

# ULTIMA Computing

## Jurnal Sistem Komputer

**WAEISUL BISMI, WINDU GATA, ANTON, TAUFIK ASRA**

Penerapan Algoritma Hybrid Dalam Menentukan Rute Terpendek Antar Kampus

**ARI BAWONO PUTRANTO, FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO, MUCH AZAM, ZAENUL MUHLISIN, MEGARINI HERSAPUTRI**

Rancang Bangun *Adjustable Power Supply* dengan *Overload Current Protection* Berbasis IC LM723

**AHMAD ADHITYA NURHADI, DENNY DARLIS, MUHAMMAD ARY MURTI**

Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT

**ARI BAWONO PUTRANTO, ZAENUL MUHLISIN, AMATUL LUTFIAH, FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO, MEGARINI HERSAPUTRI**

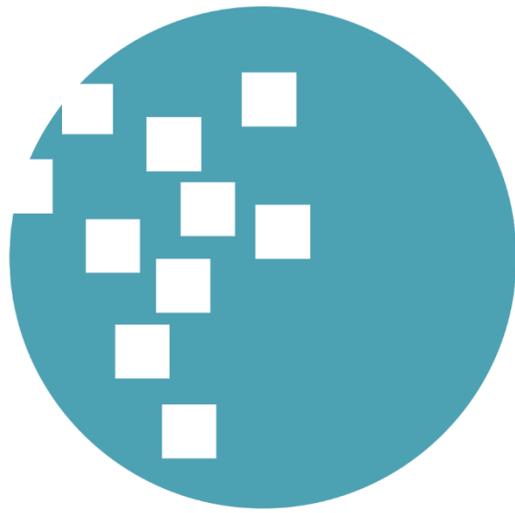
Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android

**JULANDO OMAR, NABILA HUSNA SHABRINA, AKMAL NUSA BAKTI, AXEL PATRIA**

Emotion Recognition using Convolutional Neural Network on Virtual Meeting Image

**DENNY DARLIS, ARIS HARTAMAN, AFIFAH SHAFIRA**

Sistem Pemantauan Dapur Menggunakan Teknologi Hybrid WiFi - *Visible Light Communication*



**UMN**

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

**EDITORIAL BOARD****Editor-in-Chief**

M.B.Nugraha, S.T., M.T.

**Managing Editor**

Suryasari, S.Kom., M.T.  
 Ni Made Satvika Iswari, S.T., M.T.  
 Eunike Endahriana Surbakti, S.Kom., M.T.I  
 Andre Rusli, S.Kom., M.Sc.  
 Aminuddin Rizal, S.T., M.Sc.  
 Fakhrudin M., S.T., M.T. (Undip)  
 Dede Furqon N., S.T., M.T. (Unjani)

**Designer & Layouter**

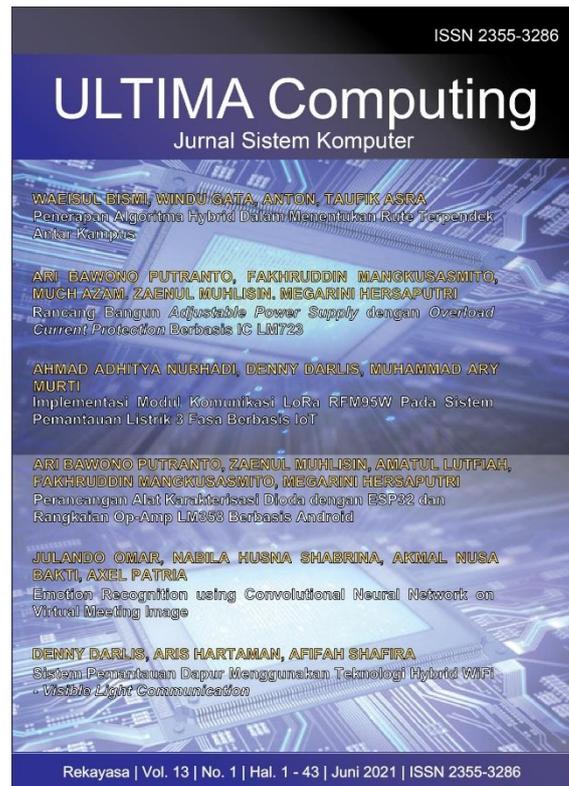
Intan Kusuma Wardani

**Members**

Dista Yoel Tadeus, S.T., M.T. (Undip)  
 Denny Darlis, S.Si., M.T. (Telkom University)  
 Ariana Tulus Purnomo, Ph.D. (NTUST)  
 Alethea Suryadibrata, S.Kom., M.Eng. (UMN)  
 Dareen Halim, S.T., M.Sc. (UMN)  
 Fenina Adline Twince Tobing, M.Kom. (UMN)  
 Ahmad Syahril Muharom, S.Pd., M.T. (UMN)  
 Samuel Hutagalung, M.T.I (UMN)

