

Komunikasi Cahaya Tampak untuk Model Sistem Pintu Otomatis berbasis *Internet of Things*

YUS NATALI*, NURWAN REZA FAHRUROZI, ADE NURHAYATI, MUHAMMAD RIZKY, MUHAMMAD NABIL ABDULLAH, MOSES MARGANDA, MUHAMMAD ROIHAN, ALVA NURVINA S, PIETRA DORAND, SUYATNO

Universitas Telkom, Jakarta, Indonesia
Email: yusnatali@telkomuniversity.ac.id

Received 30 Agustus 2024 | *Revised* 13 September 2024 | *Accepted* 30 Oktober 2024

ABSTRAK

Komunikasi cahaya tampak (Visible Light Communication) merupakan solusi untuk komunikasi berkecepatan tinggi pada sistem berbasis Internet of Things. Model pintu otomatis berbasis IoT menggunakan komunikasi cahaya tampak berhasil dibuat untuk keamanan rumah. Komunikasi tersebut dengan panjang gelombang 650 nm berwarna merah diujicobakan untuk jarak 20 cm. Penerima fotodiode mengaktifkan motor servo untuk membuka pintu dengan maksimal sudut rotasi 120 derajat. Ada enam macam kondisi pintu terbuka yang ditampilkan di LCD dan dikirimkan melalui internet ke website. Secara keseluruhan sistem berjalan dengan baik. Komunikasi cahaya tampak juga diujicobakan sebagai sinyal pembawa dengan mendeteksi tegangan yang dikirimkan oleh laser di fotodiode. Berdasarkan uji coba didapatkan data yang dikirimkan dapat diterima dengan baik, walaupun perubahan tegangan turun sampai dengan 1.5% di fotodiode.

Kata kunci: komunikasi cahaya tampak (Visible Light Communication), Internet of Things, pintu otomatis, keamanan, sinyal pembawa

ABSTRACT

Visible Light Communication (VLC) is a solution for high-speed communication that can be utilized for Internet of Things (IoT) systems. An automatic door model based on IoT using VLC has been successfully assembled for user security at home. This communication, with a wavelength of 650 nm in red light, was tested for 20 cm. The photodiode receiver activates the servo motor to open the door with a maximum rotation angle of 120 degrees. The open door process consists of 6 different conditions displayed on the LCD and transmitted via the internet to the website. In a comprehensive evaluation, the system operates optimally. In addition, VLC was also tested as a carrier signal to examine the voltage sent by the laser. Based on the experiment, the data sent can still be received well, even though there is a voltage change up to 1.5% at the photodiode receiver.

Keywords: Visible Light Communications (VLC), Internet of Things, automatic door, security, carrier signal

1. PENDAHULUAN

Saat ini kebutuhan akan otomatisasi perangkat untuk memenuhi aktivitas manusia menjadi sebuah kebutuhan tersendiri. Salah satu hal yang dibutuhkan adalah otomatisasi pintu untuk keperluan keamanan bangunan (**Sauter & Treytl, 2023**). Berbagai tempat, seperti gedung publik, kendaraan, dan rumah pintar, telah mengadopsi pintu otomatis untuk menawarkan kenyamanan, aksesibilitas, keamanan, dan efisiensi energi (**Hwang, dkk, 2020**) (**Said, dkk, 2020**). Otomatisasi ini dibutuhkan karena kadang kala dengan sejumlah aktivitasnya, seseorang lupa untuk menutup pintu.

Keamanan pintu merupakan aspek penting dalam keselamatan rumah dan bangunan, karena dapat mencegah atau menurunkan risiko masuknya orang yang tidak diinginkan, pencurian, vandalisme, atau kekerasan (**Habib & Said Mahmud, 2022**). Berbagai metode dan alat yang digunakan untuk menghentikan masuknya orang yang tidak berwenang, perampokan, atau kejahatan lain yang melibatkan pintu menjadi sistem keamanan pintu (**Hassija, dkk, 2019**). Keamanan pintu diawali dengan proses buka tutup pintu secara otomatis.

Salah satu solusi untuk mengatasi keamanan bangunan terkait penggunaan pintu adalah dengan menerapkan otomatisasi pintu yang dapat dikontrol baik secara dekat ataupun jauh. Kondisi ini memungkinkan dengan menerapkan pintu otomatis yang dapat diatur dengan menggunakan IoT (*Internet of Things*). Teknologi IoT merupakan teknologi masa depan (**Shafique, dkk, 2020**) yang dapat dimanfaatkan untuk membuat perangkat menjadi pintar, IoT untuk lampu pintar (**Suyatno, dkk, 2023**), peralatan rumah tangga pintar (**Hwang dkk, 2020**), rumah pintar, kota pintar (**Alsamhi, dkk, 2019**), dan lain sebagainya (**Adella, dkk, 2020**). Otomatisasi pintu diatur kondisi menyala dan matinya melalui internet dengan perangkat telepon pintar atau laptop. Penggunaan teknologi IoT untuk otomatisasi pintu dapat dilakukan untuk jarak jauh dan dekat.

Sejumlah penelitian telah membahas terkait sistem otomatisasi keamanan pintu. Mekanisme sistem otomatisasi *sliding door* di bahas (**Habib & Said Mahmud, 2022**) untuk dianalisis cara kerjanya, namun tidak membahas cara pembuatannya atau pemodelannya. Penelitian (**Adella,, dkk, 2020**) membahas rancang bangun pintu otomatis dengan menggunakan IoT dan sensor ultrasonik. Pintu yang dapat terbuka dan tertutup secara otomatis dengan menggunakan sensor ultrasonik yang terhubung dengan Arduino dibahas (**Susilo dkk, 2023**). Penelitian ini membahas perancangan dan pembangunan pintu geser otomatis yang menggunakan sistem Arduino dan sensor ultrasonik sebagai alat deteksi jarak tanpa kontak fisik. Sejumlah penelitian masih memanfaatkan sensor ultrasonik untuk buka tutup pintu secara otomatis. Penelitian (**McCarthy dkk, 2021**) membahas otomatisasi pintu untuk keluar masuk penumpang kendaraan umum. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *infrared* dan jaringan internet WiFi (*wireless fidelity*). Akurasi perhitungan mencapai 70% untuk jumlah penumpang. Aplikasi IoT saat ini dan yang akan datang sangat menjanjikan untuk meningkatkan tingkat kenyamanan, efisiensi, dan otomatisasi bagi pengguna (**Hassija, dkk, 2019**). Survei dilakukan dalam penelitian (**Hassija, dkk, 2019**) untuk dapat menerapkan cara yang terus berkembang dengan keamanan, privasi, dan otentikasi. Penelitian menggunakan cahaya tampak juga dilakukan untuk pintu otomatis kandang ayam (**Gandhimathi, dkk, 2024**). Hal ini ditujukan agar binatang ternak ayam aman dan sehat. Kondisi pintu kandang ayam tersebut akan terbuka dan tertutup berdasarkan panjang gelombang cahaya tampak.

