

PENDETEKSI KERUSAKAN JARINGAN FIBER OPTIK DI ODC DENGAN MEMANFAATKAN TEKNOLOGI IOT SEBAGAI SARANA REPORTING REAL TIME

FAULTY FIBER OPTIC DETECTOR AT ODC BY UTILIZING IOT TECHNOLOGY AS A MEANS OF REAL TIME REPORTING

Annisa Sulistyani¹, Kris Sujatmoko², Harfan Hian Ryanu³

^{1,2,3} Universitas Telkom, Bandung

¹annisasulistyani@student.telkomuniversity.ac.id, ²krissujatmoko@telkomuniversity.ac.id,

³harfanhr@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Kerusakan jaringan fiber optik secara masal akan menghabiskan waktu yang lebih lama pada saat melakukan *maintenance*. NMS hanya memeriksa jaringan pelanggan secara individual, oleh karena itu dibuat pendeteksian dan penanganan total waktu, memberikan informasi kabel yang mengalami kerusakan, mengetahui ruas kabel yang terganggu dan yang terakhir memberikan kepuasan pada pengguna dengan cara membuat sistem pendeteksi kerusakan. Pada Tugas Akhir ini, telah diusulkan penggunaan sensor deteksi dengan aplikasi yang dibuat menggunakan aplikasi Android Studio yang terhubung dengan NodeMCU dan firebase sebagai *real-time* database. Proses identifikasi kabel, terjadi pada saat Off, dengan asumsi sistem terdeteksi On dan berjalan dengan baik pada proses inisiasi. Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa sensor LDR dapat memberikan perubahan besar dalam resistensi untuk perubahan level cahaya sehingga detector dapat bekerja hingga jangkauan maksimum 10 km. Dari perhitungan Power Link Budget didapatkan untuk $\alpha_{tot} = 7,22$ dB, $Prx = -3.22$ dBm, dan margin daya sebesar 25.78 dBm. Hal ini berarti bahwa link memenuhi kelayakan PLB dan redaman yaitu berada di atas -29 dBm dan dibawah 25 dB. Untuk fitur pada aplikasi, data dapat mengirim notifikasi secara real-time dengan delay sebesar 5,000033 s.

Kata Kunci : *Fiber Optik, Network Management System, Sensor LDR, Power Link Budget, Redaman, Delay*

Abstract

Massive fiber optic network damage will take a longer time to perform maintenance. NMS only checks the customer's network individually, therefore it makes detection and handling of the total time, provides information on damaged cables, finds out which cable segments are disrupted and finally gives satisfaction to users by creating a damage detection system. In this final project, it has been proposed to use a detection sensor with an application made using the Android Studio application that is connected to NodeMCU and firebase as a real-time database. The cable identification process occurs at the time of Off, assuming the system is detected On and running well in the initiation process. The test and analysis results show that the LDR sensor can provide large changes in resistance to changes in light levels so that the detector can work up to a maximum range of 10 km. From the calculation of the Power Link Budget obtained for $\alpha_{tot} = 7.22$ dB, $Prx = -3.22$ dBm, and a power margin of 25.78 dBm. This means that the link meets the PLB eligibility and attenuation, which is above -29 dBm and below 25 dB. For features in the application, data can send notifications in real-time with a delay of 5,000033 s.

Keywords : *Fiber Optic, Network Management System, LDR Sensor, Power Link Budget, Attenuation, Delay*

1. Pendahuluan

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi, maka kebutuhan komunikasi data/internet dibutuhkan oleh seluruh kegiatan masyarakat seperti bidang ekonomi, budaya, agama, sosial, pendidikan, kesehatan, militer serta kegiatan lainnya yang menunjang

kemudahan masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut dibutuhkan teknologi yang mampu menyalurkan informasi tersebut dengan cepat dan berkualitas, di bidang jaringan yang dapat melakukan transfer data dengan cepat adalah jaringan fiber optik yang semakin mudah dan ekonomis. Untuk menghasilkan jaringan fiber optik yang berkualitas diperlukan sebuah perencanaan yang baik, material yang sesuai standar, tata cara instalasi yang benar, serta *System Operation Procedure* (SOP) dan *System Maintenance Procedure* (SMP).

Melihat pentingnya *Operation* dan *Maintenance*, maka diperlukan suatu sistem pengawasan jaringan yang menjamin kualitas serta kecepatan perbaikan jika terjadi gangguan yang bersifat masal. Gangguan masal adalah gangguan yang mengakibatkan terputusnya komunikasi data pada pengguna yang berjumlah banyak. Gangguan ini bisa disebabkan oleh rusaknya perangkat aktif atau putusnya jaringan (fisik) yang berkapasitas besar misalnya kabel feeder. Adapun kerusakan tersebut dapat disebabkan oleh faktor alam, manusia, atau kerusakan teknis. Sistem pengawasan jaringan sudah dikenal dengan nama *Network Management System* (NMS). [1] NMS melakukan berbagai tugas termasuk pengumpulan dan pemrosesan data, layanan pelanggan, dan proses lain yang saling terkait. Namun sistem ini hanya mengawasi jaringan pengguna yang aktif di *layer network* saja. Untuk jaringan yang belum terpakai (*idle*), diperlukan sistem deteksi yang dilakukan pada layer bawahnya (*physical layer*). Pada penelitian [2] oleh Muruges P D, Damini R, Amitha P, Shwetha M dijelaskan sistem deteksi kesalahan merupakan metode yang paling efektif. Karena, dapat menganalisis berbagai kesalahan dalam serat optik kabel dan pesan otomatis akan dikirim ke orang yang memantau. Sedangkan pada penelitian [3] Swain, Sahoo, Prasad, & Palai prinsip kerja tergantung pada pemantauan menerima daya di serat optik. Untuk simulasi sistem yaitu menggunakan Arduino UNO, yang terdiri dari pengontrol Atmega 328 digunakan bersama dengan modul sensor.

Pada penelitian ini penulis akan membuat sistem pengawas kabel fiber optik berkapasitas besar (feeder) yang berbeda, yaitu penggunaan splitter 1:4 dan Arduino UNO, sehingga gangguan dapat terdeteksi secara *real-time* dan terkirim kepada petugas atau pejabat menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan aplikasi berbasis android. Sehubungan dengan hal tersebut penulis dalam penelitian ini membuat judul: Pendeteksi Kerusakan Jaringan Fiber Optik di ODC dengan Memanfaatkan Teknologi IoT Sebagai Sarana Reporting Real Time.