**EDITORIAL ADDRESS**

Universitas Multimedia Nusantara (UMN)  
 Jl. Scientia Boulevard  
 Gading Serpong  
 Tangerang, Banten - 15811  
 Indonesia  
 Phone. (021) 5422 0808  
 Fax. (021) 5422 0800  
 Email : ultimacomputing@umn.ac.id



**Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer** is a Journal of Computer Engineering Study Program, Universitas Multimedia Nusantara which presents scientific research articles in the field of Computer Engineering and Electrical Engineering as well as current theoretical and practical issues, including Edge Computing, Internet-of-Things, Embedded Systems, Robotics, Control System, Network and Communication, System Integration, as well as other topics in the field of Computer Engineering and Electrical Engineering. The Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer is published regularly twice a year (June and December) and is jointly managed by the Computer Engineering and Electrical Engineering Study Program at Universitas Multimedia Nusantara.

# Call for Papers



**International Journal of New Media Technology (IJNMT)** is a scholarly open access, peer-reviewed, and interdisciplinary journal focusing on theories, methods and implementations of new media technology. Topics include, but not limited to digital technology for creative industry, infrastructure technology, computing communication and networking, signal and image processing, intelligent system, control and embedded system, mobile and web based system, and robotics. IJNMT is published twice a year by Faculty of Engineering and Informatics of Universitas Multimedia Nusantara in cooperation with UMN Press.



**Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika** is the Journal of the Informatics Study Program at Universitas Multimedia Nusantara which presents scientific research articles in the fields of Analysis and Design of Algorithm, Software Engineering, System and Network security, as well as the latest theoretical and practical issues, including Ubiquitous and Mobile Computing, Artificial Intelligence and Machine Learning, Algorithm Theory, World Wide Web, Cryptography, as well as other topics in the field of Informatics.



**Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer** is a Journal of Computer Engineering Study Program, Universitas Multimedia Nusantara which presents scientific research articles in the field of Computer Engineering and Electrical Engineering as well as current theoretical and practical issues, including Edge Computing, Internet-of-Things, Embedded Systems, Robotics, Control System, Network and Communication, System Integration, as well as other topics in the field of Computer Engineering and Electrical Engineering.



**Ultima InfoSys : Jurnal Ilmu Sistem Informasi** is a Journal of Information Systems Study Program at Universitas Multimedia Nusantara which presents scientific research articles in the field of Information Systems, as well as the latest theoretical and practical issues, including database systems, management information systems, system analysis and development, system project management information, programming, mobile information system, and other topics related to Information Systems.

# KATA PENGANTAR

Salam ULTIMA!

Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer merupakan Jurnal Program Studi Teknik Komputer dan Teknik Elektro Universitas Multimedia Nusantara yang menyajikan artikel-artikel penelitian ilmiah dalam bidang Sistem Komputer serta isu-isu teoritis dan praktis yang terkini, mencakup Edge Computing, Internet-of-Things, Embedded Systems, Robotics, Control System, Network and Communication, System Integration, serta topik lainnya di bidang Teknik Komputer dan Teknik Elektro.

Pada edisi Juni 2021 ini, ULTIMA Computing memasuki Edisi ke-1 dari Volume 13. Dalam jurnal ini terdapat enam buah karya tulis ilmiah yang berasal dari para peneliti, akademisi dan praktisi di bidang Teknik Komputer dan Teknik Elektro. Beberapa topik yang diangkat dalam jurnal ini, antara lain Penerapan Algoritma Hybrid Dalam Menentukan Rute Terpendek Antar Kampus, Rancang Bangun *Adjustable Power Supply* dengan *Overload Current Protection* Berbasis IC LM723, Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT, Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android, Emotion Recognition using Convolutional Neural Network on Virtual Meeting Image, Sistem Pemantauan Dapur Menggunakan Teknologi Hybrid WiFi - *Visible Light Communication*.

Pada kesempatan kali ini juga kami ingin mengundang partisipasi para pembaca yang budiman, para peneliti, akademisi, maupun praktisi, di bidang Teknik dan Informatika, untuk mengirimkan karya ilmiah yang berkualitas pada: International Journal of New Media Technology (IJNMT), Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika, Ultima Infosys : Jurnal Sistem Informasi dan Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer. Informasi mengenai pedoman dan template penulisan, serta informasi terkait lainnya dapat diperoleh melalui alamat surel [ultimacomputing@umn.ac.id](mailto:ultimacomputing@umn.ac.id) dan halaman web dari Jurnal kami di [sini](#). Perlu diketahui, mulai saat ini kami hanya akan menerima dan memproses artikel yang ditulis dalam Bahasa Inggris sebagai tindak lanjut dari upaya migrasi kami ke jurnal berbahasa Inggris.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh kontributor dalam Ultima Computing Edisi Juni 2021 ini. Kami berharap artikel-artikel ilmiah hasil penelitian dalam jurnal ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih terhadap perkembangan penelitian dan keilmuan di Indonesia.