Teknologi cahaya tampak (*Visible light communication*) memiliki panjang gelombang 380 nm to 750 nm (**Khan, 2017**), sementara standar ITU-T menetapkan 380 nm to 780 nm (**ITU-T Telecommunication Standardization, 2021**). Komunikasi cahaya tampak menyediakan

komunikasi berlatensi rendah, bandwidth yang lebar dan proses instalasi yang mudah. Penggunaan komunikasi cahaya menjadi solusi untuk mengatasi masalah dalam komunikasi radio seperti interferensi sinyal, bandwidth yang terbatas, dan perangkat yang sensitif terhadap gelombang elektromagnetik. Kelebihan dari komunikasi cahaya ini dapat dimanfaatkan untuk keamanan dan diaplikasikan untuk sistem IoT. Penelitian **(Darlis, dkk, 2024)** membahas implementasi VLC bagi penyandang tuna netra, tetapi belum mengintegrasikannya dengan IoT. Pengujian komunikasi cahaya tampak juga diujicobakan **(Hou, dkk, 2024)** dan diperoleh hasil bahwa untuk pergerakan yang semakin cepat maka komunikasi cahaya tampak akan memiliki bit error rate yang semakin besar. Penelitian **(Hoon Yoon, dkk, 2020)** memanfaatkan VLC pada IoT dan AI untuk keamanan rumah, namun penelitian ini sangat tergantung dari kemampuan kamera dalam transmisi sinyalnya. Penelitian **(Perwita, dkk, 2018)** membahas pemanfaatan VLC untuk rolling door, namun kekuatan menggerakkan pintu sangat tergantung dari motor untuk menggerakkannya.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian mengenai cahaya tampak yang dimanfaatkan untuk implementasi IoT masih terbatas untuk peralatan rumah tangga, dan kunci rumah. Artikel ini membahas mekanisme pemanfaatan komunikasi cahaya tampak untuk pintu otomatis yang berbasis IoT dan RFID yang dapat dikontrol dari jauh maupun dari dekat. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemodelan sistem dapat berhasil dan dilakukan juga pengujian untuk komunikasi cahaya tampak sebagai sinyal pembawa. Sistem yang dimodelkan berupa pintu otomatis berbasis IoT dengan memanfaatkan komunikasi cahaya dapat digunakan untuk buka dan tutup pintu secara otomatis. Secara umum otomatisasi pintu bertujuan untuk keamanan, kenyamanan dan efisiensi. Penggunaan komunikasi cahaya tampak ditujukan keamanan dan efisiensi ketika pemilik rumah berada jauh dari rumah dan ada tamu yang perlu masuk ke rumah, sementara RFID digunakan bagi orang-orang yang dapat masuk ke rumah dengan menggunakan kartu RFID. Kedua mekanisme ini akan membuat pemilik rumah lebih nyaman karena dapat mengakses pintu dalam jarak dekat maupun jauh. Pembuktian bahwa komunikasi cahaya berhasil dilakukan juga dibahas lebih detail dalam hal fungsinya sebagai sinyal pembawa.

2. METODE PEMODELAN PINTU OTOMATIS BERBASIS IOT

Secara umum sistem otomatisasi pintu dengan komunikasi cahaya melalui tahapan berikut:

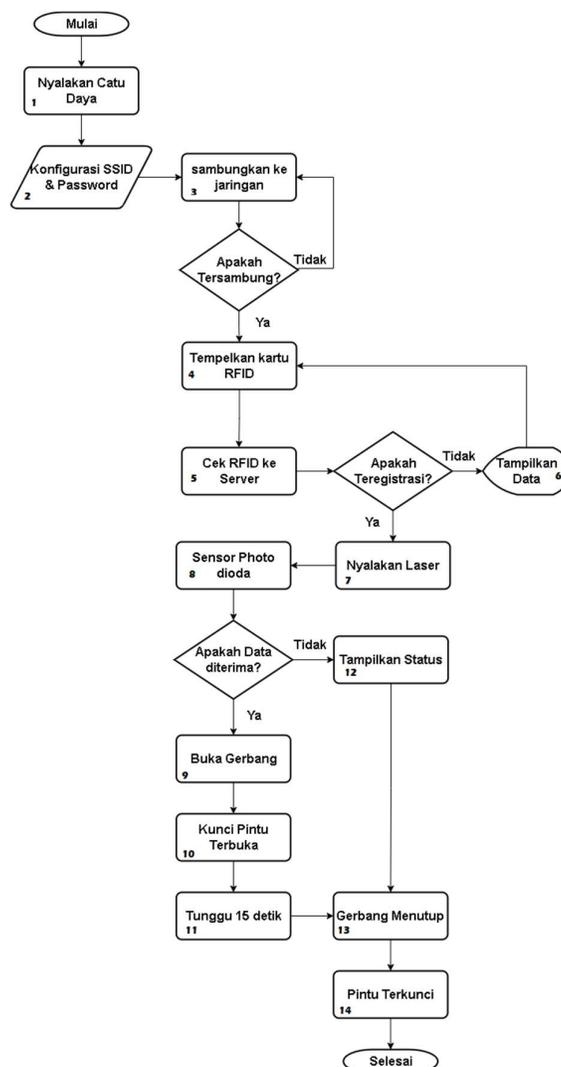


Gambar 1. Sistem Otomatisasi Pintu

Gambar 1 menunjukkan bahwa mekanisme sistem otomatisasi pintu berbasis IoT akan dapat dilakukan melalui empat tahapan secara umum. Mekanisme tersebut akan dibahas detail melalui tahapan kerja sistem dan konfigurasi sistem.

