

Implementasi *Wireless Sensor Network* pada Sistem Manajemen Gedung Menggunakan Protokol Komunikasi Modbus TCP

SAROSA CASTRENA ABADI, NUR WISMA NUGRAHA, SITI AMINAH

Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur
Bandung, Indonesia
Email: sarosa@ae.polman-bandung.ac.id

Received 3 Januari 2022 | *Revised* 25 Januari 2022 | *Accepted* 7 Februari 2022

ABSTRAK

Wireless Sensor Network merupakan suatu solusi potensial dalam sistem manajemen gedung agar pengelolaan sumber daya gedung menjadi lebih efektif. Penelitian ini membahas mengenai implementasi wsn pada sistem manajemen gedung dengan menerapkan metode komunikasi Modbus TCP. Sistem terdiri dari monitoring volume sampah, pengendalian kunci pintu, tombol emergency dan sistem pengawasan video dengan memanfaatkan dashboard Node-RED dan Platform IoT Ubidots. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai program yang dibuat dengan nilai rata-rata error pembacaan sensor 2,52%, maksimal jarak antara Node sensor dengan Node sink yaitu 20 meter. Tingkat keberhasilan sistem kontrol kunci pintu melalui dashboard Node-RED dan Ubidots sebesar 100 % dengan masing-masing rata-rata delay sebesar 225ms dan 489 ms kemudian nilai rata-rata delay pengiriman pesan notifikasi whatsapp sebesar 2504 ms.

Kata kunci: WSN, Building, Modbus TCP, Raspberry Pi, Node-RED

ABSTRACT

Wireless Sensor Network is a potential solution in building management systems so that building resource management becomes more effective. This study discusses the implementation of wsn on building management systems by applying the MODBUS TCP communication method. The system consists of garbage volume monitoring, door lock control, emergency buttons and a video surveillance system utilizing the Node-RED dashboard and Ubidots IoT Platform. The test results showed that the system functioned according to the program created with an average sensor reading error value of 2.52%, the maximum distance between the sensor Node and node sink is 20 meters. The success rate of the door lock control system through the Node-RED and Ubidots dashboards is 100% with an average delay of 225ms and 489 ms respectively and the average delay of whatsapp notification message delivery is 2504 ms.

Keywords: WSN, Building, Modbus TCP, Raspberry Pi, Node-RED

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi menuntut manusia untuk dapat beradaptasi mengikuti perkembangannya dengan memanfaatkan teknologi menjadi suatu karya yang kreatif, inovatif dan produktif (**Mulyono, dkk, 2018**). Salah satu Teknologi yang sedang berkembang adalah *Wireless Sensor Network*. *Wireless Sensor Network* merupakan sistem yang terdiri dari sejumlah *Node* yang terdistribusi melalui suatu jaringan yang tersebar di beberapa titik lokasi yang digunakan untuk melakukan proses *monitoring* dan kontrol sumber daya yang berada di lingkungan yang dipasang *Wireless Sensor Network* (**Syaifudin, dkk, 2019**).

Saat ini pada umumnya pengelolaan sumber daya dalam suatu gedung masih dilakukan secara konvensional sehingga dalam prosesnya masih belum terlalu efektif, oleh karena itu penerapan Teknologi *Wireless Sensor Network* merupakan suatu solusi potensial dalam sistem manajemen gedung agar pengelolaan sumber daya gedung menjadi lebih efektif. Sistem manajemen gedung merupakan integrasi antara sumber daya bangunan, jaringan, *embedded system*, dan perangkat yang digunakan baik untuk proses monitor maupun kontrol lingkungan yang berada pada suatu bangunan (**Sayed, 2018**). Penerapan WSN pada suatu gedung memungkinkan kita untuk melakukan proses manajemen gedung seperti memonitor dan mengontrol sumber daya yang ada di gedung-gedung publik seperti Rumah Sakit, Sekolah, Kantor, dan sebagainya (**Xia, dkk, 2017**).

Penelitian mengenai *Wireless Sensor Network* berkembang pesat seperti penelitian relevan yang sudah dilakukan terdahulu mengenai perancangan sistem *Wireless Sensor Network* untuk sistem manajemen gedung yaitu penelitian Bogdanovs membahas sistem *monitoring* gedung yang diolah menggunakan Matlab dan Simulink (**Bogdanovs, dkk, 2018**) kemudian penelitian relevan selanjutnya Penelitain Nan Li membahas mengenai implementasi *Wireless Sensor Network* (WSN) pada sistem manajemen energi suatu gedung (**Li, dkk, 2010**) dan penelitian Boniel membahas penerapan WSN pada sistem manajemen gedung untuk sistem pengelolaan distribusi air di dalam gedung (**Boniel, dkk, 2020**). Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa *Wireless Sensor Network* merupakan salah satu solusi potensial untuk diterapkan pada suatu sistem manajemen gedung dengan tujuan untuk meningkatkan efektifitas dan mempermudah kegiatan operasional maupun pemeliharaan sumber daya atau fasilitas yang terdapat pada suatu gedung (**Shobrina, dkk, 2018**).

Protokol Komunikasi merupakan parameter yang penting dalam merancang *Wireless Sensor Network*, pada penelitian ini protokol komunikasi yang akan digunakan pada sistem manajemen gedung yaitu protokol komunikasi *Modbus TCP*. Kelebihan dari *Modbus TCP* yaitu bersifat *open source*, mudah dalam penggunaan dan pemeliharaan, proses komunikasi data tidak terlalu banyak membatasi vendor, dan mempunyai kemampuan untuk menghubungkan hingga 247 *device slave* dalam 1 jaringan *master* sedangkan kekurangan dari *Modbus TCP* ini yaitu keterbatasan jarak dimana untuk TCP/IP jarak tergantung media yang digunakannya. (**Gamess, dkk, 2020**).

Sistem yang dibuat pada penelitian ini adalah sistem manajemen beberapa sumber daya suatu gedung agar proses operasional dan pengelolaan gedung menjadi lebih efektif. Sistem ini terdiri dari *monitoring* level volume sampah agar pengelolaan kebersihan tong sampah lebih efektif, kemudian pengendali kunci pintu lab untuk memudahkan dan mempercepat penguncian ruangan, selanjutnya tombol darurat yang dapat mengirim *push notification Whatsapp* ke petugas ketika terjadi suatu hal yang darurat, dan terakhir sistem ditambahkan *Wireless Ip Cam* untuk memantau situasi ruangan gedung. Sistem terintegrasi dengan *dashboard* dari aplikasi *Node-RED* dan *Platform Internet of Things* (IoT) Ubidots.

