

## Pemetaan Risiko Korosi Beton Bertulang pada Bangunan Masjid Baitussalam dan Darul Makmur

**Syarizal Fonna\*, M. Restu Furqan, Syifaul Huzni**

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

\*Email: syarizal.fonna@unsyiah.ac.id

### **Abstrak**

*Penelitian ini bertujuan untuk menilai level risiko korosi Masjid Baitussalam Gampong Tibang dan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh. Nilai potensial korosi diukur menggunakan Half-Cell Potential Meter kemudian divisualisasikan dengan menggunakan Software VisIt. Untuk mencari letak tulangan dan sengkang dalam konstruksi beton bertulang digunakan alat Profometer 5+. Level risiko korosi ditetapkan berdasarkan standar ASTM C876. Dari hasil pemetaan korosi menunjukkan sisi bagian Utara Masjid Baitussalam Gampong Tibang Banda Aceh berada dalam level risiko korosi parah dan hasil pemetaan pada Masjid Darul Makmur sisi bagian Selatan berada dalam level risiko korosi rendah hingga tinggi. Oleh sebab itu, Masjid Baitussalam dan Masjid Darul Makmur perlu adanya penanganan lebih lanjut pada sisi pengambilan data agar tidak terjadi kegagalan pada bangunan yang disebabkan oleh korosi.*

**Kata kunci**— *Risiko Korosi, Half-cell Potential Mapping, Aceh, Potensial korosi.*

### **Abstract**

*This study aims to assess the corrosion risk level of Baitussalam Mosque in Tibang Village and Darul Makmur Mosque in Lambaro Skep, Banda Aceh. The corrosion potential value is measured using a Half-Cell Potential Meter and visualized using VisIt software. The Profometer 5+ instrument is used to locate the reinforcement and tendons in the reinforced concrete construction. The corrosion risk level is determined based on ASTM C876 standards. The corrosion mapping results show that the northern side of Baitussalam Mosque in Tibang Village, Banda Aceh, is in a severe corrosion risk level, and the southern side of Darul Makmur Mosque is in a low to high corrosion risk level. Therefore, Baitussalam Mosque and Darul Makmur Mosque require further assessment to prevent building failure caused by corrosion.*

**Keywords**— *Corrosion Risk, Half-cell Potential Mapping, Aceh, Corrosion Potential*

## 1. PENDAHULUAN

Baja digunakan secara luas dalam kehidupan saat ini, seperti sebagai tulangan dalam struktur beton seperti jembatan, gedung, dan sebagainya. Meskipun memiliki kelebihan, baja juga memiliki kekurangan, seperti mudah terkorosi ketika terpapar lingkungan yang korosif [1].

Korosi dapat menurunkan kualitas tulangan beton dalam menahan beban yang terjadi. Tulangan yang terserang korosi pada struktur beton bertulang tersebut dapat mengurangi kualitas pelayanannya [2]. Pemetaan korosi penting dilakukan secara berkala untuk menentukan tingkat risiko korosi pada infrastruktur beton bertulang. [3].

Agar bangunan terhindar dari kegagalan yang tiba-tiba, perlu dilakukan pemantauan korosi pada beton bertulang secara rutin mengingat meningkatnya risiko korosi pada bangunan tersebut [4]. Pada tahun 2013 dan 2015, para peneliti sebelumnya telah melakukan pemantauan korosi pada lima bangunan yang terdampak tsunami tahun 2004, dan hasilnya menunjukkan bahwa nilai potensial korosi bervariasi dari rendah hingga tinggi [5]. Pada tahun 2018, Helmut Marquardt juga melakukan pemantauan korosi pada sebuah jembatan, dan ditemukan bahwa nilai potensial korosi jembatan berada pada tingkat menengah (intermediate) [6].

Pada bagian sisi Utara Masjid Baitussalam dan bagian sisi Selatan Masjid Darul Makmur secara visual terlihat adanya pengelupasan selimut beton yang dikhawatirkan akan meningkatnya level risiko korosi dan membahayakan pengguna masjid tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengukuran nilai potensial pada bagian-bagian tersebut untuk menghindari kegagalan lebih lanjut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat risiko korosi pada Masjid Baitussalam Gampong Tibang dan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh.