2.1 Tahapan Kerja Sistem Otomatisasi Pintu

Tahapan yang dilakukan untuk membuat sistem otomatisasi pintu berbasis IoT dengan menggunakan komunikasi cahaya ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Sistem Otomatisasi Pintu

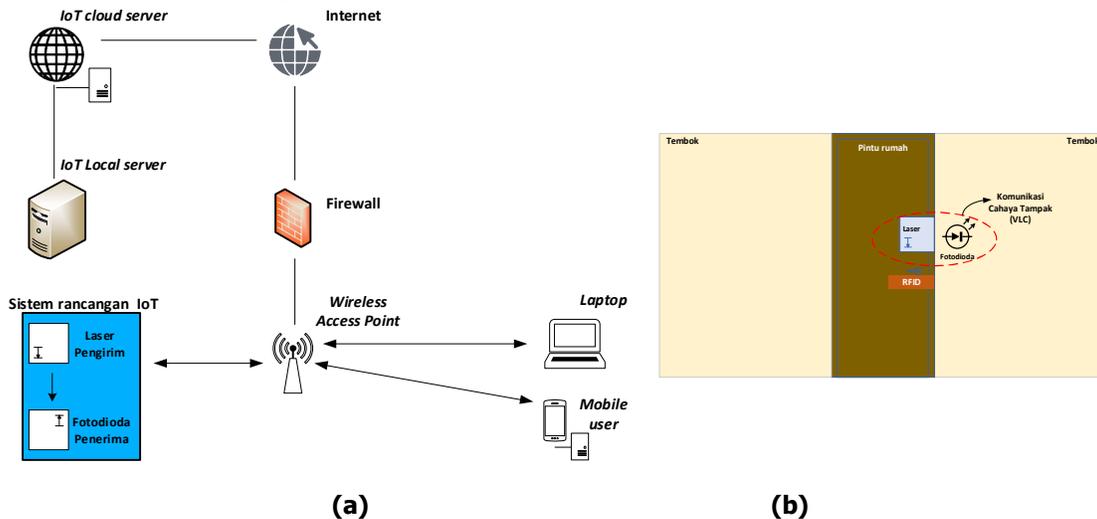
Penjelasan dari cara kerja sistem pemodelan pintu otomatis adalah sebagai berikut:

1. Hal yang pertama perlu dipastikan adalah sistem otomatisasi pintu sudah dicatu daya sehingga sistem dalam kondisi menyala.
2. Pengaturan jaringan sistem otomatisasi pintu melalui pengaturan SSID (Service Set Identifier) dan kata kunci
3. Interkoneksi sistem otomatisasi pintu dengan jaringan internet melalui akses poin Wireless Fidelity (Wifi)
4. Apabila jaringan sudah terkoneksi, maka pengecekan kartu RFID yang sudah diaktivasi di dalam sistem otomatisasi pintu. Hal ini bisa dilakukan dengan menempelkan kartu RFID pada sistem.
5. Kartu yang diproses akan dicek datanya di dalam server.
6. Apabila kartu RFID belum terregistrasi maka akan dimunculkan di layar bahwa kartu tidak dikenali
7. Apabila kartu RFID sudah terregistrasi maka komunikasi cahaya laser akan teraktivasi dan mengirimkan cahaya ke photodiode penerima.
8. Penerima fotodiode sudah menerima sinyal dan akan membuka kunci pintu.
9. Selanjutnya pintu gerbang otomatis terbuka.

10. Pintu terbuka.
11. Alokasi waktu pintu terbuka selama 15 detik
12. Apabila fotodiode tidak menerima sinyal dari pengirim cahaya maka akan dimunculkan di tampilan
13. Setelah 15 detik maka pintu otomatis akan tertutup
14. Selanjutnya secara otomatis maka pintu juga akan terkunci

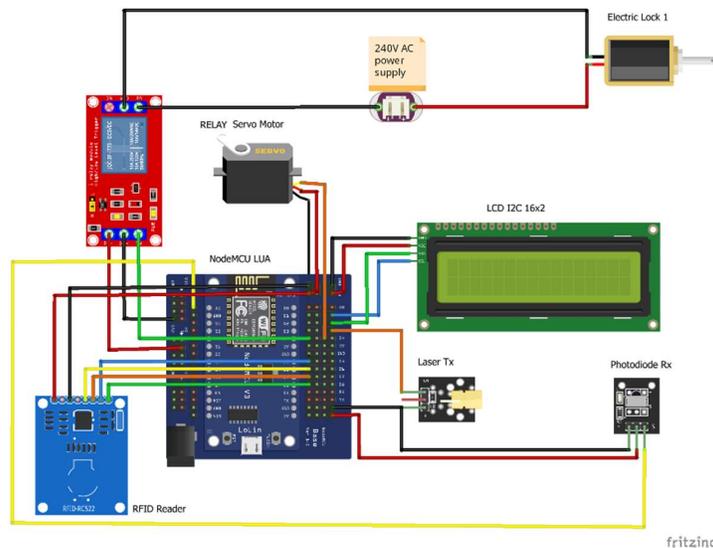
2.2 Konfigurasi Sistem Otomatisasi Pintu Berbasis IoT

Sistem yang dirancang untuk otomatisasi pintu berdasarkan IoT dengan menggunakan komunikasi cahaya sebagai komunikasi buka tutup pintu ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Sistem Pintu Otomatis, (a) Konfigurasi Jaringan, (b) Pemasangan VLC dan RFID pada Pintu

Gambar 3a. menunjukkan konfigurasi jaringan dari Pemodelan Pintu otomatis (gate=gerbang), dimana perangkat terhubung jaringan internet menggunakan Access Point (AP) untuk mengirimkan data dari sensor RFID ke server cloud IoT dan menerima data dari server cloud IoT. Kartu RFID yang dapat digunakan untuk membuka atau menutup pintu gerbang harus teregistrasi pada server cloud IoT. Untuk meregistrasi kartu RFID dapat dilakukan melalui halaman web yang dapat diakses melalui komputer, Laptop maupun smartphone. Teknik ini lebih baik karena dapat meregistrasi ratusan bahkan ribuan kartu RFID, jika dibandingkan dengan meregistrasi kartu RFID pada memori yang ada di microcontroller. Dengan aplikasi web maka kegiatan akses masuk dan keluar dapat dipantau dari manapun kapanpun melalui laptop maupun smartphone. Informasi yang dapat diakses melalui hp adalah data RFID yang teregistrasi, melakukan registrasi, menonaktifkan kartu RFID untuk menolak akses masuk dan aktivitas keluar masuk melalui pintu juga dapat dipantau, termasuk siapa yang menggunakan kartu RFID nya. Gambar 3b. menunjukkan pintu yang terpasang RFID dan peralatan untuk komunikasi cahaya tampak. Pintu rumah dipasang RFID untuk otomatisasi pintu secara dekat untuk keamanan dan kenyamanan. Penggunaan RFID juga akan mengaktifkan laser untuk membuka pintu. Efisiensi dan keamanan pintu dilakukan jarak jauh dengan menggunakan komunikasi cahaya tampak yang dapat diaktifkan dari jarak jauh.