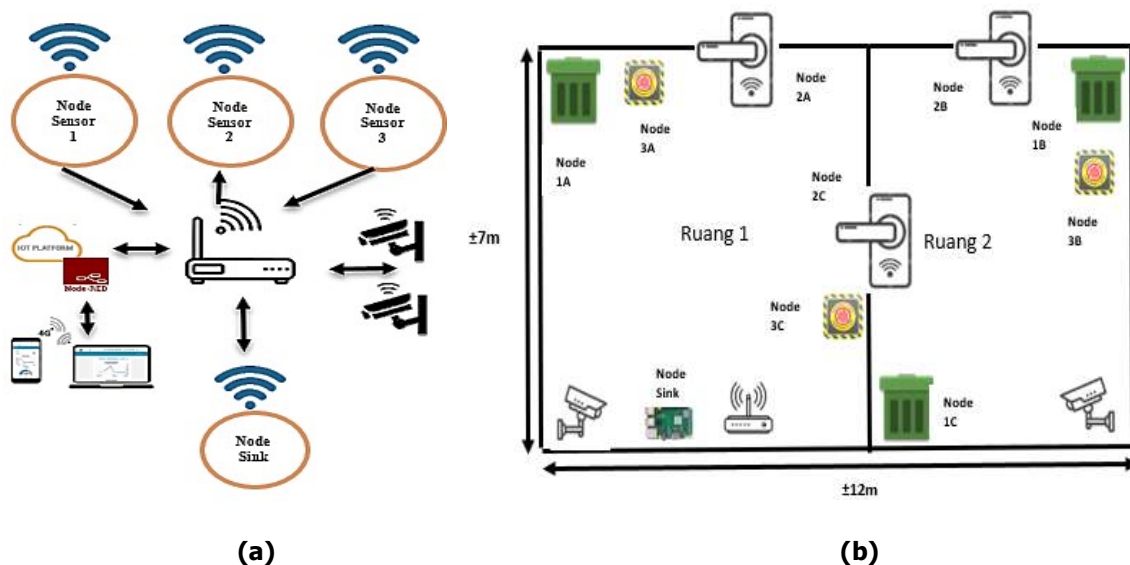
Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efektifitas dan mempermudah pengelolaan sumber daya dari suatu gedung bangunan besar yang terdapat banyak ruangan karena sistem ini menyediakan fungsi kontrol dan *monitoring* sumber daya yang terpasang dalam suatu gedung melalui jaringan *wireless* menggunakan protokol komunikasi *Modbus TCP* dan *dashboard Node-RED* dan *Ubidots*.

2. METODE

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan analisa masalah dan kajian pustaka, perancangan sistem, Pembuatan sistem, integrasi dan pengujian sistem, terakhir laporan dan publikasi.

2.1 Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang terdiri dari beberapa *Node Sensor* dan *Node Sink* yang terhubung melalui jaringan *wireless* dengan metode komunikasi *Modbus TCP* menggunakan topologi jaringan *star* (Huang, dkk, 2013). Sistem ini juga dilengkapi aplikasi *Node-RED* dan *Platform Cloud Internet of Thing Ubidots* sebagai *user interfacenya*. Jumlah total *Node Sensor* pada penelitian ini adalah sebanyak 9 *node* yang terdiri dari 3 buah *node sensor 1*, 3 buah *node sensor 2* dan 3 buah *node sensor 3*. Untuk mempermudah pemahaman mengenai sistem berikut blok diagram dan denah lokasi penempatan perangkat dari sistem dapat dilihat pada Gambar 1.

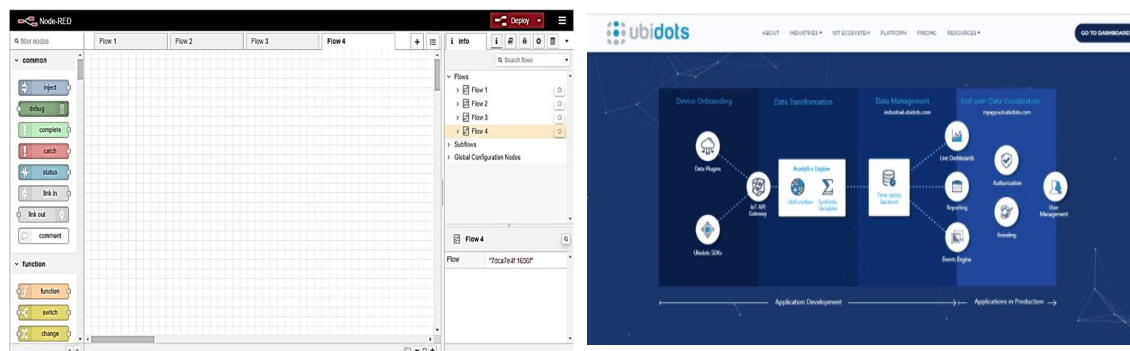


Gambar 1. (a) Blok Diagram Sistem (b) Denah Lokasi Penempatan Perangkat Sistem

Aplikasi *user interface* yang digunakan pada penelitian ini ada 2, yang pertama yaitu *Node-RED* adalah *tool* pemrograman berbasis *browser* yang memungkinkan kita melakukan koneksi langsung dengan perangkat keras, *database*, layanan *Cloud* dan aplikasi *Internet of Thing* lainnya dengan cara yang menarik karena pemrograman visualnya yang mempermudah penggunaannya dalam membuat aplikasi dalam bentuk "*flow*" yang terdiri dari *node-node* yang saling berhubungan dan masing-masing *node* memiliki tugas tertentu (Ferencz, dkk, 2019). *Node-RED* menawarkan pemrograman berbasis objek dengan proses pengembangan dan perancangannya yang cepat. Aplikasi *user interface* yang kedua yaitu *Ubidots* adalah sebuah *platform internet of things* yang menyediakan jasa gratis dan berbayar kepada konsumen dalam membuat aplikasi *internet of things* secara mudah dan cepat tanpa harus menulis kode pemrograman. *Ubidots* memungkinkan untuk menghubungkan beberapa perangkat tertanam

Implementasi Wireless Sensor Network pada Sistem Manajemen Gedung Menggunakan Protokol Komunikasi Modbus TCP

seperti mikrokontroler dan menyimpan data dari perangkat tersebut ke dalam suatu variabel untuk kemudian di tampilkan kedalam suatu visualisasi data. Ubidots memiliki tampilan antarmuka yang menarik dan dapat diakses melalui berbagai perangkat baik *handphone* maupun komputer. Ubidots juga memberikan layanan notifikasi email dan SMS berdasarkan *trigger* yang dibuat data sensor sesuai dengan ketetapan *user* (Raju, dkk, 2018). Berikut gambar tampilan *window* dari aplikasi *Node-RED* dan Ubidots ditunjukkan oleh Gambar 2.



