

## **PENGARUH LAKU PASIF PADA PERTUMBUHAN KOROSI SUMUR BAJA KARBON DALAM LARUTAN PEKAT LiBr YANG MENGANDUNG LiOH DAN LiNO<sub>3</sub>**

**Harsisto**

*P3M-LIPI, Kawasan Puspipstek Serpong, Tangerang 15314*

### **ABSTRAK**

**PENGARUH LAKU PASIF PADA PERTUMBUHAN KOROSI SUMUR BAJA KARBON DALAM LARUTAN PEKAT LiBr YANG MENGANDUNG LiOH DAN LiNO<sub>3</sub>.** Pada hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa timbulnya korosi sumur karena potensial korosi alami yang terjadi melampaui harga potensial kritis untuk terjadinya korosi sumur. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperdalam pengamatan pengaruh laku pasif pada permukaan bebas baja karbon (luas 5,0 dan 30,0 cm<sup>2</sup>) yang dicelup dalam larutan uji 60% LiBr + 0,2% LiOH + 0,2% LiNO<sub>3</sub> terhadap pertumbuhan korosi sumur. Menurut hasil percobaan laku pasif pada kisaran potensial katodik -900 hingga -700 (mV vs SCE) dengan waktu penahanan 1 jam, diperoleh harga potensial spontan maksimum ( $E_{SP,MAX}$ ) pada -750 mV dengan kedalaman korosi sumur 8 mm. Penelitian lebih lanjut pada laku pasif -750 mV dengan variabel waktu penahanan 1 hingga 100 jam menunjukkan bahwa semakin lama waktu penahanan semakin tinggi harga  $E_{SP}$  maupun kedalaman korosi sumur yang dicapai. Hal ini dapat dilihat dari hasil penahanan selama 100 jam, diperoleh harga  $E_{SP}$  sebesar 0 mV dengan kedalaman korosi sumur 40  $\mu$ m.

**Kata kunci:** Korosi sumur, Korosi, Baja karbon, LiBr.

### **ABSTRACT**

**THE EFFECT OF PASSIF TREATMENT POTENTIAL TO THE DEVELOPMENT OF PITTING CORROSION ON CARBON STEEL IN LiOH AND LiNO<sub>3</sub> CONTAINED LiBr CONCENTRATED SOLUTION.** According to the result of last experiment shown that the initial formation of pitting corrosion was caused by the natural corrosion potential which was higher than the critical pitting potential. The aim of this experiment is to follow up the observation on the effect of passif treatment potential of carbon steel in 60% LiBr + 0.2% LiOH + 0.2% LiNO<sub>3</sub> to the development of pitting corrosion. The experiment result showed that the passif treatment at potential range from -900 to -700 mV for holding time of 1 hour resulted in maximum spontaneous potential ( $E_{SP,MAX}$ ) of -750 mV and pit depth value of 8  $\mu$ m. Further investigation on passif treatment at -750 mV with 1 hour to 100 hours holding time showed that the longer holding time caused the higher ( $E_{SP}$ ) value or the pit depth. This can be shown on the result of 100 hours holding time which result in the ESP value of zero mV and pit depth of 40  $\mu$ m.

**Key words:** Pitting corrosion, Corrosion, Carbon steel, LiBr.

### **PENDAHULUAN**

Pada mesin AC sentral yang menggunakan larutan pekat LiBr sebagai media pengabsorpsi telah menimbulkan masalah korosi merata yang parah [1]. Dalam prakteknya, untuk mencegah timbulnya korosi merata ini dipergunakan inhibitor alkalisasi 0,2% LiOH dan inhibitor mengoksid 0,2% Li<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> pada temperatur didihnya. Dari hasil penelitian terdahulu yang telah dipresentasikan pada seminar *Asia Pasific Workshop di Bandung* [1], laju korosi merata baja karbon dalam larutan 60% LiBr pada temperatur didihnya (154  $\pm$  2)<sup>o</sup>C adalah sekitar 0,87 gr/m<sup>2</sup>/jam. Laju korosi baja karbon yang sama dalam larutan 60% LiBr + 0,2% LiOH + 0,2% Li<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> menjadi kurang dari 0,1 gr/m<sup>2</sup>/jam. Dengan

dipergunakan inhibitor LiOH dan Li<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> dalam media tersebut, timbul masalah baru yaitu korosi sumuran. Dengan timbulnya masalah baru tersebut, menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Dari penelitian tentang pertumbuhan korosi sumur yang berhubungan dengan potensial korosi alami, terbukti bahwa pembentukan awal korosi sumur kurang dari 400 detik.

