

**PENGARUH TEMPERATUR PADA *COATING WRAPPING TAPE*
TERHADAP *COATING BREAKDOWN* DAN *CURRENT
DENSITY* PADA PIPA BAJA DALAM APLIKASI
*IMPRESSED CURRENT CATHODIC
PROTECTION*
(ICCP)**

**R.E.Dinar Rahmawati^{1,a}, Muhammad Fitrullah, S.T.,M.T¹, dan Yanyan Dwiyanti,
S.Si.,M.T¹**

¹Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Indonesia

^aelangdinar@gmail.com

Abstrak

Dalam industri minyak gas dan bumi, pipa bawah tanah merupakan salah satu alternatif transportasi untuk memindahkan produk penambangan minyak dan gas, sehingga pipa harus memiliki keamanan yang sangat tinggi untuk menghindari terjadinya kegagalan, namun pada penggunaannya *pipeline* tidak sepenuhnya memiliki keamanan yang tinggi sehingga terjadi kegagalan seperti kebocoran yang disebabkan karena adanya korosi. *Coating wrapping tape* menjadi alternatif untuk perlindungan pipa dari serangan korosi namun, pada aplikasinya ketika proses penempatan, proses transportasi dan proses pemasangan *wrapping tape* harus dilakukan secara bertahap sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dalam proses pengerjaannya. Hal ini memungkinkan pipa yang telah dilakukan *coating* dengan *wrapping tape* akan dibiarkan begitu saja di atas tanah selama sehari-hari sebelum pipa tersebut ditanam ke dalam tanah sehingga pipa kontak langsung dengan udara luar yang temperaturnya berbeda-beda pada setiap harinya. Hal ini akan menyebabkan beberapa kerusakan pada *coating* dari *pipeline* tersebut. Fenomena ini disebut juga *coating breakdown* sehingga ini akan memicu terjadinya korosi pada pipa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pada pipa dengan *coating wrapping tape* (25°C ; 30°C ; 75°C ; 120°C) terhadap besar nilai *coating breakdown* dan *current density* yang diperlukan pada potensial proteksi dengan waktu tahan pada lingkungan terbuka selama 7 hari serta atenuasi yang terjadi. Berdasarkan hasil penelitian bahwa dengan meningkatnya temperatur (25°C-120°C) maka akan dihasilkan *coating breakdown* dan *current density* yang akan semakin meningkat pula, serta semakin besar nilai *coating breakdown* maka semakin besar atenuasi yang terjadi.

Kata kunci: Pipa, *Coating Wrapping Tape*, Temperatur, *Coating Breakdown*, *Current Density*.

