

Sistem Monitoring Perlindungan Logam Zn Menggunakan Metode Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) Berbasis Internet of Things (IoT)

Dana Aulia Pratiwi¹⁾, Dien Rahmawati²⁾ dan Faisal Budiman^{3,*)}

Universitas Telkom

*) Corresponding author: faisalbudiman@telkomuniversity.ac.id

Abstract

Zinc is an important element widely used for various applications, such as roofing materials, alloy to make materials used in electrical parts, vehicles, and household appliances. However, Zn is also experienced corrosion and oxidation if it is placed in oxidizing environment, causing metal degradation, damaging the surface, and resulting additional maintenance cost. Thus, metal protection against corrosion and oxidation, become important. This research focuses on designing a cathodic protection system based on Internet of Things (IoT) Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) method, with Zn as the research object, ICCP is a method to protect from corrosion by supplying external electric current source to the metal, thus the metal potential remains in a stable condition (not corroded). The built system is consisted of current and voltage sensors, as current detectors and to detect any potential changes experienced by the Zn, respectively. The potential and current reading then processed by a microcontroller and the values can be displayed in a mobile application for the monitoring process. Here, Zn with 2x8 cm size was subjected for corrosion experiment in a NaCl solution. The results showed that the Zn potential can be maintained at 0,98 V/Ag/AgCl by supplying current 0,25 mA, and the voltage status can be remotely monitored real-time mode. This research is a simple corrosion protection system and facilitate the user with the real-time and remote monitoring system.

Abstrak

Logam merupakan bahan penting yang banyak digunakan dalam membuat peralatan di bidang pertambangan, perkapalan, konstruksi dan hampir semua aspek kehidupan. Namun, logam juga dapat mengalami korosi & oksidasi, yang mengakibatkan penurunan kualitas pada logam dan berpotensi mengakibatkan banyak kerugian, terutama secara finansial. Perlindungan logam terhadap korosi & oksidasi, sangat diperlukan sehingga logam dapat digunakan dalam waktu yang lebih lama dengan kualitas yang masih layak. *Impressed Current Cathodic Protection* (ICCP) merupakan salah satu metode proteksi katodik dengan memanfaatkan sumber arus listrik dari luar yang diberikan pada logam sehingga logam tetap berada di potensial yang stabil. Penelitian ini berfokus pada perancangan sebuah sistem proteksi katodik metode ICCP berbasis *Internet of Things* (IoT), dengan menggunakan sumber arus DC. Sistem ini memanfaatkan sensor arus dan tegangan sebagai pendeteksi arus yang diberikan oleh sumber dan mendeteksi adanya perubahan potensial yang dialami logam, pembacaan potensial logam menggunakan bantuan elektroda referensi. Perhitungan potensial dan arus akan diolah oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada sebuah *mobile apps* untuk proses monitoringnya. Hasil penelitian pengukuran potensial logam menunjukkan bahwa logam terproteksi dengan baik karena nilai potensial logam berada pada kriteria proteksi yaitu >0,90 V/Ag/AgCl yang dialiri arus sebesar 0,25 mA atau 1,5 volt dan dapat dimonitoring pada layar *smartphone* berupa angka. Penelitian ini diharapkan mampu membuat sistem perlindungan korosi pada logam dengan metode ICCP yang dapat mempermudah *user* dalam melakukan proses monitoring secara *real-time* dan jarak jauh.