Gambar 4. Skematik Rangkaian Sistem Pintu Otomatis secara Rinci

Gambar 4 menunjukkan sistem pintu otomatis yang dibuat dalam skematik rangkaian dengan menggunakan software Fritzing. Rincian mengenai peralatan yang digunakan, ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kebutuhan Komponen untuk Sistem Pintu Otomatis

Komponen	Deskripsi
Modul	Node MCU ESP8266
Sensor RFID	MFRC-RC522
Laser sensor	1PCS/6PCS KY-008 650nm
Fotodiode	1PCS/6PCS KY-008 650nm
Tampilan Layar	LCD 16x2
Board	<i>expansion board</i> nodemcu
Daya	220 V _{Ac}

Semua komponen tersebut di Tabel 1 dihubungkan dengan menggunakan expansion board nodemcu untuk dirangkai dan menjadi kesatuan sistem pintu otomatis. Sementara cara kerja rangkaian tersebut yaitu:

1. Nodemcu terhubung jaringan internet menggunakan Wifi/AP
2. Sensor RFID membaca kartu RFID, data hasil pembacaan RFID ditampilkan di LCD dan dikirimkan ke server cloud
3. Server cloud melakukan pengecekan data, jika kartu RFID teregistrasi server mengirimkan respon ke perangkat (nodemcu) bahwa kartu RFID teregistrasi, kemudian perangkat akan menyalakan pemancar laser.
4. Jika data RFID tidak terdaftar, maka server akan menginformasikan ke nodemcu, sehingga perangkat tidak menyalakan pemancar laser.
5. Perangkat penerima dalam hal ini photo diode, jika menerima cahaya laser dari pemancar, maka nodemcu akan merespon dengan menggerakkan motor servo atau gate untuk membuka gerbang, atau mengaktifkan relay untuk meng-unlock electric lock dengan solenoid.
6. Ketika perangkat penerima tidak menerima cahaya laser dari pengirim, maka perangkat tidak menggerakkan motor servo untuk membuka pintu/gerbang, dan relay tidak aktif atau solenoid tetap terkunci.

7. Pengendalian jarak jauh dilakukan dengan mengaktifkan laser melalui internet di aplikasi, selanjutnya laser akan mengirimkan cahaya ke fotodiode dan selanjutnya pintu terbuka.

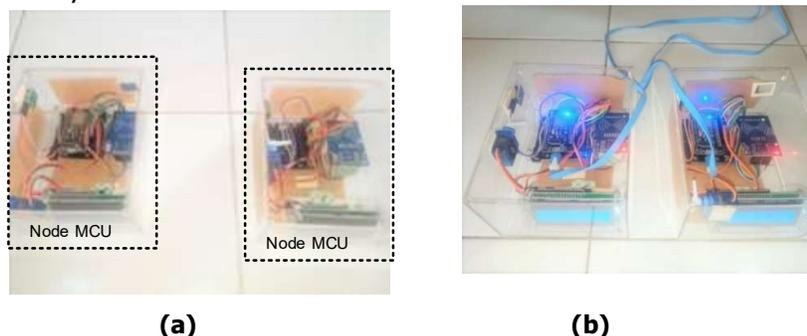
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas pengujian dan hasilnya pada sistem pintu otomatis. Ada 5 hal yang perlu diujicobakan untuk agar sistem pintu otomatis dapat bekerja dengan baik yaitu pengujian catu daya dan interkoneksi jaringan internet, sensor cahaya, pengiriman data, dan relay (motor servo).

3.1 Catu Daya dan Interkoneksi Internet

Sistem yang dirancang perlu dipastikan diawal bahwa semua komponen dan modulnya berfungsi. Tahapan ini dilakukan dengan menguji catu daya yang menghubungkan sistem dengan sumber listrik. Komponen yang paling utama dalam perancangan sistem pintu otomatis adalah Node MCU yang mengendalikan setiap modul maupun komponen yang terkoneksi dalam sistem tersebut. Node MCU dapat berfungsi sebagai transceiver, namun dalam sistem pintu otomatis yang dirancang hanya dibuat agar berfungsi sebagai pengirim saja atau penerima. Sistem yang dirancang pada Gambar 5 menunjukkan bahwa sistem menggunakan komunikasi simpleks dengan memanfaatkan komunikasi cahaya laser sebagai pengirim dan fotodiode sebagai penerima. Gambar 5 a. Menunjukkan Node MCU sedang dalam kondisi mati, sedangkan Gambar 5b. Menunjukkan Node MCU yang sedang aktif (*on*). Pengujian ini hanya untuk memastikan bahwa semua komponen khususnya node MCU pada desain sistem pintu otomatis berbasis IoT sudah terkoneksi dengan catu daya.

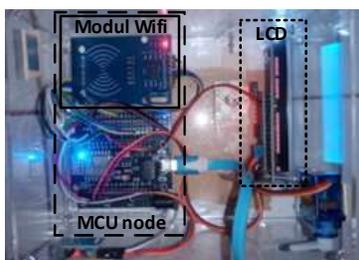
Node MCU dapat berfungsi sebagai transceiver, namun dalam sistem pintu otomatis yang dirancang hanya dibuat agar berfungsi sebagai pengirim saja atau penerima. Sistem yang dirancang menggunakan komunikasi simpleks dengan memanfaatkan komunikasi cahaya laser. Gambar 5 a. Menunjukkan Node MCU sedang dalam kondisi mati, sedangkan Gambar 5b. Menunjukkan Node MCU yang sedang aktif (*on*). Pengujian ini hanya untuk memastikan bahwa komponen utama dari desain sistem pintu otomatis berbasis IoT sudah terkoneksi dengan catu daya.



Gambar 5. Pengujian Sistem Rancangan IoT, (a) Node MCU dalam kondisi mati (*off*), (b) Node MCU dan laser dalam kondisi menyala (*on*)

Sistem pintu otomatis berbasis IoT dilakukan dengan pengujian interkoneksi internet melalui modul Wifi di NodeMCU microcontroller unit yang dilengkapi dengan tipe module Wifi esp8266. Modul ini yang dapat menghubungkan sistem dengan jaringan internet melalui *wireless access point*. Pengujian internet di node MCU secara catu daya, terlihat dari lampu indikator di modul

wifi yang menyala (berwarna merah) seperti ditunjukkan oleh Gambar 6. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berhasil terkoneksi.