(a) (b)
Gambar 2. (a) Tampilan Window Aplikasi Node-RED (b) Tampilan Halaman Web IoT Platform Ubidots (<https://ubidots.com/platform/>)

2.3 Node Sink

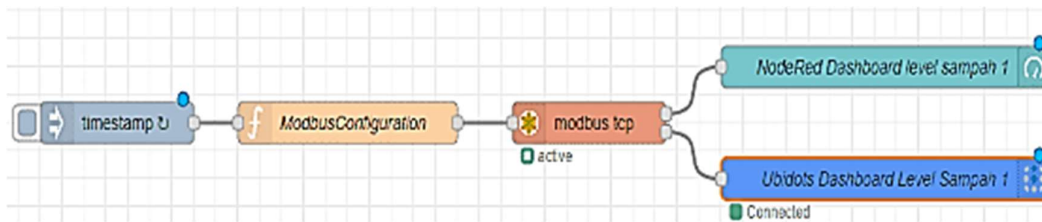
Node Sink yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan Raspberry Pi 3 Model B+ yang merupakan *Single-Board Computer* (SBC) yang ukurannya sebesar kartu dan mendukung LINUX sebagai sistem operasi utamanya (Hardianto, 2017). Raspberry Pi ini digunakan untuk menerima data kontrol dan sensor dari *Node Sensor*. Pada sistem ini *Node Sink* menggunakan sistem operasi Raspbian Buster yang sudah terpasang aplikasi *Node-RED* secara pabrikan. Berikut bentuk Raspberry Pi 3 Model B+ ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Raspberry Pi 3 Model B+

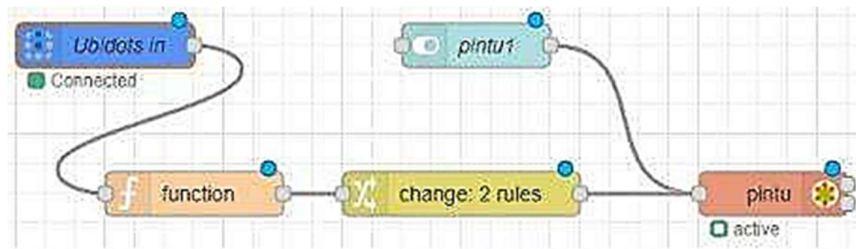
Perancangan perangkat lunak pada *Node Sink* dimulai dari perancangan *flow Node-RED* dan Ubidots *dashboard* untuk *Node Sensor* 1. Program *flow Node-RED* untuk *Node Sensor* 1 terdiri dari *flow timestamp* yang berfungsi untuk mencatat waktu setiap data yang masuk, kemudian disambungkan ke *flow Modbus Configuration* untuk pengaturan *function code*, Unit ID dan alamat *register* yang digunakan dalam komunikasi *Modbus TCP* (Ganness, dkk, 2020). Adapun konfigurasi *flow Modbus Configuration* yang dipakai untuk *Node Sensor* 1 ini yaitu *function code* tipe *holding register*, Unit ID = 1 dan alamat *register* 0. Selanjutnya *flow Modbus Configuration* disambungkan ke *flow Modbus TCP* untuk pengaturan *IP Address* dan *Port* dari *Modbus Slave Node Sensor* 1, selanjutnya *Modbus TCP* disambungkan ke *flow dashboard* tipe

gauge di *Node-RED* dan *Ubidots*. Berikut *flow diagram* dari program *Node Sensor 1* dapat dilihat pada Gambar 4.



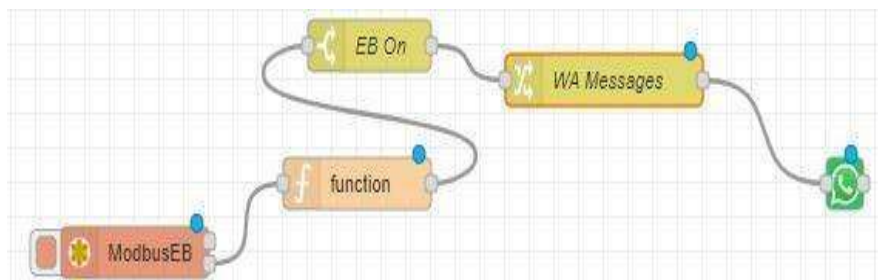
Gambar 4. Flow Diagram Node Sensor 1

Selanjutnya perancangan Program *flow Node-RED* dan *Ubidots dashboard* untuk *Node Sensor 2* yang terdiri dari *flow dashboard* tipe *button* dari *ubidots*, kemudian *flow function* yang berfungsi untuk menyimpan data kedalam suatu variabel, kemudian *flow change* yang berfungsi untuk mengkonversi data numerik menjadi tipe Boolean. Selanjutnya *flow Modbus slave Node Sensor 2* yang diberi nama *pintu* dengan konfigurasi *function code* tipe *force Input Register*, Unit ID = 1 dan alamat *register* 0, kemudian dilanjutkan dengan konfigurasi *IP Address* dan *Port* untuk *Modbus Slave Node Sensor 2*. Berikut *flow diagram* dari program *Node Sensor 2* dapat dilihat pada Gambar 5.