Kata kunci: ICCP, potensial logam, korosi

PENDAHULUAN

Logam merupakan unsur alami pada kerak bumi dan banyak digunakan untuk pembuatan peralatan konstruksi bangunan, pipa pertambangan, lambung kapal bahkan hampir seluruh aspek kehidupan [1]. Logam memiliki sifat fisik yaitu dapat menghantar panas listrik, bentuk dapat diubah, kepadatan tinggi, kuat, keras dan liat sehingga tahan benturan. Namun, logam dapat mengalami korosi atau pengkaratan yang menyebabkan kerusakan dan penurunan kualitas logam sehingga logam tidak berada pada kondisi yang layak. Korosi merupakan perubahan pada logam yang mengalami fenomena kimia maupun elektrokimia sehingga logam yang stabil berubah menjadi ion, hal ini disebabkan adanya kontak langsung antara permukaan logam dengan lingkungan dan oksigen[2]. Logam yang terkorosi akan mengalami penurunan kualitas logam seperti penipisan dan pelunakan pada permukaan logam, kebocoran, kehilangan laju permukaan panas, sisa umur pakai menjadi rendah dan hal-hal yang tidak diinginkan lainnya [3]. Penurunan kualitas logam dapat merugikan banyak aspek baik lingkungan maupun ekonomi seperti jembatan yang rusak bahkan sampai roboh dan kerusakan pada lambung kapal yang dapat mengakibatkan kapal tenggelam, hal tersebut akan membahayakan banyak orang dan perbaikan yang tentunya memerlukan biaya besar. Karena banyaknya kerugian yang disebabkan oleh korosi maka sangat penting untuk memahami semua hal yang berkaitan terutama metode yang dapat mencegah korosi logam seperti proteksi katodik.

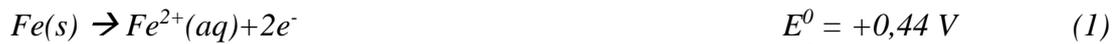
Proteksi katodik merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan dalam menangani masalah korosi pada logam dan memiliki dua metode yaitu *sacrificial anode cathodic protection* (SACP) dan *impressed current cathodic protection* (ICCP)[4]. Proteksi katodik memiliki prinsip yaitu membuat potensial logam mencapai daerah yang stabil atau terproteksi sehingga logam yang tadinya bersifat anodik karena terkorosi menjadi katodik [12]. SACP merupakan metode proteksi dengan mengorbankan logam yang bersifat lebih reaktif atau mudah terkorosi dibanding logam yang dilindungi sebagai anoda dan logam yang dilindungi sebagai katoda. Namun, penggunaan metode ini memiliki kekurangan karena arus yang terbatas ataupun berlebih tergantung pada luas permukaan anoda, tidak cocok digunakan pada struktur yang besar dan perlu adanya pergantian anoda jika anoda habis. ICCP merupakan metode dengan memanfaatkan sumber arus dari luar berupa sumber searah yang diberikan pada logam sehingga potensial logam akan berada pada potensial proteksi dan proses korosi akan melambat. Metode ICCP memiliki kelebihan dibanding SACP karena dapat digunakan untuk struktur besar maupun umur yang lama, arus proteksi dapat diatur sesuai kebutuhan dan tidak perlu adanya pergantian anoda jika anoda habis karena menggunakan anoda inert. Selama proses perlindungan korosi dengan metode proteksi katodik dibutuhkan monitoring berkala pada potensial logam sehingga dapat diketahui jika logam mengalami korosi atau terproteksi.

Oleh karena itu, penulis merancang sistem yang dapat melindungi logam dari korosi dengan metode ICCP berbasis *internet of things* (IoT) sehingga dapat dimonitoring dimana dan kapan saja. Sistem ini memanfaatkan dua sensor yaitu sensor tegangan dan sensor arus yang akan diolah oleh mikrokontroler dan monitoring ditampilkan pada *mobile apps*. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dirancang dengan harapan mampu melakukan perlindungan logam dari korosi menggunakan metode ICCP yang dapat memudahkan user dalam proses monitoring jarak jauh.

METODE PENELITIAN

Korosi

Korosi merupakan perubahan yang dialami logam karena permukaan logam berkontak langsung dengan oksigen dan zat-zat yang ada di lingkungan seperti tanah, air, udara, minyak mentah, larutan asam dan lain-lain [5]. Logam yang terkorosi akan mengalami perubahan potensial dari stabil ke potensial korosi atau proses reduksi oksidasi yang membuat logam menjadi ion, seperti berikut:



Reaksi di atas merupakan reaksi logam besi murni (Fe) yang mengalami oksidasi dan menghasilkan elektron, elektron yang dihasilkan bergerak menuju molekul air yang akan mereduksi oksiden di udara [6].