Gambar 6. Pengujian interkoneksi internet

3.2 Sensor RFID

Sensor *Radio Frequency Identification* (RFID) digunakan untuk membaca kartu RFID dan mengaktifkan komunikasi cahaya dengan menggunakan kartu RFID yang sudah disimpan di local cloud sistem. Pembacaan ini dilakukan dengan menggunakan modul RFID reader MFRC522 untuk komunikasi tanpa kontak pada frekuensi 13.56 MHz. Pengujian yang ditunjukkan oleh hasil pengujian kartu RFID pada Tabel 2 dilakukan untuk menunjukkan bahwa informasi kartu RFID yang sudah disimpan di *local cloud* akan mengaktifkan komunikasi cahaya. Pengecekan kartu tersebut dilakukan dengan mengirimkan informasi kartu RFID ke server untuk dilakukan pengecekan pada data.

Sensor RFID ini yang akan mengaktifkan komunikasi cahaya untuk selanjutnya melakukan buka pintu secara otomatis. Modul komunikasi cahaya dalam sistem berupa sumber cahaya tampak mata yaitu Laser berwarna merah dan penerima cahaya berupa fotodiode. Laser berfungsi sebagai pengirim yang diaktifkan melalui kerja sensor RFID. Jika RFID yang terbaca terdaftar pada database server, maka kartu RFID tersebut dapat mengaktifkan atau menyalakan Laser (Laser ON), dalam hal ini kartu RFID no 4 yang teregistrasi. Sedangkan kartu 1,2, dan 3 tidak teregistrasi sehingga tidak dapat menyalakan Laser. Sinyal Laser berfungsi sebagai Pemancar (Tx), yang akan diterima oleh komunikasi fotodiode yang berfungsi sebagai Penerima (Rx). Ketika fotodiode menerima sinyal Laser, maka NodeMCU akan menggerakkan motor servo untuk membuka pintu atau gerbang. Berikut ini adalah data hasil pengujian pembacaan data dengan sensor RFID pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembacaan tag RFID dengan RFID reader

No	Data RFID	RFID Terbaca	Keterangan
1.	D390251C	D390251C	Kartu terbaca dan Laser mati (<i>off</i>)
2.	F5A07C2E	F5A07C2E	Kartu terbaca dan Laser mati (<i>off</i>)
3.	8A1CE70E	8A1CE70E	Kartu terbaca dan Laser mati (<i>off</i>)
4.	E8CD5C0D	E8CD5C0D	Kartu terbaca dan Laser menyala (<i>on</i>)

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa tidak semua Kartu RFID yang dibaca dapat menyalakan Laser, karena sistem dirancang dan diprogram hanya untuk memproses kartu RFID yang teregistrasi pada *database local server* untuk selanjutnya mengaktifkan Laser untuk mengirimkan pesan ke photo diode yang kemudian menggerakkan pintu untuk membuka.

3.3 Komunikasi Cahaya Tampak

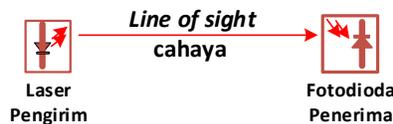
Pengujian komunikasi cahaya dilakukan untuk menguji komunikasi laser dengan fotodiode yaitu tegangan yang diterima oleh fotodiode. Secara umum komunikasi cahaya bekerja secara

simpleks (satu arah) dimana sumber cahaya dalam hal ini Laser, yang berfungsi sebagai pengirim (Tx, *transmitter*) dan fotodiode berfungsi sebagai penerima (Rx, *receiver*). Pengujian pada fotodiode dilakukan dengan perlakuan dua kondisi yaitu saat Laser-Tx OFF atau 0 Volt dan saat Laser – Tx ON dengan tegangan keluaran dari Laser sebesar 5 Volt. Saat pengujian jarak laser dengan fotodiode sejauh 20 cm untuk pengujian pembukaan pintu otomatis. Pangujian yang dilakukan menghasilkan nilai pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Tegangan ukur Laser dan fotodiode

No	Laser – Tx (Volt)	Fotodiode – Rx (Volt)	Keterangan	Dinyatakan dalam Bit data
1.	0	0	Laser OFF	0
2.	5	4.9804	Laser ON	1
3.	5	4.9902	Laser ON	1
4.	5	4.9853	Laser ON	1
5.	5	4.9756	Laser ON	1
6.	5	4.9951	Laser ON	1

Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan yang dihasilkan oleh laser sebesar 5 volt yang akan mengaktifkan fotodiode di penerima. Namun tegangan fotodiode dapat berubah-ubah karena dipengaruhi oleh kondisi di sekitar laser dan fotodiode. Rata-rata tegangan yang diterima oleh fotodiode sebesar 4.98532 volt dan tegangan yang hilang sebesar 0.2936%. Hal ini menunjukkan bahwa komunikasi cahaya dapat berfungsi dengan baik dan nilai tegangan yang hilang masih dapat ditolerir. Jarak jangkauan laser dan fotodiode untuk mentransmisikan cahaya sejauh 20 cm. Nilai ini digunakan sebagai jarak antara pengirim laser dan penerima fotodiode.



Gambar 7. Komunikasi cahaya secara titik ke titik

Pengujian komunikasi cahaya tampak dengan topologi titik ke titik seperti standar **(ITU-T G.9991, 2019)** bahwa sumber cahaya Laser sebagai Domain Master dan Fotodiode sebagai End Node pada Domain A (380 nm-780 nm). Gambar 7 menunjukkan bahwa pada saat uji coba komunikasi cahaya yaitu laser pengirim dan fotodiode penerima saling berkomunikasi tanpa penghalang (*line of sight*). Kondisi ini adalah yang terbaik tanpa adanya pantulan atau pembiasan cahaya. Saat ujicoba dilakukan di dalam ruangan dimana kondisi ini dimisalkan sebagai kondisi di ruang bebas (*free space*). Apabila kecepatan cahaya dihitung dengan rumus kecepatan gelombang **(A.Saleh, Bahaa; Carl Teich, 1994)** yaitu