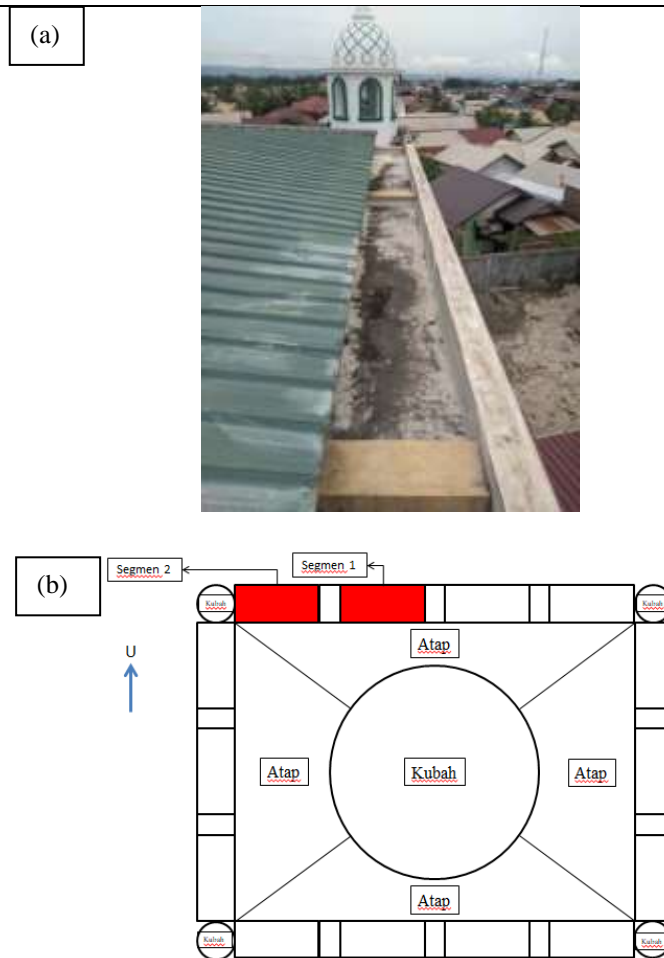
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengacu pada standar ASTM C876 dan dimulai dengan melakukan tinjauan pada bangunan objek penelitian untuk melihat secara visual titik-titik kritis korosi yang dapat mewakili seluruh area bangunan. Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah Masjid Baitussalam Gampong Tibang dan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh. Gambar 1 menunjukkan peta lokasi penelitian.



Gambar 1 Peta lokasi penelitian

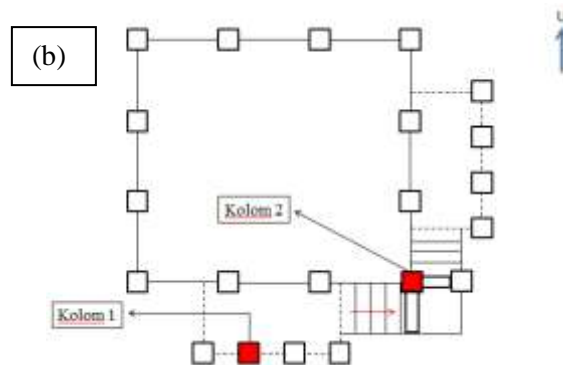
Gambar 2(a) dan (b) menunjukkan area penilaian level risiko korosi pada sisi bagian Utara Masjid Baitussalam Gampong Tibang Banda Aceh. Pada masjid ini area yang terlihat secara visual memiliki titik kritis korosi yang berada pada lantai bagian atas masjid.



Gambar 2 Area penilaian level risiko korosi: (a) aktual; (b) skematik

Gambar 3(a) dan (b) menunjukkan area penilaian level risiko korosi pada sisi bagian Selatan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh. Area yang memiliki titik kritis korosi terlihat berada pada bagian kolom masjid.