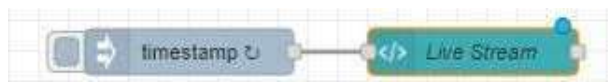
Gambar 5. Flow Diagram Node Sensor 2

Selanjutnya perancangan program *flow Node-RED* untuk *Node Sensor 3* terdiri dari *flow Modbus Slave Node sensor 3* yang diberi nama *ModbusEB* dengan konfigurasi *function code* tipe *Read Input Status (Gammes, dkk, 2020)* unit ID = 1 dan alamat *register* 0, kemudian *flow function* yang berfungsi untuk menyimpan data kedalam variabel selanjutnya *flow switch* yang berfungsi sebagai pengambil keputusan apakah data bernilai *true* atau *false*, kemudian *flow change* yang diberi nama *WA Messages* berfungsi untuk mengubah data *boolean* menjadi *string* yang berisi pesan sesuai dengan yang kita inginkan kemudian pesan diteruskan ke flow API Whatsapp. Berikut *flow diagram* dari program *Node Sensor 3* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Flow Diagram Node Sensor 3

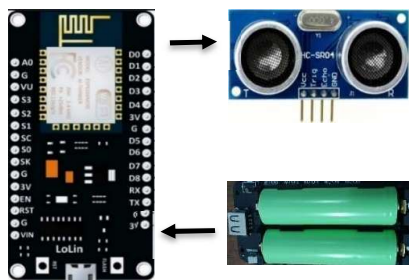
Tahapan yang terakhir yaitu perancangan tampilan *dashboard live stream IP Cam* melalui *dashboard Node-RED*. Berikut *flow diagram* dari program *live stream IP Cam* pada *dashboard* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Flow Diagram Node Live Stream IP Cam

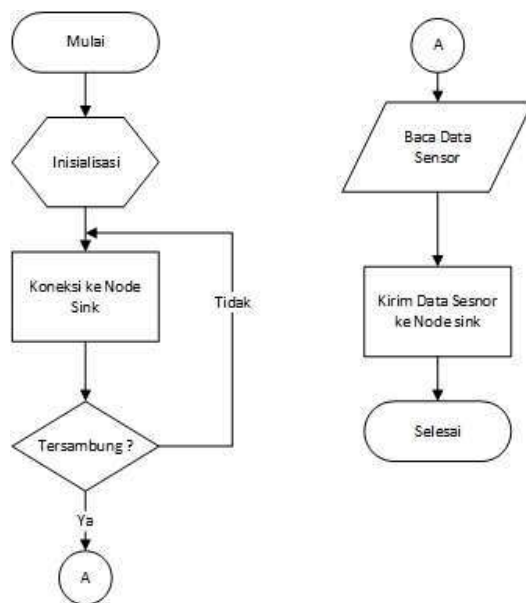
2.4 Node Sensor 1

Node Sensor 1 difungsikan untuk memonitor level kapasitas tong sampah yang ada di dalam suatu ruangan gedung. perangkat keras *Node Sensor 1* terdiri dari komponen *battery* lithium 18650 5 V/ 3A DC sebagai *power supply*, kemudian Nodemcu ESP 8266 yang berfungsi sebagai modul *wireless* untuk mengirimkan data pembacaan sensor ke *Node Sink* menggunakan protokol komunikasi *Modbus TCP/IP* dan terakhir Sensor ultrasonic HCSR-04 digunakan untuk membaca level kapasitas sampah di setiap tong sampah. Berikut arsitektur dari perangkat keras *Node Sensor 1* ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Arsitektur Perangkat Keras Node Sensor 1

Perancangan program pada perangkat *Node Sensor 1* dikembangkan menggunakan pemrograman Arduino IDE. Berikut *flowchart* program ditunjukkan oleh Gambar 9.

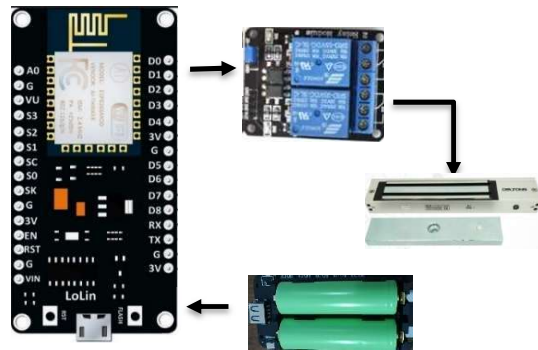


Gambar 9. Flowchart Program Node Sensor 1

Program diawali dengan inialisasi variabel, definisi pin, SSID, *Password wifi*, *Port* dan *Function* pada *Modbus TCP* kemudian menyambungkan koneksi antara *Node Sensor* dengan *Node Sink*, jika koneksi berhasil akan dilanjutkan pada proses pembacaan sensor dan data pembacaan dikirimkan ke *Node sink*.

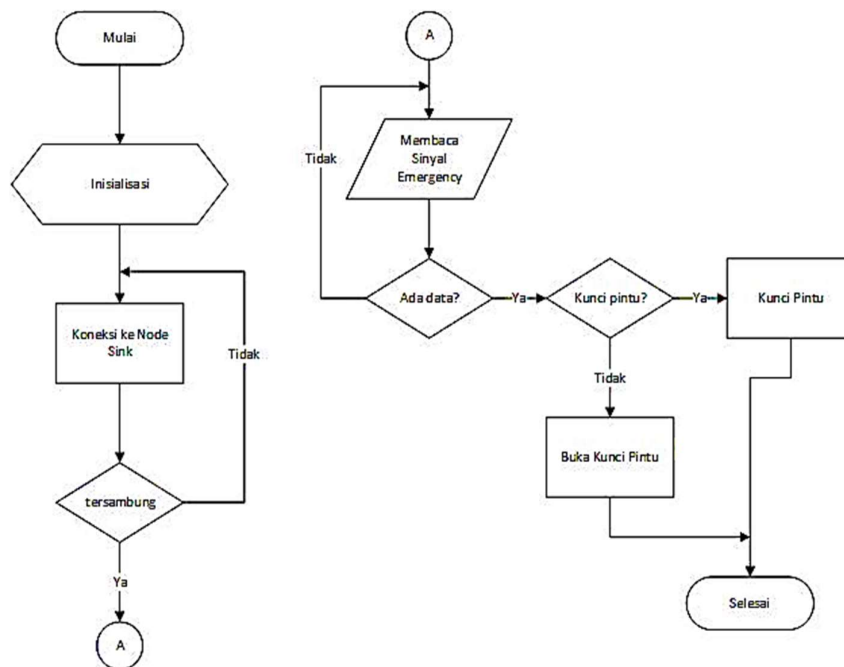
2.5 Node Sensor 2

Node Sensor 2 difungsikan untuk mengendalikan akses *door lock* pada suatu ruangan gedung. Perangkat keras *Node Sensor 2* terdiri dari baterai lithium 18650 5 V/ 3A DC sebagai *power supply*, Nodemcu ESP 8266 yang berfungsi sebagai modul *wireless* untuk mengirimkan data kontrol dari *user interface dashboard Node-RED* dan *Ubidots* ke *Node Sink* untuk di teruskan ke *Electromagnetik Door Lock*. Berikut arsitektur dari perangkat keras *Node Sensor 2* ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Arsitektur Perangkat Keras Node Sensor 2

Perancangan program pada perangkat *Node Sensor 2* dikembangkan menggunakan pemrograman *Arduino IDE*. Berikut *flowchart* program dari perangkat *Node Sensor 2* ditunjukkan oleh Gambar 11.