Pembentukan korosi sumur ditandai dengan peningkatan potensial korosi alami yang melampaui harga potensial kritis terbentuknya korosi sumuran  $V_c$  pada -490 (mV vs SCE). Pada penelitian pencelupan benda uji lebih lanjut, potensial korosi alami yang terjadi turun dan stabil

pada kisaran harga antara  $-600$  hingga  $-500$  (mV vs SCE)[1,2].

Dengan diketemukan masalah awal pembentukan korosi sumur tersebut diatas, menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Sebagai pengembangan penelitian dibidang inhibitor pada kesempatan ini dipergunakan inhibitor mengoksid  $\text{LiNO}_3$  sebagai ganti inhibitor mengoksid  $\text{Li}_2\text{CrO}_4$ .

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengamati karakteristik pembentukan korosi sumur pada permukaan bebas baja karbon yang dicelup dalam larutan uji  $60\% \text{LiBr} + 0,2\% \text{LiOH} + 0,2\% \text{LiNO}_3$ . Kondisi penelitian berlangsung pada temperatur  $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$  dan larutan uji diinjeksi dengan gas  $\text{N}_2$  secara terus menerus. Penelitian ini ditekankan untuk mengetahui efek laku pasif potensial sistem di daerah katodik dengan waktu penahanan yang bervariasi terhadap pertumbuhan korosi sumur.

Variabel percobaan yang dilakukan di sini meliputi :

- Pretreatmen potensial pada daerah katodik, yaitu pada  $-900$ ;  $-850$ ;  $-800$ ;  $-750$ ;  $-700$  dan  $-600$  (mV vs SCE)
- Waktu penahanan potensial di daerah katodik, selama 1; 5; 15; 20; 60 dan 100 jam
- Luas permukaan bebas benda uji adalah  $5,0$  dan  $30,0 \text{ cm}^2$ .

## LATAR BELAKANG TEORI

Korosi sumur adalah salah satu jenis korosi lokal yang terjadi pada suatu logam berpermukaan bebas. Ditinjau dari bentuknya korosi sumur menampakkan dimensi diameter lubang yang jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan kedalamannya. Pengamatan secara visual terhadap korosi sumur ini kadang-kadang sulit dilakukan karena ukurannya yang kecil dan sering terdapat dibawah endapan produk korosi. Korosi sumur ini tampak dari luar tidak seberapa besar tetapi dibagian dalam logam sering keropos dan mampu menggagalkan fungsi dari struktur logam tersebut. Laju korosi lokal ini tidak dapat diukur dengan metode konvensional kehilangan berat, karena dimensinya sangat kecil, kadang-kadang proses terjadinya korosi sumur ini membutuhkan waktu yang sangat lama dan arah serangannya pun tidak menentu.

Mekanisme terjadinya korosi sumur pada permukaan bekas dari suatu logam, telah banyak diuraikan di dalam makalah terdahulu [1,2,3,4]. Persyaratan utama untuk terjadinya korosi sumur adalah terbentuknya lapis lindung pasif di permukaan bebas material logam. Fontana [10] menjelaskan bahwa terjadinya korosi sumur karena adanya daerah anodik dan katodik di satu permukaan material logam. Timbulnya daerah anodik katodik ini yang disebabkan karena pecah atau tergoresnya lapisan lindung pasif dari suatu logam [7,8]. Dengan terbukanya lapisan

pasif di permukaan logam akan menjadi daerah anodik yang terserang korosi sumur.

Hasil penelitian tentang timbulnya masalah korosi sumur pada baja karbon yang dicelup dalam larutan pekat  $\text{LiBr}$  yang mengandung inhibitor  $\text{LiOH}$  dan  $\text{Li}_2\text{CrO}_4$  pada temperatur dididinya  $(154 \pm 2)^\circ\text{C}$  dengan kondisi deaerasi gas nitrogen murni secara terus menerus, telah dipresentasikan pada "Asia pasific Workshop" di Bandung [2] dan "The 10<sup>th</sup> Asia Pacific Corrosion Control Conference" di Kuta-Bali [3].