Juni 2021,

**M.B.Nugraha, S.T., M.T.**  
Ketua Dewan Redaksi

# DAFTAR ISI

<b>Penerapan Algoritma Hybrid Dalam Menentukan Rute Terpendek Antar Kampus</b> Waeisul Bismi, Windu Gata, Anton, Taufik Asra	1-9
<b>Rancang Bangun <i>Adjustable Power Supply</i> dengan <i>Overload Current Protection</i> Berbasis IC LM723</b> Ari Bawono Putranto, Fakhruddin Mangkusasmito, Much Azam, Zaenul Muhlisin, Megarini Hersaputri	10-16
<b>Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT</b> Ahmad Adhitya Nurhadi, Denny Darlis, Muhammad Ary Murti	17-21
<b>Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android</b> Ari Bawono Putranto, Zaenul Muhlisin, Amatul Lutfiah, Fakhruddin Mangkusasmito, Megarini Hersaputri	22-29
<b>Emotion Recognition using Convolutional Neural Network on Virtual Meeting Image</b> Julando Omar, Nabila Husna Shabrina, Akmal Nusa Bakti, Axel Patria	30-38
<b>Sistem Pemantauan Dapur Menggunakan Teknologi Hybrid WiFi - <i>Visible Light Communication</i></b> Denny Darlis, Aris Hartaman, Afifah Shafira	39-43

# Penerapan Algoritma Hybrid Dalam Menentukan Rute Terpendek Antara Cabang Kampus

Waeisul Bismi<sup>1</sup>, Windu Gata<sup>2</sup>, Anton<sup>3</sup>, Taufik Asra<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ilmu Komputer, Universitas Nusa Mandiri, Jakarta, Indonesia

<sup>1</sup>14002464@nusamandiri.ac.id, <sup>2</sup>Windu@nusamandiri.ac.id, <sup>3</sup>Anton@nusamandiri.ac.id,

<sup>4</sup>Taufik.tas@nusamandiri.ac.id

Diterima 03 Desember 2020

Disetujui 15 Juni 2020

**Abstract**—Traffic congestion in the Capital City is a familiar sight for residents of the Capital City, because two-wheeled vehicle users dominate the streets of the Capital City as much as 72.8 percent while four-wheeled vehicle users are 26.5 percent. With traffic congestion due to the increasingly uncontrollable number of vehicles in the capital, finding the closest route is the right solution for a worker, student or anyone to reach their destination on time using the Hybrid method. The Hybrid method of the Dijkstra Algorithm and the A\* (A-star) Algorithm will be carried out on the same object, namely determining the shortest route between the campus branches, namely the Nusa Mandiri kramat University campus as the starting point and the Nusa Mandiri Jatiwaringin University as the destination point, this Hybrid method aims to improve the performance and accuracy of the two shortest route search algorithms. Based on the step of applying the Hybrid method in finding the shortest route, it was found with a total distance of 12.4 kilometers as a better and more effective opportunity compared to the results of applying the Dijkstra algorithm with a total distance of 14 kilometers and the A \* (A-star) algorithm only with a total distance of 13.1 Kilometers.

**Index Terms**—Astar's Algorithm, Dijkstra's Algorithm, Hybrid Method.

## I. PENDAHULUAN

Kemacetan jalanan ibu kota adalah pemandangan yang sudah lumrah bagi warga ibu kota, yang disebabkan karena pengguna kendaraan roda dua mendominasi jalanan ibu kota sebanyak 72,8 persen sementara itu pengguna kendaraan roda empat 26,5 persen dan kepadatan penduduk di Jakarta serta banyaknya aktifitas yang beragam, Menurut (Suyuti, 2012) ketidak seimbangannya antara kebutuhan dan permintaan yakni meningkatnya alat transportasi dengan kapabilitas prasana yang ada, mengakibatkan sering terjadinya kemacetan pada lalu lintas. Selain itu, Menurut (Salean et al., 2019) tingginya muatan yang terbentuk secara terus menerus menyebabkan lalu lintas (*through traffic*) dan berbaurnya perlintas lokal maupun dari daerah menjadikan masalah pokok

kemacetan di ibu kota.