Gambar 3. Area penilaian level risiko korosi: (a) aktual; (b) skematik

Setelah peninjauan bangunan objek selesai, langkah selanjutnya adalah persiapan alat agar tidak terjadi kesalahan saat pengambilan data. Pada penelitian ini, digunakan Profometer 5+ sebagai alat pertama yang berfungsi untuk mencari letak tulangan dan sengkang pada struktur beton bertulang serta dapat mengukur ketebalan selimut beton. Gambar 4 menunjukkan Profometer 5+ yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 4 Profometer 5+

Untuk mengukur nilai potensial korosi pada baja tulangan dalam beton, penelitian ini menggunakan alat Digital Half-Cell Potential Meter (RE-2,5 U dan Multimeter Fluke 117). Alat ini dapat mengambil nilai potensial tanpa merusak struktur beton bertulang dan memberikan informasi berupa nilai potensial. Nilai potensial yang diperoleh dari permukaan beton dianggap mewakili nilai potensial sebenarnya pada permukaan baja tulangan dalam beton. Sebelum melakukan pengukuran, alat dikalibrasi menggunakan elektroda Cu/CuSO<sub>4</sub> untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Setelah nilai potensial korosi didapatkan, kemudian dianalisis untuk menentukan level risiko korosi pada struktur beton bertulang. Gambar 5 menunjukkan alat Digital Half-Cell Potential Meter yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 5 Digital Half-Cell Potential Meter yang digunakan

Setelah persiapan alat selesai, langkah selanjutnya yaitu penentuan lokasi tulangan dan sengkang pada struktur beton bertulang. Untuk mencari sengkang posisi detektor diletakkan secara horizontal sedangkan untuk mencari tulangan posisi detektor diletakkan secara vertikal, lokasi tulangan dan sengkang yang telah diketahui kemudian diberi tanda dengan kapur. Lakukan langkah tersebut secara berulang-ulang pada setiap area objek penelitian. Gambar 6 merupakan prosedur kerja *Profometer 5+*.



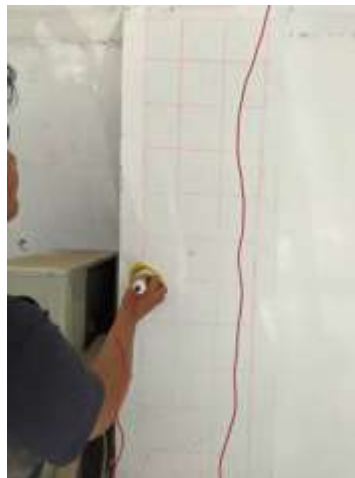
Gambar 6 Menentukan letak baja tulangan dan sengkang dalam struktur beton bertulang menggunakan *profometer 5+*

Lokasi tulangan dan sengkang yang sudah ditemukan ditandai dengan kapur tulis dan kemudian dihubungkan sehingga membentuk garis, garis vertikal merupakan tulangan dan garis horizontal merupakan sengkang sehingga garis vertikal dan horizontal saling terhubung seperti yang tampak pada Gambar 7.



Gambar 7 Pembentukan grid

Untuk mengukur nilai potensial korosi pada struktur beton bertulang, kabel elektroda acuan harus dihubungkan ke tulangan yang telah dibersihkan terlebih dahulu. Setelah itu, tunggu beberapa saat hingga angka pada *Digital Half-Cell Potential Meter* menunjukkan angka mendekati nol. Sebelum ditempelkan ujung permukaan elektroda acuan pada titik pertemuan antara garis vertikal dan horizontal, sebuah busa yang telah direndam air harus diletakkan terlebih dahulu. Proses pengukuran nilai potensial korosi diilustrasikan pada Gambar 8.



Gambar 8 Pengukuran nilai potensial menggunakan *Half-Cell Potential Meter*

Setelah mendapatkan data potensial korosi kemudian di plot kedalam kontur potensial korosi pada permukaan beton tersebut. data plot kontur potensial korosi pada permukaan beton tersebut akan berupa objek gambar dua dimensi yang menunjukkan variasi perbedaan warna sebagai acuan perbedaan nilai potensial korosi yang telah diukur sebelumnya. Nilai potensial korosi terendah ( $>-100\text{mV}$ ) ditunjukkan dengan warna biru dan nilai potensial korosi tertinggi ( $<-500\text{mV}$ ) ditunjukkan dengan warna merah. Untuk melakukan visualisasi struktur dua dimensi dari permukaan struktur beton bertulang digunakan Software VisIt yang merupakan jenis software open source. Software ini mampu melakukan visualisasi data dari 120 format yang berbeda-beda [7].