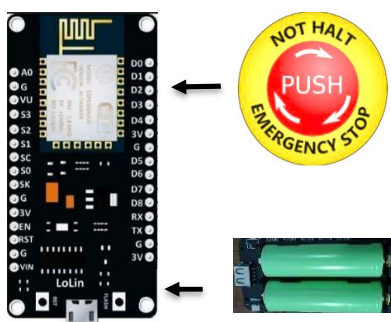


Gambar 11. Flowchart Program Node Sensor 2

Flowchart program diawali dengan inialisasi variabel, definisi pin, SSID, Password wifi, Port dan *Function* pada Modbus TCP. Kemudian selanjutnya menyambungkan koneksi antara *Node Sensor* dengan *Node Sink*, jika koneksi berhasil akan dilanjutkan pada proses menunggu data kontrol dari *Node Sink*. Jika kemudian data kontrol terbaca kemudian *Node Sensor 2* akan menyalurkan sinyal perintah ke *relay* yang mengendalikan *electromagnetic door lock*.

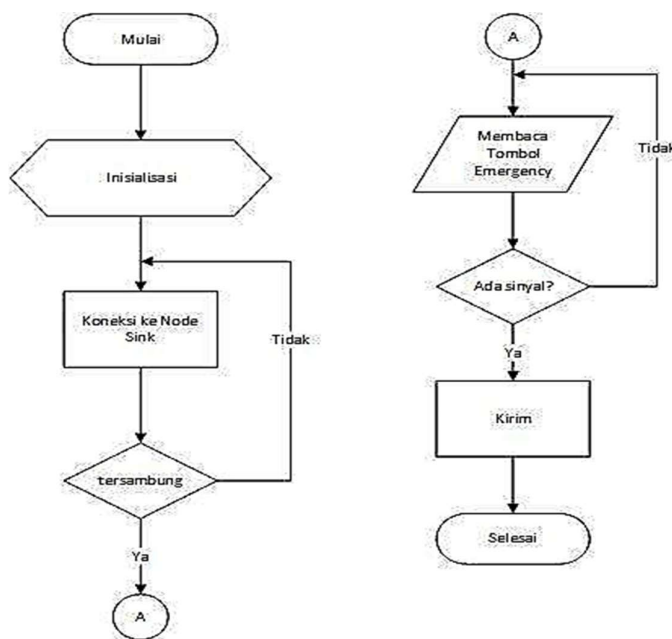
2.6 Node Sensor 3

Node Sensor 3 (emergency button) berfungsi untuk memberikan sinyal berupa *push* notifikasi *whatsapp* ke petugas keamanan, bagian umum dan *Office Boy* jika terjadi keadaan darurat atau situasi yang harus segera ditangani. *Node Sensor 3* terdiri dari komponen baterai lithium 18650 5 V/ 3A DC sebagai *power supply*, Nodemcu ESP 8266 dan *Push Button Emergency*. Berikut arsitektur dari perangkat keras *Node Sensor 3*. Berikut arsitektur dari perangkat keras *Node Sensor 3* ditunjukkan oleh Gambar 12.



Gambar 12. Arsitektur Perangkat Keras Node Sensor 3

Perancangan program pada perangkat *Node Sensor 3* dikembangkan menggunakan pemrograman Arduino IDE. Berikut *flowchart* program dari perangkat *Node Sensor 3* ditunjukkan oleh Gambar 13.



Gambar 13. Flowchart Program Node Sensor 3

Flowchart program *Node Sensor 3* diawali dengan inialisasi variabel, definisi pin, SSID, *Password wifi*, *Port* dan *Function Modbus TCP*. Selanjutnya menyambungkan koneksi antara *Node Sensor 3* dengan *Node Sink*, jika koneksi berhasil program akan menunggu data kontrol dari tombol darurat yang terdapat pada perangkat *Node Sensor 3* kemudian sinyal di kirimkan ke *Node Sink* dan diproses oleh program *flow* di *Node-RED* agar mengirimkan *push* notifikasi berupa pesan *whatsapp* ke pihak yang berkepentingan ketika ada terjadi kondisi darurat.

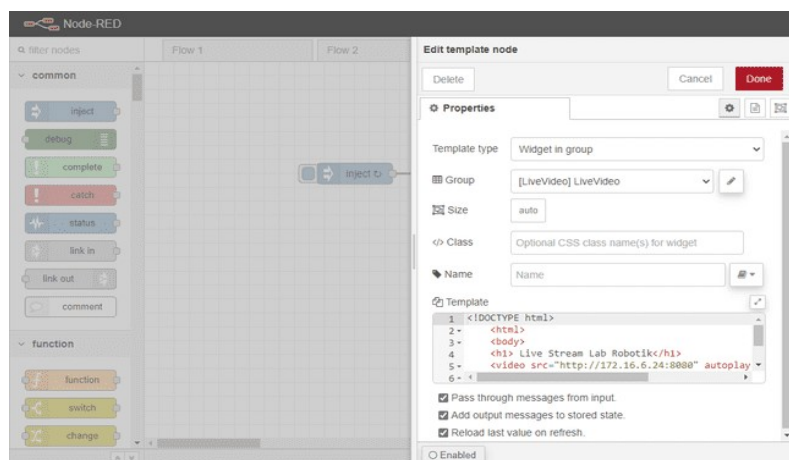
2.7 Perancangan *Video Surveillance System*

Video Surveillance System (VSS) merupakan sistem yang berfungsi untuk mengawasi atau memonitor keadaan suatu tempat dengan memanfaatkan beberapa kamera (Yang, dkk, 2014). Pada sistem ini jenis kamera yang digunakan adalah jenis *Wireless IP Camera* yang merupakan pengembangan dari teknologi kamera CCTV (*Closed Circuit Television*) yang menggunakan Protokol jaringan TCP sehingga memungkinkan kamera mempunyai alamat IP dan dapat diakses dan *remote* melalui suatu jaringan baik menggunakan jaringan lokal maupun internet (Widyantara, dkk, 2014). Pada penelitian ini untuk sistem pengawasan ruangan menggunakan *Wireless IP Camera BARDI Smart indoor PTZ* yang ditunjukkan oleh Gambar 14 yaitu sebuah *IP Camera* yang memiliki banyak fitur seperti *Intelligent Sound & Motion Detection*, *Two way audio*, *night vision*, *micro SD card* (max 128 GB), Aplikasi Android dan *remote real-time monitoring* (Bardi, 2020).