Dikarenakan tingginya kepadatan lalu lintas serta semakin tidak terkendalinya dan banyaknya jumlah kendaraan di jalanan ibukota, membuat kota Jakarta seolah-olah tidak tidur dari lalu lintas dan menjadikannya pemandangan sehari-hari, agar mencapai tujuan dengan cepat dan tepat waktu pencarian rute yang terdekat merupakan solusi yang sempurna dan terbaik bagi setiap pekerja di ibukota, mahasiswa atau siapapun pengguna jalan di Jakarta, menurut (Kiki Setiawan, Supriyadin, Imam Santoso, 2018). Pada saat seseorang ingin menuju ke suatu tempat tentu biasanya menggunakan pencarian dalam sebuah *maps* yang dalam hal tersebut sangat berakaitan erat dengan pencarian rute seperti ke tempat SPBU, tempat pariwisata, perjalanan rumah ke kantor ataupun perjalanan antara cabang kampus, seseorang pengguna jalan tentu akan memilih rute yang dianggapnya sempurna dengan estimasi waktu lebih cepat dan rute yang *relative* singkat dalam menganalisa rute menuju tujuan.

Maka dari itu solusi yang efektif bagi pencarian rute terpendek antar cabang kampus yang disebabkan oleh kemacetan di ibukota khususnya bagi para mahasiswa yang ada kegiatan di cabang kampus berbeda adalah dengan menggunakan metode *hybrid*.

Metode *Hybrid* adalah penggabungan dari Algoritma Dijkstra dan Algoritma A\* (*A-star*) akan diterapkan pada satu objek yang sama yaitu menentukan rute terpendek antara cabang kampus yakni kampus Universitas Nusa Mandiri Kramat sebagai titik awal dan Universitas Nusa Mandiri Jatiwaringin sebagai titik tujuan.

Pada penerapan metode *hybrid* ini digunakan untuk meningkatkan akurasi serta *performance* dari kedua algoritma pencarian rute terpendek dan menurut (Noviriandini & Safitri, 2017) rute terpendek pada suatu lintasan dapat dimaknai menjadi nilai terkecil dari sebuah lintasan, yakni dengan total nilai dari

segala lengkungan yang membentuk lintasan. beberapa algoritma matematika dapat memecahkan permasalahannya dan Menurut (Cantona et al., 2020) dalam menyelesaikan masalah rute terpendek pada *graf* berarah, ada banyak metode algoritma yang dapat digunakan.

Algoritma dalam menetapkan rute terdekat ataupun pencarian lintasan terpendek terdapat beraneka ragam namanya dan juga metode penyelesaiannya, diantara lain ialah Algoritma A\* (*A-star*) yang menggunakan metode *heuristic* dalam melakukan perhitungan pencarian lintasan terpendek yang juga menganalisa nilai input serta mengevaluasi beberapa jalur yang mungkin dilalui sehingga membentuk hasil. Hart, Nilsson, dan Raphael merupakan orang-orang yang mengemukakan Algoritma A\* (*A-star*) sehingga dipergunakan secara luas pada *graph traversal* yakni penemuan dan memproses dalam menentukan jalur yang mampu dilewati secara efisien dan efektif pada sekitar titik yang diklaim sebagai *node*. Walaupun tidak selalu benar kelebihan yang dimiliki dari Algoritma A\* (*A-star*) yakni dalam waktu menemukan rute perlintasan dianggap lebih baik dan cepat dibandingkan dengan algoritma - algoritma pencarian rute lainnya kemudian jumlah *Loop A star* lebih sedikit dan rute yang ditemukan dapat berbeda tapi mempunyai biaya yang sama.

Lalu terdapat Algoritma Dijkstra yang menggunakan metode *blind method* dalam pencarian rute terpendek, Algoritma Dijkstra dianggap dapat dijadikan solusi sebagai prosedur pemecahan masalah dalam memastikan jalur terpendek dengan memperhitungkan kalkulasi terhadap nilai satu titik dengan titik lainnya dalam sebuah jalur lintasan beserta semua kemungkinannya sehingga dapat menghasilkan rute terpendek dengan menghitung lintasan berdasarkan rute yang ditempuh pada tiap wilayah (Noviriandini & Safitri, 2017). Edsger Dijkstra merupakan nama seseorang penemu yang namanya dinamai sesuai dengan hasil temuannya yakni Algoritma Dijkstra. Keunggulan mekanisme penyelesaian pada Algoritma Dijkstra terletak pada prosesnya yakni awal proses pemilihan titik mana yg akan menjadi bobot jarak di *node* yang pada tahap pengembangan selanjutnya pencarian origin berasal satu titik ke titik lainnya serta ke poin selanjutnya secara bertahap sampai menemukan akhir *node* yang dituju sebagai titik yang dimaksudkan dan Adapun kekurangan dalam Algoritma Dijkstra yaitu hanya berdasarkan pada informasi yang dependen sehingga didapati nilai optimum hanya pada saat itu. Jadi dalam Algoritma Dijkstra, kita tidak perlu memikirkan konsekuensi yang akan terjadi jika kita memilih suatu keputusan pada tahapan - tahapan tertentu.

