

Sistem Pemantauan dan Perlindungan Korosi Logam Besi dengan Metode Impressed Current Cathodic Protection Berbasis Internet of Things (Iron Corrosion Monitoring and Protection System with Impressed Current Cathodic Protection Method Based on Internet of Things)

Vieri Fachriza Sukma¹⁾, Ekki Kurniawan²⁾ dan Faisal Budiman^{3,*)}

Universitas Telkom

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

Abstract

Iron is one element often used in industrial process and daily life. Since it has excellent mechanical, electrical, chemical properties, and easily to be formed in many shapes. However, iron has weakness: there is possibility to corrode and oxidize, if it is exposed to oxidizing environment for long time. Iron will be brittle, and not attain its maximum performance when it is used. Therefore, a corrosion prevention system is necessary to avoid such loss. In this study, Impressed Current Cathodic Protection (ICCP) monitoring device based on Internet of Things (IoT) was built for corrosion prevention systems on iron. In ICCP method, electric current is supplied to iron to protect it from corrosion. Iron potential value will reflect the iron condition (whether it corrode or not). Therefore, the device was made and consisted of voltage sensor, current sensor, Nodemcu microcontroller, and 16x2 LCD. Moreover, users can also monitor the condition of iron through the smartphone, remotely and real-times. Experimental results showed that the system could provide protection for iron by flowing electrical current 0.01 mA, and maintain the iron potential values at around 1.2 V. It is expected the device can solve corrosion problem and monitored system problem in the world.

Abstrak

Besi merupakan salah satu unsur yang sering digunakan dalam proses industri dan kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan besi memiliki sifat mekanik, elektrik, kimia yang sangat baik, dan mudah dibentuk dalam berbagai bentuk. Namun, besi memiliki kelemahan-kelemahan: ada kemungkinan untuk mengalami korosi dan oksidasi, apabila jika terkena dengan lingkungan udara yang mengandung oksigen untuk waktu yang lama. Besi menjadi rapuh, dan tidak mencapai kinerja maksimal saat digunakan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pencegahan korosi untuk menghindari kerugian tersebut. Pada penelitian ini dibangun alat pemantauan *Impressed Current Cathodic Protection (ICCP)* berbasis *Internet of Things (IoT)* untuk sistem pencegahan korosi pada logam besi. Dalam metode ICCP, arus listrik disuplai ke besi untuk melindunginya dari korosi. Nilai potensial besi mencerminkan kondisi besi (terkorosi atau tidak). Oleh karena itu, perangkat yang dibangun ini terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, mikrokontroler Arduino Uno, Nodemcu ESP8266, dan LCD 16x2. Selain itu, pengguna dapat memantau kondisi besi melalui laptop atau gawai pintar dari jarak jauh dan terkini. Hasil percobaan menunjukkan bahwa sistem dapat memberikan perlindungan terhadap besi dengan mengalirkan arus listrik 0,2 mA, dan mempertahankan nilai potensial logam besi sekitar 1,2 V. Diharapkan perangkat yang dirancang dapat mengatasi permasalahan korosi dan permasalahan sistem pemantauan di dunia.

Kata kunci : *Iron, ICCP, IoT, Monitoring, Sensor*

PENDAHULUAN

Logam sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan dunia industri dan kehidupan sehari-hari. Salah satu logam yang sering digunakan adalah besi. Logam besi sering dimanfaatkan karena memiliki sifat yang kuat, dapat menghantarkan panas dan listrik, serta dapat dibentuk sesuai kebutuhan [1]. Namun, besi memiliki kelemahan yaitu dapat mengalami korosi. Korosi merupakan proses degradasi unsur logam yang disebabkan kontak antar logam dengan air dan udara [2]. Salah satu faktor utama logam mengalami korosi ada nilai potensial standar pada logam. Semakin kecil nilai potensial standar, maka logam tersebut semakin mudah mengalami korosi [3]. Hal ini disebabkan karena pada proses korosi, logam yang potensial standarnya rendah cenderung mengalami proses oksidasi, sedangkan udara hidrogen akan mengalami reduksi [4]. Kelemahan ini menjadi persoalan utama dunia industri disebabkan logam yang mengalami korosi akan menjadi tipis, rapuh, berkurang nilai konduktivitas dalam menghantarkan panas dan listrik, serta kurang menarik dalam penampilan fisiknya [5]. Dong Chen bersama rekannya melakukan investigasi mengenai kehilangan cairan pendingin pada pembangkit listrik tenaga nuklir [6]. Penyimpanan cairan pendingin yang terbuat dari logam mengalami korosi sehingga tidak dapat menampung seluruh cairan.