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1)$$

Panjang gelombang dinyatakan dengan λ , c kecepatan gelombang cahaya dan f adalah frekuensi. Cahaya merambat melalui udara dengan indeks bias bernilai 1 dan kecepatan cahaya sebesar 3×10^8 m/detik. Cahaya merambat dalam satu jalur datar, sehingga apabila cahaya merambat dengan kecepatan di ruang bebas maka didapatkan untuk panjang gelombang 650 nm dengan jarak komunikasi optik sejauh 20 cm maka waktu tempuh yang diperlukan sebesar 0,667 nano detik. Cahaya yang dikirimkan berupa berkas sinar Laser

berbentuk titik dan dihasilkan oleh modul laser tipe KY-008 yang memiliki karakteristik seperti ditunjukkan oleh Tabel 4:

Tabel 4. Spesifikasi Laser KY-008

Parameter	Spesifikasi
Tegangan keluaran	5 V
Daya Keluaran	5 mV
Panjang gelombang	650 nm (cahaya merah)
Arus listrik	kurang dari 40mA.
Suhu Kerja	-10°C ~ 40°C

Modul pemancar cahaya Laser KY-008 juga memiliki tiga pin: VCC, GND, dan S. Pin VCC adalah pin catu daya, pin GND adalah pin ground, dan pin S adalah pin sinyal. Pin S digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sinar laser. Modul Laser tersebut dapat digunakan untuk mengirimkan data dalam jarak dekat dengan menggunakan sinar laser sebagai pembawa sinyal.

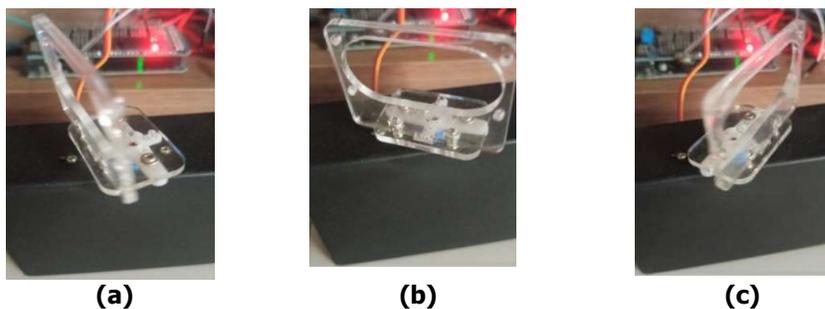
Saat pengujian komunikasi cahaya telah dibuktikan berhasil. Hal ini dibuktikan bahwa keluaran Laser Tx aktif atau menyala ketika kartu RFID yang ditaping merupakan kartu RFID yang teregistrasi. Gambar 8a. menunjukkan Laser Tx Aktif atau ON (sebelah kiri) dan 8b. Laser Tx OFF (sebelah kanan).



Gambar 8. Kondisi Laser, a. Laser ON, b. Laser OFF

3.4 Keluaran Motor Servo

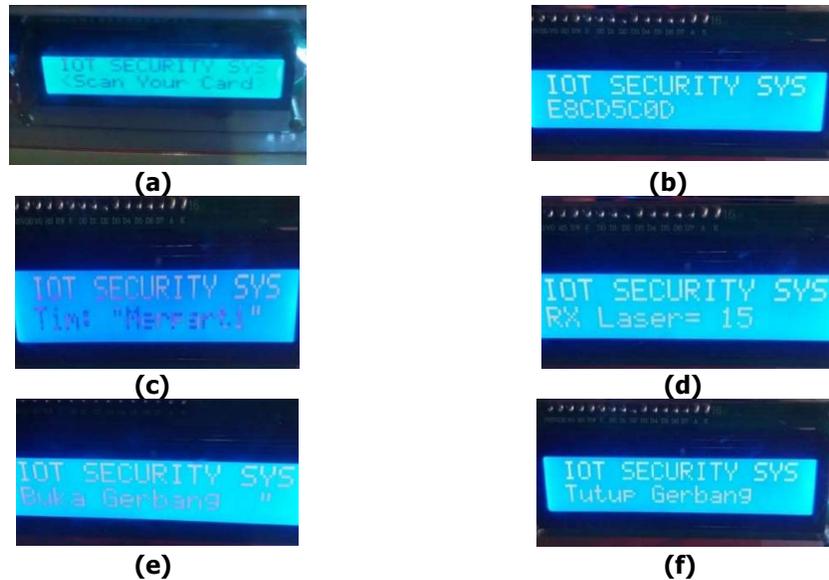
Keluaran motor Servo yang digunakan dalam perangkat komunikasi laser ini diprogram untuk membuka dan menutup gerbang. Gerbang membuka ketika perangkat photo komunikasi menerima Laser dari Pengirim. Pemodelan pintu otomatis yang digunakan adalah pintu rumah atau gerbang buka tutup pada umumnya. Pemodelan sistem yang dirancang ditunjukkan oleh Gambar 9 untuk 3 macam kondisi pintu terbuka. Gerak dari pintu otomatis diatur oleh motor servo sehingga sistem mampu bekerja berdasarkan IoT. Pintu otomatis ini diatur untuk terbuka dengan 3 kondisi yaitu ketika sudut putar 30°, 60°, dan 120°. Pintu akan terbuka secara optimal apabila pintu gerbang terbuka dengan sudut putar sebesar minimal 90 derajat.



Gambar 9. Pintu terbuka dengan 3 macam sudut putar, (a) Posisi = 0 derajat, (b) Posisi = 60 derajat, (c) Posisi = 120 derajat

3.5 Tampilan pada Layar LCD

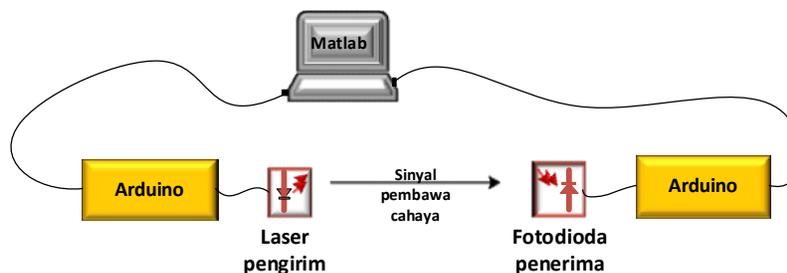
Perangkat Komunikasi Laser berbasis IoT ini diprogram untuk menampilkan keluaran pada LCD untuk berbagai kondisi atau status dari sistem. Gambar 10 menunjukkan kondisi sistem yang ditampilkan menjadi 6 yaitu kondisi *standby*, membaca data, menampilkan informasi terkait data RFID yang diregistrasi, Laser yang diterima, kondisi membuka gerbang, dan kondisi menutup gerbang. Proses dalam sistem buka tutup pintu otomatis ditunjukkan oleh tampilan di layar LCD. Semua kartu RFID yang digunakan untuk membuka pintu adalah kartu yang sudah disimpan datanya di cloud. Hal ini yang mengategorikan bahwa alat ini berbasis IoT.



