

IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS PADA SISTEM KETERSEDIAAN RUANG PARKIR GEDUNG BERTINGKAT MENGGUNAKAN NRF24L01 DAN HC-SR04

Angga Sukma Bahari¹, Rakhmadhany Primananda^{*2}, Mochammad Hannats Hanafi Ichsan³,
Mahardeka Tri Ananta⁴

^{1,2,3,4}Universitas Brawijaya, Malang

Email: ¹anggasb@student.ub.ac.id, ²rakhmadhany@ub.ac.id, ³hanas.hanafi@ub.ac.id, ⁴deka@ub.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

(Naskah masuk: 17 Januari 2022, diterima untuk diterbitkan: 21 Juni 2023)

Abstrak

Permasalahan pada sistem di gedung parkir bertingkat salah satunya sulit menemukan ruang parkir yang kosong. Adanya dinding beton tebal dan struktur bangunan dengan beberapa lantai mengakibatkan jarak pandang pencarian ruang parkir berkurang. Berdasarkan hal ini, dibutuhkan sistem untuk memberi informasi ketersediaan ruang parkir pada tiap lantai gedung parkir bertingkat agar pencarian ruang parkir dapat lebih efektif dan efisien. Sistem ini menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul *transceiver* nRF24L01 disertai teknologi *Internet of Things* agar informasi dapat diakses melalui Thingspeak dan LCD 20x4. Pada implementasinya terdapat 2 *client node* pada tiap lantai dan 1 *sink node* pada lantai dasar. Pengiriman informasi dilakukan secara *multihop* untuk antar lantai (*gateway node*) dan *directly connection* antara *sub-node* dengan *gateway node*. Hasil pengujian menghasilkan 100% keberhasilan pendeteksian sekaligus verifikasi pada tiap ruang parkir. Kinerja nRF24L01 pada komunikasi data internal menghasilkan *success delivery ratio* 100% dengan rata-rata *delay* pengiriman kurang dari 6 detik. Tetapi pada pengujian dengan skenario jarak 5m, 10m, 20m, dan 40m secara berturut-turut menghasilkan nilai terendah *success delivery ratio* sebesar 100%, 96,67%, 76,67% dan 90% dan *delay* pengiriman keseluruhan kurang dari 8 detik pada jarak 40m. Perutean melalui pengalamatan RF24Network dengan mekanisme *multihop* berhasil dilakukan. Informasi yang ditampilkan pada LCD 20x4 dan Thingspeak berhasil dilakukan secara keseluruhan, namun pada dua kali pengujian kinerja pengiriman dari *sink node* menuju Thingspeak hanya menghasilkan *success delivery ratio* sebesar 64,47% dan 65,65%.

Kata kunci: *Internet of Things, HC-SR04, nRF24L01, Thingspeak, parkir*

IMPLEMENTATION OF INTERNET OF THINGS ON THE AVAILABILITY OF PARKING SPACES SYSTEM IN STORE BUILDING USING NRF24L01 AND HC-SR04

Abstract

One of the problems with the system in multi-storey parking buildings is that it is difficult to find an empty parking space. The presence of thick concrete walls and a building structure with several floors resulted in reduced visibility of the search for parking spaces. Based on this, a system is needed to provide information on the availability of parking spaces on each floor of the multi-storey parking building so that the search for parking spaces can be more effective and efficient. This system uses the HC-SR04 ultrasonic sensor and the nRF24L01 transceiver module along with Internet of Things technology so that information can be accessed via Thingspeak and a LCD 20x4. In the implementation there are 2 client nodes on each floor and 1 sink node on the ground floor. Information transmission is carried out in multihop for inter-floor (gateway nodes) and directly connection between sub-nodes and gateway nodes. The test results resulted in 100% successful detection as well as verification in each parking space. The performance of nRF24L01 on internal data communication results in a 100% success delivery ratio with an average delivery delay of less than 6 seconds. However, in testing with scenarios of 5m, 10m, 20m, and 40m distances, respectively, the lowest success delivery ratio values are 100%, 96.67%, 76.67% and 90% and the overall delivery delay is less than 8 seconds at distance 40m. Routing via RF24Network addressing with multihop mechanism was successful. The information displayed on the LCD 20x4 and Thingspeak was successfully carried out as a whole, but in two tests of delivery performance from the sink node to Thingspeak, it only resulted in a success delivery ratio of 64.47% and 65.65%, respectively.

Keywords: *Internet of Things, HC-SR04, nRF24L01, Thingspeak, parking*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penggunaan kendaraan tiap tahunnya terus mengalami kenaikan yang signifikan, khususnya di Indonesia. Menurut data statistik, pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor pada dari tahun 2017 hingga 2018 sekitar 6,56%, dengan rincian pada tahun 2018 jumlah mobil penumpang sebanyak 16,4 juta, mobil bis sebanyak 2,5 juta, mobil barang, 7,7 juta, dan sepeda motor sebanyak 120,1 juta (Badan Pusat Statistik, 2018). Pada pemaparan tersebut diketahui, salah satu dampak yang sering ditemui ialah minimnya ketersediaan ruang parkir. Terkait permasalahan ini sebenarnya telah ditemukan solusi terhadap keterbatasan ruang parkir, salah satu upaya yang dilakukan yakni pembangunan gedung parkir bertingkat. Gedung parkir biasanya terdiri dari beberapa lantai, yang mana tiap lantainya memiliki ruang-ruang parkir bagi kendaraan roda empat maupun roda dua (Thamrin & Wiyati, 2014). Tetapi pada implementasi gedung parkir juga menemukan kendala terkait, salah satunya ialah pencarian ruang parkir kosong cenderung lebih lama dibandingkan pencarian pada lahan parkir biasa. Hal ini tentu menjadi masalah baru yang berakibat pada berkurangnya efisiensi waktu dan mobilitas kegiatan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem yang dapat memberi informasi ketersediaan ruang parkir pada gedung bertingkat.