2. Dasar Teori

2.1 Fiber Optik

Fiber Optik adalah jenis kabel yang terbuat dari serat kaca atau plastik halus yang dapat mentransmisikan sinyal cahaya dari satu tempat ke tempat lainnya. Sedangkan Sumber cahayanya dapat berupa sinar laser ataupun sinar LED. Jenis serat optik berdasar jumlah mode yang merambat adalah *Single Mode* (SM) dan *Multi Mode* (MM). SM memiliki *core* dengan ukuran sekitar 9 micron menggunakan *wavelength* 1300 atau 1550 nm. Disebut single mode karena hanya terdiri dari satu mode selama propagasinya [4]. MM memiliki *core* dengan ukuran sekitar 50 sampai 100 micron, menggunakan *wavelength* 850 atau 1300 nm. Disebut multi mode karena terdiri dari banyak mode selama propagasinya [4].

2.2 Sumber Cahaya

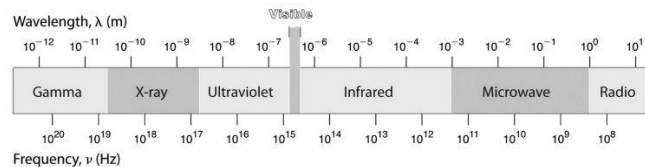
Laser Diode (LD) dan *Light Emitting Diode* (LED) merupakan sumber optik yang cocok untuk sistem serat optik. LD mampu memodulasi bandwidth sinyal mencapai 2,5 GHz. Laser memiliki *output* yang koheren. Pada sumber yang koheren, energi optik dihasilkan dari rongga optik resonan. Energi optik yang dilepaskan dari rongga ini bersifat monokromatik dan terarah, sehingga kopling cahaya ke serat menjadi baik dan *spectral width* yang sempit [4]. LED Dapat memodulasi bandwidth sinyal sampai 300 MHz. LED dapat memancarkan cahaya ke segala arah yang akan menghasilkan *spectral width* lebar. Selain itu LED menghasilkan daya *output* yang lebih kecil dari laser dan ini menyebabkan LED kurang cocok digunakan untuk transmisi jarak jauh [4].

2.3 Redaman

Salah satu pertimbangan penting dalam perancangan sistem komunikasi optik yaitu atenuasi sinyal cahaya saat merambat di sepanjang serat. Kekuatan dari cahaya yang merambat di sepanjang serat akan berkurang secara eksponensial dengan jarak. *Absorption*, *scattering*, dan *dispersion* adalah dasar-dasar mekanisme pada atenuasi[5].

2.4 Panjang Gelombang Cahaya

Tidak ada batasan pasti untuk kisaran spektral radiasi yang terlihat karena spektral tersebut bergantung pada jumlah kekuatan pancaran mencapai retina dan responsivitas pengamat[6]. Dari beberapa hasil pengamatan ditemukan bahwa panjang gelombang terpendek yang dapat terlihat berada dikisaran 360 – 400 nm dan yang terpanjang berada di 760 – 830 nm.



Gambar 1. Gelombang elektromagnetik dan spektrum elektromagnetik.

2.5 Sensor LDR

Light Dependent Resistor (LDR) digunakan untuk mendeteksi keberadaan dan dapat memberikan perubahan besar dalam resistensi untuk perubahan level cahaya. Dibawah cahaya yang redup, bahan piringan hanya mengundung elektron bebas dalam jumlah yang relatif sangat kecil. Hanya tersedia sedikit elektron bebas untuk mengalirkan muatan listrik. Hal ini berarti bahwa bahan bersifat sebagai konduktor yang buruk untuk mengalirkan arus listrik jika hanya dialiri cahaya gelap atau dalam keadaan gelap[7].

2.6 Arduino IDE

Arduino adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE)[7]. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan mengunduh ke dalam memori mikrokontroler. Bahasa yang digunakan adalah C++ dan Java, sehingga dapat mempermudah *processing*. Arduino juga memiliki 14 pin digital, 6 pin analog, dan dapat diprogram dengan arduino IDE melalui kabel USB tipe B[8].

2.7 NodeMCU

ESPNodeMCU adalah *firmware* sumber terbuka dan kit pengembangan *development* yang membantu membangun produk IoT. Mikrokontroler ini dikembangkan untuk membuat lebih mudah menggunakan API tingkat lanjut untuk perangkat keras I/O[9]. Menggunakan chip ESP8266(ESP 12-E) dan mempunyai memori sebesar 128KB serta mempunyai pin I/O sebanyak 10 pin terdiri 9 digital dan 1 analog serta mempunyai koneksi USB, *jack* listrik dan tombol *reset*. Pin yang terdapat pada NodeMCU ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler[10].

2.8 Firebase cloud system

Firebase adalah kombinasi dari banyak layanan Google di *cloud*, termasuk pesan instan, autentikasi pengguna, database *real-time*, penyimpanan, *hosting*, dan sebagainya [12]. Aturan keamanan firebase *real-time* database menyediakan bahasa aturan berbasis ekspresi yang fleksibel, firebase *real-time* database juga masih tetap *responsive* apabila dalam kondisi *offline*, karena SDK menyimpan data ke *disk*.

2.9 Android Studio

Android studio adalah IDE (*Integrated Development Environment*) resmi untuk pengembangan aplikasi Android dan bersifat *open source* atau gratis. Android Studio menyediakan alat pengembang Android terintegrasi untuk pengembangan dan *debugging*[13].

2.10 Parameter Kelayakan Perencanaan

Perencanaan memerlukan beberapa perhitungan yang layak sehingga sistem dapat digunakan secara optimal. Perhitungan yang digunakan antara lain yaitu redaman, *Link Power Budget*, *Bit Error Rate*, dan *Rise Time Budget*.

