

Simulasi Efek Galvanik pada Baja Karbon Sedang Hasil Perlakuan Panas Menggunakan *Boundary Element Method* (BEM)-3D

Illiyinal Muttaqin S¹⁾, Syarizal Fonna, Syifaul Huzni

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala,
Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh 23111, Indonesia

¹⁾e-mail: illiyinalmuttaqins@rocketmail.com

Abstract

This research simulates the galvanic effect on medium carbon steel from the result of heat treatment using the Boundary Element Method (BEM) -3D. BEM was developed with the assumption that the electrolyte surrounding the anode-cathode system no ions in or out, so that it can be modeled as Laplace domain. The potential value and the current density across the surface of the domain can be determined by solving the Laplace equation using the BEM. The Galvanic effects can be analyzed by using the potential data. To simulate the galvanic effect on medium carbon steel the result of heat treatment, two anode-cathode combination was set. The first combination is the annealing steel as the anode and the normalizing steel as the cathode. While the second combination is a hardening steel as the anode and the normalizing steel as the cathode. The conductivity value of the electrolyte for the galvanic effect simulation is $0.0541 \Omega / m$. The simulation results of the first combination showed the most negative anode potential value is -104.09 mV and the cathode potential value of -85.41 mV . While the simulation results from the second combination provides the most negative anode potential value are -220.27 mV and the cathode potential value are -85.41 mV . From the simulation can be seen that the potential difference between the first anode-cathode combinations are $+18.69 \text{ mV}$ and the second combination are $+134.86$. Thus, the simulation results show that the combination of annealing steel and normalizing steel produce galvanic effect is relatively small. While the combination of hardening steel and normalizing steel provide galvanic effect is relatively large.

Keywords: Effect Galvanic, BEM, Heat Treatment, Medium Carbon Steel

1. Pendahuluan

Baja karbon adalah baja yang memiliki unsur besi dan karbon serta unsur lainnya tetapi masih dalam batas-batas tertentu. Unsur-unsur ini seperti mangan (Mn), silikon (Si), belerang (S) dan fosfor (P) [1]. Baja karbon banyak digunakan dalam dunia industri, baik industri rumah tangga maupun industri besar, seperti industri migas, industri perkapalan dan industri otomotif.

Karbon (C) merupakan salah satu unsur penting dalam baja, karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja tetapi tidak dapat memberikan ketahanan korosi [2]. Secara garis besar, baja karbon dibagi menjadi 3 jenis, yaitu [3]:

1. Baja karbon rendah (0,01% - 0,24% C)
2. Baja karbon sedang (0,25% - 0,6% C)
3. Baja karbon tinggi (0,61% - 1,4% C)

Untuk mengubah sifat mekanik pada baja karbon salah satunya dengan proses perlakuan panas. Perlakuan panas dapat didefinisikan sebagai proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat-sifat fisik dan mekanik logam tersebut. Perubahan sifat fisik tersebut mengakibatkan sifat mekanik bahan juga berubah

[3]. Proses perlakuan panas terhadap baja, melibatkan transformasi austenit yang nantinya akan menentukan sifat fisik dan mekanik pada baja [4].

Adapun beberapa jenis perlakuan panas terhadap baja adalah *annealing*, *normalizing* dan *hardening*. *Annealing* merupakan proses perlakuan panas yang dilakukan dengan memanaskan logam hingga mencapai temperatur sedikit diatas temperatur austenit, setelah itu ditahan beberapa saat lalu didinginkan dengan media pendingin di dalam *furnance*. *Normalizing* sama dengan *annealing*, tetapi pendinginan dilakukan pada suhu kamar/ruangan ($\pm 27^\circ\text{C}$). Sedangkan *hardening* pemanasan baja, *holding* dan pendinginan cepat kesuatu media pendingin, media pendingin bisa berupa air, oli atau air garam [5].

Perlakuan panas diduga sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik korosi pada baja karbon, akibat proses perlakuan panas dapat mengubah struktur mikro [6]. Namun hubungan antara perlakuan panas dengan karakteristik korosi belum diketahui dengan pasti.

Peneliti sebelumnya telah melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan panas terhadap perilaku korosi baja karbon sedang. Didapatkan data yang menegaskan adanya kaitan perlakuan panas (*annealing*, *normalizing* dan *hardening*) dengan

perilaku korosi baja karbon sedang [6]. Namun demikian, penelitian tersebut belum dapat menunjukkan efek galvanik antara baja karbon yang telah mengalami perlakuan panas. Oleh karena itu penelitian lanjutan perlu dilakukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan simulasi efek galvanik pada baja karbon sedang akibat perlakuan panas menggunakan *Boundary Element Method* (BEM).