Proses korosi akan terjadi lebih cepat karena adanya beberapa faktor lingkungan [7], seperti:

- Udara yang lembab karena mengandung banyak uap air.
- Sel elektrokimia yang terjadi jika adanya dua buah logam dengan potensial berbeda berada di lingkungan yang lembab dan logam dengan potensial lebih rendah akan mengalami korosi lebih cepat karena akan langsung melepaskan elektron.
- Air dengan kandungan asam dan garam yang banyak merupakan media transfer muatan atau elektrolit sehingga dapat mempercepat proses korosi.
- Struktur permukaan logam yang tidak rata karena mudah terjadi dua buah kutub muatan yaitu anoda dan katoda.

Proteksi Katodik

Proteksi katodik merupakan salah satu metode pencegahan korosi dengan membuat logam berada di potensial terproteksi dengan menyediakan elektron untuk logam yang dilindungi, elektron yang ditambahkan akan menahan pembubaran logam agar potensial tetap stabil. Proteksi katodik telah digunakan dari sebelum berkembangnya ilmu elektrokimia, pada tahun 1824 kapal angkatan laut Inggris menggunakan proteksi katodik untuk menanggulangi korosi pada lambung kapal yang dilakukan oleh Humphrey Davy [8].

ICCP merupakan metode proteksi katodik dengan memanfaatkan sumber listrik luar berupa sumber listrik searah DC maupun AC dengan *rectifier* yang menghubungkan sumber negatif ke katoa dan sumber positif ke anoda inert sebagai penyumbang polaritas negatif yang tidak akan habis. ICCP bekerja pada lingkungan terendam seperti pada lambung kapal, pipa yang terkubur, rig pengeboran minyak dan gas maupun tangki penyimpanan [9]. Metode ICCP dapat dilakukan pada struktur yang besar dan jangka panjang sehingga lebih ekonomis dan memungkinkan untuk mengatur arus jika sistem berubah sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan logam [9].

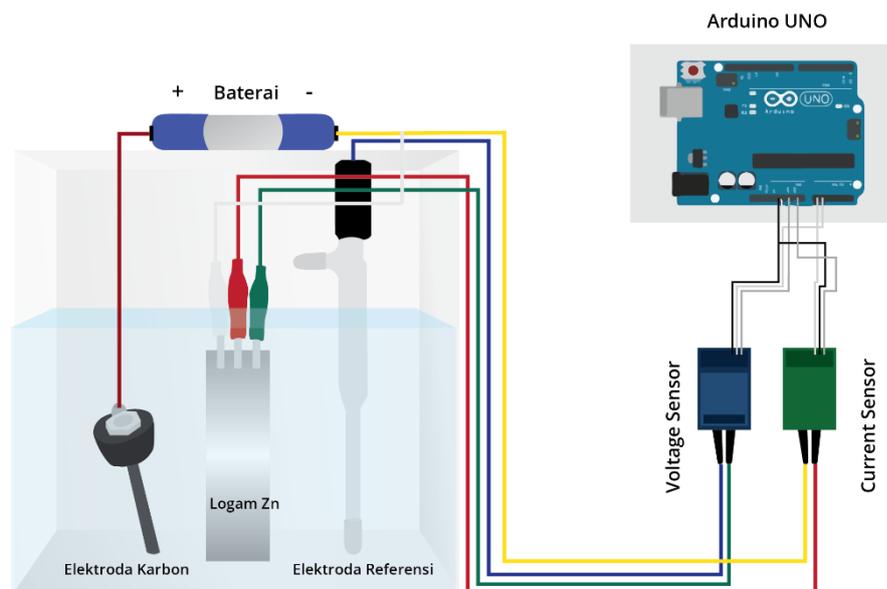
Logam yang terkorosi maupun terproteksi dapat diketahui dengan melakukan pengukuran potensial pada struktur logam dengan bantuan elektroda referensi. Pemilihan elektroda referensi harus dilakukan agar sesuai dengan kebutuhan logam maupun lingkungannya, elektroda yang baik memiliki potensial yang stabil dan perubahan yang kecil pada temperatur [10].

Internet of Things

Perkembangan zaman yang membuat teknologi semakin canggih menemukan hal baru mengenai internet yang dapat lebih memudahkan pekerjaan manusia yaitu IoT atau *internet of things*. IoT merupakan perkembangan dari teknologi yang mampu memindahkan data melalui jaringan tanpa adanya kontak dua arah antara interaksi manusia ke manusia karena interaksi dapat langsung dilakukan melalui manusia ke *platform* IoT baik di komputer maupun *smartphone* [11].