1. Redaman

Redaman pada serat optik dihitung supaya terhindar dari adanya penyerapan cahaya oleh bahan material serat optik serta penghamburan cahaya. Jarak yang ditempuh dan karakteristik bahan serat

optik juga dapat menjadi pemicu dari adanya redaman. Untuk menghitung redaman dapat dihitung dengan rumus:[15]

$$\alpha_{tot} = L \cdot a_{serat} + N_c \cdot ac + N_s \cdot as + Sp + Redinst \quad (1)$$

Dimana:

α_{tot} = redaman total saluran (dB)

L = panjang serat optic (km)

a_{serat} = redaman serat optik (dB)

N_c = jumlah konektor

ac = redaman konektor (dB/konektor)

N_s = jumlah sambungan

as = redaman sambungan (dB/sambungan)

Sp = redaman splitter (dB)

$Redinst$ = redaman instalasi (dB)

2. Power Link Budget

Power link budget dihitung sebagai syarat agar *link* yang kita rancang dayanya melebihi batas ambang dari daya yang dibutuhkan. Untuk menghitung *power link budget* dapat dihitung dengan rumus:[16]

$$Prx = Ptx - \alpha T - SM \quad (2)$$

Dimana:

Prx = daya pemancar (dBm)

Ptx = daya penerima (dBm)

αT = redaman total (dB)

SM = *safety margin*

3. Margin daya

Margin daya adalah daya yang masih tersisa dari *power transmit* setelah dikurangi dari *loss* selama proses pentransmision, pengurangan dengan nilai *safety margin* dan pengurangan dengan nilai sensitivitas *receiver*. Margin daya disyaratkan harus memiliki nilai lebih dari 0 (nol).

$$M = (Pt - Pr) - \alpha total - SM \quad (3)$$

Dimana:

Pt = daya keluaran sumber optik (dBm)

Pr = sensitivitas daya detector (dBm)

$\alpha total$ = redaman total (dB)

SM = *Safety Margin*, 6 dB

4. Delay

Delay adalah waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari titik asal ke titik tujuan. Delay dapat dipengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama[19]. Nilai delay dapat dicari dengan persamaan:

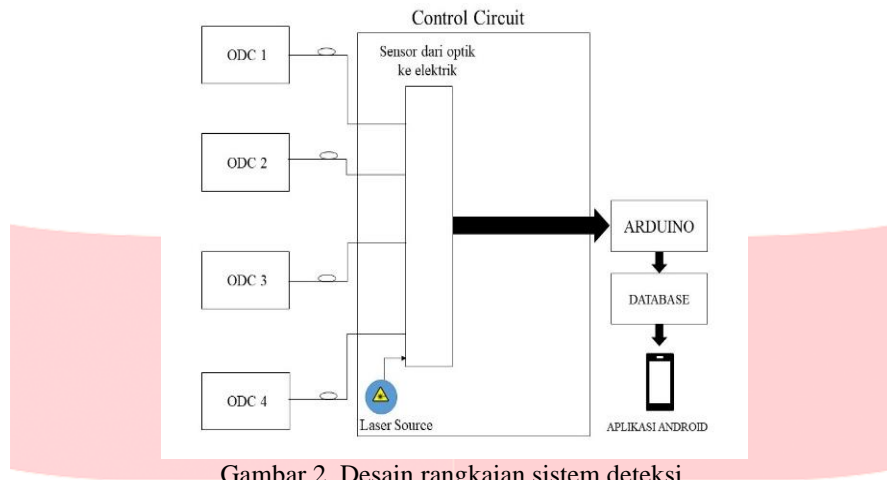
$$\text{Delay} = \text{Delay waktu tempuh di kabel} + \text{delay processing alat} \quad (2.4)$$

$$\text{Delay waktu tempuh di kabel} = (\text{jarak (km)}) / (\text{kecepatan cahaya (m/s)}) \quad (2.5)$$

3. Perancangan dan Desain Sistem

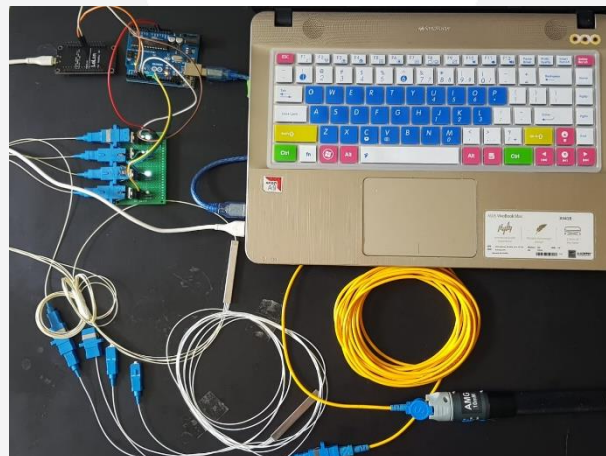
3.1 Desain Sistem

Sistem ini dirancang untuk mempermudah petugas mengetahui informasi kabel-kabel optik yang rusak. Dengan memanfaatkan beberapa sensor, teknologi IoT dan aplikasi android diharapkan dapat mempercepat waktu reparasi kabel optik yang kiranya mengalami kerusakan dan sulit untuk dideteksi. Sensor-sensor yang digunakan yaitu untuk merubah sinyal semula menjadi sinyal yang diinginkan. Sedangkan, aplikasi android digunakan sebagai notifikasi untuk mengetahui informasi atau kriteria dari kabel yang rusak. Informasi tersebut akan diterima oleh pengguna secara *real-time*.



Gambar 2. Desain rangkaian sistem deteksi.

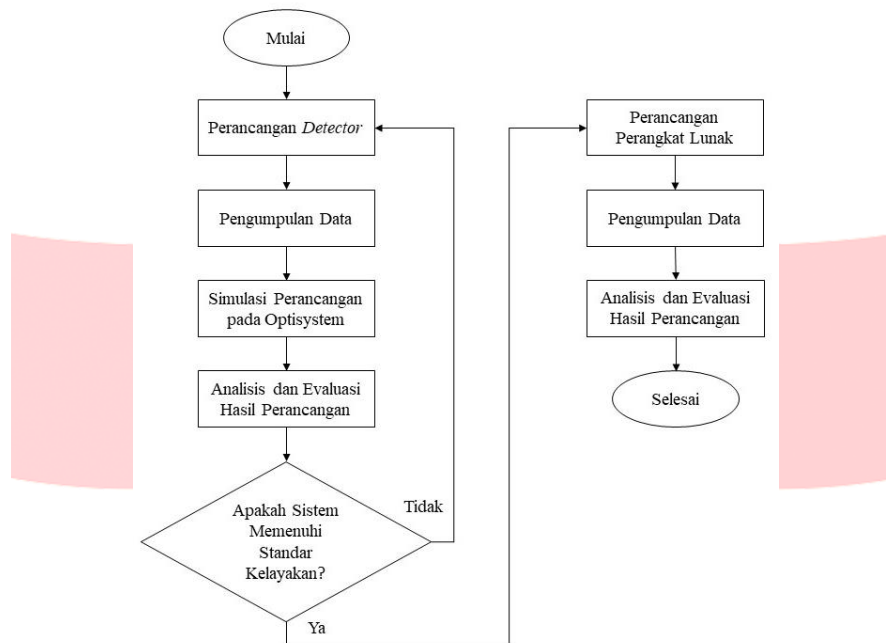
Gambar 2 menggambarkan cara kerja sistem deteksi kesalahan pada fiber optik. Sistem ini bekerja dari sumber cahaya hingga aplikasi android melalui beberapa tahap. Tahap pertama yaitu melalui sensor dari optik ke elektrik. Tahap tersebut sangat penting karena akan menghasilkan *logic* yang nantinya akan Arduino ubah *logic* tersebut ke bahasa komputer sehingga bisa dibaca oleh aplikasi android. Selanjutnya yaitu tahap untuk menyimpan data-data yang dihasilkan oleh sensor pada firebase *cloud system* dan tahap terakhir adalah membuat aplikasi android dengan data-data yang sudah tersimpan di dalam firebase *cloud system*.