Bidang keilmuan *Internet of Things* dihadirkan sebagai pemanfaatan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Hal ini diikuti pula dengan pemanfaatan teknologi dari *Wireless Sensor Network* yang telah menjadi solusi terbaharukan untuk mengatasi teknologi yang membutuhkan konektivitas fisik yang optimal, dikarenakan alat yang *high-cost* (Bell, 2013). Pengoperasian dilakukan oleh pengelola hanya pada satu tempat untuk mengendalikan serta memantau sistem terintegrasi yang ada pada berbagai tempat. Selain itu pula selain pengelola, pengendara dapat mengakses informasi melalui *website* atau aplikasi dimanapun itu. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Limantara, Purnomo, & Mudjanarko, 2017) yang membangun pemodelan sistem parkir kosong pada lahan terbuka, dengan pemanfaatan sensor ultrasonik HC-SR04 dan modul *transceiver* ESP8266 untuk melakukan koordinasi. Namun pada penelitian ini, jika diterapkan pada kondisi gedung bertingkat yang notabene memiliki *noise* serta penghalang lebih banyak dibandingkan kondisi terbuka, jaminan transmisi data pada tiap node belum tentu akan berhasil dengan sempurna. Oleh karena itu, permodelan yang dirancang akan menyesuaikan kebutuhan pada penelitian sebelumnya. Pada penelitian lainnya (Danisia, Pangaribuan, & Wibawa, 2017) merancang prototipe pemantauan area parkir otomatis menggunakan *wireless local area network*, yang mana sistem pendeteksian mengandalkan kamera, sensor photodiode, dan sinar

ultraviolet. Tetapi kekurangan pada penelitian tersebut ialah kendaraan harus diparkirkan dengan sangat baik, sehingga masih menimbulkan beberapa *fail* pada kondisi tertentu. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, pada penelitian ini sistem pendeteksian akan mengandalkan 2 sensor ultrasonik jenis HC-SR04 pada tiap slot parkir, dimana 2 sensor tersebut sekaligus akan melakukan verifikasi objek dengan metode gerbang logika AND.

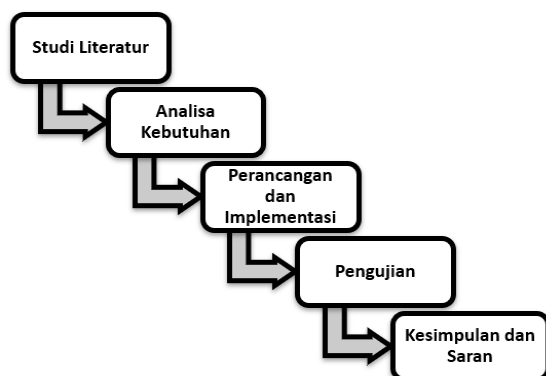
Melihat dari sisi komunikasi data, pada penelitian sebelumnya (Ichwana, Aisuwarya, Ardopa, & Purnama, 2018) dilakukan penelitian implementasi *Internet of Things* dan metode NFC yang digunakan sebagai bentuk konfirmasi dari kode pemesanan yang telah dikeluarkan oleh sistem. Pada sisi penampilan informasi langsung terhubung melalui *smartphone* yang dimana sekaligus dapat melakukan reservasi parkir. Penelitian lainnya (Alasiry, Suryawati, Satriyanto, & Rizalani, 2009) dengan judul “Desain dan Implementasi Jejaring Sensor Nirkabel Infra Merah untuk Sistem Informasi Parkir Gedung Bertingkat”, komunikasi data pada penelitian tersebut mengandalkan TSAL6200 dan TSOP38438 sebagai konektivitas antara *master node* dan *slave node*.

Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Implementasi *Internet of Things* pada Sistem Ketersediaan Ruang Parkir Gedung Bertingkat Menggunakan nRF24L01 dan HC-SR04” berdasarkan beberapa studi referensi penelitian sebelumnya. Dari segi komunikasi data penelitian ini mengandalkan nRF24L01 PA/LNA dengan berbasis *Wireless Sensor Network* sebagai komunikasi data internal. Alasan penggunaan modul jenis nRF24L01 dikarenakan biayanya yang murah, skalabilitasnya yang baik, serta konektivitas antara *master node* dengan *slave node* dapat terhubung lebih banyak (Last Minute Engineers, 2021). Arsitektur jaringannya dibuat secara *multihop* yang dapat mengirim data menuju ke *sink node*. Pembuatan arsitektur dan topologi komunikasi secara *multihop* diharapkan dapat mengatasi keterbatasan pengiriman komunikasi yang terhalang dinding beton maupun kendala jarak. Lalu pada sink node nantinya menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan *wireless router* sebagai jembatan menuju dunia internet (Parihar, 2019). Dan hasil akhirnya ditampilkan pada platform IoT yaitu Thingspeak, yang merupakan platform IoT opensource yang dikembangkan oleh MathWorks (Anipindi, 2014).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif, dikarenakan untuk melihat serta analisis hasil data pengujian apakah sistem yang diteliti layak diterapkan atau tidak. Pelaksanaan penelitian ini bersifat implementatif, sehingga tersedianya studi literatur, analisa kebutuhan, perancangan dan implementasi, pengujian, serta kesimpulan dan

saran. Langkah-langkah dalam metode penelitian demikian akan menjadi panduan dalam pengerjaan penelitian itu sendiri seperti yang tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Studi literatur adalah salah satu langkah yang dilakukan dalam penelitian ini untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Studi literatur yang dilakukan mengkaji beberapa dasar teori antara lain pengendalian permintaan parkir, *Internet of Things*, *Wireless Sensor Network*, sensor ultrasonik HC-SR04, Arduino Uno, NodeMCU ESP8266, bahasa pemrograman C, nRF24L01, RF24Network, LCD 20x4 dengan modul I2C, dan ThingSpeak IoT Platform.

Setelah perancangan telah selesai dilakukan, maka selanjutnya mengimplementasikan serta menguji sistem. Penelitian ini dilakukan dengan cara menguji langsung pada lingkungan yang sesungguhnya, yakni gedung parkir bertingkat untuk mendapatkan hasil yang sebenarnya. Pendeteksian dan verifikasi ruang parkir dilakukan dengan 2 sensor HC-SR04. Diharapkan selain dapat mendeteksi objek, namun juga dapat melakukan verifikasi apakah objek tersebut benar mobil atau tidak.

2.1. Teknik Pengambilan Data

Secara sederhana sistem ini digambarkan pada tiap slot/ruang parkir terdiri dari 2 sensor HC-SR04 untuk mendeteksi objek yang dimaksud, yakni kendaraan roda 4. Cara sensor mendeteksi objek dengan menggunakan pantulan gelombang ultrasonik, lalu kedua sensor tersebut akan memberi nilai 1 atau 0 dengan gerbang logika AND. Alasannya karena untuk mencegah terjadinya kesalahan pengenalan deteksi selain objek kendaraan mobil. Jadi nantinya pada sistem ini akan ada 6 slot/ruang parkir yang akan dideteksi oleh sistem.