Gambar 9 Software VisIt 3.1 patch 2

Penelitian ini menggunakan standar level risiko korosi ASTM C876 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria ASTM untuk penentuan level risiko korosi beton bertulang [8]

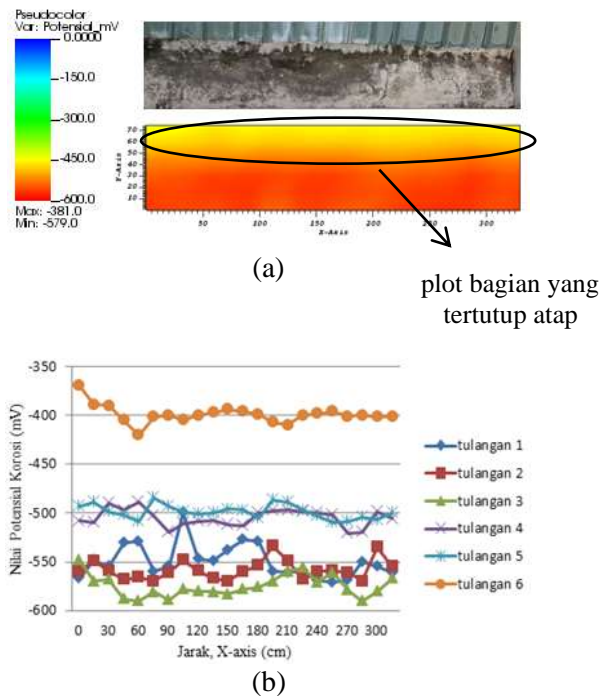
Cu/CuSO <sub>4</sub>	Level Risiko Korosi
$>-200\text{ mV}$	Risiko rendah
-200 sampai -350 mV	Risiko menengah
$<-350\text{ mV}$	Risiko korosi tinggi
$<-500\text{ mV}$	Risiko korosi sangat tinggi

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil plot kontur potensial korosi yang merujuk pada standar ASTM C876 untuk sisi bagian Utara Masjid Baitussalam Gampong Tibang dan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh disajikan sebagai berikut.

#### 3.1 Masjid Baitussalam Gampong Tibang Banda Aceh

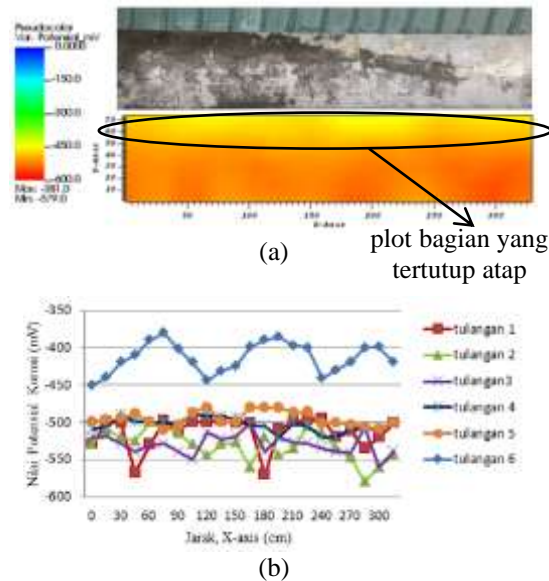
Gambar 10 memperlihatkan distribusi nilai potensial korosi pada permukaan segmen I objek Utara dari Masjid Baitussalam. Nilai potensial korosi berada pada rentang -370 mV sampai dengan -590mV. Berdasarkan standar ASTM C876 kategori korosi yang terjadi telah mencapai level risiko korosi sangat tinggi (severe corrosion). Pada bagian yang tertutup atap memiliki nilai potensial yang lebih rendah, hal ini ditandai dengan adanya perbedaan warna pada plot kontur.



Gambar 10 Distribusi nilai potensial korosi pada segmen I: (a) plot kontur; (b) grafik nilai potensial

Permukaan segmen II objek Utara dari Masjid Baitussalam. Memperlihatkan distribusi nilai potensial korosi berada pada level risiko korosi sangat tinggi (severe corrosion). dimana nilai potensial korosi berada pada rentang -380mV sampai dengan -580mV. Distribusi nilai potensial segmen II objek Utara dari masjid dapat dilihat pada Gambar 11.