Gambar 3. Pemodelan keseluruhan perangkat keras.

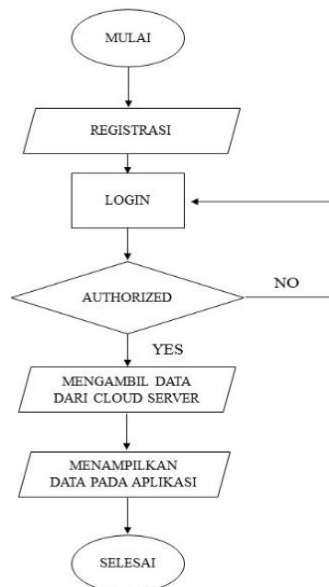
3.2 Flowchart Penelitian

Berikut merupakan *flowchart* atau diagram alir penelitian pada Tugas Akhir ini.



Gambar 4. Flowchart penelitian.

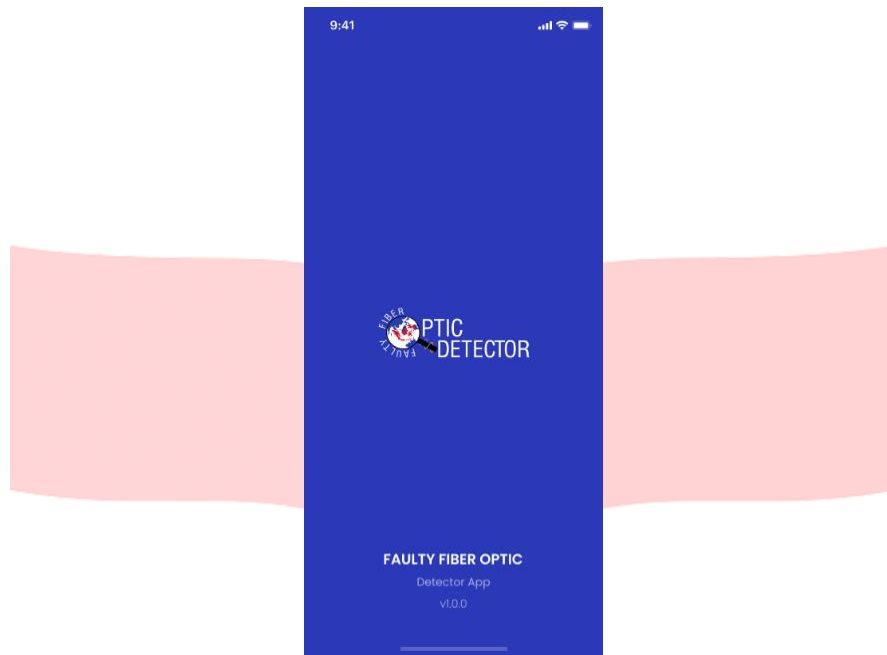
3.3 Flowchart Perangkat Lunak



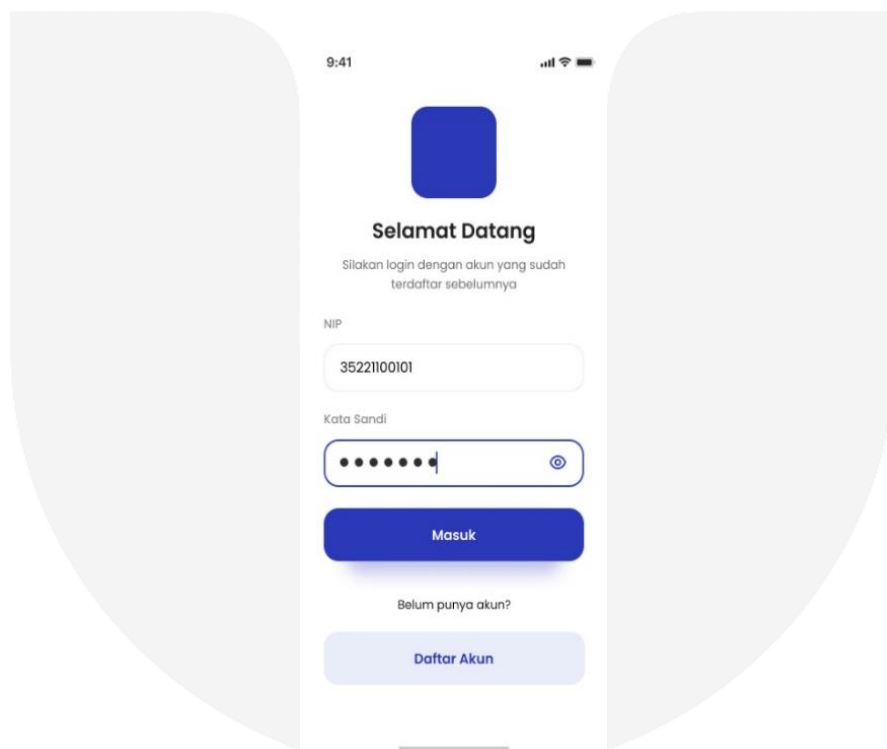
Gambar 5. Flowchart pengambilan data aplikasi android.

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa ketika aplikasi dibuka maka tahap pertama yang harus dilakukan yaitu *register* menggunakan NIP dan *password* yang diinginkan sehingga bisa lanjut untuk ke tahap *login*. Karena sasaran pertama penggunanya adalah pejabat tinggi di perusahaan PT. Telkom, maka disarankan menggunakan NIP dan *password* yang sesuai dengan institusi, kemudian setelah *login* ke dalam aplikasi akan muncul beberapa informasi dari *cloud server* di beranda aplikasi, sehingga pengguna dapat mengetahui juga kondisi kabel rusak atau tidak.