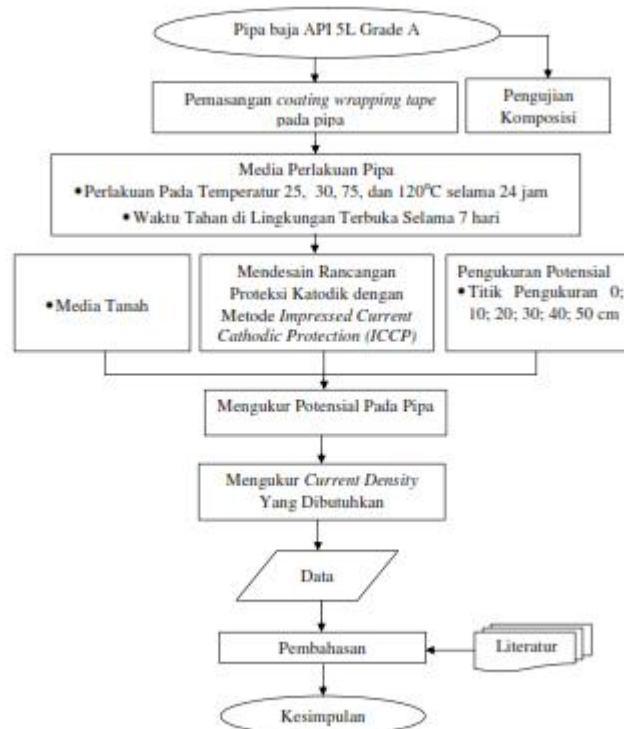
PENDAHULUAN

Distribusi minyak, gas dan air melalui pipa-pipa bawah tanah sangat banyak dibutuhkan sebagai infrastruktur. Pipa sebagai alat transportasi minyak dan gas mempunyai banyak resiko kerusakan yang sangat besar terutama kerusakan pada *coating*. Korosi merupakan faktor utama penyebab kerusakan pada pipa bawah tanah, oleh karena itu laju korosi perlu dikendalikan. *Coating* merupakan salah satu cara pengendalian korosi dengan memberikan lapisan pelindung pada logam sehingga logam pada pipa terisolasi dari lingkungan yang korosif. Pada umumnya *coating* biasa diberikan pada seluruh bagian permukaan logam dengan lingkungan menghambat arus listrik di seluruh permukaan logam yang dilindungi^[1]. *Coating wrapping tape* atau 3 layer *polyethylene* digunakan untuk pipa-pipa gas, minyak maupun air. Fungsi utamanya adalah untuk mendukung dan melindungi pipa dari serangan korosi serta perlindungan mekanis pipa bawah tanah agar umur pakainya bisa menjadi lebih lama. *Coating breakdown* dapat terjadi karena adanya beberapa faktor salah satunya yaitu temperatur, dalam aplikasinya *pipeline* beroperasi pada temperatur lingkungan lebih dari 25°C, hal ini mengakibatkan *coating* pada pipa memburuk dan mengalami kerusakan dengan berjalannya waktu sehingga pipa membutuhkan penyesuaian desain *current density*. Desain *current density* akan meningkat 1 mA/m² untuk setiap derajat celcius dari logam atau lingkungan di atas temperatur 25°C hingga 100°C. Peningkatan temperatur akan

menurunkan kelarutan oksigen pada lingkungan dan akan mempercepat laju korosi^[8]. Proteksi katodik merupakan suatu cara pengendalian korosi dengan jalan mendistribusikan arus dari elektrolit menuju logam (*pipeline*) secara efektif sehingga seluruh bagiannya menjadi katoda^[8]. Dalam sistem *impressed current cathodic protection* (ICCP) sumber arus pada sistem arus tanding berasal dari luar, biasanya berasal dari arus DC yang dilengkapi dengan penyearah arus (*rectifier*), kutub negatif dihubungkan ke struktur yang dilindungi dan kutub positif dihubungkan ke anoda. Arus mengalir dari anoda melalui elektrolit ke permukaan struktur, kemudian mengalir sepanjang struktur dan kembali ke *rectifier* melalui konduktor elektris, karena struktur menerima arus dari elektrolit, maka struktur menjadi terproteksi^[11]. Resistivitas tanah mencerminkan kemampuan tanah untuk tidak meneruskan arus listrik, telah diketahui bahwa tingkat korosivitas tanah akan meningkat saat arus yang mengalir juga meningkat, semakin besar resistivitas maka tanah tersebut semakin sulit untuk meneruskan arus listrik dan begitu sebaliknya. Atenuasi adalah fenomena kenaikan distribusi potensial dari titik *drainase* (titik dekat anoda) sampai dengan di titik ujung material (titik terjauh dari anoda) atau disebut juga penyusutan distribusi arus proteksi^[14]. Pada proteksi katodik dengan kondisi tahanan elektrolit homogen dan tahanan struktur yang dianggap nol, rapat arus yang diterima struktur akan merata di seluruh permukaan. Struktur yang panjang seperti pipa saluran, tahanan struktur dan nilai konduktifitas *coating* pada pipa akan berpengaruh, sehingga distribusi arus proteksi makin jauh dari struktur semakin kecil^[14]. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur pada pipa dengan *coating wrapping tape* terhadap besar nilai *coating breakdown*, *current density* yang diperlukan dan atenuasi yang terjadi pada potensial proteksi pada ujung pipa.