Dalam dunia industri sudah ada metode yang biasa digunakan untuk mencegah korosi pada logam besi, salah satunya yaitu metode perlindungan katode dengan arus paksa (Impressed Current Cathodic Protection/ICCP). Metode ICCP merupakan metode perlindungan korosi pada logam dengan memanfaatkan arus yang mengandung elektron dari sumber tegangan searah [7]. Elektron tersebut berfungsi untuk menggantikan elektron pada logam yang lepas saat mengalami korosi. Kutub positif sumber tegangan akan dihubungkan dengan anode inert, sedangkan kutub negatif sumber tegangan akan dihubungkan ke logam besi [8]. Dengan metode ini logam besi tidak akan mengalami degradasi sehingga tidak menimbulkan korosi. Kelebihan dari pemanfaatan metode ICCP adalah area proteksi luas, level dari proteksi dapat diatur, serta dapat melindungi logam yang tidak dilapisi dengan baik [9]. Metode ini biasa digunakan pada pipa logam di dunia industri minyak dan gas [10].

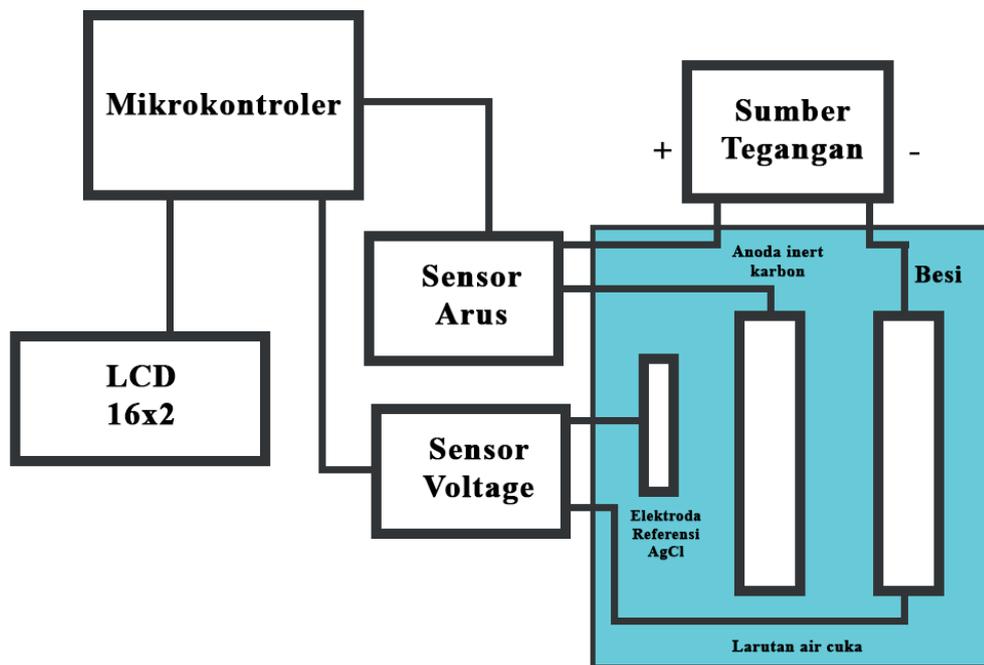
Pada penelitian mengenai rancang bangun sistem ICCP yang dilakukan oleh Hidayat bersama rekannya, sistem yang dirancang dapat melindungi logam dengan baik. Kriteria logam yang terlindungi dengan baik adalah potensial logam berada di nilai 0,85 V hingga 1,2 V [11]. Pada penelitian ini memanfaatkan sensor dan mikrokontroler yang terhubung langsung dengan komputer, sehingga pemantauan pada sistem ini tidak dapat dipantau dari jarak jauh. Pada penelitian tersebut dapat lebih dikembangkan pada bagian pemantauan yang dapat terintegrasi dengan sistem *Internet of Things* (IoT).

