapis dengan polimer. Diteliti bahwa epoksi resin lebih baik kinerjanya dalam memperlambat korosi pada bahan *Rigid Bonded Magnet* (RBM) berbasis NdFeB, MQP-0, daripada polietilen (PE) [6].

Pada makalah ini akan dibandingkan daya tahan korosi bahan *Rigid Bonded Magnet* MQP-0 yang dilapis dengan epoksi dengan bahan *Rigid Bonded Magnet* berbasis NdFeB lain, MQP-L, yang dilapis dengan bahan organik tertentu yang dirahasiakan oleh pabrik pembuatnya pada berbagai lingkungan. Kemudian dilakukan analisis permukaan sampel sebelum dan sesudah pengujian korosi dengan menggunakan mikroskop optik.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah bahan magnet berbasis NdFeB, MQP-0 yang telah dilapis dengan epoksi dan bahan MQP-L yang telah dilapis dari pabrik pembuatnya. Media korosi yang digunakan adalah HCl 0,01 M (asam), air (netral), NaOH 0,01 M (basa), dan NaCl 2 % (garam).

### Alat

Alat yang dipakai dalam penelitian ini adalah M273 Potentiostat/Galvanostat yang dilengkapi dengan software M 342 *Sotcorr Corrosion Measurement Software*, sel korosi, mikroskop optik, dan berbagai peralatan laboratorium.

### Teknik Pengujian

#### Polarization Resistance

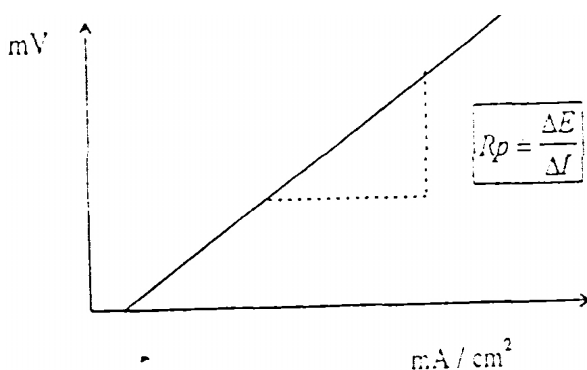
Teknik *polarization resistance* digunakan untuk mengukur  $R_p$  (resistansi polarisasi atau tahanan polarisasi). Resistansi polarisasi adalah ketahanan suatu sampel terhadap oksidasi selama diberi potensial luar.  $R_p$  digunakan untuk menghitung kecepatan korosi. Tetapi sebelum menghitung kecepatan korosi, harus ditentukan terlebih dahulu  $i_{corr}$  (arus korosi) dari nilai  $R_p$  yang didapat. Rumus di bawah ini menerangkan hubungan antara  $R_p$  dan  $i_{corr}$ :

$$\frac{\Delta E}{\Delta I} = R_p = \frac{\beta A \cdot \beta C}{(\beta A + \beta C)(2,3 \cdot i_{corr})} \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- $i_{corr}$  = Arus korosi (mA)
- $R_p$  = Tahanan polarisasi atau resistansi polarisasi
- $\beta A$  = Konstanta tafel anodik
- $\beta C$  = Konstanta tafel katodik

Besaran  $R_p$  dihitung secara analitik melalui hubungan antara arus dan tegangan seperti pada Gambar 1 berikut :



Gambar 1. Kurva Polarization Resistance

Selanjutnya nilai  $i_{corr}$  yang didapat dimasukkan ke rumus berikut :

$$\text{Laju korosi (Corr Rate)(mpy)} = 0,13 i_{corr} (EW)/(A.d) \dots(2)$$

dimana :

- $i_{corr}$  = Arus korosi (mA)
- EW = Berat ekuivalen (g)
- A = Luas permukaan sampel (cm<sup>2</sup>)
- D = Densitas massa (g/cm<sup>2</sup>)
- mpy = Mili-inchi per tahun (*mils per year*)

### Potentiodynamic

Teknik *potentiodynamic* digunakan untuk mengetahui karakter aktif pasif dari sistem logam larutan yang diukur. Bentuk keseluruhan kurva merupakan indikasi kelakuan korosi dari sampel dalam larutan yang diuji.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 dan Tabel 2 merupakan hasil pengamatan dengan teknik *polarization resistance* dari kedua jenis sampel MQP-0 dan MQPL pada berbagai media.