Gambar 14. Wireless IP Camera Bardi
(<https://bardi.co.id/products/ipcam-indoor-ptz/>)

Pada penelitian ini perancangan tampilan *live stream IP Cam* menggunakan *dashboard* (*Hypertext Markup Language*) HTML dari *Node-RED* dengan mengkonversi alamat protokol *Real Time Streaming Protocol* (RTSP) menggunakan *VLC player* menjadi HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) (Nuryaman, dkk, 2020). Berikut konfigurasi RTSP ditunjukkan oleh Gambar 15.



Gambar 15. Konfigurasi HTML pada *Dashboard Node-RED*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian dan Analisis Node Sensor 1

Pengujian sistem yang dilakukan adalah pengujian fungsi kerja dari masing-masing *node*. Pengujian pertama yaitu dimulai dari fungsi kerja *Node Sensor 1*, skenario pengujian yang dilakukan adalah dengan mengisi tong sampah sebanyak 5 level kondisi yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% untuk diketahui berapa data tingkat kesalahan (*error*) pembacaan dari sensor. Perhitungan nilai *error* dapat diperoleh menggunakan Persamaan (1) berikut (**Hardianto, 2017**).

$$\%error = \frac{|Hasil\ Pembacaan\ Sensor - Pembac\ Alat\ Ukur|}{Pembacaan\ Alat\ Ukur} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian tingkat kesalahan pembacaan level volume tong sampah dari sensor ultrasonic memiliki rata-rata *error* sebesar 2,52%.

Tabel 1. Data Pembacaan Sensor Ultrasonic HCSR-04

Level Volume Sampah	Pembacaan Alat Ukur (cm)	Pembacaan Sensor (cm)	Persentase Error (%)
0 %	34	35	2,94
25%	25,5	26,2	2,74
50%	17	17,4	2,35
75%	8,5	8,72	2,58
100%	3	2,94	2
Rata-rata Error			2,52

Skenario pengujian selanjutnya adalah pengujian waktu *delay* pengiriman data dari *Node Sensor* menuju *Node Sink* berdasarkan jarak antara *Node Sensor* dengan *Node sink* dan dengan kondisi lokasi banyak penghalang dinding. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kontrol *Switch* Kunci Pintu melalui *Dashboard Node-RED* dan *Dashboard Ubidots*

Jarak	Status	Waktu Delay
1m	Terkirim	500ms
3m	Terkirim	570ms
6m	Terkirim	820ms
10m	Terkirim	1250ms
17m	Terkirim	2970ms
>20m	Tidak Terkirim	Tak Terhingga

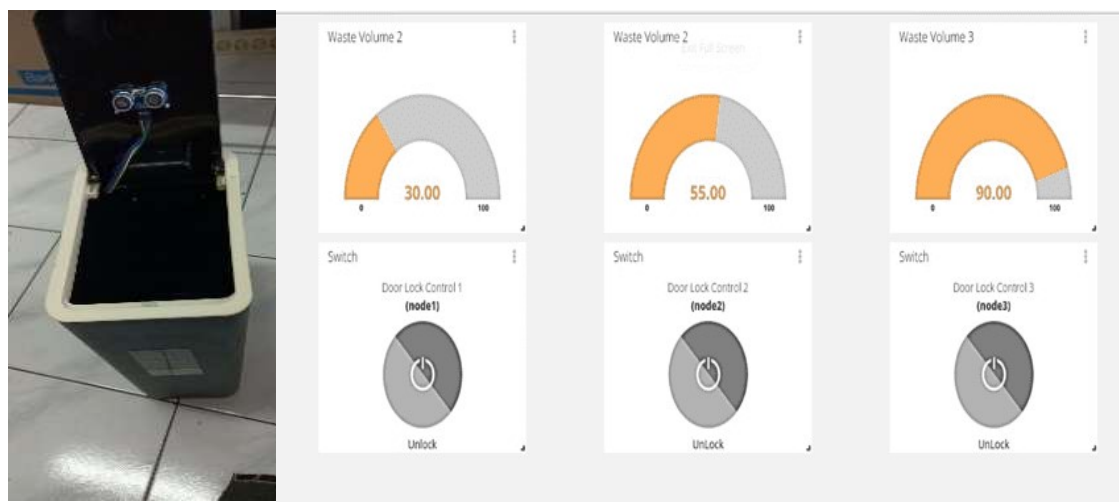
Berdasarkan hasil pengujian waktu *delay* pengiriman data dari *Node Sensor* menuju *Node Sink* menunjukkan bahwa data tidak dapat terkirim ketika jarak antara *Node Sensor* dengan *Node Sink* lebih dari 20 meter.

Selanjutnya pengujian fungsi kerja pengiriman data sensor dari *Node Sensor 1* ke *Node Sink* untuk kemudian ditampilkan melalui *dashboard Node-RED* dapat dilihat pada Gambar 16. *Dashboard Node-RED* dapat diakses secara lokal melalui *web browser* baik menggunakan *handphone* maupun komputer dengan memasukkan url <http://172.16.6.121:1880/ui>.



Gambar 16. Pengujian Monitoring Data Sensor melalui *Dashboard Node-RED*

Hasil pengujian fungsi kerja pengiriman data sensor dari *Node Sensor 1* ke *Node Sink* untuk kemudian ditampilkan melalui *dashboard* Ubidots ditunjukkan oleh Gambar 17. *Dashboard* Ubidots dapat diakses melalui jaringan internet baik melalui *web browser* ataupun aplikasi Android Ubidots yang tersedia di *Google Playstore* dengan login ke akun Ubidots yang sudah dibuat.