2.2. Teknik Pengujian dan Analisis Data

Mekanisme pengujian sensor dilakukan dengan 3 cara, yaitu ketika mobil diparkirkan, menempatkan objek pada salah satu sensor, dan tidak memberi objek pada kedua sensor sama sekali. Adapun untuk komunikasi internal dengan nRF24L01

menggunakan skema *multihop* antara *gateway node* di tiap lantainya. Hal ini untuk mengurangi potensi kegagalan pengiriman data menuju *sink node* yang terdapat pada lantai dasar (Shobrina, Primananda, & Maulana, 2018). Pengujian sensor dan komunikasi internal dilakukan sebanyak 30 kali dengan interval pengujian selama 10 detik. Pengujian menampilkan informasi pada ThingSpeak dan LCD 20x4, dilakukan selama proses pengujian berlangsung mengikuti mekanisme pengujian pada sensor yang dilakukan dengan 3 cara yang telah dipaparkan sebelumnya.

Pengujian dilakukan pada gedung parkir bertingkat di salah satu pusat perbelanjaan Kota Tasikmalaya. Gedung tersebut bersifat semi-terbuka yang memiliki panjang 100m, lebar 24m, dan tinggi antar lantai 2,1m serta memiliki 4 lantai. Metode pengambilan data dilihat dari tiap-tiap node pada *serial monitor* yang akan menampilkan hasil dari kinerja sensor ataupun pengiriman data internal dan eksternal. Pada sisi ThingSpeak dan LCD 20x4 juga akan terlihat hasilnya jikalau terjadi perubahan nilai, dari beberapa percobaan tersebut nantinya akan bisa ditarik kesimpulan. Hasil dari pengujian tersebut dianalisis dengan mencari nilai dan rata-rata hasil kinerja sistem.

2.3. Rekayasa Kebutuhan

Rekayasa kebutuhan bertujuan untuk memastikan dan menentukan berbagai kebutuhan yang diperlukan pada saat melakukan penelitian dari implementasi *Internet of Things* pada sistem ketersediaan ruang parkir gedung bertingkat menggunakan nRF24L01 dan HC-SR04, sehingga kebutuhan sistem dapat terpenuhi dengan tepat. Adapun kebutuhan sistem tersebut terdiri dari, kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, kebutuhan perangkat keras, dan kebutuhan perangkat lunak. Mengenai kebutuhan fungsional antara lain:

1. *Client Node* dapat melakukan pendeteksian dan verifikasi objek pada tiap-tiap ruang/slot parkir.
2. Dapat melakukan komunikasi data internal antar *client node* dengan *sink node*.
3. Menampilkan informasi melalui LCD 20x4 dengan modul I2C pada *sink node*.
4. Menampilkan informasi melalui *platform ThingSpeak* melalui mekanisme *Internet of Things*.

Kebutuhan non-fungsional merupakan kebutuhan opsional terakit kinerja sistem diluar dari kebutuhan fungsional. Kebutuhan yang dimaksud antara lain berhubungan dengan *delay* pengiriman dan *success delivery ratio* data pada komunikasi internal dengan skenario jarak dan, *delay* pengiriman koneksi eksternal, serta pengujian perutean pada komunikasi internal. Berikutnya kebutuhan perangkat keras terdiri dari sensor ultrasonik HC-SR04, modul *transceiver* nRF24L01 PA/LNA, Arduino Uno R3, LCD 20x4 dengan modul I2C,

NodeMCU ESP8266, Router/Access Point/Hotspot, Baterai 9V dengan adaptor. Terakhir, adapun kebutuhan perangkat lunak terdiri dari Arduino IDE, Fritzing V0.9.3, *library* Adafruit BusIO, *library* RF24 dan RF24Network, *library* ESP8266WiFi, *library* LiquidCrystalI2C, *library* ThingSpeak.

3. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

3.1. Gambaran Umum

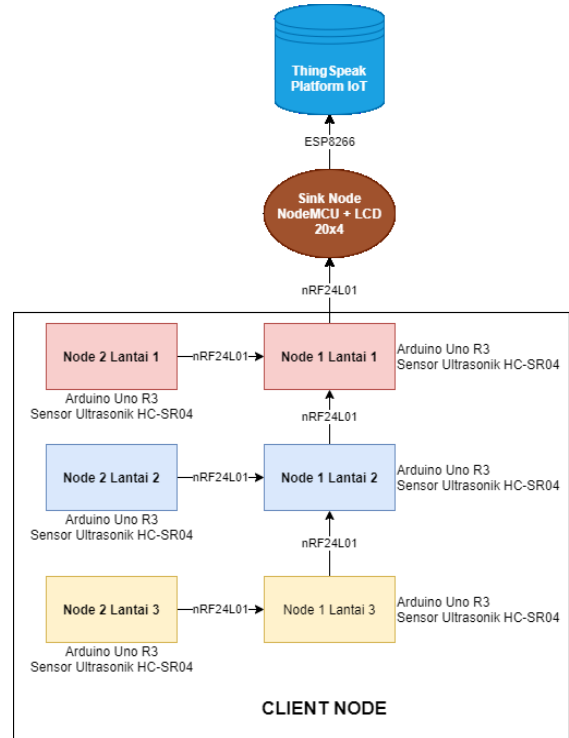
Fokus utama sistem ini ialah mengatasi permasalahan kepadatan pada gedung parkir bertingkat dengan solusi memberikan informasi mengenai ketersediaan ruang parkir. Hasil pendeteksian akan diinformasikan melalui kanal internet berupa website atau apps serta peletakan perangkat monitoring pada lokasi-lokasi yang diperkirakan akan mudah dilihat oleh pengendara, contohnya seperti pintu masuk gedung parkir bertingkat.