Tabel 1. Data hasil pengujian dengan teknik *polarization resistance* pada sampel MQP-0.

Keterangan	Media			
	Air	NaOH 0,01 M	HCl 0,01 M	NaCl 2 %
E (I=0) (mV)	-549,11	-476,52	-748,85	-840,83
Cathodic Tafel (mV)	49,83	37,63	33,75	24,92
Anodic Tafel (mV)	39,23	6,03	47,40	39,19
$i_{corr}$ (μA/cm <sup>2</sup> )	1,43	0,45	206,92	145,66
Corr Rate (mpy)	1,5947	0,5057	230,36	162,15

Tabel 2. Data hasil pengujian dengan teknik *polarization resistance* pada sampel MQP-L.

Keterangan	Media			
	Air	NaOH 0,01 M	HCl 0,01 M	NaCl 2 %
E (I=0) (mV)	-643,34	-606,22	-661,56	-748,32
Cathodic Tafel (mV)	32,58	56,89	1,43	76,53
Anodic Tafel (mV)	40,91	43,04	147,21	34,44
$i_{corr}$ (μA/cm <sup>2</sup> )	1,29	0,7	0,07	4,51
Corr Rate (mpy)	1,6898	0,9372	0,0913	6,27

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada media air, laju korosi (*Corr Rate*) bahan MQP-0 dan MQP-L relatif sama dan rendah. Sementara pada media NaOH, laju korosi untuk MQP-0 dan MQP-L cukup rendah. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa pelapis pada MQP-0 (epoksi) dan pada MQP-L tidak mempunyai perbedaan daya tahan terhadap korosi dalam media air

dan kedua-duanya tahan terhadap serangan korosi NaOH.

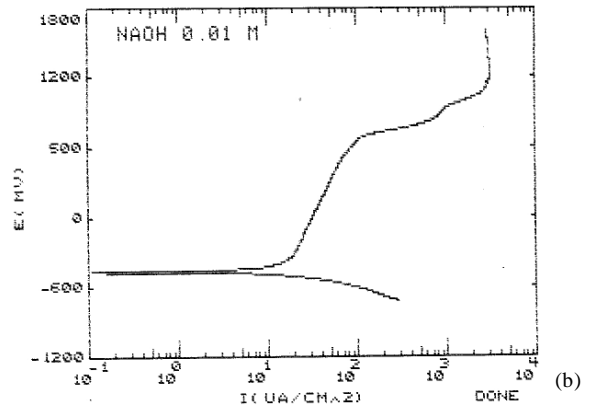
Data yang menarik dapat dilihat pada laju korosi pada media asam (HCl) dan garam (NaCl). Laju korosi MQP-0 pada media asam lebih besar sekitar 2500 kali dibandingkan laju korosi MQP-L. Sedangkan pada media garam, laju korosi MQP-0 kira-kira 25 kali dari laju korosi MQP-L.

Diperkirakan bahwa asam (HCl) dan garam (NaCl) merusak epoksi dengan sangat hebat sehingga bahan RBM kehilangan lapisan pelindung terhadap korosi. Sehingga mengakibatkan serangan korosi dapat berlangsung pada bahan MQP-0. Bahan pelindung pada MQP-L diperkirakan bersifat *inert* (tidak bereaksi) atau tahan terhadap asam (HCl) dan garam (NaCl) atau reaksinya sangat lambat sehingga relatif tidak terpengaruh oleh serangan asam dan garam.