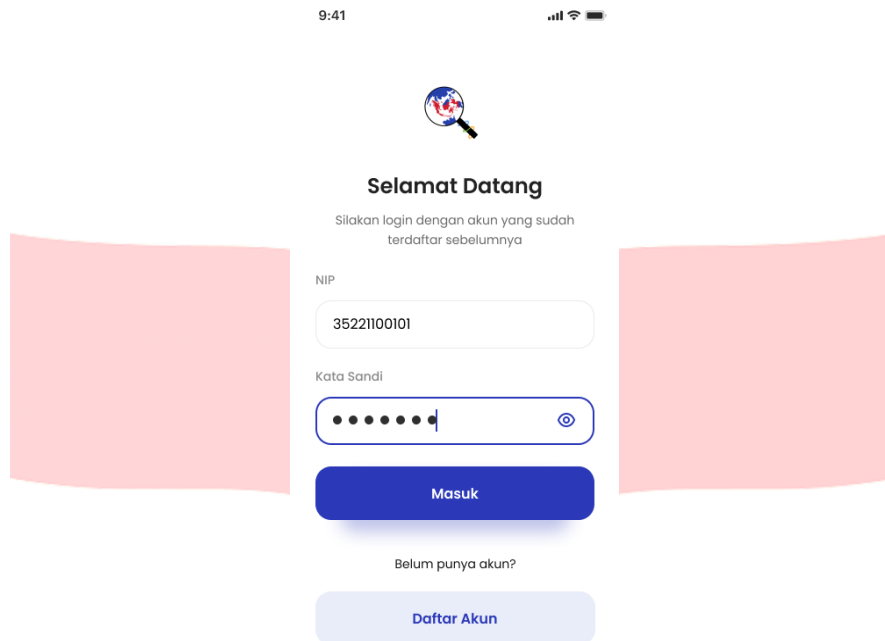
3.3.1 Tampilan Aplikasi Android



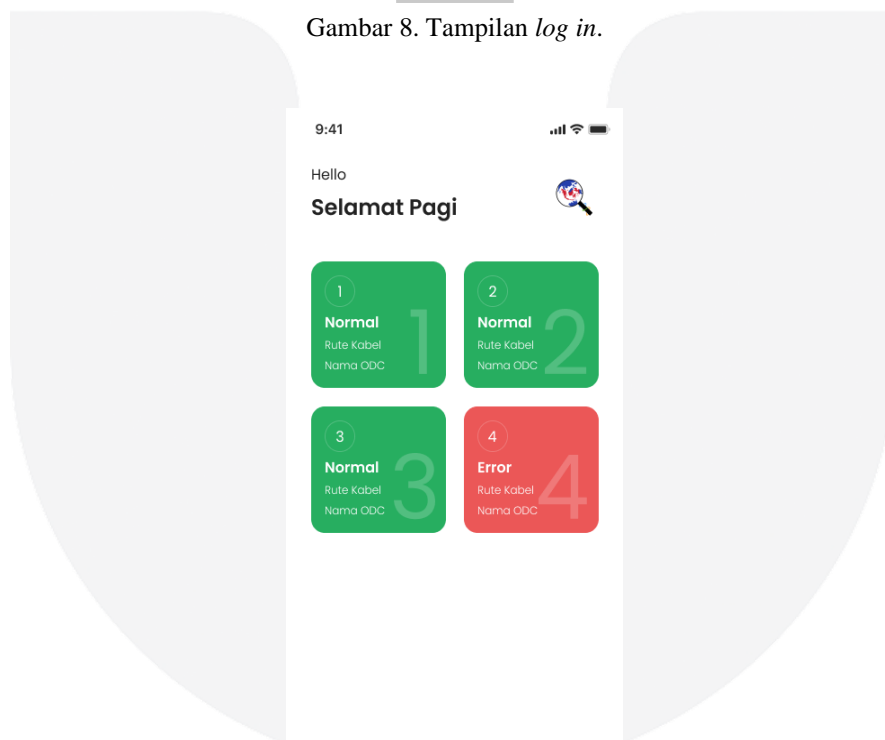
Gambar 6. Tampilan *splash screen*.



Gambar 7. Tampilan *sign in*.



Gambar 8. Tampilan *log in*.



Gambar 9. Tampilan beranda.

3.4 Pengujian Sistem

Dalam perancangan prototype pada Tugas Akhir ini dilakukan Pengujian sistem sebagai berikut:

3.5 Pengujian Melalui Pengukuran Keluaran Detector

Pada tahap ini adalah pengujian melalui pengukuran dari alat dan aplikasi. Pada alat pengambilan data melalui pengujian pembacaan kabel yang mengalami kerusakan menggunakan sensor LDR. Untuk mengetahui kinerja dari alat dilakukan dengan pengujian jangkauan jarak maksimum (10 km) dengan simulasi beban di lapangan dan detector melakukan pendeteksian menggunakan panjang gelombang 650 nm. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan variabel yang berada pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Spesifikasi parameter pengukuran *detector*.

Kabel	Spesifikasi	Unit
Jarak (L)	10	Km
Haspel	1.5	Km
Redaman Fiber (α_{serat})	0.33[20]	dB/Km
Pengirim	Spesifikasi	Unit
Ptx	10 dBm	dBm
λ operasi	650	nm
Sumber cahaya	LASER	
Kanal	Spesifikasi	Unit
Konektor (N_c)	2	buah
Redaman Konektor (α_c)	0.25[21]	dB
Redaman Splice (α_{sp})	0.01[22]	dB
Jumlah Splice (N_{sp})	11	buah

3.6 Pengujian Kinerja Aplikasi

Pengujian kinerja aplikasi bertujuan untuk mengetahui ketepatan dan berapa lama delay yang terjadi pada saat aplikasi dijalankan.

Tabel 2. Perangkat keras yang dibutuhkan sistem.