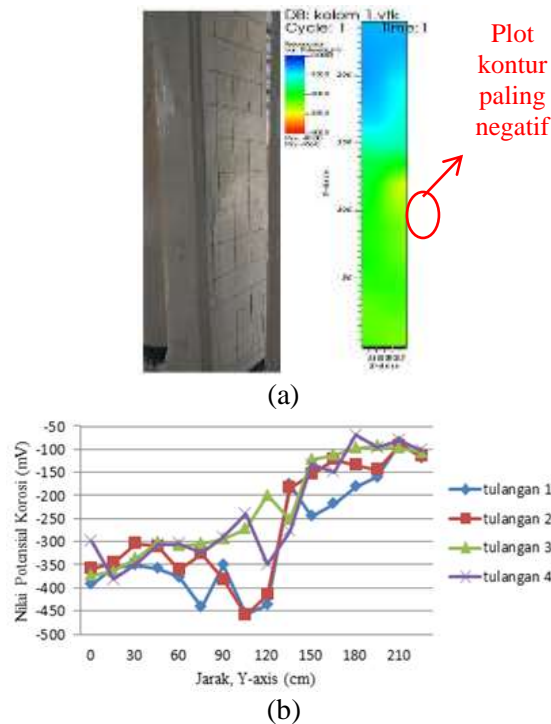




Gambar 11 Distribusi nilai potensial korosi pada segmen II: (a) plot kontur; (b) grafik nilai potensial korosi

### 3.2 Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh

Nilai potensial korosi pada permukaan kolom I objek Selatan dari Masjid Darul Makmur berada pada rentang  $-68\text{mV}$  sampai dengan  $-457\text{mV}$ . Berdasarkan rujukan standar ASTM C876 kategori korosi yang terjadi telah mencapai level risiko korosi menengah (intermediate). Distribusi nilai potensial korosi dari kolom I diperlihatkan pada Gambar 12.

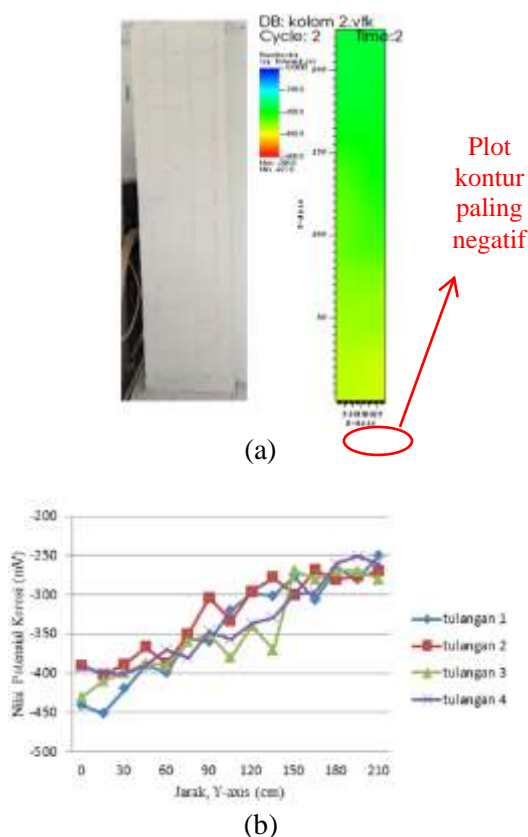


Gambar 12 Distribusi nilai potensial korosi pada kolom I: (a) plot kontur; (b) grafik nilai potensial korosi



Nilai potensial korosi dari permukaan kolom II objek Selatan Masjid Darul Makmur memiliki nilai potensial korosi pada rentang -250mV sampai dengan -451mV. Pada standar ASTM C876 kategori korosi yang terjadi telah mencapai level risiko korosi tinggi (high risk). Nilai distribusi potensial korosi dari kolom II diperlihatkan pada Gambar 13.