Dari penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa, awal pembentukan korosi sumur pada permukaan bebas baja karbon yang dicelup dalam larutan uji, membutuhkan waktu kurang dari 400 detik. Potensial korosi yang terbentuk dengan cara pemuliaan (pemasifan) ini biasa disebut sebagai potensial spontan atau disingkat  $E_{sp}$ . Harga  $E_{sp}$  maksimum atau  $E_{sp,MAX}$  yang terjadi dengan adanya penahanan potensial sistem pada  $-750$  mV selama 1 jam adalah  $-300$  mV dan terjadi dalam waktu yang kurang dari 400 detik sejak sistem tersebut dibebaskan dari pengaruh penahanan potensial. Harga  $E_{sp} -300$  mV yang dicapai tersebut telah jauh melampaui harga potensial kritis pembentukan korosi sumur ( $V_c$ ) yang harganya  $-490$  mV.

Hal ini dapat menerangkan apabila pada potensial sistem dari baja karbon yang dicelup dalam larutan korosif yang mengandung inhibitor mengoksid  $\text{Li}_2\text{CrO}_4$  atau  $\text{LiNO}_3$  melampaui harga potensial  $-490$  (mV vs SCE) dapat dipastikan akan mengalami korosi sumur.

## TATA KERJA

### Benda uji dan preparasi

Pada penelitian ini digunakan benda uji dari baja karbon yang berbentuk lembaran pelat dengan ketebalan 5 mm. Komposisi kimia benda uji yang dipergunakan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Karbon

Unsur	C	Si	Ph	P	S	Cu	Al	Tr	Nb
%	0,049	0,01	0,025	0,014	0,096	0,010	0,047	< 0,002	< 0,002

Benda uji dibentuk dengan ukuran sekitar  $5,0$  dan  $30,0 \text{ cm}^2$ . Dengan mesin poles, benda uji diampas dengan kertas amplas SiC dari ukuran # 100 sampai # 1000. Benda uji dicuci dengan air sabun, dibilas dengan air distilasi dan kemudian dibilas lagi dengan aseton. Selanjutnya benda uji dikeringkan dan di simpan dalam desikator minimal selama 2 jam sebelum di pergunakan untuk percobaan.

### Larutan Uji

Komposisi larutan uji yang dipergunakan adalah  $60\%$  berat  $\text{LiBr} + 0,2\%$  berat  $\text{LiOH} + 0,2\%$  berat  $\text{LiNO}_3$ . Kondisi penelitian berlangsung pada temperatur  $(150 \pm 2)^\circ\text{C}$ , deaerasi dengan gas nitrogen murni secara

terus menerus dan sistem terbuka dengan udara bebas.

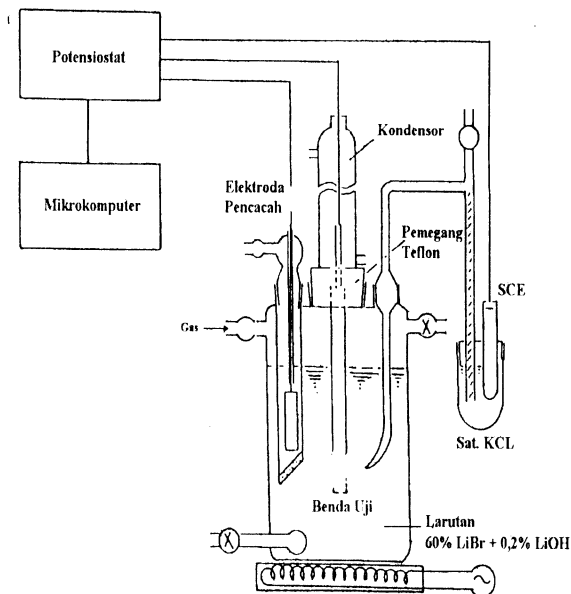
Penelitian yang sesungguhnya dilakukan apabila larutan uji telah disiapkan dengan baik yaitu dilakukan deaerasi selama satu jam dengan gas N<sub>2</sub> dan dipanaskan hingga temperatur mencapai (150 ± 2)°C.