Desain Sistem

Penelitian ini merancang sistem monitoring perlindungan logam Zn dengan metode ICCP berbasis IoT menggunakan sensor tegangan dan sensor arus ACS712 yang terhubung dengan mikrokontroler arduino UNO. Sensor tegangan berfungsi untuk membaca potensial logam yang dilindungi untuk mengetahui potensial logam berada pada potensial terkorosi atau terproteksi. ACS712 berfungsi untuk membaca arus yang diberikan oleh sumber untuk logam. Arus yang diberikan merupakan arus yang dibutuhkan logam agar terproteksi dan dimonitoring sehingga tidak terjadi overproteksi. Kedua sensor yang telah melakukan pembacaan pada logam akan mengirim data ke mikrokontroler untuk diolah, kemudian data yang sudah diolah akan dikirim dan disimpan di *cloud server* dengan bantuan NodeMcu. Data tersebut lalu ditampilkan pada layar *smartphone* berupa grafik dan angka. Rancangan sistem dapat dilihat pada Gambar 1.



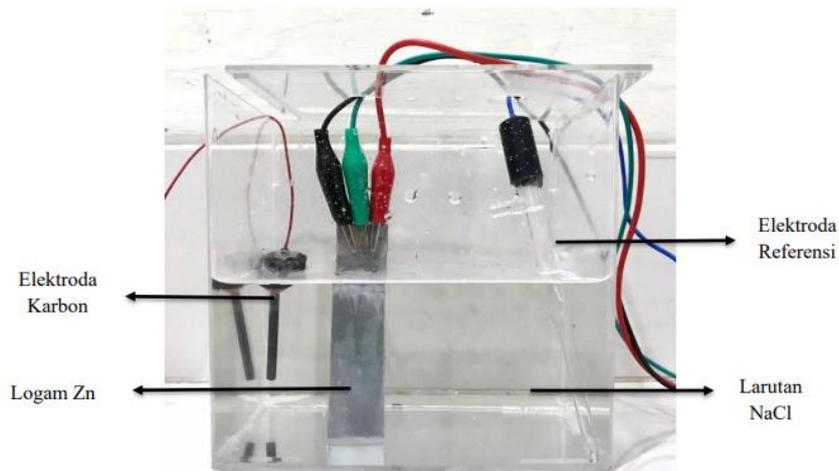
Gambar 1. Diagram Sistem ICCP Berbasis IoT

Gambar 1 adalah diagram sistem ICCP berbasis IoT, sistem ini dilakukan pada logam Zn yang berperan sebagai katoda berukuran 2x8 cm dengan zona terendam sebesar 12 m² dan elektroda karbon sebagai anoda atau penghantar, keduanya dihubungkan dengan sumber DC yang memanfaatkan baterai sebesar 1,5 V. Sumber negatif dihubungkan ke katoda dan sumber positif dihubungkan ke anoda. Pengujian logam yang terkorosi atau terproteksi dilakukan dengan pengukuran potensial logam Zn pada wadah akrilik berukuran 13x9x13 cm yang berisi larutan NaCl sebanyak 600 ml. Pengukuran potensial dilakukan dengan bantuan elektroda referensi yang dihubungkan dengan sensor tegangan yaitu Ag/AgCl karena merupakan elektroda yang mampu bekerja pada temperatur di atas 100 °C, mudah digunakan, bekerja dengan baik dan dapat digunakan secara *portable* maupun permanen pada lingkungan [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Alat

Pembuatan *prototype* sistem monitoring perlindungan logam Zn menggunakan metode ICCP dengan memanfaatkan sensor arus ACS712 dan sensor tegangan sebagai pendeteksi arus yang diberikan oleh sumber dan potensial logam yang dilindungi. Selain itu, *prototype* dilengkapi dengan sistem monitoring berbasis IoT sehingga dapat dilakukan monitoring dimana saja dan kapan saja karena ditampilkan pada layar *smartphone* melalui *platform Blynk*. Gambar 2 menunjukkan implementasi alat yang telah dibuat.