Nilai potensial korosi  $>-200$  mV (low risk) level risiko korosi rendah menunjukkan terjadinya korosi pasif dan nilai potensial -200 mV sampai -300 mV (intermediate risk) menandakan telah rusaknya lapisan pasif dan mulai terjadinya korosi awal. Monitoring secara berkala dapat dilakukan sebagai tindakan penanganan korosi pada level korosi rendah (low risk) [9]. Sedangkan penanganan untuk level risiko korosi menengah (intermediate) dapat dilakukan teknik Electrochemical Chloride Removal (ECR), dan pada level korosi tinggi (high risk) hingga terkorosi parah dapat dilakukan dengan metode tradisional atau penggantian tulangan yang terkorosi [10].



Gambar 13 Distribusi nilai potensial korosi pada kolom II: (a) plot kontur; (b) grafik nilai potensial korosi

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran nilai potensial korosi, sisi bagian Utara Masjid Baitussalam Gampong Tibang Banda Aceh memiliki level risiko korosi yang sangat tinggi (severe corrosion), namun terdapat bagian tertentu dari area pengukuran yang berada pada level risiko korosi tinggi (high risk). Sementara itu, pada sisi bagian Selatan Masjid Darul Makmur Gampong Lambaro Skep Banda Aceh, level risiko korosinya berada pada level menengah (intermediate). Meskipun sebagian besar area pengukuran nilai potensial korosi pada struktur beton bertulang menunjukkan level risiko korosi menengah (intermediate), namun pada beberapa titik tertentu telah mencapai level risiko korosi tinggi (high risk). Hal tersebut

mengindikasikan adanya serangan korosi pada baja tulangan struktur beton bertulang. Untuk mengurangi serangan korosi, teknik Electrochemical Chloride Removal (ECR) dapat diterapkan pada titik yang level risiko korosinya masih menengah. Namun, pada level risiko korosi tinggi (high risk) dan korosi parah (severe corrosion), tulangan yang terkorosi parah pada struktur beton bertulang harus diganti dengan tulangan baru untuk memperbaiki kondisi beton dan mencegah terjadinya kerusakan yang lebih parah di masa depan.

## 5. SARAN

Jumlah titik-titik pengukuran resiko korosi pada kota Banda Aceh dan daerah di sekitarnya perlu diperluas. Pengukuran resiko korosi di kabupaten lainnya di Aceh juga sangat dibutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fontana, M. G., 1987, *Corrosion Engineering*. 3rd. New York: McGraw-Hill, Inc.
  - [2] Wibowo, dan Purnama G., 2007, *Pengaruh korosi baja tulangan terhadap kuat geser balok beton bertulang*. Surakarta: MEDIA TEKNIK SIPIL/Januari 2007/21
  - [3] Susanto, H, Huzni, S, dan Fonna, S., 2018, *Corrosion of Reinforced Concrete Structures Submerged by the 2004 Tsunami in West Aceh, Indonesia*. Banda Aceh: International Journal of Corrosion, vol.2018
  - [4] Fonna, S, Ridha, M, Huzni, S, Walid, W.A, Mulya, T. D. T, dan Ariffin, A. K., 2017, *Corrosion Risk of RC Buildings After Ten Years The 2004 Tsunami in Banda Aceh – Indonesia*. Banda Aceh: Procedia Engineering.
  - [5] Ridha, M, Fonna, S, Huzni, S, dan Ariffin, A. K., 2013, *Corrosion Risk Assessment of Affected by the 2004 Tsunami in Banda Aceh*. Banda Aceh: Journal of Earthquake and Tsunami, vol.7, no.1.
  - [6] Marquardt, H., 2018, *Corrosion Measurement on Bridge Decks by Potential Mapping*. Germany: Structural Engineering International, vol.1,page 49-50.
  - [7] Goldstein, B., “*Visit Executables*” termuat di:<https://wci.llnl.gov/simulation/computer-codes/visit/executables>, diakses tanggal 28 Oktober 2020.
  - [8] ASTM C876, 1991, “*Standar Test Method for Half-cell Potentials of Uncoated Reinforcing*”.
  - [9] Broomfield, J. P., 2007, *Corrosion of Steel in Concrete*. London, N. Y.: Francis & Taylor.
  - [10] Elsener, B., Andrade, C., Gulikers, J., Polder, R., and Raupach, M., 2003, *Half-Cell Potential Measurements – Potential Mapping on Reinforced Concrete Structure*. Italy: Materials and Structures, vol.36.2003
-