Internet of Things atau yang disingkat dengan IoT merupakan sistem yang perangkat keras terkoneksi antar satu sama lain. Sistem yang memanfaatkan IoT dapat dipantau serta dikendalikan dari jarak jauh dengan memanfaatkan konektivitas internet [12]. Pada dasarnya terdapat tiga arsitektur pada sistem IoT, yaitu perangkat keras, koneksi internet, dan penyimpanan data [13]. Kelebihan dari fitur IoT ini sudah banyak diaplikasikan di era industri 4.0. IoT dapat diaplikasikan pada sistem pemantauan dan pengendalian secara *remote*.

Pada studi ini peneliti fokus pada perancangan perangkat sistem pencegahan korosi dengan metode ICCP yang dilengkapi dengan IoT. Pemanfaatan IoT pada sistem ICCP untuk pemantauan yang dapat dilakukan dari jarak jauh dengan memanfaatkan konektivitas internet. Pada bagian pemantauan potensial logam pada perangkat, peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang terkoneksi dengan sensor arus dan sensor tegangan. Untuk bagian IoT di perangkat memanfaatkan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Perangkat ini dapat memberikan perlindungan pada logam besi dan pengguna dapat melakukan pemantauan dari jarak jauh sehingga diharapkan dapat mengatasi permasalahan korosi dan sistem pemantauan

METODE PENELITIAN

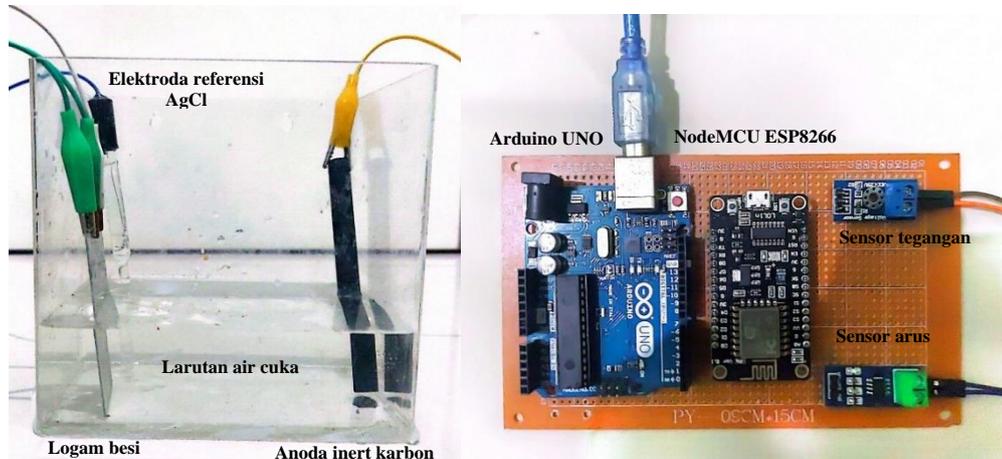
Perangkat sistem pencegahan korosi berbasis IoT ini memanfaatkan komponen sensor arus, sensor tegangan, Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, elektroda referensi AgCl, LCD 16x2, dan logam besi berukuran 10 cm x 10 cm dengan tebal 0.2 cm. Komponen tersebut akan dirancang sehingga menjadi sebuah perangkat ICCP yang terintegrasi IoT. Pengambilan data dilakukan dengan observasi nilai potensial logam besi dan arus listrik yang terdapat pada salah satu *platform* IoT yaitu ThingSpeak. Selain data logam besi yang terlindungi, peneliti juga akan mengambil data potensial logam besi yang tidak diberikan perlindungan dengan tujuan membandingkan kedua nilai potensial logam tersebut.