### Cara Penelitian

#### 1. Pengaruh potensial laku pasif didaerah katodik pada awal pembentukan korosi sumur

Benda uji dihubungkan dengan kabel listrik dan pada bagian sambungannya ditutup dengan pasta karet silikon. Luas permukaan benda uji di buat menjadi dua variabel yaitu 5,0 dan 30,0 cm<sup>2</sup>. Benda uji dimasukkan dalam larutan uji apabila pasta karet silikon pembungkus sambungan kabel listrik telah mengering. Pada Gambar –1 dibawah ini, ditunjukkan bagan sel percobaan dengan rangkaian potensiostat.

Elektroda pembanding dipilih dari elektroda kalomel jenuh yang dihubungkan pada sel percobaan dengan bantuan jembatan garam. Elektroda pembantu dibuat dari logam platina yang tingkat kemurniannya tinggi. Pada penelitian ini dipergunakan alat potensiostat. Setelah semua elektroda dipasang pada sel percobaan yang mengandung larutan uji siap pakai (lihat Gambar-1), dengan alat potensiostat yang dilengkapi perangkat komputer potensial sistem discan (di set) pada potensial di daerah katodik yaitu -900; -850; -750 dan -700 mV. Waktu penahanan pada masing-masing potensial laku pasif selama 1 jam. Setelah di tahan selama satu jam, benda uji dibebaskan dari pengaruh potensiostat dan dicatat harga potensial spontannya, E<sub>SP</sub> yang terjadi. Setelah E<sub>SP</sub> turun kembali ke daerah potensial korosi alami yang relatif stabil, maka penelitian pada tahap



Gambar 1. Sel percobaan dengan rangkaian potensiostat

ini diakhiri. Korosi sumur yang terbentuk diukur kedalamannya dengan mikroskop.

#### 2. Pengaruh waktu penahanan pada potensial laku pasif

Pada penahanan selama 1 jam dari berbagai potensial laku pasif didaerah katodik (tahap 1), dipilih potensial laku pasif yang memberikan harga E<sub>SP</sub> yang paling tinggi. Dari hasil penelitian tersebut selanjutnya dipergunakan untuk potensial laku pasif baku pada percobaan selanjutnya. Hal ini dipergunakan untuk mempelajari pengaruh variabel waktu penahanan dari 1 sampai 100 jam (luas benda masing-masing 5,0 dan 30,0 cm<sup>2</sup>) terhadap pertumbuhan korosi sumur dan harga E<sub>SP,MAX</sub>.

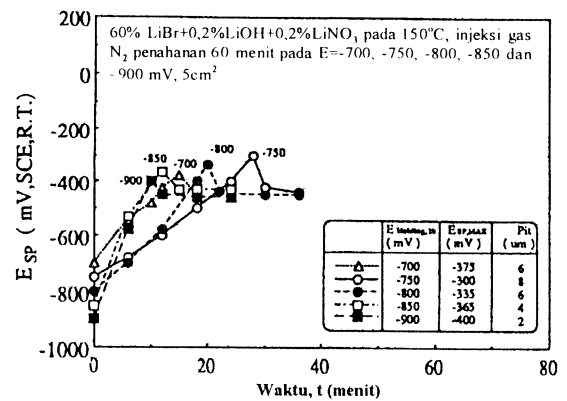
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari serangkaian penelitian – penelitian yang telah dilakukan di sini, hasil-hasil dan pembahasannya akan disajikan seperti dibawah ini.

### Hubungan antara penahanan potensial sistem di di daerah katodik selama satu jam dengan harga E<sub>SP</sub> dan kedalaman korosi sumur maksimum.

Dari penahanan potensial sistem didaerah katodik selama 1 jam akan berpengaruh pada pembentukan harga E<sub>SP</sub> dan awal pembentukan korosi sumur. Hal ini dapat dipelajari dari Gambar 2 yang menunjukkan hubungan antara waktu celup dengan harga E<sub>SP</sub> yang dicapai setelah penahanan potensial sistem selama 1 jam di potensial katodik.