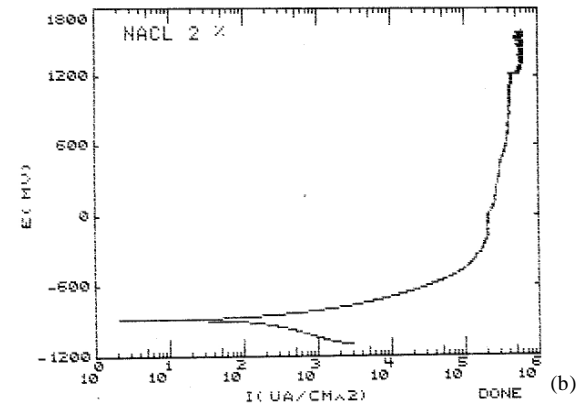
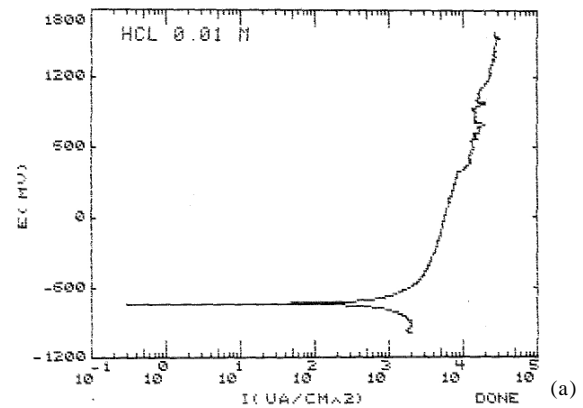
Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan grafik *potentiodynamic* dari bahan MQP-0 pada media air, basa, asam, dan garam. Sedangkan grafik *potentiodynamic* bahan MQP-L pada media air, basa, asam dan garam dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Dari grafik potensiodinamik dalam media air dapat dilihat bahwa baik MQP-0 maupun MQP-L sampai pada potensial 1500 mV belum mengalami kondisi pasifasi. Kerapatan arus korosi dan MQP-L relatif tidak berbeda jauh dibandingkan dengan kerapatan arus korosi MQP-0. Data kerapatan arus korosi ini menunjang hasil pengukuran laju korosi dengan teknik tahanan polarisasi dalam media air. Dalam media HCl 0,01 M juga tidak terjadi pasivasi baik pada MQP-0 dan MQP-L.

Dalam media NaOH, MQP-0 mengalami pasivasi pada potensial sekitar 1000 mV. Sementara MQP-L mengalami pasivasi pada potensial 1200 mV. Kerapatan arus korosi MQP-0 dan MQP-L relatif kecil sehingga laju korosi keduanya juga relatif kecil.

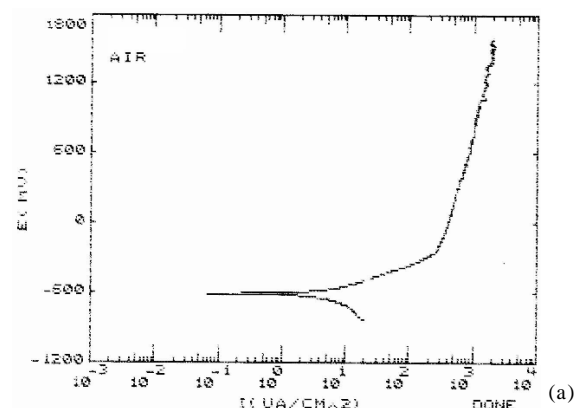
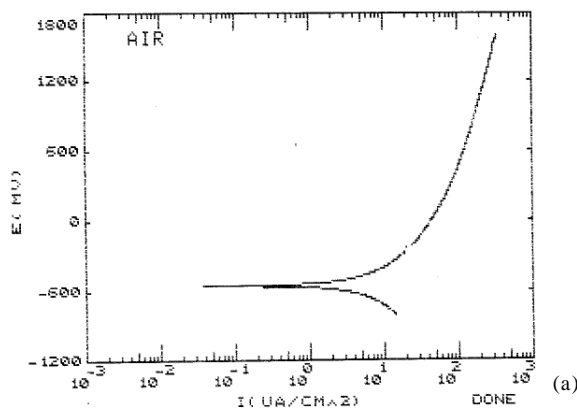
MQP-0 dan MQP-L dalam NaCl 2 % keduanya mengalami pasifasi. Tetapi MQP-L mengalami pasifasi terlebih dahulu sehingga