Gambar 10. Tampilan Layar, (a) Tampilan Kondisi *Standby*, (b) Tampilan Pembacaan Kartu RFID, (c) Tampilan RFID untuk Pemegang Kartu yang teregistrasi, (d) Tampilan Hasil Pembacaan Laser, (e) Tampilan Posisi Buka Gerbang, (f) Tampilan Posisi Tutup Gerbang

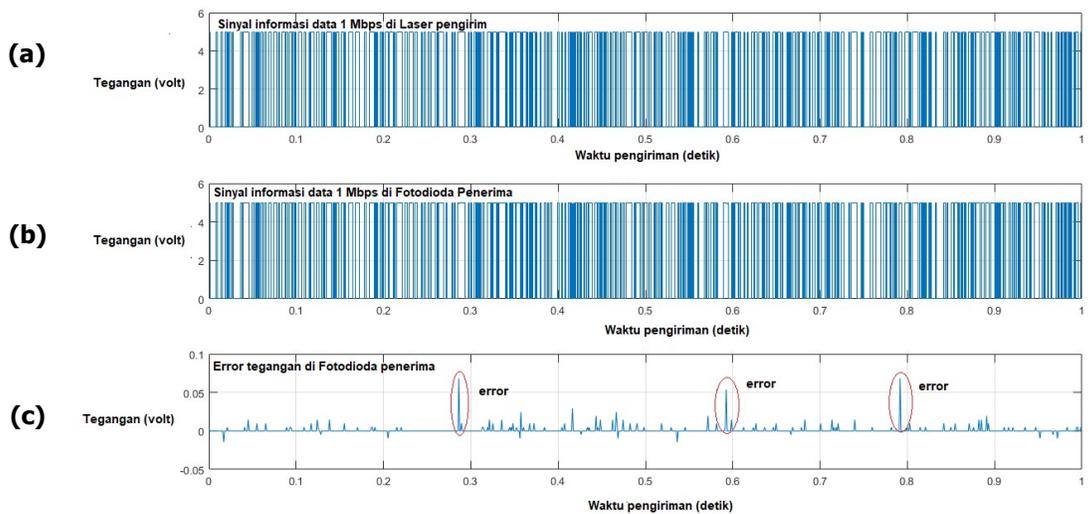
3.6 Sinyal Pembawa Cahaya

Komunikasi cahaya yang digunakan dalam sistem pintu otomatis juga diujicobakan untuk membuktikan bahwa proses komunikasinya berhasil. Hal ini dilakukan dengan mengirimkan sejumlah sinyal informasi yang dibawa oleh sinyal cahaya. Pengujian sinyal informasi dalam bentuk data menggunakan Laser dilakukan dengan mengirimkan data dari pengirim Laser ke penerima fotodiode. Konfigurasi saat pengujian sinyal pembawa cahaya ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 11. Konfigurasi Saat Pengujian Sinyal Pembawa Cahaya

Gambar 11 menunjukkan komunikasi cahaya diujicobakan dengan menggunakan sejumlah sinyal informasi dalam bentuk data bit yang dibuat dengan menggunakan pemrograman Matlab. Program matlab yang dibuat untuk pembangkit data dikirim ke Arduino ke arah Laser pengirim. Mekanisme pengiriman data dalam bentuk bit dimana pada saat pengiriman bit 1 maka Laser akan menyala (on) dan saat bit 0 maka Laser akan mati (off). Saat Laser menyala maka tegangan keluaran yang dihasilkan sebesar 5 Volt dan saat Laser mati maka tegangan keluarannya tidak ada (0 volt). Selanjutnya dilakukan pengujian untuk menentukan apakah terjadi penurunan tegangan di fotodioda. Pengujian diawal dibuat dengan mengirimkan sejumlah 1000 bit dalam 1 detik, selanjutnya dilakukan pengiriman bit sejumlah 1.000.000 dalam 1 detik.



Gambar 12. Pengujian Komunikasi Laser untuk Pengiriman Data, (a) Sinyal Pembawa di Pengirim Laser, (b) Sinyal Pembawa di Penerima Fotodioda, (c). Perubahan Tegangan Sinyal yang diterima

Hasil pengujian pengiriman data 1 Mbps ditunjukkan oleh Gambar 12a, b, dan c. Gambar 12 (a) menunjukkan bahwa bit data 1 Mbps dikirimkan oleh Laser pengirim dengan tegangan 5 volt. Gambar 12 (b) Bit data 1 Mbps yang diterima oleh Fotodioda dengan tegangan sebesar 5 volt. Gambar 12 (c) menunjukkan adanya proses pengiriman bit yang dinyatakan dalam perubahan tegangan sebesar 0.075 volt. Perubahan tegangan Laser dan Fotodioda terdapat perbedaan maksimal 1,5%. Tegangan yang berubah sebesar maksimal 1,5% masih dapat membuat fotodioda menerima sinyal cahaya sehingga kecepatan data yang dikirim tetap dan data yang diterima bernilai tetap 1 Mbps.

3.7 Perbandingan dengan Penelitian Lainnya

Hasil yang dicapai dalam artikel ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Artikel dengan Penelitian Lainnya

Daftar Rujukan	Mekanisme otomatisasi	Jarak sensor	Konektivitas IoT	Sensing Layer
(Susilo, dkk, 2023)	Pintu dengan sensor ultrasonik untuk deteksi tangan	5 cm, jarak tangan dengan sensor 1-2 cm	Tidak ada	Ultrasonik
(Mahdi, 2013)	Pintu berdasarkan akses kartu dan waktu	Pintu terkunci berdasarkan waktu	Tidak ada	RFID dan zona waktu
(Adella, dkk, 2020)	Pintu dengan sensor ultrasonik dan IoT	Jarak sensor 7 cm agar pintu terbuka	Ada	Ultrasonik dan IoT
(Gandhimathi, dkk, 2024)	Pintu dengan sensor cahaya tampak	Pintu terbuka berdasarkan buka tutup pintu	Tidak Ada	Cahaya tampak
Artikel ini	Pintu dengan sensor RFID, komunikasi cahaya, dan IoT	Jarak komunikasi cahaya saat diuji 20 cm	Ada	RFID, komunikasi cahaya, IoT

Berdasarkan Tabel 5 maka hasil yang diperoleh dalam artikel ini lebih baik dibandingkan **(Gandhimathi et al., 2024)** karena hasil penelitian ini merupakan perpaduan antara akses masuk pintu menggunakan RFID dan kondisi buka tutup pintu terkonfirmasi keamanannya melalui teknologi IoT. Selain itu adanya komunikasi cahaya yang akan mengaktifkan motor servo dengan lebih mudah untuk menggerakkan pintu secara otomatis.