Di dalam Gambar 2, ditunjukkan tabel hubungan antara E<sub>SP,Holding,1h</sub> (potensial laku pasif selama 1 jam), E<sub>SP,MAX</sub> (potensial spontan maksimum) dan Pit (kedalaman maksimum korosi sumur) yang merupakan rangkuman hasil penelitian. Dari Gambar 2 dan tabel didalamnya, dapat membuktikan bahwa pada E<sub>SP,Holding,1h</sub> sebesar -750 mV dapat memberikan harga E<sub>SP,MAX</sub> sebesar -300 mV dan kedalaman korosi sumur maksimum yang terbentuk sebesar 8 μm. Dari

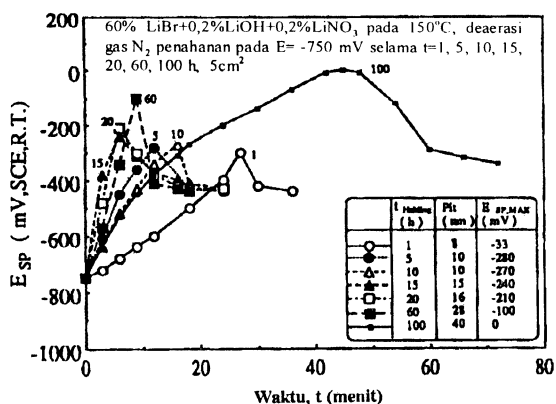


Gambar 2. Pemulian potensial spontan (E<sub>SP</sub>) dari laku pasif potensial pada -900 sampai -700 mV dan waktu penahanan 1 jam dalam larutan uji untuk luas benda uji 5,0 cm<sup>2</sup>.

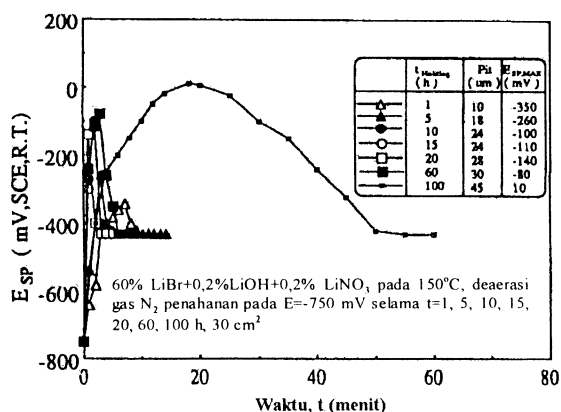
tabel juga dapat dipelajari bahwa ada keterkaitan antara  $E_{SP,MAX}$  dengan kedalaman maksimum korosi sumur yaitu semakin tinggi harga  $E_{SP,MAX}$  semakin dalam pula kedalaman maksimum korosi sumur. Dari hasil percobaan ini akan diambil potensial laku pasif yang memberikan harga  $E_{SP,MAX}$  terbesar yaitu  $-750$  mV sebagai dasar penelitian lebih lanjut dibawah ini.

**Hubungan antara variabel waktu laku pasif pada  $-750$  mV terhadap  $E_{SP,MAX}$  dan kedalaman maksimum korosi sumur.**

Pengaruh laku pasif pada potensial  $-750$  mV dengan waktu penahanan 1, 5, 10, 15, 20, 60 dan 100 jam terhadap pembentukan  $E_{SP,MAX}$  dan kedalaman maksimum korosi sumur pada luas benda uji  $5\text{ cm}^2$ , ditunjukkan pada Gambar 3a dan untuk luas benda uji  $30,0\text{ cm}^2$  di tunjukkan pada Gambar 3b.



a. luas benda uji  $5,0\text{ cm}^2$

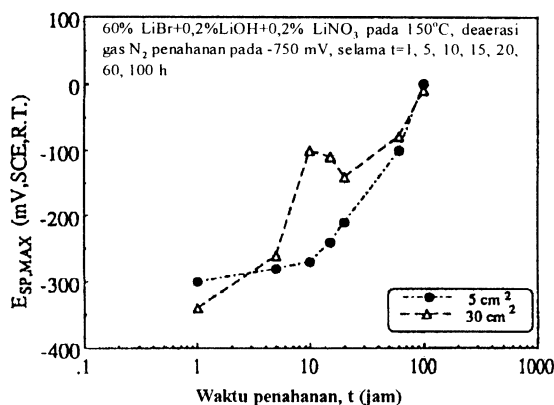


b. luas benda uji  $30,0\text{ cm}^2$

**Gambar-3.** Hubungan antara potensial spontan dengan waktu celup sesudah penahanan potensial pada  $-750$  mV selama 1 jam hingga 100 jam

Dari Gambar 3a dan 3b, terlihat tabel yang menunjukkan hubungan antara waktu penahanan pada potensial  $-750$  mV, harga  $E_{SP,MAX}$  dan kedalaman korosi sumur maksimum.