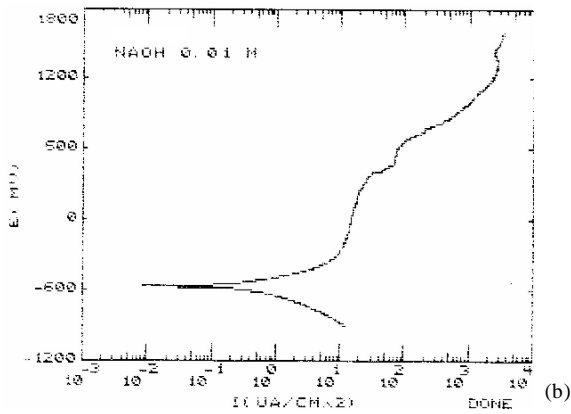


Gambar 2. (a) Grafik *potentiodynamic* MQP-0 di dalam air. (b) Grafik *potentiodynamic* MQP-0 di dalam NaOH 0,01 M.

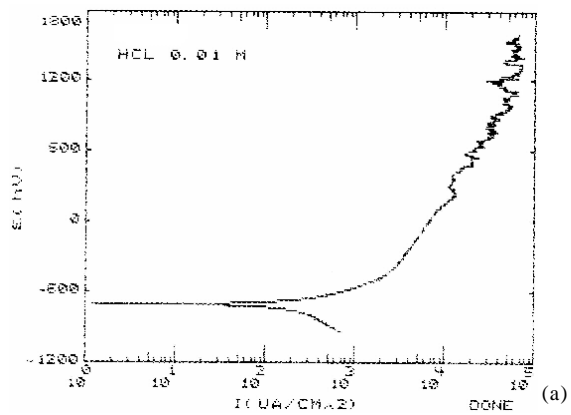


Gambar 3. (a) Grafik *potentiodynamic* MQP-0 di dalam HCl 0,01 M. (b) Grafik *potentiodynamic* MQP-0 di dalam NaCl 2 %.

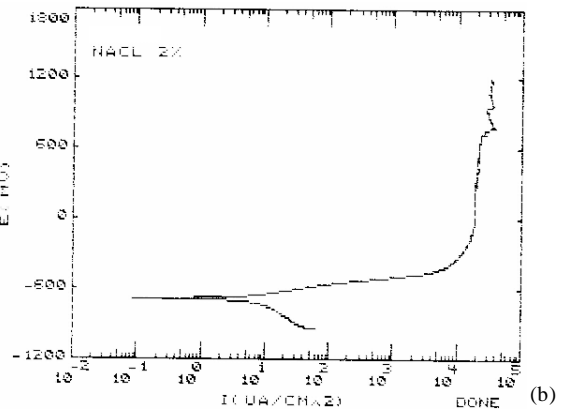




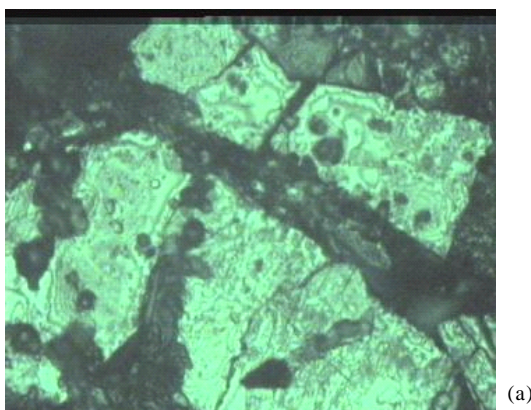
Gambar 4. (a) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam air. (b) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam NaOH 0,01 M.