METODE PENELITIAN

Secara skematik, penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

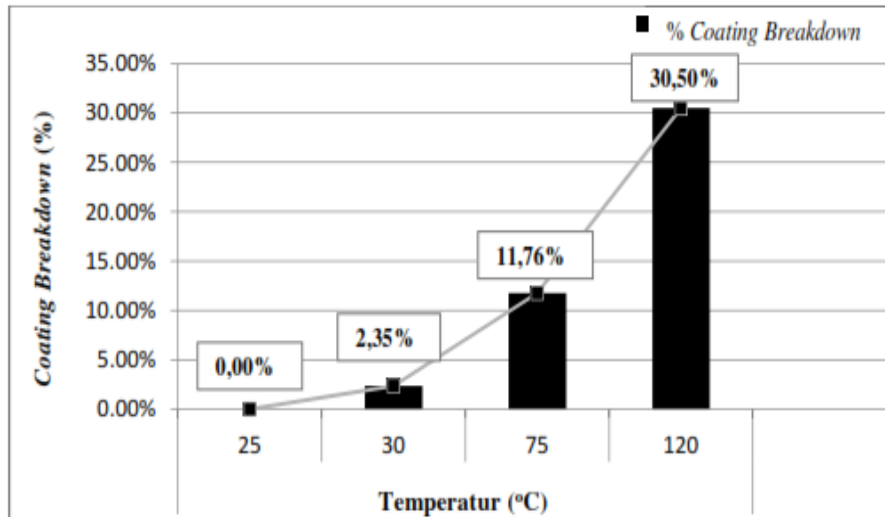
Pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruh temperatur pada *wrapping tape* terhadap *coating breakdown* dan *current density* pada pipa baja API 5L, peneliti melakukan metode *impressed current cathodic protection* (ICCP) dan melakukan pengujian yaitu uji komposisi kimia pada pipa baja API 5L dengan menggunakan

spectroscopy. Tabel 1. menunjukkan komposisi kimia pada pipa baja API 5L Grade A yang dilakukan dengan metode *spectroscopy*.

Tabel 4.1 Data Pengujian Komposisi Kimia Pipa Baja API 5L Grade A

Komposisi Kimia Pipa Baja API 5L Grade A (%)					
C	Si	Mn	P	S	Cu
0,127	0,214	0,656	0,0087	0,0073	0,034
Ni	Cr	V	Ti	Nb	Al
0,011	0,015	0,002	0,0012	<0,001	0,017
Mg	Zn	W	B	Pb	Sn
<0,003	0,06	0,003	0,00041	0,004	0,011

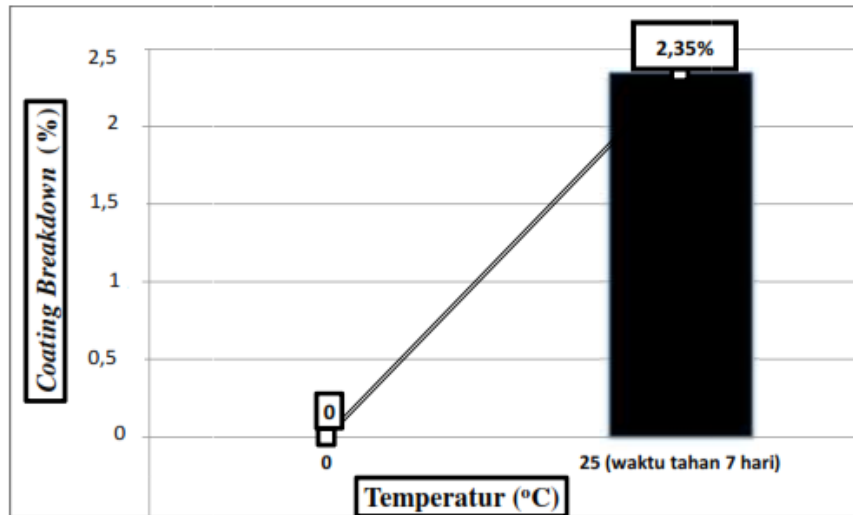
Pada Tabel 1 Menunjukkan komposisi kimia pada pipa baja API 5L Grade A sesuai dengan standar *American Petroleum Institute* (API) dan telah memenuhi kriteria untuk aplikasi *pipeline*. Pipa baja API 5L Grade A merupakan baja karbon rendah dan memiliki kandungan Cr dan Cu yang tidak tinggi, kandungan Cr dan Cu pada pipa berfungsi sebagai pencegah terjadinya proses korosi. Pengaruh komposisi kimia terhadap baja sangat penting untuk kualitas baja saat beroperasi. Pipa baja saat beroperasi harus memiliki ketahanan terhadap gesekan dan tekanan yang berlebih, sehingga dibutuhkan komposisi kimia yang tepat pada pipa baja. Sesuai standar *American Petroleum Institute* (API) komposisi kimia pada pipa baja berbeda-beda tergantung dari pada jenis pipa yang digunakan. Pada pipa baja API 5L Grade A memiliki kadar Si sebesar 0,214% dan kadar Mn sebesar 0,656%. Pengaruh Si dan Mn pada baja yaitu, Si memiliki sifat elastis atau keuletan yang tinggi, Si pada baja juga dapat menambah kekerasan pada baja. Mn memiliki sifat yang tahan terhadap gesekan dan juga tahan terhadap tekanan. Beberapa sifat yang ada pada komposisi baja API 5L Grade A ini, sangat dibutuhkan ketika pipa baja beroperasi.



Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap *Coating Breakdown*

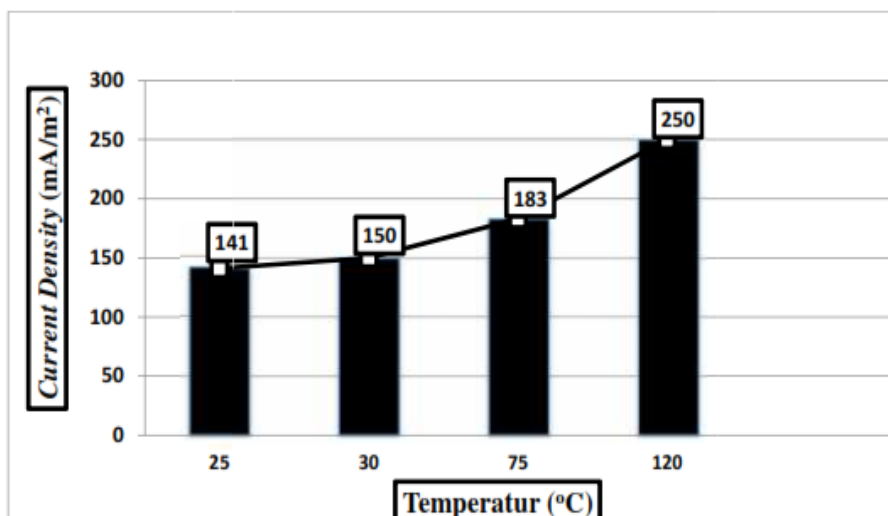
Gambar 2 Menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur pada *coating wrapping tape* maka akan dihasilkan *coating breakdown* yang akan semakin meningkat. Pada penelitian ini menggunakan temperatur sebagai media korosif dengan variasi temperatur sebesar 25; 30; 75 dan 120°C dan kenaikan *coating breakdown* pada setiap temperatur berturut-turut sebesar 0% ; 2,35% ; 11,76% ; 30,50%. Pada umumnya pengaruh temperatur terhadap *coating breakdown* berkisar 25°C sampai dengan 100°C, untuk studi perbandingan digunakan variasi temperatur sebesar 120°C. *Coating breakdown* dapat terjadi karena adanya beberapa faktor seperti pemasangan yang tidak tepat, penempatan, proses saat transportasi, dan salah satunya yaitu temperatur, dalam aplikasinya *pipeline* beroperasi pada kondisi temperatur lebih dari 25°C, hal ini mengakibatkan *coating* pada pipa memburuk dan mengalami kerusakan, dengan berjalannya waktu sehingga pipa membutuhkan penyesuaian desain *current density*. Desain *current density* akan meningkat 1 mA/m² untuk setiap derajat celcius

dari logam atau lingkungan di atas temperatur 25°C hingga 100°C. Peningkatan temperatur akan menurunkan kelarutan oksigen pada lingkungan dan akan mempercepat laju korosi [8]. Dalam sebagian besar reaksi kimia, setiap peningkatan temperatur akan disertai dengan peningkatan laju reaksi. Perubahan temperatur akan mengakibatkan material mengalami kerusakan atau *coating breakdown*, ketika nilai *coating breakdown* meningkat maka peluang terjadinya korosi pada pipa akan semakin meningkat pula [12].



Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu Tahan Terhadap *Coating Breakdown*

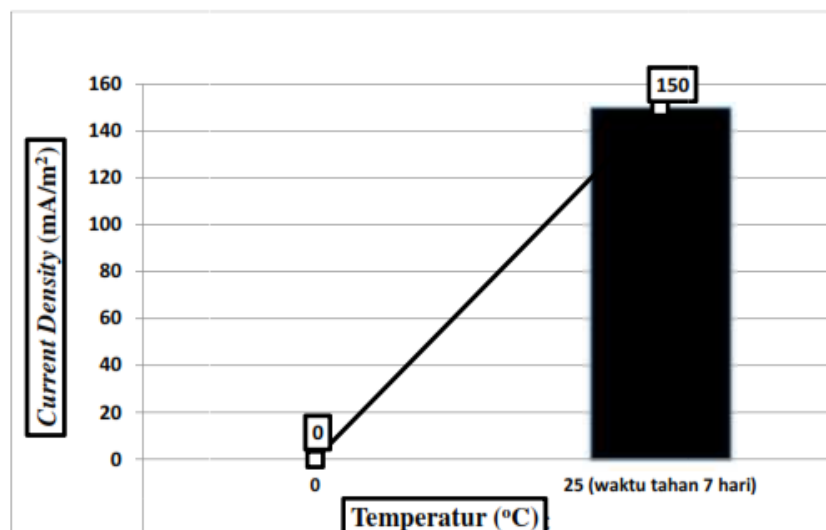
Gambar 3. Menunjukkan bahwa ketika pipa yang sudah dilakukan *coating* dan kemudian dilakukan waktu tahan pada lingkungan terbuka selama 7 hari sebelum dilakukan proses proteksi katodik pada tanah sebagai media elektrolit, mengakibatkan pipa mengalami *coating breakdown*. Nilai *coating breakdown* yang didapatkan yaitu sebesar 2,35%, ketika pipa yang telah dilakukan *coating* dibiarkan kontak langsung pada lingkungan terbuka selama sehari-hari, *coating* pada pipa akan mengalami kerusakan atau *coating breakdown*. Temperatur yang tinggi dan cahaya matahari dapat merusak lapisan *polyethylene* pada *coating wrapping tape* dan merusak lapisan terluar yang berfungsi sebagai *pigmenting*. Ketika *coating* pada pipa rusak maka kemungkinan terjadi korosi pada pipa akan semakin besar. Secara umum, lapisan *polyethylene* dapat digunakan untuk melindungi pipa dari paparan panas secara terus menerus dalam jangka panjang pada suhu sekitar 50°C sampai 125 °C, tetapi ketika panas berlebih kontak langsung dengan lapisan *wrapping tape*, tidak menutup kemungkinan akan terjadi korosi pada pipa [5]. Panas yang berlebih dapat merusak lapisan *wrapping tape*, ukuran *wrapping tape* yang awalnya lebar setelah mengalami pemanasan akan terjadi penyusutan secara merata hingga 20% disetiap lapisannya dan banyak area pipa yang awalnya tertutupi oleh lapisan *wrapping tape* menjadi tidak terlindungi lagi sehingga kemungkinan terjadi korosi sangat besar [4].



Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap *current density* mA/m²

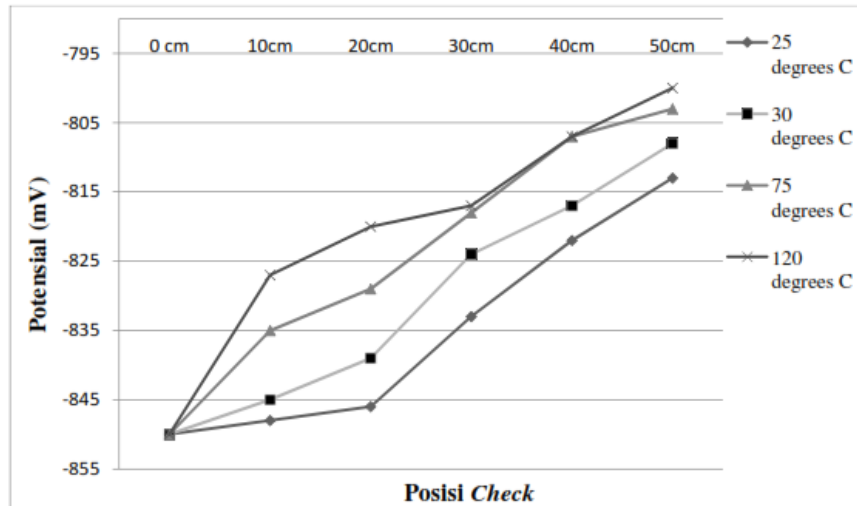
Gambar 4 Menunjukkan bahwa dengan meningkatnya temperatur maka nilai *current density* yang dibutuhkan untuk proteksi pipa akan semakin meningkat. Desain *current density* adalah kebutuhan arus per satuan luas yang diperlukan untuk memproteksi pipa atau menurunkan potensial pipa pada lingkungan tertentu sehingga memenuhi kriteria proteksi. Meningkatnya kadar oksigen pada permukaan logam maka akan meningkatkan rapat arus yang dibutuhkan. Peningkatan ketersediaan oksigen disebabkan oleh meningkatnya kadar oksigen di lingkungan.^[15] Pada saat terjadi peningkatan temperatur maka *coating* pada pipa akan mengalami *coating breakdown*, begitu juga akan terjadi peningkatan *current density* yang dibutuhkan untuk proteksi pipa dari korosi. Nilai *current density* dipengaruhi oleh ion-ion sulfat pada media elektrolit yang digunakan. Tanah sebagai media elektrolit memiliki nilai resistivitas, nilai resistivitas tanah juga dipengaruhi oleh temperatur lingkungan. Jika temperatur lingkungan tanah tinggi maka nilai resistivitas tanah tersebut rendah sehingga dapat dikatakan nilai korosivitas tanah tinggi, sebaliknya jika temperatur tanah rendah maka nilai resistivitas tanah tinggi^[10].

Saat temperatur naik, air akan menguap, jika temperatur lingkungan terus menerus meningkat maka semua air akan menjadi uap air. Seiring meningkatnya temperatur di permukaan tanah maka akan meningkatkan tekanan sehingga terjadi perbedaan tekanan antara permukaan tanah dan atmosfer udara sehingga uap air akan mengalir dari permukaan tanah yang bertekanan tinggi menuju atmosfer yang bertekanan rendah^[10]. Kenaikan temperatur yang sangat ekstrim seperti halnya gurun pasir akan menyebabkan uap air akan terus menerus naik ke awan dan tidak turun lagi ke bawah permukaan bumi. Oleh karena itu, di lingkungan dengan temperatur yang sangat tinggi, jarang ada bahkan tidak ada uap air atau kandungan air dipermukaan tanah yang mengakibatkan nilai resistivitas rendah^[10].



Gambar 5. Grafik Pengaruh Waktu Tahan Terhadap *Current Density* (mA/m²)

Gambar 5 Menunjukkan pengaruh waktu tahan terhadap nilai *current density*, didapatkan nilai *current density* pada waktu tahan di lingkungan terbuka selama 7 hari sebesar 150 mA/m². Waktu tahan pada lingkungan terbuka akan mengakibatkan pipa menjadi *rusted* atau karat, semakin lama pipa dilakukan waktu tahan di lingkungan terbuka maka pipa akan mengalami reaksi oksidasi dengan oksigen pada lingkungan sehingga menyebabkan pipa mengalami korosi^[11]. Kebutuhan *current density* untuk proteksi pada pipa disesuaikan dengan tingkat korosivitas yang terjadi pada pipa. Ketika korosivitas pada pipa meningkat maka, jumlah *current density* yang dibutuhkan untuk proteksi pipa tersebut akan semakin meningkat pula.



Gambar 6. Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Atenuasi

Gambar 6 Menunjukkan bahwa semakin meningkat temperatur maka penurunan potensial pipa akan semakin besar pula, temperatur akan mempengaruhi besarnya potensial yang terjadi pada tiap titik dari titik *drainase* (dekat anoda) sampai dengan dititik ujung pipa yang letaknya jauh dari anoda, pada penelitian ini penurunan potensial yang terjadi tidak terlalu signifikan atau tidak terlalu terlihat penurunannya atau penurunannya bisa dikatakan sangat kecil, karena salah satu faktornya adalah pipa yang digunakan pada penelitian ini tidak terlalu panjang. nilai atenuasi akan berbanding lurus pada nilai *coating breakdown* pada pipa, semakin besar nilai *coating breakdown* pada pipa maka semakin besar pula nilai atenuasi yang dialami pada pipa. Besar atenuasi yang terjadi pada pipa yang dilindungi dengan menggunakan proteksi katodik arus tanding akan mempengaruhi potensial yang yang terjadi pada pipa, terutama potensial yang terjadi pada ujung pipa yang letaknya jauh dari anoda. Semakin jauh jarak pipa ke anoda, maka semakin besar nilai potensial yang terjadi pada pipa^[14].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan :

1. Dengan meningkatnya temperatur lingkungan pada pipa maka akan dihasilkan nilai *coating breakdown* yang akan semakin meningkat pula dengan dihasilkan persentase nilai *coating breakdown* berturut-turut sebesar 0% ; 2,35% ; 11,76% ; 30,58 %.
2. Dengan meningkatnya temperatur lingkungan pada pipa maka akan mempengaruhi nilai *current density* yang dihasilkan, semakin tinggi temperatur maka nilai *current density* akan meningkat pula dengan dihasilkan nilai *current density* berturut-turut sebesar 141 mA /m²; 150 mA /m²; 183 mA /m²; 250 mA /m².
3. Temperatur akan mempengaruhi atenuasi yang terjadi pada tiap titik dari titik *drainase* (dekat anoda) sampai dengan di titik ujung pipa, semakin besar nilai *coating breakdown* pada pipa maka semakin besar pula nilai atenuasi yang dialami pada pipa, sehingga penurunan potensial dari titik drainase menuju ujung pipa semakin besar pula.
4. Waktu tahan dilingkungan terbuka selama 7 hari akan mempengaruhi nilai *coating breakdown* dan nilai *current density* yang dihasilkan.

REFERENSI

- [1] American Bureau of Shipping.(2007).*The Inspection, Maintenance and Application Of Marine Coating Systems, Third edition*. Houston: USA
- [2] American Petroleum Institute. (2000). *API Specification 5L Forty-Second Edition*
- [3] Kim, J. G., & Kim, Y. W. (2011). Cathodic protection criteria of thermally insulated pipeline buried in soil. *Corrosion Science*, 43(11), 2011-2021.
- [4] Hess, R. L. (2008). Tape degradation factors and challenges in predicting tape life. *ARSC Journal*, 39(2), 240-275.

- [5] Abboud L. Mamish, Berry Plastics Corp. (2009) “*Tape Coating System for Pipeline Corrosion Protection*”
- [6] Das, G. S., & Khanna, A. S. (2004, December). PARAMETRIC STUDY OF CO₂/H₂S CORROSION OF CARBON STEEL USED FOR PIPELINE APPLICATION. In *proceeding International Symposium of Research Students on Materials Science and Engineering, Department of Metallurgical and Material Engineering, Indian Institute of technology Madras, December* (pp. 20-22).
- [7] Hadistira, Praja. (2012). *Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Katodik Anoda Korban dan Arus Tanding Pada Onshore Pipeline*. Bandung. ITB
- [8] ISO 15589-2 ed.,p.12 (2012): *Pertroleum and Natural Gas Industries – Cathodic Protection of Pipeline Transportation Systems – Part 2: Offshore Pipelines*.
- [9] James B. Bhusman, P.E. Impressed current cathodic protection system design. Medina, Ohio USE.
- [10] Mars, G. Fontana. ed.,p.172 (1987). *Corrosion Engineering*, 3rd edition. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [11] Peabody, A. W. (2001). *Peabody's control of pipeline corrosion* (No. Ed. 2). NACE international.
- [12] Roberge, P. R. (2008). *Corrosion engineering: principles and practice* (pp. 370-375). New York: McGraw-Hill.
- [13] Purwanta, Maryanta. (2012). *Analisis Sistem Proteksi Korosi Untuk Pipa Petroleum Gas, Material API 5L*. Gresik : Universitas Gresik
- [14] Sulaiman Achmad. (2011). *Prinsip Proteksi Katodik*. Bandung : Indocoor
- [15] Sulistijono. (2009). *Desain Sistem Proteksi Katodik Arus Paksa (ICCP) Untuk Pipa*
- [16] Jones Denny A. 1992. *Principles and Prevention of Corrosion*. New York: Macmillan Publishing Company
- [17] Laboratory Corrosion Testing Of Metal For The Process Industries,”NACE standards TM-01-69 (1976revision)”. Reprinted by permission, National Association Of Corrosion Engineers.