Gambar 1. Rancangan Perangkat ICCP Berbasis IoT

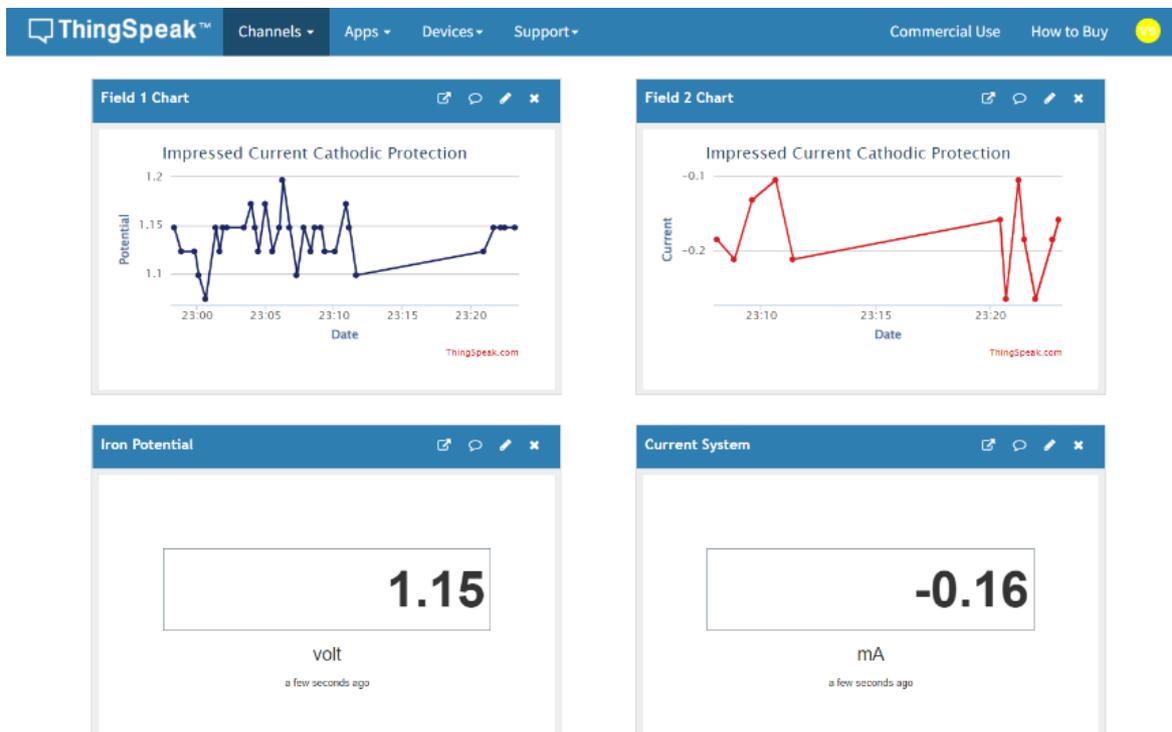
Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa sensor arus dan sensor tegangan dihubungkan ke mikrokontroler Arduino UNO. Fungsi AgCl pada perangkat adalah sebagai elektroda pembanding agar sensor tegangan dapat membaca nilai potensi dari logam besi. Arduino akan mengolah data nilai potensial dan arus serta menampilkan data tersebut pada LCD 16x2. Data yang diolah Arduino akan dikirimkan ke NodeMCU untuk ditampilkan pada *platform* IoT yaitu ThingSpeak. Data yang diterima ThingSpeak akan dicatat dan ditampilkan dalam bentuk grafik garis. Pada pengujian, sumber tegangan yang akan digunakan pada logam besi memiliki arus sebesar 0,2 mA. Data nilai potensial logam digunakan sebagai rujukan untuk kondisi logam. Apabila nilai potensial logam di luar antara 0,85 v hingga 1,2 v, bisa dikatakan logam sedang tidak terlindungi dengan baik. Pengambilan data akan dilakukan selama 12 jam dengan menggunakan larutan air cuka.

HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Hasil Rancangan Perangkat ICCP Berbasis IoT