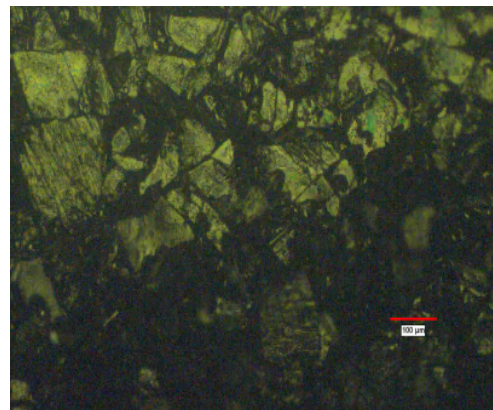
Gambar 5. (a) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam HCl 0,01 M. (b) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam NaCl 2 %.



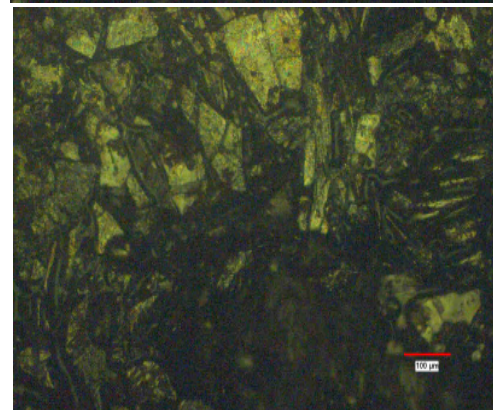
Gambar 5. (a) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam HCl 0,01 M. (b) Grafik *potentiodynamic* MQP-L di dalam NaCl 2 %.



(a)

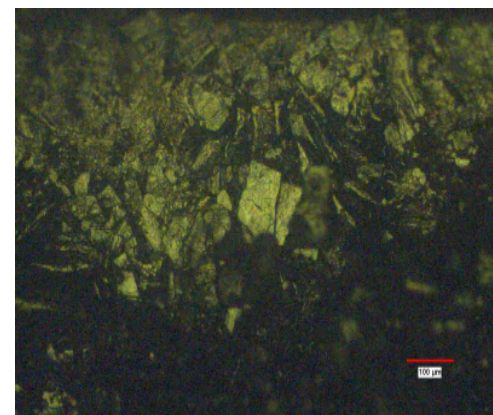


(b)

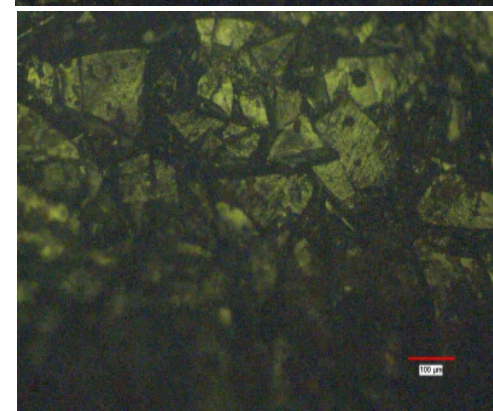


(c)

Gambar 6. Foto mikroskop optik sampel : (a) MQP-O dalam air, (b) MQP-L dalam air, (c) MQP-L dalam NaOH 0,01 M.



(a)



(b)

Gambar 7. Foto mikroskop optik sampel : (a) MQP-L dalam HCl 0,01 M, (b) MQP-L dalam NaCl 2 %.

laju korosinya lebih kecil dibandingkan laju korosi MQP-0.

Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan gambar mikroskop optik dari sampel MQP-0 dan MQP-L. Pada gambar-gambar tersebut terlihat bagian-bagian yang permukaannya terang dan bagian-bagian yang gelap. Diduga bagian yang permukaannya terlihat terang adalah serbuk magnet, sedangkan bagian yang tidak terang atau gelap adalah bagian yang telah terkorosi. Lapisan pelindung organik atau polimer tidak mungkin mengalami korosi karena merupakan senyawa organik sehingga diduga bagian yang gelap merupakan serbuk magnet yang telah tertutup oleh lapisan hasil korosi sehingga terlihat gelap. Secara umum gambar-gambar di atas terlihat gelap atau kurang pencahayaannya karena sebagian besar permukaan sampel sudah terkorosi. Dari hasil spektrum XRD bahwa dalam kondisi media yang ekstrim (HCl dan NaCl) telah terjadi perubahan fasa-fasa utama dari NdFeB yang menandai bahwa NdFeB mengalami korosi [7].

## KESIMPULAN

1. Laju korosi diukur dengan teknik *polarization resistance* sampel MQP-0 pada media air, NaOH 0,01 M, HCl 0,01 M dan NaCl 2 % berturut-turut adalah 1,5947 mpy, 0,5057 mpy, 230,36 mpy, dan 162,15 mpy, sedangkan laju korosi sampel MQP-L pada media air, NaOH 0,01 M, HCl 0,01 M dan NaCl 2 % berturut-turut adalah 1,6898 mpy, 0,9372 mpy, 0,0913 mpy, dan 6,27 mpy.
2. Dari teknik *potentiodynamic* diketahui sampel MQP-0 dan MQP-L pada media air dan HCl 0,01 M tidak mengalami pasivasi, sedangkan pada media NaOH 0,01 M dan NaCl 2 % mengalami pasivasi.
3. Pengamatan mikroskop optik memberikan informasi terdapat bagian-bagian yang permukaannya terang dan bagian-bagian yang gelap pada sampel MQP-0 dan MQP-L. Diduga bagian yang permukaannya terlihat terang adalah serbuk magnet, sedangkan bagian yang tidak terang atau gelap adalah bagian serbuk magnet yang telah tertutup oleh lapisan hasil korosi sehingga terlihat gelap.
4. Pelapis berupa epoksi pada MQP-0 dan pelapis pada MQP-L mampu menahan korosi pada lingkungan air dan NaOH. Pelapis pada MQP-L lebih efektif perlindungannya terhadap korosi dibandingkan epoksi pada NaCl dan HCl sehingga secara umum pelapis pada MQP-L lebih baik dibandingkan epoksi pada MQP-0.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. R.J. PARKER, *Advances in Permanent Magnetism*, John Wiley and Sons, (1990), 97
- [2]. WALTER T. BENECKI, *Bonded Magnets : The Ultimate Engineered Materials*, President The Arnold Engineering Co

- [3]. J. M. D. COEY, *Permanent Magnet Applications*, *J. Magn. Magn. Materi*, **248**, (2000), 441
- [4]. A. KIM, J. JACOBSON, *IEEE Trans. On Mag.*, **23** (5), (1987), 2509
- [5]. A. KIM, *Journ. Of Material Eng.*, **11**(1), (1989), 95.
- [6]. PURWANTO S., IHSAN M., MUJAMILAH dan MASHADI, *Jurnal Sains Materi Indonesia*, **3**, (2), (2002), 25-28
- [7]. MUJAMILAH, M. IHSAN, SUDIRMAN dan BAMBANG SUGENG, *Efek Korosi Pada Struktur dan Sifat Magnetik Bahan Magnet Berbasis NdFeB*, akan dipublikasikan
- [8]. MAYA, MUJAMILAH, RIDWAN, EVIY, *Laporan Uspen Tahun 2000*, Kelompok Magnet P3IB-BATAN.
- [9]. EG & G PARC, *Electrochemistry and Corrosion Overview and Technique*, Electrochemical Instruments Division, Application Note Corr-4
- [10]. EG & G PARC, *Basics of Corrosion Measurements*, Electrochemical Instruments Division, Application Note Corr-1
- [11]. TRETHERWEY, KENNETH R., and CHAMBERLAIN, J., *Korosi Untuk Mahasiswa Sain dan Rekayasa*, Edisi 1, Alih bahasa ALEX T. WIDODO, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta (1991)