2. Metode penelitian

2.1 Pemodelan Korosi pada BEM

Metoda Elemen Batas (BEM) adalah salah satu metode yang banyak digunakan untuk mempelajari masalah korosi, mengingat korosi hanya terjadi di permukaan logam. BEM adalah metode penyelesaian persamaan *Laplace* melalui pendekatan numerik.

BEM dimodelkan dengan medium (Ω), potensial permukaan permukaan suatu objek, seperti pada Gambar 1. BEM dikembangkan dengan asumsi bahwa pada elektrolit yang melingkupi sistem anoda-katoda tidak ada ion masuk atau keluar, sehingga dapat dimodelkan sebagai domain *Laplace* [7]:

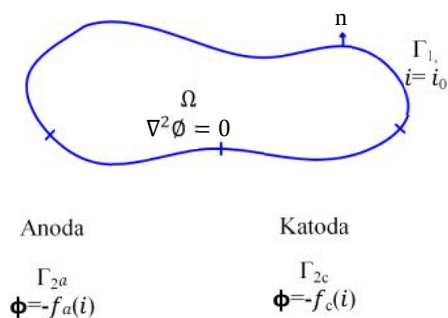
$$\nabla^2 \phi = 0 \quad \text{pada} \quad \Omega \quad (1)$$

Melalui BEM, persamaan *Laplace* dapat diaplikasikan untuk bentuk geometri apapun. Pada Gambar 1, seluruh permukaan domain (Ω) dimodelkan oleh Γ dengan batas $\Gamma \approx \Gamma_1 + \Gamma_{2a} + \Gamma_{2c}$. Permukaan anoda dimodelkan oleh Γ_{2a} , permukaan logam katoda dimodelkan oleh Γ_{2c} dan permukaan insulasi dimodelkan oleh Γ_1 . Kondisi batas untuk model tersebut adalah seperti berikut:

$$i = i_0 \quad \text{pada} \quad \Gamma_1 \quad (2)$$

$$\phi = -f_a(i) \quad \text{pada} \quad \Gamma_{2a} \quad (3)$$

$$\phi = -f_c(i) \quad \text{pada} \quad \Gamma_{2c} \quad (4)$$

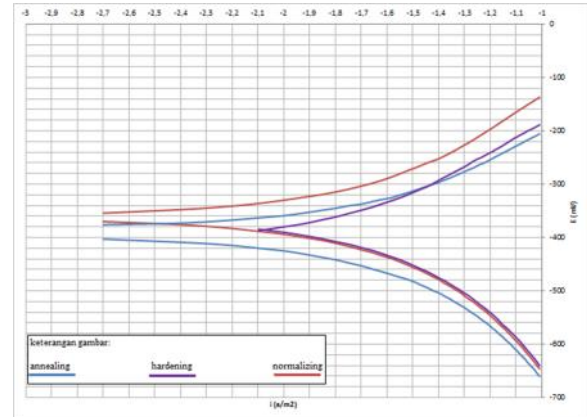


Gambar 1. Pemodelan kondisi batas sel korosi dengan menggunakan persamaan Laplace

Hubungan potensial i dan potensial ϕ adalah:

$$i = \kappa \frac{d\phi}{dn} \quad (5)$$

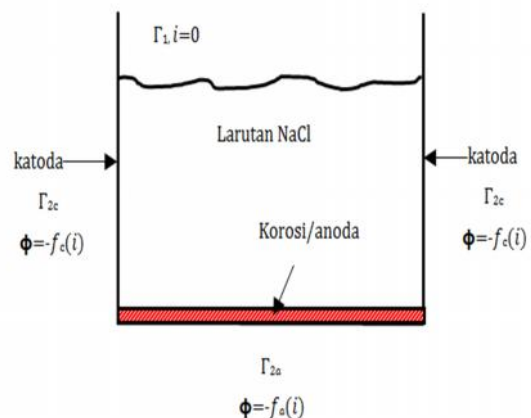
Dimana n adalah vektor normal, yaitu vektor dengan arah dengan arah tegak lurus terhadap sebuah permukaan dengan arah keluar dari volume permukaan tersebut. Sementara κ adalah konduktivitas di dalam domain. Kondisi batas bagi setiap logam dalam sistem tersebut diambil dari kurva polarisasinya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva polarisasi perlakuan panas baja karbon sedang [6]

2.2 Studi Kasus

Untuk melakukan simulasi efek galvanik pada baja karbon sedang akibat perlakuan panas kasus yang ditinjau seperti pada Gambar 3. Kasus untuk simulasi efek galvanik ini berupa tangki penyimpanan larutan korosif seperti larutan yang mengandung NaCl. Pemodelan kondisi batas juga dapat dilihat pada gambar tersebut. Kondisi batas tersebut diinput pada lingkungan baja dalam larutan 3,5% NaCl dengan konduktivitas 0,0541 Ω/m [8], kondisi batas pada permukaan anoda (Γ_{2a}) dan permukaan katoda (Γ_{2c}) diambil dari kurva polarisasi hasil perlakuan panas.