Gambar 17. Pengujian Monitoring Data sensor melalui *Dashboard Ubidots*

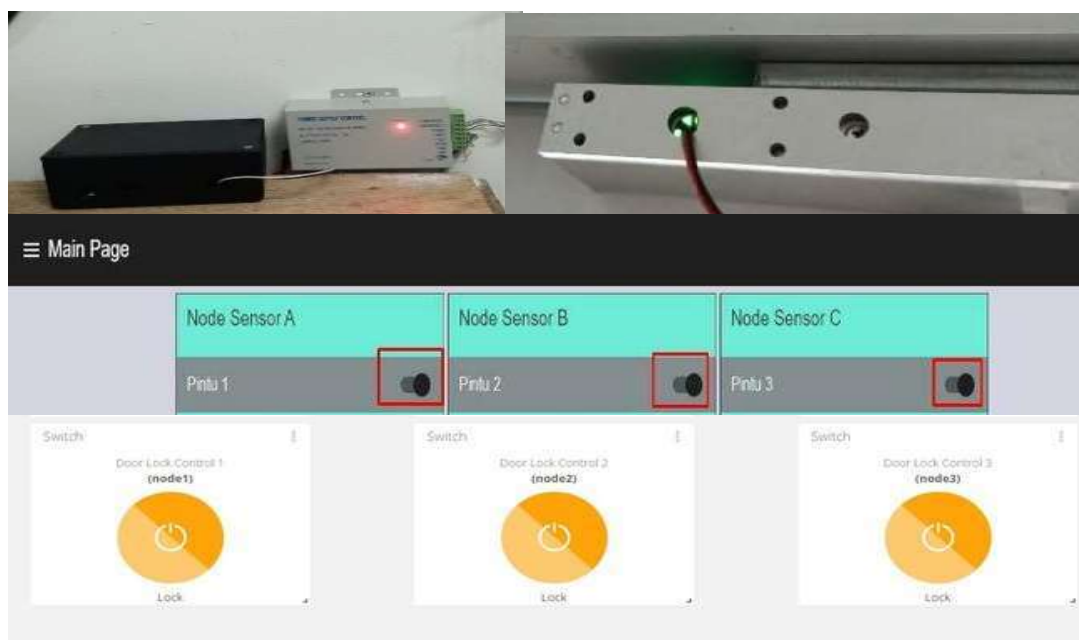
3.2 Pengujian dan Analisis Node Sensor 2

Skenario pengujian yang dilakukan untuk fungsi kerja dari *Node Sensor 2* adalah dengan melakukan kontrol *switch* kunci pintu melalui *dashboard Node-RED* dan *dashboard* Ubidots. Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi kerja pengiriman data kontrol melalui *dashboard Node-RED* dan *dashboard* Ubidots ke *Node Sensor 2* tingkat keberhasilannya 100 % dengan rata-rata waktu *delay* berurutan dari *dashboard Node-RED* dan Ubidots sebesar 225ms dan 489 ms. Berikut hasil pengujian dari *Node Sensor 2* ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Kontrol *Switch* Kunci Pintu melalui *Dashboard Node-RED* dan *Dashboard Ubidots*

Pengujian ke -	<i>Dashboard Node-RED</i>		<i>Dashboard Ubidots</i>	
	Status	Waktu	Status	Waktu
1	Berhasil	200ms	Berhasil	540ms
2	Berhasil	220ms	Berhasil	400ms
3	Berhasil	250ms	Berhasil	480ms
4	Berhasil	200ms	Berhasil	390ms
5	Berhasil	210ms	Berhasil	440ms
6	Berhasil	230ms	Berhasil	550ms
7	Berhasil	200ms	Berhasil	500ms
8	Berhasil	207ms	Berhasil	570ms
9	Berhasil	300ms	Berhasil	600ms
10	Berhasil	230ms	Berhasil	470ms
Rata-rata		225ms		489ms

Hasil pengujian dan analisis Node Sensor 2 melalui *dashboard* Node-RED dan Ubidots dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pengujian Fungsi Kerja Node Sensor 2 melalui *Dashboard Node-RED* dan *Ubidots*

3.3 Pengujian dan Analisis Node Sensor 3

Pengujian selanjutnya yaitu pengujian fungsi dari *Node Sensor 3*. Pengujian yang dilakukan adalah dengan menekan tombol darurat kemudian mengamati pesan notifikasi berupa pesan *whatsapp* berhasil terkirim atau tidak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah tombol darurat ditekan *push* notifikasi *whatsapp* berhasil berfungsi sesuai program dengan nilai rata-rata waktu *delay* sebesar 2504 ms. Berikut tabel hasil pengujian rata – rata waktu *delay* pengiriman pesan notifikasi *whatsapp* pada perangkat *Node Sensor 3* ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian *Push* Notifikasi Whatsapp Pada Node Sensor 3

Pengujian ke -	Pengiriman Push Notifikasi Whatsapp	
	Status	Waktu
1	Terkirim	2800 ms
2	Terkirim	2250 ms
3	Terkirim	2500 ms
4	Terkirim	1800 ms
5	Terkirim	3221 ms
6	Terkirim	2770 ms
7	Terkirim	3000 ms
8	Terkirim	1670 ms
9	Terkirim	2300 ms
10	Terkirim	2730 ms
Rata-rata		2504 ms

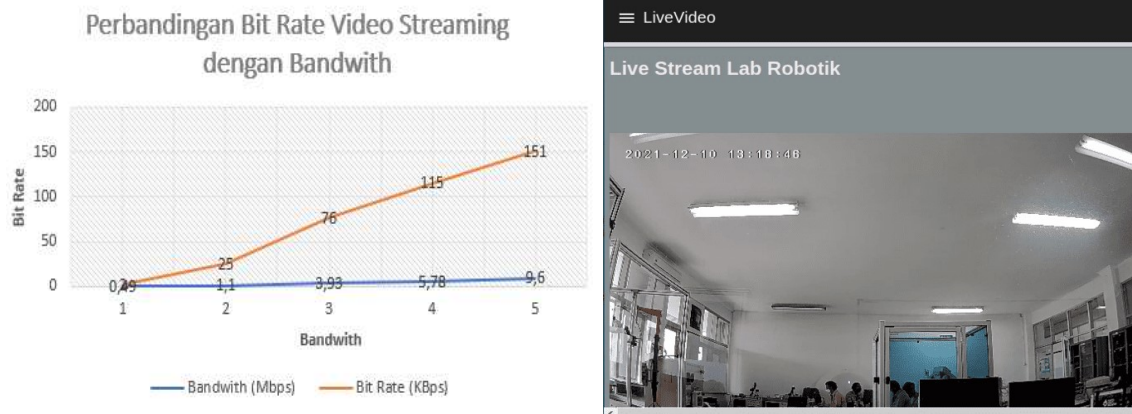
Hasil pengujian fungsi kerja perangkat keras dari *Node sensor 3* dan *push* notifikasi *whatsapp* dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Pengujian Fungsi Kerja dan *Push* Notifikasi pada Node Sensor 3