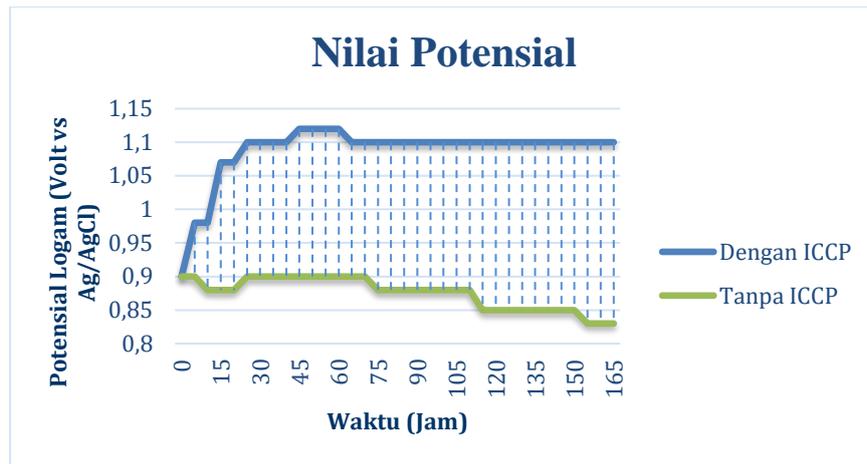


Gambar 2. Implementasi Alat ICCP

Berdasarkan gambar di atas dapat diketahui bahwa sebagian besar implementasi dari alat yang telah dibuat sesuai dengan desain sistem pada perangkat keras. Wadah yang digunakan merupakan wadah akrilik dengan tutup yang mempunyai lubang untuk mempermudah wiring logam, elektroda referensi, dan elektroda karbon dengan komponen monitoring sehingga terlihat rapih.

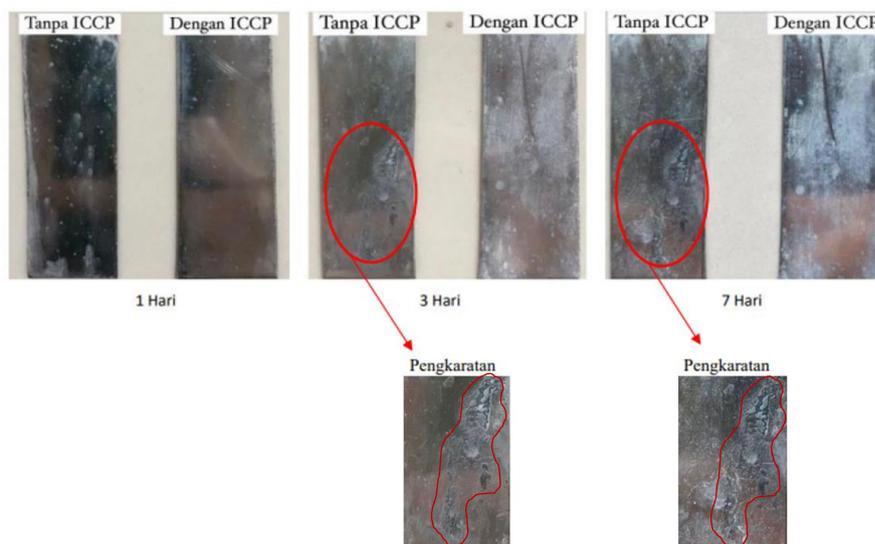
Pengujian Alat

Pengujian sistem monitoring perlindungan logam Zn dari korosi menggunakan sensor arus dan tegangan yang membandingkan antara logam dengan metode ICCP sumber arus searah yang memanfaatkan baterai bertegangan 1,5 V dan tanpa metode ICCP selama 7 hari. Kedua logam memiliki ukuran yang sama yaitu 2x8 cm dan dengan perlakuan yang sama pada larutan NaCl sebanyak 600 ml pada wadah berukuran 13x9x13 cm. Monitoring dilakukan setiap 5 jam selama 7 hari pada suhu ruang. Gambar 3. menunjukkan perbandingan potensial kedua logam yang telah diuji dalam bentuk grafik.