No.	Hardware	Spesifikasi
1	Splitter	1:4; 2 buah
2	Sensor LDR	4 buah
3	Resistor	3k3 ohm; 4 buah
4	Resistor	5k ohm; 4 buah
4	Transistor	D313; 4 buah
5	Dioda	4 buah
6	Arduino UNO	R3
7	Visual Fault Locator	Laser 600-650 nm
8	SC Connector	4 buah
9	Patch Core	8 buah
10	ESPNodeMCU	1 buah
11	Printed Circuit Board	1 buah
12	Optical Power Meter	1 buah

4. Hasil dan Analisis

Dilakukannya skenario bertujuan untuk mengetahui performansi dari perangkat keras dan aplikasi android. Parameter-parameter untuk skenario perangkat keras adalah redaman, *Power Link Budget* dan jangkauan maksimal sebagai indikasi terjadinya *down*. Parameter untuk pengujian aplikasi android adalah *reporting realtime database*, aplikasi, dan *delay*.

4.1 Pengujian Pengukuran Keluaran Detector

Mengetahui performasi *detector* dengan menggunakan panjang gelombang 650 nm, dan data akan terbaca di Arduino UNO sehingga pengamat dapat mengetahui keakuratan data dengan memperhatikan *output* berupa status kabel yang rusak dan tidak rusak.

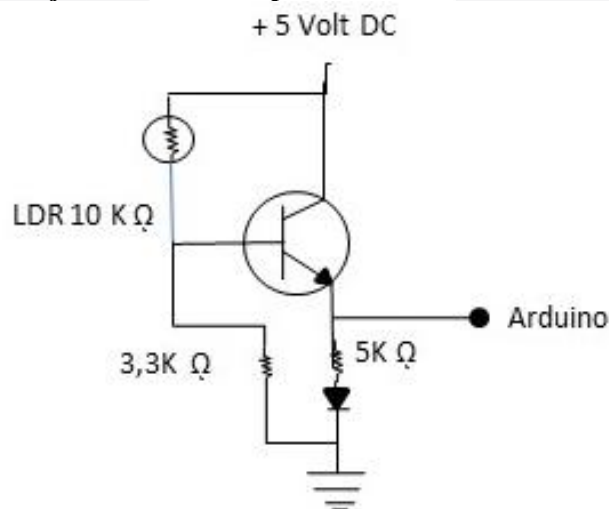
Tabel 3. Kondisi kemungkinan keluaran sensor.

No	Nama Kabel	Status	Inisial	Keluaran
1	Kabel 1	<i>error</i>	0111	Kabel 1 <i>off</i>
2	Kabel 2	<i>error</i>	1011	Kabel 2 <i>off</i>
3	Kabel 3	<i>error</i>	1101	Kabel 3 <i>off</i>
4	Kabel 4	<i>error</i>	1110	Kabel 4 <i>off</i>
5	Kabel 1	<i>on</i>	1000	Kabel 1 <i>on</i>
6	Kabel 2	<i>on</i>	0100	Kabel 2 <i>on</i>
7	Kabel 3	<i>on</i>	0010	Kabel 3 <i>on</i>
8	Kabel 4	<i>on</i>	0001	Kabel 4 <i>on</i>

4.1.1 Jarak jangkauan maksimum pada *detector*

Setelah melakukan pengukuran keluaran *detector*, didapatkan bahwa dengan nilai redaman sebesar 7,22 dB dan power link budget sebesar -3,22 dBm, *detector* dapat bekerja dengan maksimal pada jarak jangkauan maksimum 10 km. Redaman 7,22 dB diwakilkan dengan simulasi beban di lapangan menggunakan splitter 1:4 yang memiliki redaman sebesar 7,25 dB. Nilai-nilai pengukuran pada redaman dan power link budget masih berada dalam standar PT. Telkom yaitu nilai redaman maksimum 25 dB dan nilai power link budget berada diatas -29 dBm.

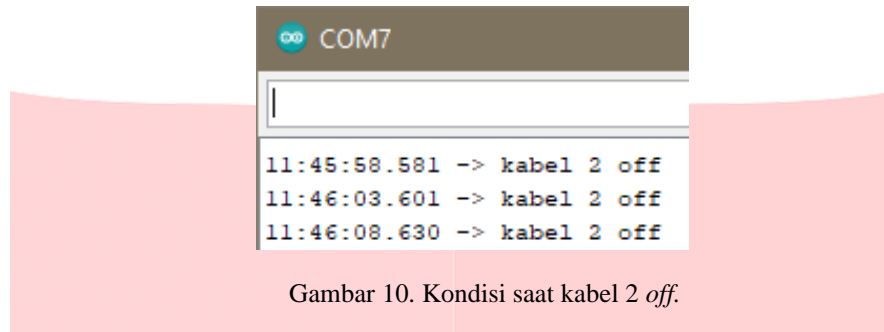
4.1.2 Pengujian *detector* jika ada kesalahan pada kabel



Gambar 10. Rangkaian sensor pada *detector*.

Pengujian kualitas *detector* dilakukan dengan melihat output pada arduino dan akan dilakukan pengujian sebanyak 8 kali sesuai pada tabel 4.1. Untuk mendukung hal tersebut, sensor LDR harus bekerja dengan maksimal pada *detector*. Pada pengujian ini sensor LDR akan bekerja dengan baik sesuai dengan Gambar 4.2. Sensor LDR dapat bekerja jika tahanan pada sensor tersebut berkurang dengan cara dialiri oleh cahaya yang masuk. Pengujian ini dilakukan dengan mengaliri suatu sumber

cahaya sebesar 650 nm yang akan membuat transistor NPN merubah basis menjadi positif, sehingga LDR mendapat aliran positif yang akan membuat cahaya dapat diteruskan melalui Arduino untuk menyebarkan informasi kabel dan cahaya juga dapat diteruskan menuju dioda sehingga pengamat dapat melihat secara langsung kondisi kabel yang ditandai dengan nyala dan matinya lampu LED.

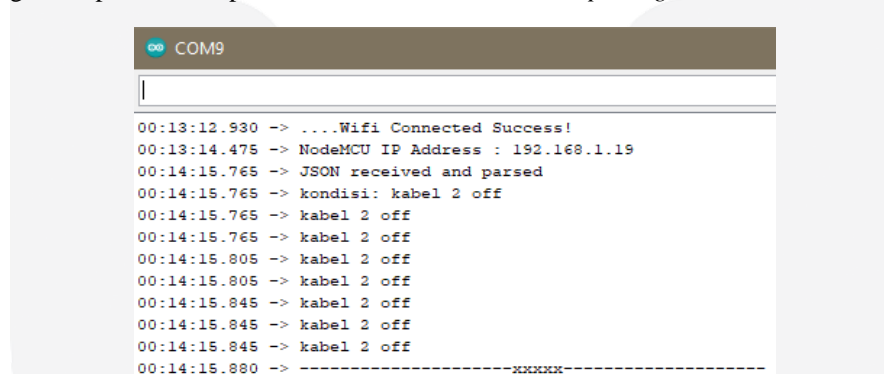


Gambar 10. Kondisi saat kabel 2 off.