Sistem ini menggunakan metode *Wireless Sensor Network* yang terintegrasi dengan internet (*Internet of Things*). Modul komunikasi yang digunakan ialah jenis nRF24L01 dengan berbasis *Wireless Sensor Network*. Alasan penggunaan modul jenis nRF24L01, konektivitas antara *client* node dengan *sink* node dapat terhubung lebih banyak serta dapat mengirimkan data secara relay atau multihop. Node pada suatu lantai akan mengirimkan data tersebut menuju node yang dikonfigurasi sebagai gateway pada node lantai yang sama. Lalu node yang dipercaya sebagai gateway pada tiap-tiap lantai akan mengirimkan dan meneruskan data pada node lantai dibawahnya, begitu selanjutnya hingga data mencapai *sink* node. Pembuatan arsitektur dan topologi komunikasi secara *multihop* diharapkan dapat mengatasi keterbatasan pengiriman komunikasi yang terhalang dinding beton maupun kendala jarak. Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini ialah jenis Arduino Uno R3. Lalu pada *sink* node nantinya menggunakan NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan jaringan *Hotspot* sebagai jembatan menuju dunia internet. Pada *sink* node juga dipasang modul komunikasi nRF24L01 untuk menerima data dari hasil sensing yang telah dikirimkan. Platform IoT yang digunakan ialah Thingspeak, yang berfungsi untuk menampilkan informasi melalui internet dan dapat diakses secara publik. Pada *sink* node pula terdapat LCD 20x4 I2C Modul untuk menampilkan informasi secara langsung pada pintu masuk gedung parkir bertingkat. Adapun blok diagram sistem tersebut tertera pada Gambar 2.

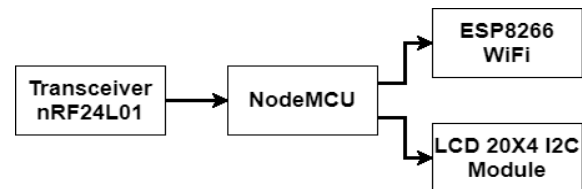
3.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari *client* node yang memiliki 6 node yang sama dan sebuah *sink* node. Pemaparan perangkat keras ditampilkan dalam bentuk blok diagram yang bertujuan untuk

menunjukkan alur *input-output* dan skematik yang bertujuan menunjukkan konfigurasi alat pada *client* node maupun *sink* node. Pada Gambar 3 ditampilkan mengenai blok diagram pada perancangan *client* node menggunakan aplikasi Fritzing.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem



Gambar 3. Blok Diagram Client Node

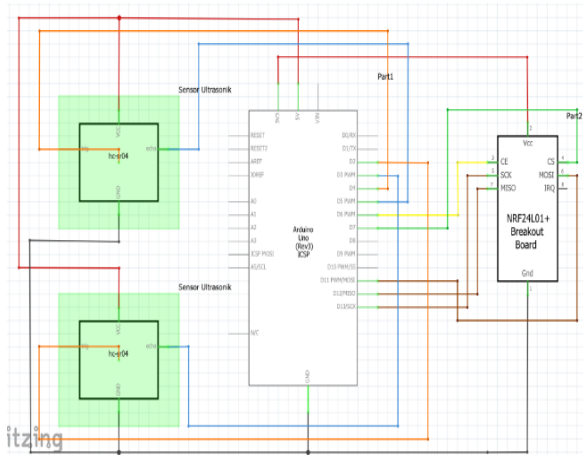
Sedangkan pada Gambar 4 mengenai skematik dari perancangan pada *client* node menggunakan aplikasi Fritzing. Gambar 5 menampilkan blok diagram *sink* node. Dan pada Gambar 6 menampilkan skematik *sink* node.

3.3. Perancangan Perangkat Lunak

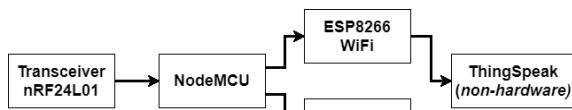
Perancangan perangkat lunak terdiri dari 3 bagian, yaitu perancangan pengalaman pada komunikasi internal, perancangan perangkat lunak pada *client* node, dan perancangan perangkat lunak pada *sink* node.

1. Perancangan Pengalaman Komunikasi Internal

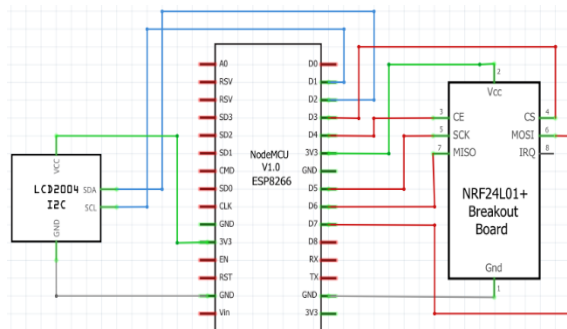
Perutean pada sistem penelitian ini cukup sederhana, yakni berdasarkan pengalaman pada tiap node menggunakan *library* RF24Network, seperti yang terlihat pada Gambar 7.



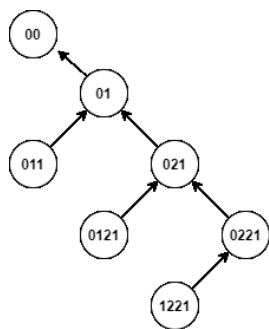
Gambar 4. Skematik Client Node



Gambar 5. Blok Diagram Sink Node



Gambar 6. Skematik Sink Node



Gambar 7. Alur Perutean Komunikasi Internal

Pada perutean sistem penelitian ini, dimulai dari Node Lantai 3_2 (dengan alamat 1221), hanya mengirimkan data ke Node Lantai 3_1 (dengan alamat 0221). Hal ini dikarenakan data yang dikirimkan akan diolah kembali oleh Node Lantai 3_1 dan selanjutnya akan dikirimkan pula oleh Node Lantai 3_1 menuju Sink Node yang memiliki alamat 00 melalui Node Lantai 2_1 (dengan alamat 021) dan Node Lantai 1_1 (dengan alamat 01). Hal yang sama dilakukan oleh Node Lantai 2_2 (dengan alamat 0121), hanya mengirimkan ke Node Lantai

2_1 saja dan Node Lantai 1_2 (dengan alamat 011) hanya mengirimkan data ke Node Lantai 1_1 saja. Bisa disimpulkan bahwasanya Node Lantai 3_1, Node Lantai 2_1, dan Node Lantai 1_1 ialah menjadi gateway dari node anaknya. Serta node dengan level yang lebih tinggi berperan menjadi gateway untuk node yang berperan sebagai gateway di level yang lebih rendah.