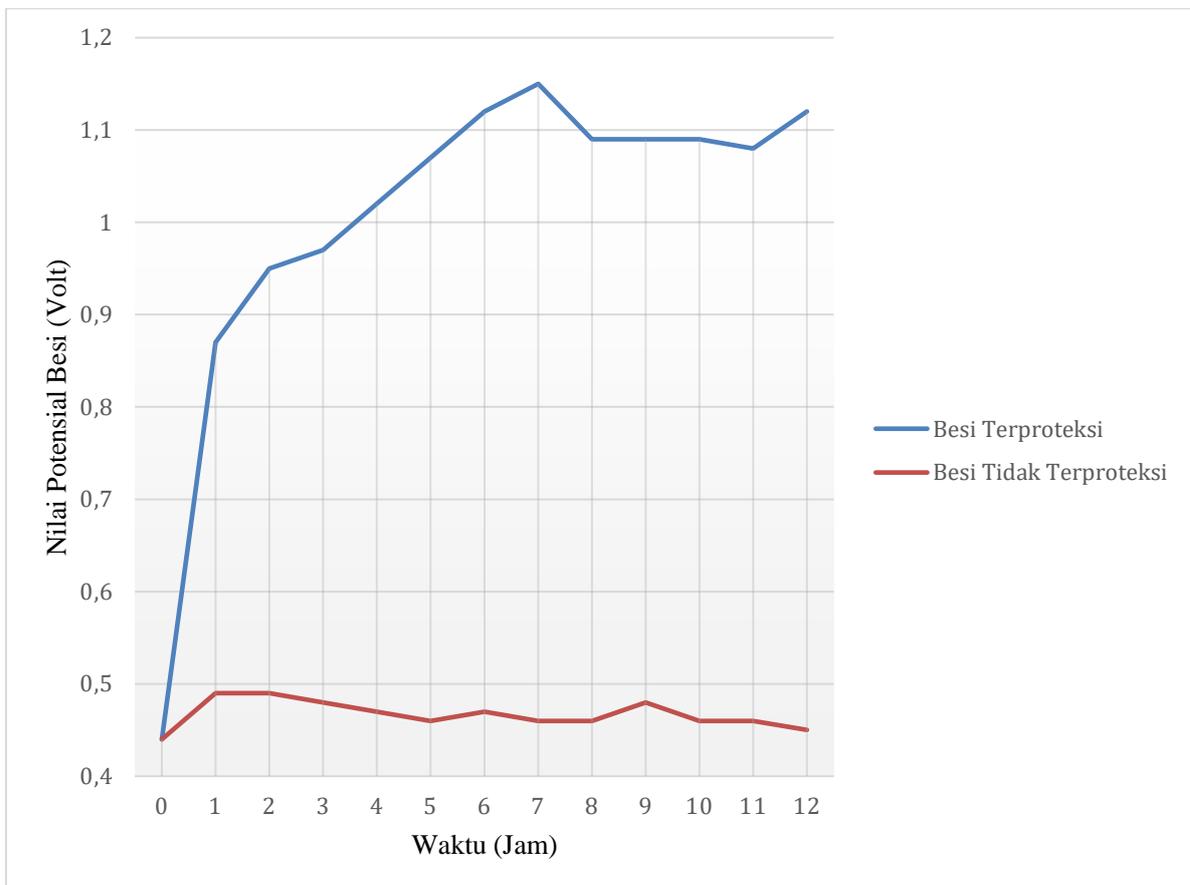
Gambar 2 menunjukkan perangkat ICCP berbasis IoT yang sudah dirancang. Perangkat tersebut dapat mengalirkan arus listrik menuju logam serta membaca nilai sensor yang sudah terintegrasi dengan mikrokontroler. Nilai yang dibaca oleh sensor adalah nilai arus dan nilai potensial logam besi. Kedua nilai sensor akan ditampilkan pada LCD 16x2. Selain itu, pada saat kondisi logam besi dapat diproteksi dengan baik, tampilan LCD 16x2 menampilkan tulisan “SAFE”. Jika logam besi tidak dapat diproteksi, maka tampilan LCD 16x2 menjadi tulisan “FAIL”.



Gambar 4. Tampilan Data Potensial Besi dan Arus pada ThingSpeak

Gambar 4 menunjukkan bahwa perangkat ICCP berbasis IoT dapat mengirimkan data yang dibaca sensor ke ThingSpeak. Pengiriman data ke *platform* IoT dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang terhubung dengan konektivitas WiFi. Pada tampilan di ThingSpeak menunjukkan grafik nilai potensial logam besi, grafik nilai arus, serta nilai potensial logam besi dan arus yang terakhir dibaca. Nilai horizontal pada grafik menunjukkan waktu saat menerima data dari mikrokontroler, sementara nilai vertikal menunjukkan numerik dari nilai data yang diterima.