Dari tabel dapat dipelajari bahwa semakin lama waktu penahanan pada potensial  $-750$  mV, maka harga  $E_{SP,MAX}$  dan kedalaman korosi sumur semakin tinggi. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada waktu penahanan yang lebih lama di daerah katodik, memungkinkan lapisan pasif yang terbentuk semakin tebal. Akibat selanjutnya, pada saat sistem dibebaskan dari pengaruh potensiostat, potensial sistem melemah secara spontan dan akan mencari kesetimbangan potensial baru. Pada saat potensial melemah secara spontan ini dapat memecahkan lapis lindung pasif yang telah terbentuk, sehingga sistem melonjak melewati potensial kritis terbentuknya korosi sumur ( $V_c$ ) yang besarnya  $-490$  mV. Potensial maksimum yang dicapai setelah sistem dibebaskan dari penahanan potensial di daerah katodik ini disebut  $E_{SP,MAX}$ . Hubungan antara harga  $E_{SP,MAX}$  dengan waktu penahanan dari 1 sampai 100 jam pada  $-750$  mV ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.

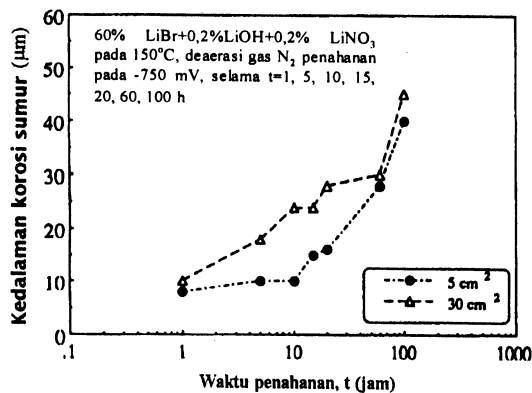


**Gambar 4.** Perbandingan hubungan antara  $E_{SP,MAX}$  dengan waktu penahanan pada  $-750$  mV untuk luas benda uji  $5,0$  dan  $30,0\text{ cm}^2$ .

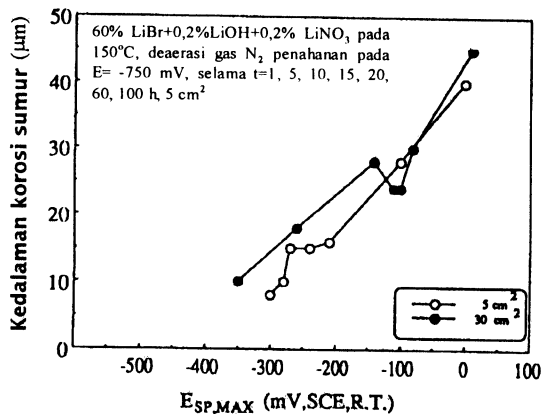
Dari Gambar 4, terlihat bahwa harga  $E_{SP,MAX}$  yang dicapai pada laku pasif di daerah katodik  $-750$  mV merupakan fungsi dari lama waktu penahanan semakin lama waktu penahan di daerah katodik, akan semakin tinggi harga  $E_{SP,MAX}$  yang dicapai. Hal ini berlaku untuk benda uji dengan luas permukaan  $5,0\text{ cm}^2$  maupun  $30,0\text{ cm}^2$ . Demikian juga perbandingan hubungan antara kedalaman korosi sumur maksimum yang dicapai dengan waktu penahanan dari 1 hingga 100 jam, menunjukkan gejala yang sama dan dapat di pelajari dari Gambar 5.