Pada komunikasi eksternal mengandalkan ESP8266 untuk terhubung dengan ThingSpeak. Konfigurasi yang dilakukan ialah membutuhkan SSID dan password dari WiFi tersedia, dan API dari ThingSpeak yang diambil dari lama ThingSpeak.

2. Perancangan Perangkat Lunak Client Node

Perancangan perangkat lunak pada sistem ini dibagi menjadi 2, yakni perancangan pada sub-node dan gateway node yang dipaparkan dalam bentuk statechart.

Tabel 1. Penjelasan Statechart pada Sub-node

State	Event	Action			
S0	Serial Begin	E0	Pengecekan komunikasi serial gagal	A0	Cetak keluaran "Serial not working ..."
		E1	Pengecekan komunikasi serial berhasil	A1	Cetak keluaran "Serial for SKRIPSI/Source Code/lantai 3_2" atau "Serial for SKRIPSI /Source Code/lantai 2_2" atau "Serial for SKRIPSI /Source Code/lantai 1_2"
S1	Network Begin	E2	Inisialisasi network gagal	A2	Cetak keluaran "Radio hardware not responding!"
		E3	Inisialisasi network berhasil	A3	Mulai melakukan sensing
S2	Sensing	E4	Pendeteksian objek belum ditemukan oleh sensor	A4	Tetap lakukan sensing berulang
		E5	Pendeteksian objek ditemukan sensor	A5	Lakukan verifikasi objek pada ruang parkir
S3	Verification	E6	Verifikasi berdasarkan nilai dari kedua sensor dan operasikan menggunakan gerbang logika AND	A6	Bersiap mengirimkan data ketersediaan ruang parkir pada node lantai 3_1 atau node lantai 2_1 atau node lantai 1_1 (Node Gateway)
		E7	Data dari node sub-lantai gagal dikirim ke node lantai 3_1 atau node lantai 2_1 atau node lantai 1_1 (Node Gateway)	A7	Cetak keluaran "x_2 -> x_1 = FAILED" dan melakukan pengiriman ulang (x = nomor lantai)
S4	Data Communication	E7	Data dari node sub-lantai gagal dikirim ke node lantai 3_1 atau node lantai 2_1 atau node lantai 1_1 (Node Gateway)	A7	Cetak keluaran "x_2 -> x_1 = Transfer Data Successful" (x = nomor lantai)
		E8	Data dari node sub-lantai berhasil dikirim ke node lantai 3_1 atau node lantai 2_1 atau node lantai 1_1 (Node Gateway)	E8	Cetak keluaran "x_2 -> x_1 = Transfer Data Successful" (x = nomor lantai)

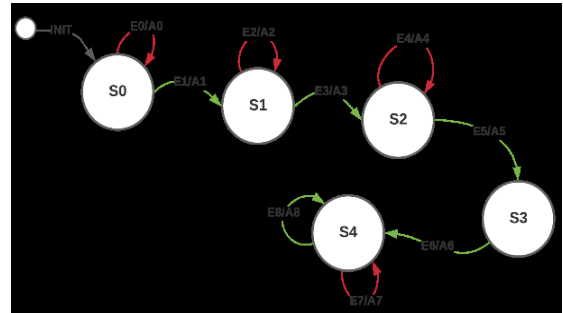
• Perancangan pada *Sub-node*

Berikut perancangan *sub-node* yang didefinisikan dalam bentuk *statechart* tertera pada Gambar 8 dan penjelasannya tertera pada Tabel 1. Pada Tabel 1 menjelaskan mengenai *statechart* dari *sub-node* yang terdapat pada tiap-tiap lantai.

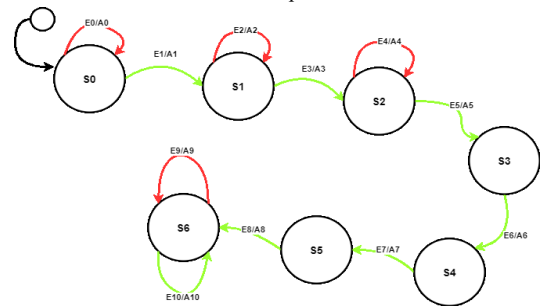
Tabel 2. Penjelasan *Statechart* pada *Gateway-node*

State	Event	Action
S 0	E0	A0
S 0	E1	A1
	E2	A2
S 1	E3	A3
	E4	A4
S 2	E5	A5
	E6	A6
S 3	E7	A7
	E8	A8
S 4	E9	A9
	E10	A10

Berikut perancangan *Gateway node* tertera pada Gambar 9 dan penjelasannya seperti yang tertera pada Tabel 2.



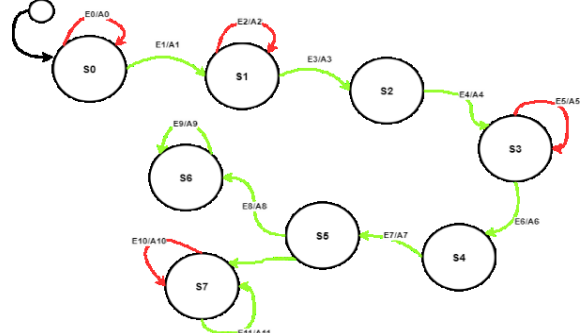
Gambar 8. *Statechart* pada *Sub-node*



Gambar 9. *Statechart* pada *Gateway-node*

3. Perancangan Perangkat Lunak *Sink Node*

Berikut perancangan *sink-node* dalam bentuk *statechart* tertera pada Gambar 10 beserta penjelasannya yang tertera pada Tabel 3.



Gambar 10. *Statechart* pada *Sink-node*

3.4. Implementasi

Implementasi yang dimaksud pada bagian ini terdiri dari implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak, baik pada sisi *client node* maupun *sink node*.



Gambar 11. (a) *Client Node*, (b) *Sink Node*

• Perancangan pada *Gateway Node*

Terlihat pada Gambar 11(a) dan 11(b) merupakan implementasi perangkat keras sesuai

dengan perancangan yang telah ditetapkan. Pada implementasi keseluruhan node diwadahi pada kardus ukuran 25cm x 5cm x 5cm untuk melindungi alat dari kerusakan objek luar.