4. KESIMPULAN

Sistem pintu otomatis berbasis IoT dengan menggunakan komunikasi cahaya berhasil dibuat untuk pemodelan pintu gerbang. Kemampuan buka tutup pintu sangat ditentukan dari keberhasilan komunikasi cahaya dan kekuatan motor servo untuk melakukan sudut putar. Komunikasi cahaya merupakan solusi untuk aplikasi IoT karena cahaya dapat membawa sinyal dengan kecepatan yang tinggi. Sistem pintu otomatis dengan IoT menjadi solusi untuk kenyamanan dan keamanan dalam proses buka tutup pintu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Telkom yang sudah membantu pendanaan penelitian pembuatan model sistem pintu otomatis yang berbasis IoT dengan menggunakan komunikasi cahaya.

DAFTAR RUJUKAN

- A.Saleh, Bahaa; Carl Teich, M. (1994). *Fundamentals of Photonics*. John Wiley & Sons Ltd.
- Adella, A. F., Putra, M. F. P., Taufiqurrahman, F., & Kaswar, A. B. (2020). Pintu otomatis berbasis ultrasonic internet of things. *Media Elektrik*, 17(3), 1–7.
- Alsamhi, S. H., Ma, O., Ansari, M. S., & Almalki, F. A. (2019). Survey on collaborative smart

- drones and internet of things for improving smartness of smart cities. *IEEE Access*, 7, 128125–128152. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2934998>
- Darlis, A. R., Susana, R., & Sholihah, T. R. (2024). Visible Light-based Outdoor Navigation Systems for Visually Impaired People. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(1), 247. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v12i1.247>
- Gandhimathi, P., Diwakaran, S., Madhu, B., Kumar Rajesh, N., Bohidar, S. K., & Karthik, K. (2024). Automatic Door Closure System Based on Lighting Conditions. *2nd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things, IDCIoT 2024*, 271–278. <https://doi.org/10.1109/IDCIoT59759.2024.10467419>
- Habib, F., & Said Mahmud, M. (2022). Analisis Mekanisme System Sliding Door Dorma Es 200. *Jurnal Teknik Mesin FT-UMI*, 4(1).
- Hassija, V., Chamola, V., Saxena, V., Jain, D., Goyal, P., & Sikdar, B. (2019). A Survey on IoT Security: Application Areas, Security Threats, and Solution Architectures. *IEEE Access*, 7, 82721–82743. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924045>
- Hoon Yoon, S., Soo Lee, K., Sang Cha, J., Mariappan, V., Eun Young, K., Gun Woo, D., & Uk Kim, J. (2020). IoT Open-Source and AI based Automatic Door Lock Access Control Solution. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*, 12(2), 9. <http://dx.doi.org/10.7236/IJIBC.2020.12.2.8>
- Hou, Y., Wang, Z., Li, Z., Hu, J., Ma, C., Wang, X., Xia, L., Liu, G., Shi, J., Li, Z., Zhang, J., Chi, N., & Shen, C. (2024). Laser-Based Mobile Visible Light Communication System. *Sensors*, 24(10), 1–13. <https://doi.org/10.3390/s24103086>
- Hwang, J., Aziz, A., Sung, N., Ahmad, A., Le Gall, F., & Song, J. (2020). AUTOCON-IoT: Automated and Scalable Online Conformance Testing for IoT Applications. *IEEE Access*, 8, 43111–43121. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2976718>
- ITU-T G.9991. (2019). *High-speed indoor visible light communication transceiver – System architecture, physical layer and data link layer specification*. <https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=13781&lang=en>
- ITU-T Telecommunication Standardization. (2021). *ITU-T Rec. G.9991 Amendment 2 (04/2021) High-speed indoor visible light communication transceiver – System architecture, physical layer and data link layer specification Amendment 2*. <http://handle.itu.int/11.1002/1000/>
- Khan, L. U. (2017). Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges. *Digital Communications and Networks*, 3(2), 78–88. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2016.07.004>

- Mahdi, S. A. (2013). Development of Anti-Theft Door System for Security Room. *Natural and Applied Sciences*, 4(3), 237–242.
- McCarthy, C., Moser, I., Jayaraman, P. P., Ghaderi, H., Tan, A. M., Yavari, A., Mehmood, U., Simmons, M., Weizman, Y., Georgakopoulos, D., Fuss, F. K., & Dia, H. (2021). A Field Study of Internet of Things-Based Solutions for Automatic Passenger Counting. *IEEE Open Journal of Intelligent Transportation Systems*, 2(June), 384–401. <https://doi.org/10.1109/OJITS.2021.3111052>
- Perwita, E. B., Darlis, D., & Hartaman, A. (2018). Implementasi Perangkat Otomasi Rumah Berbasis Vlc pada Sisi Penerima. *E-Proceeding of Applied Science*, 4(3), 2443–2452.
- Said, O., Al-Makhadmeh, Z., & Tolba, A. (2020). EMS: An Energy Management Scheme for Green IoT Environments. *IEEE Access*, 8, 44983–44998. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2976641>
- Sauter, T., & Treytl, A. (2023). IoT-enabled Sensors in Automation Systems and their Security Challenges. *IEEE Sensors Letters*, 7(12), 1–4. <https://doi.org/10.1109/lensens.2023.3332404>
- Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, 8, 23022–23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- Susilo, S., Listijorini, E., Ardiansyah, F., & Ula, S. (2023). Design of Automatic Sliding Door Based on Arduino Using Ultrasonic Sensors as a Preventative the Spread of Covid-19. *Jurnal Dinamis*, 11(01), 43–047. <https://talenta.usu.ac.id/dinamis>
- Suyatno;, Nugroho, H., & Natali, Y. (2023). Hybrid Mechanisms on IoT Smart Lamps ' Model for Time Efficiency. In *Evolution of Information, Communication and Computing Systems (EICCS)* (p. Chapter 8).