3.4 Pengujian *Live Stream* IP Cam

Hasil pengujian *live stream* IP Cam melalui *dashboard Node-RED* ditunjukkan oleh Gambar 20. Hasil pengujian menunjukkan *livestream* berhasil ditampilkan melalui *dashboard Node-RED* dengan *bit rate* video *streaming* ini berbanding lurus dengan *bandwith* jaringan.



Gambar 20. (a) Grafik Perbandingan *Bit Rate Video Streaming* dengan *Bandwith* (b) Pengujian Fungsi *LiveStream* IP Cam Melalui *Dashboard Node-RED*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa masing-masing *Node Sensor* dapat berfungsi sesuai dengan perancangan program yang telah dibuat. Hasil pengujian *Node sensor 1* menunjukkan sistem dapat memonitor level kapasitas sampah baik melalui *dashboard Node-RED* maupun *dashboard* ubidots dengan nilai rata-rata *error* pembacaan sensor 2,52%, maksimal jarak antara *Node sensor* dengan *Node sink* yaitu 20 meter. Hasil pengujian *Node sensor 2* menunjukkan bahwa fungsi kerja pengiriman data kontrol melalui *dashboard Node-RED* dan *dashboard* Ubidots ke *Node Sensor 2* tingkat keberhasilannya 100 % dengan rata-rata waktu *delay* berurutan dari *dashboard Node-RED* dan Ubidots sebesar 225ms dan 489 ms. Hasil pengujian *Node Sensor 3* menunjukkan sistem berhasil mengirimkan sinyal darurat melalui *push* notifikasi pesan *Whatsapp* ketika tombol darurat di tekan dengan nilai rata-rata waktu *delay* sebesar 2504 ms. Hasil pengujian sistem pengawasan video melalui *dashboard live stream Node-RED* dapat berfungsi sesuai program yang dibuat dengan *bit rate* video *streaming* ini berbanding lurus dengan *bandwith* jaringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh P4M Politeknik Manufaktur Bandung dengan nomor kontrak penelitian 001/P4M/SP/PDUT/2021. Kami juga mengucapkan terima kasih banyak kepada Jurusan Teknik Otomasi dan Mekatronika atas fasilitas yang diberikan dan bimbingan dalam proses pengerjaan penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Bardi. (2020). *IP CAMERA PTZ INDOOR PRODUCTS*. Retrieved from <https://bardi.co.id/products/ipcam-indoor-ptz/>.
- Bogdanovs, N., Krumins, A., & Belinskis, R. (2018). Design of wireless sensor networks for building management systems. In *2018 22nd International Conference Electronics*, (pp. 1-5).
- Boniel, G. J. M., Catarinen, C. C., Nanong, R. D. O., Noval, J. P. C., Labrador, C. J. M., & Cañada, J. R. (2020). Water management system through wireless sensor network with mobile application. In *AIP Conference Proceedings*, (pp. 020030-1 – 020030-16).
- Ferencz, K., & Domokos, J. (2019). Using Node-RED platform in an industrial environment. *XXXV. Jubileumi Kándó Konferencia, Budapest*, (pp. 52-63).
- Gamess, E., Smith, B., & Francia, G. (2020). Performance Evaluation of Modbus TCP in Normal Operation and Under a Distributed Denial of Service Attack. *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*, 12(2), 1-21.
- Hardianto, R. R. (2017). *Perancangan Web Monitoring Tempat Sampah Menggunakan Raspberry Pi Berbasis NRF24L01*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.

- Huang, G., Zhou, P., & Zhang, L. (2013). Wireless sensor network for HVAC applications: a review. In *12th International Conference on Sustainable Energy Technologies*, (pp. 1 - 11)
- Li, N., & Becerik-Gerber, B. (2010). Exploring the use of wireless sensor networks in building management. In *Computing in Civil and Building Engineering, Proceedings of the International Conference*, (pp. 91-97).
- Mulyono, S., Qomaruddin, M., & Anwar, M. S. (2018). Penggunaan Node-RED pada sistem monitoring dan kontrol green house berbasis protokol MQTT. *TRANSISTOR Elektro Dan Informatika*, 3(1), 31-44.
- Nuryaman, R. F. R., & Ekadiansyah, E. (2020). Rancang Bangun Aplikasi Video Streaming Menggunakan Real Time Streaming Protocol (RTSP) Berbasis Android. *Jurnal Mahasiswa Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer*, 1(1), 1133-1142.
- Raju, L., Sangeetha, S., & Balaji, V. (2018). IOT Based Demand Side Management of a Micro-grid. In *International conference on Computer Networks, Big data and IoT*, (pp. 334-341).
- Sayed, K., & Gabbar, H. A. (2018). *Energy conservation in residential, commercial, and industrial facilities*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Shobrina, U. J., Pramananda, R., & Maulana, R. (2018). Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24I01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(4), 1510-1517.
- Syaifudin, M., Rofii, F., & Qustoniah, A. (2019). Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Rumah Tangga Dan Penerangan Jalan Berbasis Wireles Sensor Network (WSN). *Transmisi*, 20(4), 158-166.
- Widyantara, I. M. O., Wedanti, N. U., & Swamardika, I. B. A. (2015). Desain dan Implementasi Aplikasi Video Surveillance System Berbasis Web-SIG. *Jurnal Teknologi Elektro*, 14(1), 41-46.
- Xia, M., & Song, D. (2017). Application of wireless sensor network in smart buildings. In *International Conference on Machine Learning and Intelligent Communications*, (pp. 315-325).
- Yang, G. J., Choi, B. W., & Kim, J. H. (2014). Implementation of HTTP live streaming for an IP camera using an open source multimedia converter. *International journal of software engineering and its applications*, 8(6), 39-50.