Tabel 3. Penjelasan Statechart pada Sink-node

State	Event	Action
S0 <i>Serial Begin</i>	E0	Pengecekan komunikasi serial gagal A0 Cetak keluaran "Serial not working ..."
	E1	Pengecekan komunikasi serial berhasil A1 Cetak keluaran "Serial for SKRIPSI /Source Code/sink_node"
S1 <i>nRF24L01 Begin</i>	E2	Inisialisasi nRF24L01 gagal A2 Cetak keluaran "Radio hardware not responding!"
	E3	Inisialisasi nRF24L01 berhasil A3 Mulai melakukan inisialisasi LCD 20x4 I2C Modul Backlight dan LCD menyala
S2 <i>LCD with I2C Module Begin</i>	E4	Inisialisasi LCD dengan modul I2C A4 Terus mencoba terhubung dengan SSID tertera. Selama percobaan mencetak char '.' atau simbol titik.
S3 <i>WiFi Begin</i>	E5	Inisialisasi WiFi dengan ESP8266 gagal A5 Cetak keluaran "This Device has been Connected."
	E6	Inisialisasi WiFi dengan ESP8266 berhasil A6 Bersiap melakukan penerimaan data dari client node
S4 <i>ThingSpeak Begin</i>	E7	Inisialisasi fungsi ThingSpeak A7 - Simpan di variable TotalCount_1, cetak keluaran "Diterima 1_1 = x" (x = data). - Simpan di variable TotalCount_2, cetak keluaran "Diterima 2_1 = x" (x = data). - Simpan di variable TotalCount_3, cetak keluaran "Diterima 3_1 = x" (x = data).
S5 <i>Receiving Data</i>	E8	Berhasil menerima data dari Node Lantai 1_1 atau Node Lantai 2_1 atau Node Lantai 3_1 A8 Pada LCD mencetak keluaran: - "Lantai 1: [Data Ruang Parkir] Slot" - "Lantai 2: [Data
S6 <i>LCD Operation</i>	E9	Menampilkan data atau nilai dari variabel TotalCount_1, TotalCount_2, dan TotalCount_3 A9 Cetak keluaran "Gagal update. HTTP error code [error code]" dan pengiriman ulang dengan jeda interval 15 detik

State	Event	Action
S7 <i>Transmission Data</i>	E10	Nilai pada variabel TotalCount_1, TotalCount_2, dan TotalCount_3 gagal dikirim menuju ThingSpeak A10 Cetak keluaran "Gagal update. HTTP error code [error code]" dan pengiriman ulang dengan jeda interval 15 detik
	E11	Nilai pada variabel TotalCount_1, TotalCount_2, dan TotalCount_3 berhasil dikirim menuju ThingSpeak A11 Data ditampilkan pada ThingSpeak dan Cetak keluaran pada serial monitor "Berhasil update ke thingspeak" "Lantai 1: [data]" "Lantai 2: [data]" "Lantai 3: [data]" Dan bersiap mengirimkan kembali dengan jeda interval 15 detik

Pada implementasi perangkat lunak, kode sumber di-upload pada masing-masing node agar sistem berjalan dengan semestinya. Lalu teruntuk penempatan sensor pada tiap-tiap node, nantinya kedua sensor tersebut ditempatkan dengan posisi dibawah kendaraan dengan deteksi utama ialah ground clearance dari kendaraan. Berikutnya posisi sensor pada slot/ruang parkir berada rentang jarak 2 meter pada ruang/slot parkir yang sama agar fungsi verifikasi berjalan sesuai fungsional. Sensor akan menyatakan terdapat suatu objek jika gelombang ultrasonik mendeteksi objek tersebut dibawah ketinggian 40cm. Angka tersebut didasari oleh rata-rata ground clearance pada kendaraan roda 4 atau mobil. Pada Gambar 12 terlihat penempatan node pada tiap-tiap ruang parkir di salah satu lantai gedung parkir bertingkat Asia Mall Plaza Tasikmalaya. Berikut pula Gambar 13 mengenai penempatan sensor pada salah satu lantai di gedung parkir bertingkat yang terlihat 1 ruang/slot parkir ketika terisi kendaraan roda 4 dan 1 ruang parkir ketika ruang/slot parkir kosong atau tidak terisi dengan objek mobil.



Gambar 12. Penempatan *Client Node*

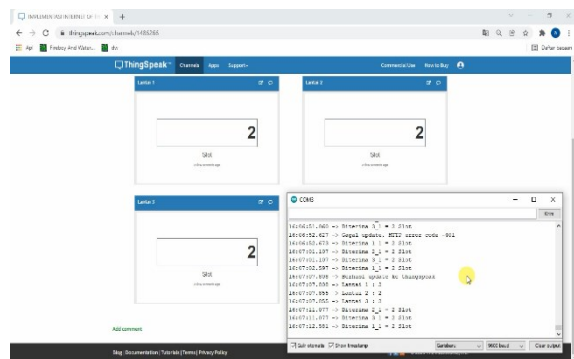


Gambar 13. Objek Mobil Ketika Pengujian

menampilkan informasi melalui LCD 20x4 dan Gambar 15 melalui ThingSpeak sebagai platform IoT yang mana kedua gambar tersebut menampilkan seluruh ruang parkir sedang tersedia.



Gambar 14. Hasil Pengujian melalui LCD 20x4



Gambar 15. Hasil Pengujian melalui Platform IoT ThingSpeak

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Fungsional

Pengujian bertujuan menguji fungsionalitas dari sistem yang dibuat sesuai dengan rekayasa kebutuhan sehingga mampu menyelesaikan permasalahan yang telah didefinisikan dan dapat tercapainya tujuan dari sistem.