Pengujian perlindungan logam besi dilakukan dengan pengambilan data nilai potensial logam besi selama 12 jam dalam larutan air cuka. Arus yang diberikan pada logam besi sebesar 0,2 mA. Pengambilan nilai potensial juga dilakukan pada logam besi yang tidak diperlukan perlindungan. Dua nilai potensial akan ditampilkan dan dibandingkan dalam bentuk grafik. Hasil pengujian dus nilai potensial dua logam besi ditunjukkan pada Gambar 5 yang dicantumkan di bawah.

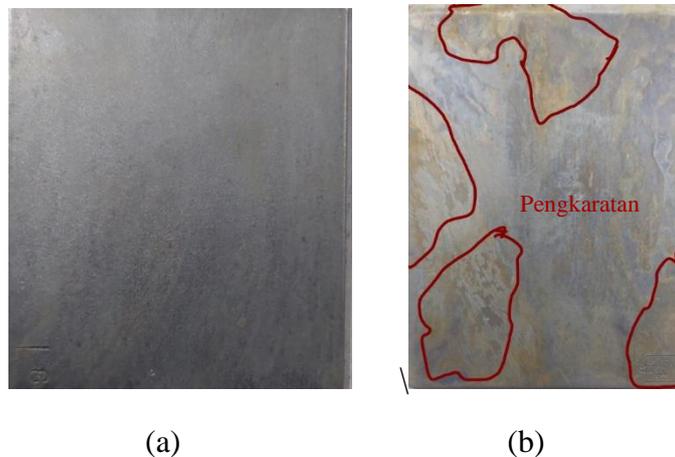


Gambar 5. Grafik Nilai Potensial Dua Logam Besi

Grafik yang tertera di Gambar 5 menunjukkan dua nilai potensial logam besi di larutan air cuka. Nilai potensial yang dibaca oleh sensor menunjukkan kondisi logam. Jika nilai potensial logam besi rendah, maka logam besi tersebut mengalami korosi. Batas minimal nilai potensial logam besi yang terproteksi adalah sebesar 0,85 V. Batas maksimal nilai potensial logam besi yang diproteksi senilai 1,2 V. Jika nilai potensial logam besi lebih besar dari batas maksimal, maka logam akan mengalami perlindungan berlebih. Kondisi perlindungan berlebih dapat merusak permukaan logam.

Data yang ditampilkan menunjukkan untuk logam besi yang diproteksi memiliki nilai potensial diantara 0,85 V hingga 1,2 V. Pada jam pertama nilai logam besi terproteksi senilai 0,87 V. Pada jam-jam berikutnya nilai potensial logam semakin naik dan stabil di sekitar 1,1 V.

Sementara logam besi yang tidak diproteksi, nilai potensial besi berada di sekitar nilai 0,49 V. Selama penelitian 12 jam menunjukkan nilai potensial besi yang tidak diproteksi mengalami penurunan sehingga logam besi tersebut mengalami korosi.



Gambar 6. Kondisi Fisik Setelah Pengujian a) Besi Terproteksi, b) Besi Tidak Terproteksi

Kondisi fisik logam besi setelah pengujian selama 12 jam ditunjukkan pada Gambar 6. Besi yang diproteksi (a) menunjukkan kondisi fisik logam tidak mengalami korosi selama pengujian. Pada logam besi tersebut tidak terdapat oksida logam yang berwarna kecoklatan. Sementara pada permukaan logam besi yang tidak diproteksi (b) terdapat oksida logam. Hal ini disebabkan logam besi tersebut mengalami oksidasi (melepaskan elektron ke lingkungan) dan oksigen mengalami reduksi membentuk oksida logam. Perangkat ICCP berbasis IoT yang diaplikasikan pada logam besi dapat memberikan perlindungan dengan memanfaatkan arus listrik dari sumber tegangan sebesar 0,2 mA. Hal ini disebabkan elektron yang lepas ke lingkungan, dapat diganti kan oleh elektron yang dialirkan dari sumber tegangan. Hal ini menyebabkan pada lingkungan pengujian tidak terdapat logam hidroksida.