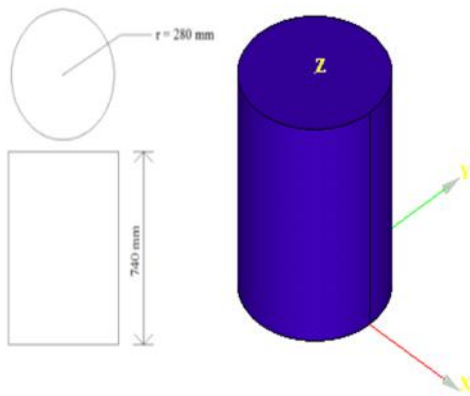


Gambar 3. Model tangki penyimpanan liquid pada kasus yang ditinjau

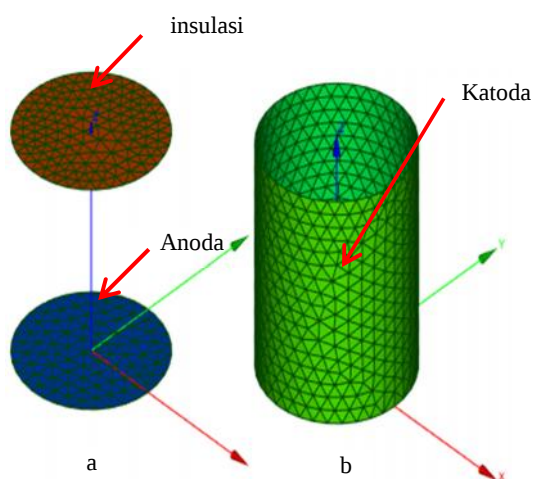
Untuk simulasi efek galvanik dengan model yang sudah diceritakan sebelumnya terbagi menjadi

dua kombinasi. Kombinasi pertama adalah baja *annealing* sebagai anoda dan baja *normalizing* sebagai katoda. Sedangkan pada kombinasi kedua adalah baja *hardening* sebagai anoda dan baja *normalizing* sebagai katoda.

Untuk model yang diceritakan diatas dibangun geometrinya secara 3D menggunakan *software Salome Meca*. Dimensi dari model yang dibangun dalam *software Salome Meca* tersebut dengan dimensi tangki $r = 280 \text{ mm}$, $t = 740 \text{ mm}$ seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Geometri yang sudah dibangun tersebut kemudian dilakukan proses *meshing* dengan menggunakan elemen segitiga (*triangle*) dilakukan secara otomatis. Hasilnya berupa jumlah elemen-elemen, dimana jumlah total elemen segitiga 1620 elemen, terdiri dari 177 elemen pada permukaan anoda, 1178 elemen pada permukaan katoda, dan 265 elemen pada permukaan insulasi seperti Gambar 5.



Gambar 4 Dimensi tabung



Gambar 5 (a) *Meshing* pada bagian anoda dan insulasi (b) *Meshing* pada bagian katoda

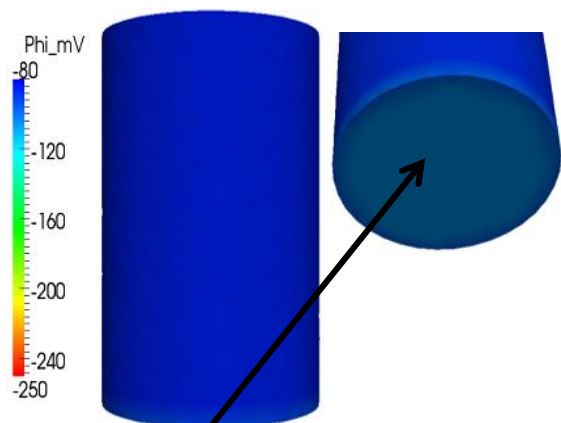
Kondisi batas geometri berupa node dan elemen, diinput kedalam program BEM CCRG untuk disimulasikan. Hasil yang diperoleh berupa distribusi

potensial akan divisualisasikan menggunakan *software paraview*.