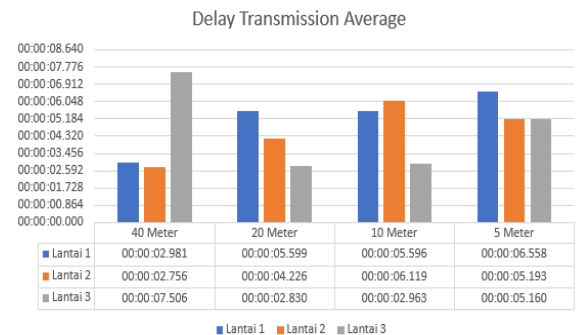
Tabel 4. Hasil Pengujian Fungsional

No	Jenis Pengujian	Kebutuhan Sistem
1	<i>Client Node</i> dapat melakukan pendeteksian dan verifikasi objek pada tiap-tiap ruang/slot parkir.	Valid
2	Dapat melakukan komunikasi data internal antar <i>client node</i> dengan <i>sink node</i> .	Valid
3	Menampilkan informasi melalui LCD 20x4 dengan modul I2C pada <i>sink node</i> .	Valid
4	Menampilkan informasi melalui platform ThingSpeak melalui mekanisme <i>Internet of Things</i> .	Valid

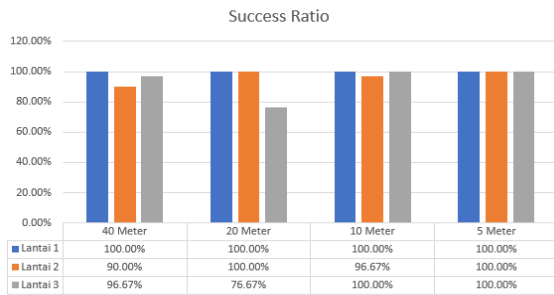
Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa pengujian kebutuhan fungsional yang berhasil dilakukan akan dinyatakan valid pada kolom kebutuhan sistem. Pada pengujian tersebut secara keseluruhan berhasil dilakukan. Berikut gambar 14 hasil pengujian

4.2. Pengujian Kinerja

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem ketika berada pada lingkungan dengan skenario tertentu. Pengujian kinerja yang akan dilakukan dibagi menjadi 3 jenis, yakni pengujian *delay* pengiriman data dan *success delivery ratio* pada komunikasi internal, *success delivery ratio* pengiriman data dari *sink node* menuju ThingSpeak, dan perutean pada komunikasi internal.



Gambar 16. Delay Pengiriman Data pada *Sub-Node*



Gambar 17. *Success delivery ratio* pada *Sub-Node*

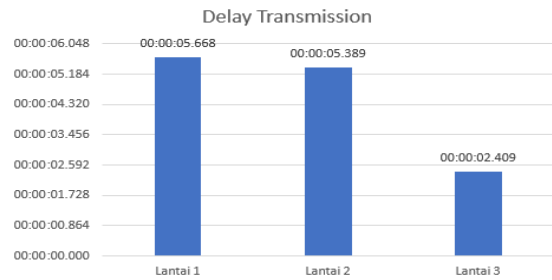
Terlihat pada Gambar 16 *delay* pengiriman data pada masing-masing pengujian dengan skenario jarak 5m, 10m, 20m, dan 40m pada *sub-node* menuju *Gateway Node*. Pada pengujian ini dilakukan komunikasi dengan *directly* atau *singlehop*. Hasil rata-rata tersebut diambil dari sejumlah 30 sample data. Lalu jika diambil *delay* terlama dari tiap-tiap hasil pengujian, maka hasil pengujian pada tiap-tiap skenario jarak berurutan 5m, 10, 20m, dan 40m adalah 06.558 detik, 06.119 detik, 05.599 detik, dan 07.506 detik.

Sedangkan pada Gambar 17 *success delivery ratio* pada masing-masing pengujian dengan skenario jarak 5m, 10m, 20m, dan 40m pada *sub-node* menuju *Gateway Node*. Pada pengujian ini dilakukan komunikasi dengan *directly* atau *singlehop*. Hasil rata-rata tersebut diambil dari sejumlah 30 sample data. Jika pada *success delivery ratio* diambil yang memiliki persentase terkecil pada tiap pengujian dari 5m, 10m, 20m, dan 40m berurutan adalah 100%, 96.67%, 76.67%, dan 90%. Kedua pengujian tersebut dilakukan dengan situasi dan kondisi berbeda-beda baik yang dikendalikan ataupun tidak.

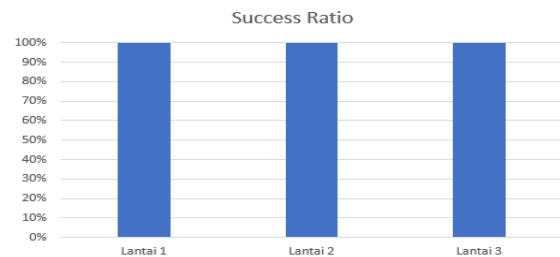
Adapun pada Gambar 18 *delay* pengiriman data dan Gambar 19 *success delivery ratio* pada masing-masing pengujian dengan pengiriman dari *Gateway Node* menuju *Sink Node* dengan mekanisme *multihop*. Hasil rata-rata tersebut diambil dari sejumlah 30 sample data. Hasil pengujian *delay* pengiriman dari lantai 1, lantai 2, dan lantai 3 berturut-turut adalah 05.668 detik, 05.389 detik, dan 02.409 detik. *Success delivery ratio* keseluruhan memiliki persentase 100% baik itu lantai 1, lantai 2, maupun lantai 3.

Selanjutnya hasil pengujian pengiriman data dari *sink node* menuju ThingSpeak dilakukan 2 kali percobaan, yakni selama 19 menit dan 35 menit. Hasil pengujian pertama didapatkan total 76 pengiriman data dari pengujian selama 19 menit. Dari total 76 pengiriman data, 27 aktifitas pengiriman menuju ThingSpeak gagal terkirim. Berdasarkan keterangan tersebut, dapat disimpulkan *success delivery ratio* pada pengujian ini ialah sebesar 64,47%. Sedangkan pada hasil pengujian kedua didapatkan total 131 pengiriman data dari pengujian selama 35 menit. Dari total 131 pengiriman data, 45 aktifitas pengiriman menuju ThingSpeak gagal terkirim. Berdasarkan keterangan

tersebut, dapat disimpulkan *success delivery ratio* pada pengujian ini ialah sebesar 65,65%.