Gambar 3. Grafik Pengujian Alat

Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian logam Zn dengan ICCP dan tanpa ICCP. Diketahui bahwa perlindungan korosi dengan metode ICCP menghasilkan pengukuran potensial awal logam Zn sama dengan tanpa perlindungan yaitu 0,90 Vt/Ag/AgCl. Namun, potensial dengan ICCP meningkat pada proteksi awal yaitu 0,98 V/Ag/AgCl sampai stabil pada 1,10 V/Ag/AgCl dengan logam yang terendam oleh larutan NaCl mencapai waktu 160 jam. Logam Zn tanpa perlindungan ICCP mengalami penurunan potensial dari 0,90 V/Ag/AgCl sampai 0,83 V/Ag/AgCl selama 160 jam. Berdasarkan potensial kedua logam yang telah dimonitoring selama 160 jam dapat diketahui bahwa potensial logam Zn dengan ICCP mencapai potensial proteksi karena berada di atas nilai potensial standard atau stabil dan tidak terjadi overproteksi sedangkan logam Zn tanpa perlindungan ICCP mengalami penurunan nilai potensial logam sehingga mencapai kriteria potensial korosi. Potensial logam yang rendah mencerminkan ketidakstabilan logam sehingga logam mulai mengalami korosi pada beberapa bagian logam dan akan semakin bertambah jika tidak diatasi. Potensial logam yang stabil atau mencapai kriteria proteksi akan mengalami korosi yang lebih sedikit dan lebih lambat sehingga sisa umur pakai akan lebih lama. Namun, jika potensial terlalu tinggi akan menyebabkan logam rusak karena mengalami overproteksi. Berikut perbandingan permukaan logam selama 7 hari yang ditunjukkan pada gambar.

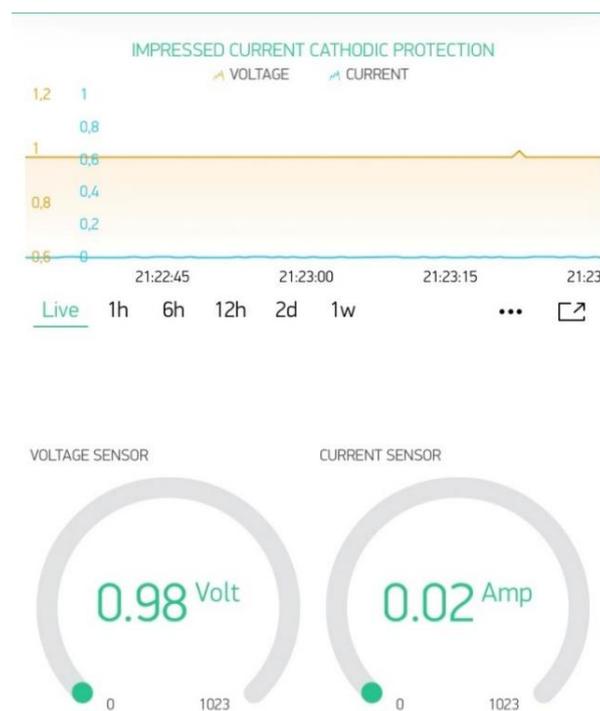


Gambar 4. Fotografi Sampel Logam Setelah Pengujian Dengan Dan Tanpa ICCP

Gambar 4 menampilkan perbandingan logam selama 7 hari pada hari pertama, ketiga dan ketujuh. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa logam Zn yang tidak mendapatkan perlindungan ICCP mengalami korosi dan pengkaratan yang lebih cepat dibanding logam Zn dengan perlindungan ICCP. Pada hari pertama terlihat permukaan logam tanpa perlindungan muncul bercak-bercak putih yang menunjukkan logam terkikis sementara permukaan logam dengan perlindungan terlihat lebih mulus hanya ada bercak sedikit. Pada hari ketiga terlihat permukaan logam tanpa perlindungan mengalami pengkaratan di beberapa bagian permukaan dan pengkaratan lebih banyak terjadi saat memasuki hari ke tujuh. Hal tersebut membuktikan bahwa logam dengan perlindungan terproteksi dengan baik karena kondisi permukaan logam lebih baik dibanding permukaan tanpa perlindungan, sehingga logam memiliki sisa umur pakai yang lebih lama.