Dengan melihat kelebihan dan kekurangan dari Algoritma Dijkstra dan Algoritma A\* (*A-star*), penulis membandingkan keduanya untuk menunjukkan hasil dari kedua algoritma berdasarkan deterministik yang kemudian dilakukan metode *Hybrid* dengan kedua algoritma tersebut dalam menentukan rute terpendek antar cabang kampus Universitas Nusa Mandiri Kramat dan Universitas Nusa Mandiri Jatiwaringin yang menghasilkan bentuk Algoritma *Best First Search* agar efisiensi dalam hal jarak serta waktu tempuh.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Teori Graf

Pada tahun 1736 merupakan tahun sejarah teori graph bermula pada saat seseorang berkebangsaan Swiss berhasil dalam memecahkan masalah teka-teki jembatan Konigberg, dia adalah seorang matematikawan bernama Leonhard Euler. (Andriansyah et al., 2010). Menurut (Fitria & Triansyah, 2013) mengungkapkan bahwa sebuah *graf* bisa dimaknai menjadi pasangan himpunan  $(V, E)$ , lalu berikutnya ditulis menggunakan notasi  $G = (V, E)$ , pada perihal ini  $V$  merupakan kumpulan simpul yang memiliki isi (*Vertices or Node*) dan  $E$  merupakan bagian sisi tepi yang ditetapkan (*edge or arc*) yang menghubungkan beberapa pasang sebuah simpul. Simpul pada sebuah *graf* dapat diberi lambang dengan huruf abjad semacam A, I, U, ... dsb. ataupun penomoran dengan angka, seperti nomor 2, 4, 6, ... dsb. atau bisa juga dengan mengkombinasi dari keduanya antar angka dan huruf sesuai kebutuhan.

Apabila simbol ( $e$ ) merupakan bagian sisi yang menghubungkan titik  $u$  dan titik  $v$  maka simbol ( $e$ ) dapat juga diinisalkan rumus  $e = (u, v)$  karena bagian sisi yang menghubungkan kedua titik tersebut diberi inisial rumus  $(u, v)$  dan bisa juga dilambangkan dengan  $e^1, e^2, e^3, \dots$  en. bila dipahami secara geometris sebuah *graf* dideskripsikan sebagai himpunan titik (simpul) pada aspek 2 bidang perspektif yang dihubungkan dari sekumpulan garis (sisi).

Permasalahan dalam menemukan jalur terpendek di *graf* artinya tergolong dalam salah satu *problem optimize*. *Graf* yg dipergunakan dalam pencarian jalur terpendek adalah grafik berbobot (*weighted graph*), yaitu *graf* yg masing-masing mengilustrasikan seperti jeda jarak antar wilayah, proses ketika pengiriman pesan, porto pembangunan serta lain sebagainya. seluruh perkiraan yang digunakan ialah bobot bernilai positif.

Secara global, istilah terpendek memiliki arti yakni meminimalkan nilai bobot pada sebuah jalur *graf* akan tetapi hal tersebut tergantung dari typical permasalahan yang dibahas dan dipecahkan (Noviriandini & Safitri, 2017).

Algoritma Dijkstra bisa diterapkan pada suatu persoalan pencarian lintasan terpendek dengan cara

membuat jalur ke satu simpul optimal pada setiap Langkah (Hariyadi et al., 2020). Jadi di langkah ke ( $n$ ) setidaknya terdapat ( $n$ ) *node* yang telah kita ketahui jalur terpendek. Langkah-langkah menerapkan algoritma Dijkstra pada suatu persoalan dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