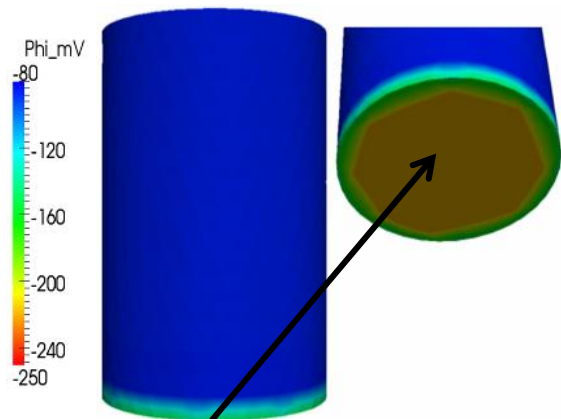
3. Hasil dan pembahasan

Hasil simulasi efek galvanik pada baja karbon sedang hasil perlakuan panas dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7. Kombinasi pertama dan kedua memperlihatkan efek galvanik melalui distribusi potensial pada permukaan anoda dan katoda.

Pada kombinasi pertama, antara baja *annealing* (anoda) dan baja *normalizing* (katoda) menunjukkan distribusi nilai potensial pada anoda paling positif sebesar $-104,07$ dan negatif $-104,1 \text{ mV}$, pada katoda paling positif $-85,17$ dan negatif $-85,41 \text{ mV}$ sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6. Pada kombinasi kedua antara baja *hardening* (anoda) dan baja *normalizing* (katoda) menunjukkan distribusi nilai potensial pada anoda paling positif $-217,5$ dan negatif $-220,27 \text{ mV}$, pada katoda paling positif $-83,74$ dan negatif $-85,1 \text{ mV}$ ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 6. Distribusi potensial kombinasi pertama



Gambar 7. Distribusi potensial kombinasi kedua

Dari kedua kombinasi simulasi tersebut dapat dilihat selisih potensial anoda-katoda pada kombinasi pertama terjadi efek galvanik yang rendah sebesar +18,69 mV dan pada kombinasi kedua terjadi efek galvanik yang tinggi sebesar +135,17. Dengan demikian, hasil simulasi menunjukkan bahwa kombinasi antara baja *annealing* dan baja *normalizing* menghasilkan efek galvanik yang relatif kecil. Sedangkan kombinasi antara baja *hardening* dan baja *normalizing* memberikan efek galvanik yang relatif besar.

4. Kesimpulan

Dari hasil simulasi, dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. BEM 3D telah diaplikasikan untuk menganalisa efek galvanik pada baja karbon sedang hasil perlakuan panas.
2. Dari dua kombinasi memperlihatkan adanya efek galvanik akibat perlakuan panas.
3. Kombinasi baja *hardening* dengan baja *normalizing* memberikan efek galvanik paling tinggi dibandingkan baja *annealing* dengan baja *normalizing*.

Penghargaan

Memberikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada CCRG yang telah mengembangkan BEM-3D.

Daftar Pustaka

- [1]. Sumiyanto., Abdunnasar., Pengaruh Proses Hardening dan Rempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM 447, *Tugas Akhir, Teknik Mesin*, Institut Sains dan Teknologi Nasional.
- [2]. Mars, G. Fontana., 1986. *Corrosion Enggining*, McGraw-Hill.
- [3]. Callister, William, D., 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction*, Seventh edition, John Wiley & Sons, Inc, U.S America.
- [4]. Sahwendi., 2013. *Pengaruh Suhu Panas, Variasi Suhu Tempering dan Lama Waktu Penahanan Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Pegas Daun Karbon Sedang, Tugas Akhir*, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- [5]. Hadi, Syamsul., 2016. *Teknologi Bahan*, Andi Offset.
- [6]. Nanda, T., 2016. Pengaruh Heat Treatment Terhadap Perilaku Korosi Baja Karbon Sedang, *Tugas Akhir*, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [7]. LaForce, Tara., 2006. *Boundary Element Method Course Notes*, Stanford, United State America, Edition 1st.

- [8]. Iandiano, Dito., 2011. Studi Laju Korosi Baja Karbon Untuk Pipa Penyalur Proses Produksi Gas Alam Yang Mengandung Gas CO₂ pada Lingkungan NaCl 0.5, 1.5, 2.5 dan 3.5 %, *Tugas Akhir Teknik Metalurgi Dan Material*, Universitas Indonesia, Depok.