Apabila data-data  $E_{SP,MAX}$  dan kedalaman korosi sumur maksimum untuk luas benda uji  $5,0\text{ cm}^2$  dan  $30,0\text{ cm}^2$  diplot dalam satu grafik, maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 6. Dari gambar, hubungan antara  $E_{SP,MAX}$  dan

*Pengaruh Laku Pasif Pada Pertumbuhan Korosi Sumur Baja Karbon Dalam Larutan Peekat LiBr Yang Mengandung LiOH dan LiNO<sub>3</sub> (Harsisto)*



**Gambar 5.** Perbandingan antara kedalaman korosi sumur maksimum dengan waktu penahanan pada -750 mV.



**Gambar 6.** Perbandingan antara harga E<sub>SP,MAX</sub> pada laku pasif potensial selama 1 jam hingga 100 jam pada -750 mV dengan harga kedalaman korosi sumur.

kedalaman korosi sumur maksimum mendekati fungsi linier. Ketidak sempurnaan fungsi linier tersebut, dipengaruhi oleh jumlah korosi sumur yang ada. Apabila ditinjau dari luas permukaan benda uji, maka harga E<sub>SP,MAX</sub> dan harga kedalaman korosi sumur yang dicapai untuk luas permukaan benda uji 30,0 cm<sup>2</sup> lebih tinggi dari pada untuk luas benda uji 5,0 cm<sup>2</sup>. Hal ini dapat dijelaskan bahwa tegangan lapis lindung pasif yang terbentuk pada luas benda uji 30,0 cm<sup>2</sup> lebih besar dari pada yang 5,0 cm<sup>2</sup>.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang disajikan di atas dapat ditarik kesimpulan seperti dibawah ini :

1. Harga E<sub>SP,MAX</sub> dan harga kedalaman korosi sumur maksimum dari sistem baja karbon yang dicelup dalam larutan uji 60% LiBr + 0,2% LiOH + 0,2% LiNO<sub>3</sub> dapat dicapai dengan potensial laku pasif pada -750 mV.

2. Penambahan waktu penahanan pada pretreatment potensial pada -750(mV vs SCE, R. T) dapat meningkatkan harga E<sub>SP,MAX</sub> dan kedalaman korosi sumur maksimum.
3. Luas benda uji menentukan harga E<sub>SP,MAX</sub> dan kedalaman korosi sumur, makin luas benda uji makin tinggi harga E<sub>SP,MAX</sub> maupun kedalaman korosi sumur maksimum. Disamping hal tersebut, kedalaman korosi sumur juga ditentukan oleh jumlah sumur yang terbentuk.
4. Harga E<sub>SP,MAX</sub> yang dicapai menentukan pertumbuhan korosi sumur, semakin tinggi harga E<sub>SP,MAX</sub> di atas harga V<sub>C</sub> (potensial kritis korosi sumur) semakin dalam korosi sumur yang terbentuk.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. HARSISTO, S.OKAYAMA and S. TSUJIKAWA, 1988, Inhibitor korosi baja karbon dalam larutan pekat LiBr pada titik didihnya, Proceeding of Boshoku gijutsu Tokyo.
- [2]. HARSISTO and S.TSUJIKAWA, 1993, Corrosion control of Carbon Steel in Concentrated LiBr Adsorption Refrigeration System at Elevated Temperature, Proceeding of Asia Pacific Workshop, Bandung.
- [3]. HARSISTO, 1997, The effect of Potential Pretreatment on Initial Pitting Corrosion Formation of Carbon Steel in High Temperature and High Concentrated LiBr Containing LiOH and Li<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> inhibitors, Proceeding of the 10<sup>th</sup> Asia Pacific Corrosion Control Conference, Kuta-Bali.
- [4]. Y. HISAMATSU et al., 1974, Localized Corrosion, NACE 3, p 24.
- [5]. M.J.SMIALOWSKA et al, 1972, Corrosion science Vol.12, p 925
- [6]. T.YOSHI et, al, 1972, Japan Ins. Metals Vol.36, p 750.
- [7]. T.ISHIKAWA et al, 1962, Proc. 1<sup>st</sup> Intern. Congress Met. Cor p.104
- [8]. B.E. WILDE et al. 1970, J. Electrochemical, Soc. Vol. 117, p. 775
- [9]. M.SMIALOWSKA et al. 1970, Brit. Cor J. Vol. 5, p. 159
- [10]. FONTANA M.G. et al, 1978, Corrosion Engineering, 2<sup>nd</sup> edition.
- [11]. DOCKUS et al, 1962, Corrosion Inhibitor in Lithium Bromide Adsorption Refrigeration System, Ashare Journal.