Pengujian pada kabel 2 dilakukan dengan mencabut satu kabel pada detector. Jika kabel 2 dicabut, maka detector akan menghasilkan logic 1011. Logic 1011 akan diubah oleh Arduino dari bentuk integer menjadi string, sehingga keluarannya akan berupa “kabel 2 off”. Perubahan bentuk integer menjadi string dilakukan untuk mempermudah proses saat pengiriman data menuju database. Detector akan terus memberikan informasi secara real-time setiap 5 detik sekali.

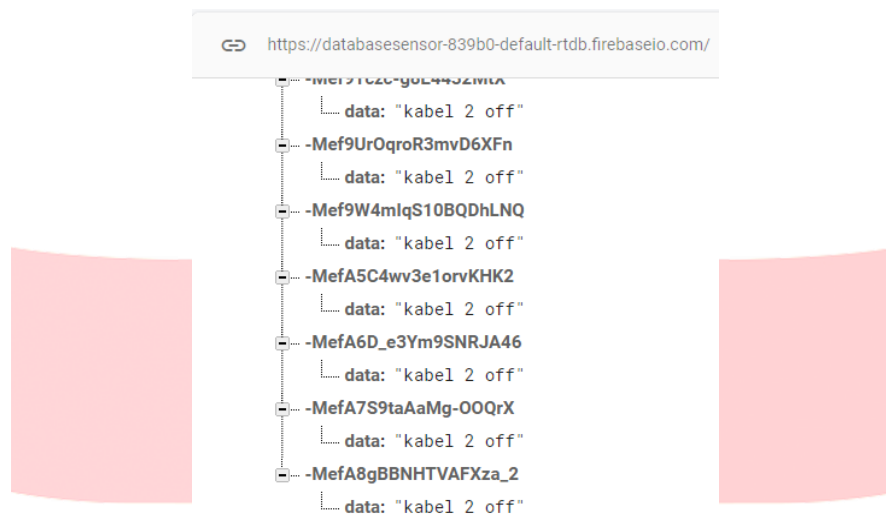
4.2 Pengujian Kinerja Aplikasi

Mengetahui performasi aplikasi android saat melakukan *reporting realtime*.



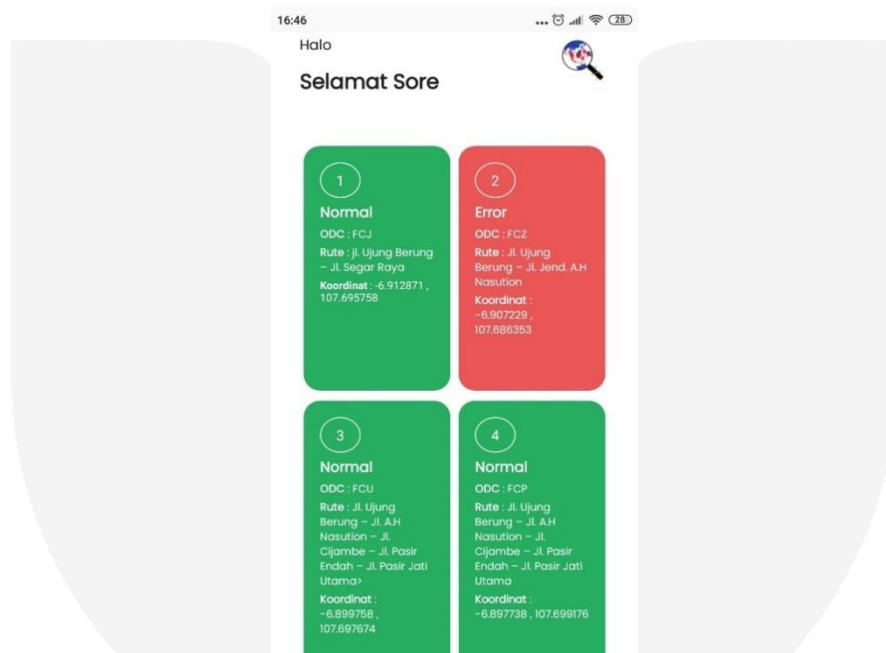
Gambar 11. Kondisi saat kabel 2 off.

Pengujian pada Gambar 11 dilakukan setelah *detector* berhasil mengirimkan data kepada NodeMCU yang ada pada Gambar 10. NodeMCU akan bekerja dengan menyambungkan wifi terlebih dahulu sehingga data dapat diunggah ke *database*. Wifi sudah terkoneksi dengan adanya pemberitahuan “... Wifi Connected Success!” dan data sudah terkirim ke *database* jika adanya pemberitahuan “JSON received and parsed”. Gambar 11 menjelaskan bahwa NodeMCU sudah terkoneksi dengan wifi dan data pada kondisi “kabel 2 off” akan dikirimkan menuju *database*.



Gambar 12. Database terkoneksi.

Gambar 12 menjelaskan bahwa data pada NodeMCU sudah masuk ke dalam database secara *realtime*. Data-data tersebut akan digunakan oleh aplikasi android untuk menampilkan notifikasi kabel yang berstatus *error* ataupun tidak.



Gambar 13. Data terunggah secara *realtime* pada aplikasi.

Gambar 13 menjelaskan bahwa kabel 2 berada dalam kondisi *error* yang ditandai dengan adanya perbedaan warna dengan 3 kabel lainnya. Data kabel 2 *error* didapatkan dari NodeMCU yang mengirim data secara *realtime*, sehingga aplikasi akan otomatis langsung terupdate sesuai data yang terkirim dari NodeMCU.

4.2 Pengujian *delay* pada saat pengiriman data terhadap aplikasi android

Pada pengujian *Delay*, dilakukan perhitungan secara manual dengan menjumlahkan nilai *delay* waktu ditempuh dan *delay* saat *processing* di alat. Total nilai *delay* yang didapatkan yaitu sebesar 5,000033 s. Besarnya nilai *delay* dapat diatur dengan mengubah kecepatan pengiriman data pada Arduino UNO. Pengujian kali ini menggunakan *delay* sebesar 5000 ms, dengan tujuan untuk mempermudah pengamat saat melihat *output* di serial monitor dan database.