KESIMPULAN

Penelitian ini merancang perangkat perlindungan korosi berbasis IoT yang diaplikasikan pada logam besi yang memiliki ukuran 10 x 10 cm dengan ketebalan 0,2 cm. Perangkat yang sudah dirancang mampu memberikan perlindungan kepada logam besi. Hal ini berdasarkan hasil uji coba selama 12 jam dalam pengukuran potensial logam besi tersebut. Nilai potensial logam besi selalu berada dalam kriteria logam terlindungi yaitu di antara 0,85 V hingga 1,2 V dengan sumber arus sebesar 0,2 mA. Sementara logam besi yang tidak diberikan perlindungan memiliki nilai potensial logam sebesar 0,49 V. Logam besi yang terhubung dengan perangkat perlindungan korosi, memiliki kondisi fisik yang lebih baik dibandingkan logam yang tidak terhubung. Perangkat yang dirancang juga dapat mengirimkan data ke *platform* IoT yaitu melalui ThingSpeak. Data yang dikirimkan dapat dilihat dari ThingSpeak dengan jarak jauh dengan memanfaatkan konektivitas internet. Perangkat pemantauan dan pencegahan korosi dengan metode ICCP berbasis IoT dapat berjalan sesuai harapan. Penelitian ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan korosi dan pemantauan yang ada di dunia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa, pihak keluarga, kampus Telkom University, serta teman yang telah membantu dan mendukung dalam penelitian sistem pemantauan dan perlindungan korosi logam besi dengan metode *Impressed Current Cathodic Protection* berbasis IoT. Dengan dukungan dari pihak yang disebutkan, penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini dibiayai oleh pihak Telkom University.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. H. Kurniawan, "Rincian Klasifikasi Dan Sifat Material Teknik (Logam, Keramik, Polimer, Dan Komposit) Beserta Kriteria Dalam Pemilihan Bahan," *Material Teknik (Logam, Keramik, Polimer, Dan Komposit)*, pp. 14-15, 2020.
- [2] J. A. Harbi, L. A. Sabri and F. I. H. Al-Najjar, "Monitoring and Control on Impressed Current Cathodic Protection for Oil Pipelines," *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, vol. 20, pp. 807-814, 2017.
- [3] M. Nasution, "Kajian Tentang Hubungan Deret Volta Dan Korosi Serta Penggunaannya Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *SEMNASTEK UISU 2019* , pp. 251-254, 2019.
- [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, pp. 414-428, 2020.
- [5] A. A. Mohammad, *Corrosion & Protection Version 2.0*, Nibong Tebal: Universiti Sains Malaysia, 2013.
- [6] D. Chen, K. J. Howe, J. Dallman, B. C. Letellier, "Corrosion Of Aluminium in The Aqueous Chemical Environment of A Loss-Of-Coolant Accident at A Nuclear Power Plant," *Corrosion Science*, vol. 50, pp. 1046-1057, 2008.
- [7] A. I. El-Alem, A. M. Azmy and A. H. Eldin, "Design Of A Cathodic Protection System To Prevent Corrosion Of Metallic Structures Using Hybrid Renewable Energy Sources," *Engineering Research Journal*, vol. 36, 2013.
- [8] E. S. Ameh and S. Ikpeseni, "Pipelines Cathodic Protection Design Methodologies For Impressed Current And Sacrificial Anode Systems," *Nigerian Journal of Technology (NIJOTECH)*, vol. 36, pp. 1072-1077, 2017.
- [9] D. Irwanto, Y. Basir, M. Pamuji, "Studi Korosi Pada Pipa Menggunakan Metode Impressedcurrent di Petrochina International Jambi.Ltd," *Jurnal Desiminasi Teknologi*, vol.1, pp. 198-212, 2013.
- [10] P. C. Onyechi, N. S. P. Obuka, C. O. Agbo, C. A. Igwegbe, "Monitoring And Evaluation Of Cathodic Protection Performance For Oil And Gas Pipelines: A Nigeria Situation," *International Journal of Advanced Scientific and Technnical Research*, vol. 1 , pp 47-65, 2014.
- [11] Hidayat, U. M. Ishaq and C. Wiliam, "Rancang Bangun Penggunaan Metode Impressed Current Cathodic Protection Pada Logam Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Teknik Komputer Unikom*, vol. 2, pp. 36-42, 2013.

- [12] A. Whitmore, A. Agarwal and L. D. Xu, "The Internet of Things - A Survey of Topics and Trends," *Information Systems Frontiers*, vol. 17, pp. 261-274, 2014.
- [13] Y. Efendi, "Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, pp. 19-26, 2018.