Gambar 18. *Delay* Pengiriman Data pada *Gateway Node*



Gambar 19. *Success delivery ratio* pada *Gateway Node*

Pengujian terakhir ialah pengujian perutean komunikasi internal dengan cara menonaktifkan node lantai 2 dan node lantai 1 yang berperan sebagai *gateway node*. Pada pengujian tersebut, jika node lantai 2 dinonaktifkan, maka komunikasi antara node lantai 3 dan node lantai 2 terputus dengan *sink node*. Jika node lantai 1 yang dinonaktifkan, maka komunikasi keseluruhan akan terputus. Hal ini membuktikan perutean telah benar karena menggunakan topologi *tree*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan, implementasi dan pengujian sistem maka diperoleh kesimpulan pada komunikasi data menggunakan modul transceiver nRF24L01 di gedung parkir bertingkat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu komunikasi internal dan komunikasi eksternal. Komunikasi internal pada sistem menggunakan modul *transceiver* nRF24L01. Pada *sub-node* (Node Lantai 3_2, Node Lantai 2_2, dan Node Lantai 1_2) akan mengirimkan ke masing-masing *gateway node* (Node Lantai 3_1, Node Lantai 2_1, dan Node Lantai 1_1) pada tiap lantai. Lalu pada sisi *gateway node* baru akan mengirimkan langsung menuju *sink node* dengan mekanisme *multihop*. Selanjutnya pada sisi *Sink Node* akan menampilkan data pada LCD 20x4 dan mengirimkan data menuju ThingSpeak agar ditampilkan. Pengiriman menuju ThingSpeak menggunakan koneksi internet. Mekanisme pendeteksian dilakukan dengan 2 sensor ultrasonik HC-SR04 pada tiap slot/ruang parkir, sekaligus melakukan verifikasi untuk menentukan apakah objek tersebut sesuai yang diharapkan (kendaraan roda empat/mobil). Pada hasil implementasi pengujian fungsional terkait pendeteksian dan

verifikasi objek pada tiap-tiap ruang parkir berhasil dengan persentase 100%. Pengujian komunikasi internal juga menghasilkan persentase rasio keberhasilan pengiriman sebesar 100% dengan *delay* pengiriman rata-rata kurang dari 6 detik. Begitu pula dengan menampilkan informasi melalui LCD 20x4 dan ThingSpeak, dapat dilakukan secara *real-time*. Pada jarak pengujian 40 meter persentase terendah *success delivery ratio* dihasilkan lantai 2 sebesar 90% dan *delay* pengiriman terlama dihasilkan oleh lantai 3 selama 07,506 detik. Pada jarak pengujian 20 meter persentase terendah *success delivery ratio* dihasilkan lantai 3 sebesar 76,67% dan *delay* pengiriman terlama dihasilkan oleh lantai 1 selama 05,599 detik. Pada jarak pengujian 10 meter persentase terendah *success delivery ratio* dihasilkan lantai 2 sebesar 96,67% dan *delay* pengiriman terlama dihasilkan oleh lantai 2 selama 06,199 detik. Pada jarak pengujian 5 meter persentase *success delivery ratio* secara keseluruhan 100% dan *delay* pengiriman terlama dihasilkan oleh lantai 1 selama 06,558 detik. Lalu pengiriman *gateway node* dengan pengiriman antar lantai dengan jarak 2,1 meter menghasilkan nilai *delay* pengiriman terlama pada lantai 1 selama 05,668 detik dan *success delivery ratio* keseluruhan lantai menghasilkan persentase 100%. Lalu dari dua kali pengujian perihal pengiriman data dari *Sink Node* menuju ThingSpeak memiliki rasio keberhasilan sebesar 64,47% dan 65,65%. Kemudian, pada pengujian perutean dinyatakan berhasil sesuai dengan pengalaman yang ada.

Beberapa saran untuk diperhatikan lebih lanjut pada penelitian yang berhubungan selanjutnya yaitu adanya akumulasi pengunjung parkir dalam rentang waktu tertentu dan penggunaan database untuk menjaga data tetap utuh. Implementasi yang sebenarnya diharuskan sensor ditanam pada struktur bangunan, tidak hanya diletakkan begitu saja. Hal ini ditinjau dari segi keamanan alat dan kendaraan itu sendiri. Pada penelitian selanjutnya, dapat digunakan mikrokontroler dengan port dan pin yang lebih banyak agar dapat integrasi banyak sensor pada 1 mikrokontroler. Dan penggunaan sumber daya yang terhubung langsung dengan instalasi listrik pada bangunan tersebut menggunakan adaptor arus AC. Pertimbangannya adalah tentu untuk menjaga agar alat tetap aktif dan kemampuan dari komunikasi data menggunakan NRF24L01 dan ESP8266 dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- ANIPINDI, K. 2014. An Introduction to ThingSpeak. [online]. Tersedia di: <<https://www.codeproject.com/Articles/845538/An-Introduction-to-ThingSpeak>> Diakses 26 Agustus 2021
- Badan Pusat Statistik. 2018. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2016-2018. [online]. Tersedia di: <<https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html>> [Diakses 29 Januari 2021].
- BELL, C. 2013. Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi: Apress.
- DANISIA, L., PANGARIBUAN, P. & WIBAWA, I.P.D. 2017. Prototipe Monitoring Area Parkiran Otomatis Menggunakan Wireless Local Area Network. eProceedings of Engineering IV (3), p.3224.
- ALASIRY, A.H., SURYAWATI, E., SATRIYANTO, E. & RIZALANI, R. 2009. Desain dan Implementasi Jejaring Sensor Nirkabel Infra Merah untuk Sistem Informasi Parkir Gedung Bertingkat. Surabaya: Jurusan Elektronika, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- ICHWANA, D., AISUWARYA, R., ARDOPA, S. & PURNAMA, I. 2018. Sistem Cerdas Reservasi dan Pemantauan Parkir pada Lokasi Kampus Berbasis Konsep Internet of Things. Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer VI (2), pp.57-63.
- Last Minute Engineers. 2021. How nRF24L01+ Wireless Module Works & Interface with Arduino. Diakses February 25, 2021. <https://lastminuteengineers.com/nrf24l01-arduino-wireless-communication/>.
- LIMANTARA, A.D., PURNOMO, Y.C.S. & MUDJANARKO, S.W. 2017. "Pemodelan Sistem Pelacakan Lot Parkir Kosong Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Internet of Things (IoT) Pada Lahan Parkir Diluar Jalan." Prosiding Semnastek.
- PARIHAR, Y.S. 2019. "Internet of Things and Nodemcu." Journal of Emerging Technologies and Innovative Research 6 (6): 1085.
- SHOBRINA, U.J., PRIMANANDA, R., & MAULANA, R. 2018. "Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF24L01, Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network." Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer II (4): 1510-1517.
- THAMRIN, M., & WIYATI, R. 2014. "Analisis Kelayakan Penambahan Gedung Parkir Mall Pekanbaru." PEKBIS (Jurnal Pendidikan Ekonomi Dan Bisnis) 6 (2): 116-126.