4.5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. *Detector* dapat mendeteksi kesalahan dengan jarak jangkauan maksimum sejauh 10 km. Selain itu, jarak terjauh pada STO kota Bandung adalah ± 9 km sehingga *detector* ini telah dirancang untuk memaksimalkan jarak sejauh mungkin.
2. *Detector* dapat bekerja dengan baik pada panjang gelombang 650 nm, redaman total sebesar 7,22 dB dan *power link budget* sebesar -3,22 dBm. Terdeteksinya informasi kabel rusak ditandai dengan *output* pada perangkat lunak.
3. *Detector* dapat mengirimkan data-data kabel yang mengalami kerusakan secara realtime melalui bantuan mikrokontroler Arduino UNO, NodeMCU dan firebase *cloud system* sebagai database. Arduino membantu *detector* untuk merubah *logic* 1 sebagai *on* dan 0 sebagai *off*. NodeMCU membantu *detector* untuk mengunggah setiap data terhadap *detector* menuju firebase. Firebase membantu *detector* untuk mempermudah proses penyimpanan data, pengelompokan data dan pembaharuan data.
4. Aplikasi android dapat menjalankan fitur *register*, *login*, dan *reporting real-time* dengan baik. *Delay* yang dihasilkan dari database menuju aplikasi yaitu 5,000033 s. Seluruh kabel memiliki identitas seperti: nama kabel, rute kabel, nama ODC, dan koordinat kabel. Identitas pada kabel dapat mempermudah dan mempersingkat waktu dalam mendeteksi kabel yang rusak. Melalui aplikasi android adalah cara terbaik bagi pengguna untuk mendeteksi kesalahan kabel karena penggunaan aplikasi bisa digunakan kapan saja dan dimana saja.

Referensi:

- [1] J. Donald et al., "Network Management System," United States Pat., no. 19, 1994.
- [2] P. D. Murugesh, R. Damini, P. Amitha, and M. Shwetha, "IoT Based Underground Optical Fiber Cable Fault Detection System," vol. 5, no. 7, pp. 351–354, 2019.
- [3] K. Swain, J. Sahoo, M. V. S. V Prasad, and G. Palai, "Fault Detection System in an Optical Fiber Using Arduino," no. June 2016, 2015.
- [4] I. Hanif and D. Arnaldy, "Analisis Penyambungan Kabel Fiber Optik Akses dengan Kabel Fiber Optik Backbone pada Indosat Area Jabodetabek," *Multinetics*, vol. 3, no. 2, p. 12, 2017, doi: 10.32722/vol3.no2.2017.pp12-17.
- [5] G. Keiser, *Optical Fiber Communications*, 4th ed., no. 9, 2013.
- [6] D. H. Sliney, "What is light? the visible spectrum and beyond," *Eye*, vol. 30, no. 2, pp. 222–229, 2016, doi: 10.1038/eye.2015.252.
- [7] S. Manik, A. M. Muslimin, and A. A. Subgan, "PERANCANGAN ALAT UKUR INTENSITAS CAHAYA BERBASIS ARDUINO LEONARDO MENGGUNAKAN SENSOR LDR (Light Dependent Resistor)," *J. Nat.*, vol. 16, no. 1, pp. 1–13, 2020, doi: 10.30862/jn.v16i1.46.
- [8] R. Components, "Light dependent Resistors Datasheet," *RS Compon.*, vol. 12, no. 651, 1997.
- [9] F. Djuandi, "Pengenalan Arduino," E-book. [www.tobuku.com](http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf), pp. 1–24, 2011, [Online]. Available: <http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>.
- [10] M. Nilawar and R. Khandekar, "IOT BASED FAULT FINDING OF AN UNDERGROUND CABLE," pp. 868–870, 2019.
- [11] L. K. P. Saputra and Y. Lukito, "Implementation of air conditioning control system using REST protocol based on NodeMCU ESP8266," *Proceeding 2017 Int. Conf. Smart Cities, Autom. Intell. Comput. Syst. ICON-SONICS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 126–130, 2017, doi: 10.1109/ICON-SONICS.2017.8267834.
- [12] A. T. Mahesa, H. Rahmawan, A. Rinharsah, and S. Arifin, "Sistem Keamanan Brankas Berbasis Kartu Rfid E-Ktp," *J. Teknol. dan Manaj. Inform.*, vol. 5, no. 1, 2019, doi: 10.26905/jtmi.v5i1.3105.
- [13] G. H. Cahyono, "Internet of Things (Sejarah, Teknologi Dan Penerapannya)," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.

- [14] W. J. Li, C. Yen, Y. S. Lin, S. C. Tung, and S. M. Huang, "JustIoT Internet of Things based on the Firebase real-time database," Proc. - 2018 IEEE Int. Conf. Smart Manuf. Ind. Logist. Eng. SMILE 2018, vol. 2018-Janua, pp. 43–47, 2018, doi: 10.1109/SMILE.2018.8353979.
- [15] A. F. Albani, "Rancang Bangun Aplikasi Pembelajaran Haji dan Umrah Android," 2015.
- [16] A. Juansyah, "Pembangunan Aplikasi Child Tracker Berbasis Assisted – Global Positioning System (A-GPS) Dengan Platform Android," J. Ilm. Komput. dan Inform., vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2015.
- [17] D. Saptun et al., "Implementasi Optisystem pada Perancangan Akses Fiber to The Home (FTTH) dengan Teknologi Gigabit Passive Optical Network (GPON)," p. 2, 2020.
- [18] Bayu Heri Prabowo, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) di Perumahan Taman Kopo Indah 5 Bandung," vol. 1, no. 3, pp. 1–13, 2015.
- [19] F. R. Rivai, "ANALISIS DAN IMPLEMENTASI PROTOTIPE PENGATUR KELEMBABAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT) PADA PENYIMPANAN SAYUR Analysis and Implementation Prototype of Controlling Humidity based Internet of Things (IoT) on Vegetable Storage," vol. 5, no. 3, pp. 4366–4373, 2018.
- [20] Bayu Heri Prabowo, "Perancangan Jaringan Fiber To The Home (FTTH) di Perumahan Taman Kopo Indah 5 Bandung," no. 3, pp. 1–13, 2015.
- [21] ITU-T, "Recommendation ITU-T G.652: Characteristics of a Single-Mode Optical Fibre and Cable," Itu-T G652, pp. 1–28, 2016.
- [22] ITU-T, "ITU-T L.12 Optical fibre splices," Elements, vol. 12, p. P.3., 2008.