- a) Pada langkah pertama pilih titik mana yang akan menjadi simpul awal, kemudian berikan bobot nilai jarak pada simpul pertama ke simpul terdekat satu per satu, Dijkstra akan mengembangkan pencarian dari satu titik ke titik lainnya dan ke titik berikutnya selangkah demi selangkah.
- b) Beri bobot nilai (jarak) untuk setiap titik ke titik lain, kemudian tetapkan nilai 0 pada simpul awal dan nilai tak hingga untuk simpul lainnya (tidak terisi)
- c) Atur seluruh titik *node* yang belum dilalui dan kemudian aturlah titik *node* awal menjadi "Embarcation node"
- d) Berasal dari *node* *embarkasi*, melakukan peninjauan padatitik *node* tetangga yang belum dilalui kemudian hitung jarak asal dari titik *embarkasi*. apabila jarak yang didapati lebih kecil dari jarak sebelumnya (yang telah terekam pada sebelumnya) maka hapus data lama, kemudian laukan update pada data jarak dengan jarak yang baru
- e) Pada saat terselesaikannya perhitungan pada setiap jarak terhadap titik *node* tetangga, kemudian beri tanda pada titik *node* yang dilalui menjadi "*node* yang dilintasi". Dan titik *node* yang telah dilewati tidak akan pernah di kroscek kembali, jarak yang telah dihitung serta yang telah disimpan merupakan jarak terakhir serta yang memiliki bobot paling sedikit.
- f) Setel "simpul tak terlewati" menggunakan jarak terkecil (dari simpul *embarkasi*) ke "simpul *embarkasi*" berikutnya dan ulangi langkah e.

Menentukan titik waktu intervensi yang terkait dengan simpul yang telah ditentukan sebelumnya, yaitu bobot terkecil yang terlihat dari tabel dan garis besar sebagai simpul yang ditentukan selanjutnya.

#### B. Matriks Ketetanggaan

Matriks ketetanggaan atau istilah lain matriks tetangga merupakan adalah *graf* simetris yang sederhanayaitu  $a_{ij} = a_{ji}$ . Perihal ini bermula oleh kedua-duanya yakni bernilai 1 ketika  $v_i$  dan  $v_j$  memiliki sisi, dan bernilai 0 apabila tidak ada sisi diantara kedua nya, maka hal ini dinamakan juga matriks bernilai nol-satu, sedangkan buat *graf* berarah, matriks tetangga belum tentu simetris (akan bergejala Bila itu merupakan grafik arah lengkap). Selain itu, *graf* sederhana tidak memiliki cincin, sebagai akibatnya diagonal utama selalu 0 karena  $a_{ii}$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$  memiliki nilai tetap 0.

Dengan merepresentasikan matriks salah satunya dengan cara nilai matrik ketetanggaan maka dapat mempermudah dalam perhitungan pada *graf*. Matriks yang berdekatan pada titik asal suatu grafik mengacu pada urutan simpul, Jadi sebesar nilai  $n$  urutan berbeda dibuat dari titik asal simpul keuntungan representasi menggunakan matriks ialah elemen matriksnya bisa dilakukan akses secara eksklusif melalui nilai pada indeks, Misalkan terdapat sebuah *graf*  $G = (V, E)$  dengan menggunakan jumlah simpul  $n$ . Matriks ketetanggaan  $G$  adalah matriks bujur sangkar dengan menghitung ukuran  $n \times n$ . atau  $M = [m_{ij}]$ , dengan  $m_{ij} = 1$  jika simpul  $i$  dan  $j$  bertetangga, kebaliknnya  $m_{ij} = 0$  jika simpul  $i$  dan  $j$  tidak bertetangga.

#### C. Metode Heuristik

Heuristik dalam bahasa inggris menjadi *Heuristic* serta istilah tersebut berasal dari kata kerja bahasa Yunani yakni *heuriskein*, yang memiliki arti yaitu "mencari atau menemukan". Pada era dunia pemograman saat ini, dimana istilah *heuristic* diartikan menjadi suatu proses yang dapat merampungkan pada suatu persoalan namun tidak terdapat agunan padanya bahwa solusi yang dicarinya tersebut bisa dapat dipastikan.

Dalam mengkaji dan menelaah metode ini, istilah *heuristic* dapat juga diartikan menjadi suatu fungsi yang dapat menyampaikan sebuah nilai asumsi dan nilai estimasi yakni dari suatu perkiraan solusi. Teknik dalam pencarian nilai dalam metode *heuristic* adalah salah satu bagian dalam melakukan suatu proses pencarian secara hati-hati serta ketat dan juga dapat mengarahkan kepada suatu proses pencarian yang mendapati kemungkinan peluang lebih besar dan memiliki prbabilitas keberhasilan terbesar, namun menggunakan kemungkinan pada kelengkapan (complete). Fungsi heuristik ialah aturan yang digunakan buat menerima solusi yg diinginkan sebagai implementasi dari pencarian metode heuristik

#### D. Algoritma Dijkstra

Menurut (Masri et al., 2019) Algoritma Dijkstra adalah algoritma yang digunakan untuk menemukan jalur (*path*) teringkas dari simpul awal ke simpul akhir (*the minimum path of the weighted graph*). Untuk membandingkan nilai bobot terkecil dari titik sumber menuju titik tujuan agar mendapatkan hasil yang efisien metode algoritma Dijkstra lah yang umumnya digunakan utnk memecahkan permasalahan tersebut (Masri et al., 2019), karena pada dasarnya Algoritma Dijkstra termasuk golongan teknik *greedy* yakni menggunakan sekumpulan (*vertex*) nilai titik  $S$  yang pertamanya diisikan dengan nilai awal pada setiap langkah (*vertex*) nilai titik  $v$  lalu berikutnya ditambahkan yang mempunyai bobot terkecil dan dalam merekam jalur terpendek dari titik awal hingga titik akhir biasanya menerapkan penggunaan *Array D*.