Sistem Monitoring IoT pada Blynk

Data yang telah dikirim oleh kedua sensor dan diolah oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke *cloud server* dan ditampilkan pada layar *smartphone* melalui *platform Blynk* yang tervisualisasikan dalam bentuk grafik dan angka. Monitoring pada sistem ini bertujuan agar pengguna dapat memonitoring potensial logam dan arus yang diberikan secara otomatis. Berikut merupakan tampilan hasil monitoring perlindungan korosi pada logam Zn dengan metode ICCP pada *platform Blynk* di layar *smartphone* yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan pada Layar *Smartphone*

Gambar 5 merupakan data yang ditampilkan pada layar *smartphone* antara lain nilai potensial yang dideteksi oleh sensor tegangan dan nilai arus yang dideteksi oleh sensor arus dalam bentuk grafik dan angka. Data yang ditampilkan merupakan nilai potensial logam Zn saat diberi perlindungan katodik ICCP sebesar 0,98 Volt/Ag/AgCl dan diberikan arus sebesar 0.02 Ampere. Nilai potensial tersebut menunjukkan logam terproteksi dengan baik pada saat dimonitoring karena berada pada kriteria proteksi.

KESIMPULAN

Telah dirancang *prototype* sistem monitoring perlindungan logam Zn menggunakan metode ICCP berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor arus dan tegangan. Pengujian potensial logam dengan ICCP bernilai 0,98 Volt/Ag/AgCl hingga stabil pada potensial 1,1 Volt/Ag/AgCl, sedangkan tanpa adanya proteksi ICCP menghasilkan nilai potensial logam dari 0,90 Volt/Ag/AgCl sampai 0,83 Volt/Ag/AgCl. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan kedua logam, logam dengan ICCP menghasilkan nilai potensial yang lebih positif dan lebih lambat terkena korosi dibanding tanpa ICCP. Hal ini membuktikan bahwa logam dengan perlindungan ICCP terproteksi dengan baik. Sistem ICCP dapat dimonitoring nilai potensial dan arus menggunakan platform Blynk yang diperoleh dari sensor arus ACS712 dan sensor tegangan. Data tersebut ditampilkan pada layar *smartphone* berupa grafik dan angka.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak baik keluarga maupun teman-teman yang telah berperan dalam membantu proses penelitian sistem monitoring ICCP berbasis IoT sehingga sistem ini dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Telkom Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irwandy, Ilmu Logam 2nd ed., PT IPB Press, 2014.
- [2] T. K. Dwi, Korosi, Palembang: PT Pusri, 2003.
- [3] M. S. F, “Analisa Korosi dan Pengendaliannya,” *Jurnal Foundry*, vol. 3, no. 1, 2013.
- [4] A. M. Jasim, “An Internet of Things Based Cathodic Protection System for Buried Pipeline in Basra/Iraq,” *Journal of Global Scientific Research*, vol. 3, 2020.
- [5] F. Gapsari, Pengantar Korosi, UB Press, 2017.
- [6] B. N. Popov, Corrosion Engineering Principles and Solved Problems, Elsevier Science, 2015.
- [7] T. Siregar, Korosi dan Pencegahannya, Yayasan Kita Menulis, 2021.
- [8] A. A. Mohammad, Corrosion & Protection Version 2.0, Penang: Nibong Tebal, 2013.
- [9] A. Widyaksa, P. Pratisna dan M. W. Kusdiana, “Design Analysis of Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) System for Underwater Structure of Indonesian Warship (KRI),” *International Journal of ASRO*, vol. 11, no. 13, 2020.
- [10] A. Junaidi, “Internet of Things, Sejarah, Teknologi dan Penerapannya : Review,” *jitter*, vol. 1, no. 2, 2015.
- [11] A. Ngatin, Y. Tonapa S dan Saripudin, “Prototype Alat Simulasi Pengendalian Korosi Metode Proteksi Katodik Arus Paksa dalam Larutan NaCl 3,56%,” dalam *Prosiding Seminar Nasional Kimia UNY*, Yogyakarta, 2017