Lalu Menurut (Yunata & Widayati, 2020) Algoritma *Greedy* biasa dipergunakan dalam memecahkan permasalahan *optimize* yakni dengan penyelesaian secara selangkah demi selangkah (*step by step*). Dan juga menurut (Harsadi & Nugroho, 2020) Algoritma tersebut merupakan algoritma yang umum digunakan dalam menyelesaikan permasalahan terkait pencarian *graf* dari suatu lintasan terpendek bersamaan dengan sebuah *graf* yang berbeda pohon lintasan terpendek..

Untuk itu Algoritma Dijkstra menerapkan prinsip dan teknik *greedy* dalam pemilihan sisi yg memiliki bobot terkecil pada setiap langkah demi langkahnya dan lalu dimasukkan kedalam himpunan solusinya, hal tersebut mengemukakan bahwa algoritma Dijkstra mendapati jalur terpendek pada *graf* berarah dengan panjang sisi *non-negatif*., sehingga sangat cocok dengan karakteristik perkotaan yang mempunyai jalan satu arah (Nggufon et al., 2019).

#### E. Algoritma A\* (A-star)

Pada tahun 1968 Algoritma A\* (*A-star*) pertama kali diperkenalkan dengan menggunakan metode *heuristic* yang merupakan bagian dari format pencarian *heuristic* dalam menghitung efektifitas dan efisiensi sebuah solusi yang optimal oleh peter hart, Nils Nilson, dan Bertram Raphael

A\* diperkenalkan oleh Peter Hart, Nils Nilsson dan Bertram Raphael pertama kali pada tahun 1968 dengan menggunakan *heuristic*. Algoritma A\* (*A-star*) merupakan format pencarian heuristik untuk menghitung efisiensi solusi optimal.

Algoritma A\* (*A-star*) adalah bagian dari penyempurnaan algoritma Dijkstra serta menghasilkan sebuah algoritma pencarian pertama yang terbaik atau BFS (Best First Search). Algoritma A\* (*A-star*) biasanya akan bekerja dengan menjumlahkan nilai  $g(n)$ , yakni menghitung banyaknya jumlah pergerakan awal dari satu *node* ke *node* lain dan lalu  $h(n)$  yaitu estimasi dari sebuah biaya *node* n ke tempat titik pada tujuan akhir. Sehingga di dapatkan rumus persamaan seperti berikut ini :

$$f(n)=g(n)+h(n) \quad (1)$$

$f(n)$  = jumlah total biaya (jarak) yang dibutuhkan dalam perjalanan dari satu *node* ke tujuan.

$h(n)$  = estimasi biaya (jarak) dari titik *node* n ke titik tujuan akhir (heuristik).

$g(n)$  = total jumlah pada pergerakan dari satu *node* menuju *node* lain. (graph)

Dengan menggunakan istilah lain maka biaya atau *cost* merupakan jarak lintas yang sudah dilalui serta Panjang garis lurus yang dihasilkan antara *node* n (titik awal) dengan *node* akhir (tujuan) merupakan asumsi dari nilai *heuristic* nya dan juga semakin kecil nilai pada nilai  $f(n)$ , maka semakin tinggi dan meningkat nilai bentuk prioritasnya.

#### F. Google Maps

*Google Maps* merupakan peta yang berbasis online dan dapat diakses melalui perangkat *mobile*, *dekstop*, ataupun *web* yang dapat dilihat melalui situs <https://maps.google.com>. karena aplikasi ini disediakan oleh *Google* secara gratis. *Google maps* memudahkan kita dalam mencari informasi seputar geografis karena pada layanan ini kita dapat melihat seluruh wilayah dibumi hanya dengan menggeser, *zoom in* dan *zoom out* sesuai kebutuhan pengguna (Ismayanto, 2018). Selama tersedianya akses internet berjalan lancar dengan menggunakan aplikasi *Google maps* ini memudahkan kita dalam mencari rute termudah, terpendek dan tercepat agar pengguna tidak tersesat dan terjebak dalam kemacetan.

Selain *Google Maps*, aplikasi *Waze* juga dapat digunakan untuk peta jalan berbasis online. Aplikasi *Waze* hampir sama dengan *Google Maps*, yang membedakan adalah pencarian rutanya saja yang mengarahkan pengguna ke rute yang lebih jauh serta merepotkan. Dan fitur yang ada di dalam aplikasi *Waze* tidak sebanyak dengan fitur yang ada di dalam aplikasi *Google Maps*. Menurut (Setya et al., 2020) mengungkapkan bahwa *Google Maps* memiliki tingkat presentase sebesar 54% sedangkan penggunaan *Waze* di Indonesia menempati peringkat ke – 34 dengan indeks rating sebesar 3.54.

Pendekatan kualitatif merupakan pendekatan yg diterapkan dalam penelitian ini, karena teknik yang digunakan merupakan metode observasi lapangan dan juga berfokus pada eksplorasi agar mendapati pemahaman tentang alasan yang mendasar dan juga guna menghasilkan uraian - uraian penelitian yang pragmatis serta sesuai fakta kebenaran hasil lapangan secara detail dan terperinci. Menurut (Noviriandini & Safitri, 2017) menggunakan pendekatan kualitatif pada suatu penelitian sangat sesuai dalam menyamakan antara metode deskriptif dengan teori yang berlaku.

### III. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang dipakai sebagai proses pengumpulan data dalam penelitian mencari rute terpendek antar cabang kampus menggunakan algoritma djisktra sebagai berikut :

#### A. Pengamatan Lapangan (Observation)

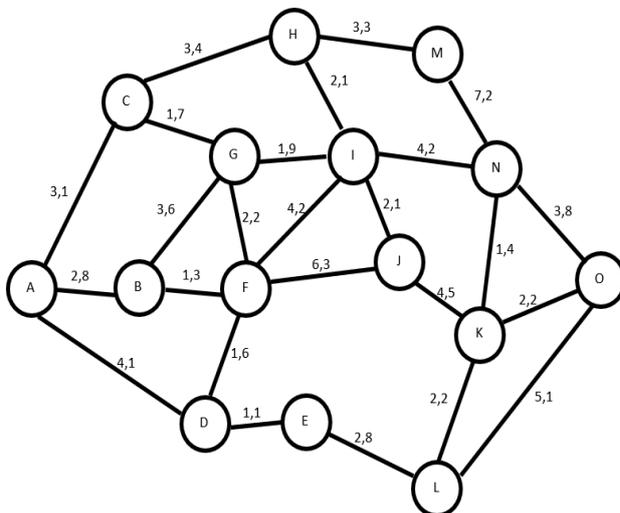
Dalam proses pengumpulan data peneliti melakukan eksplorasi lapangan pada *object* guna mendapatkan kebenaran hasil lapangan dengan melakukan perjalanan secara akurat dan langsung antar cabang dari kampus Universitas Nusa Mandiri Kramat sebagai titik sumber dan Universitas Nusa Mandiri Jatiwaringin sebagai titik tujuan untuk menghitung jarak antar cabang kampus melalui rute yang berbeda-beda dan untuk memastikan rute yang ditempuh kemudian dilakukan pengecekan kembali melalui *google maps* untuk total rutanya.

## B. Literatur Studi (Library Research)

Untuk memperkuat landasan teori dalam penelitian ini peneliti melakukan pengumpulan data rute-rute yang digunakan menuju kampus dan juga artikel dari paper, buku, internet atau referensi lainnya agar memperoleh informasi yang terarah sesuai fokus penelitian.

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peneliti meneliti mengenai jarak rute tempuh antar cabang kampus dari Jalan Kramat Raya yakni kampus Universitas Nusa Mandiri Kramat menuju ke Jalan Raya Jatiwaringin yakni Universitas Nusa Mandiri Jatiwaringin dengan menerapkan Metode *Hybrid*, pada dasarnya banyak rute yang dapat dilalui oleh peneliti pada saat menuju ketempat tujuan tersebut dan untuk pembuatan titik *graf* pada saat observasi object dilakukan, setiap perlintas yang dilalui oleh peneliti dibuatlah tanda yang kemudian dijadikan beberapa titik *graf*. Hasil pemberian beberapa tanda pada tiap perlintas, menghasilkan gambar titik - titik *graf* yang bisa dilihat pada gambar 1 dibawah. Titik - titik *graf* yang dibuat oleh peneliti berlandaskan titik sumber, titik tujuan dan juga panjang jarak (kilometer) yang ditempuh.



Gambar 1. Titik *graf* rute perjalanan antar cabang kampus

Adapun keterangan tiap titik pada perlintasan rute perjalanan yang telah ditempuh antar cabang kampus dapat terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan Titik *Grif* Rute Perjalanan

No	Titik	Keterangan
1	A	Jl. Kramat Raya
2	B	Jl. Salemba Raya
3	C	Jl. Lendjten Suprpto
4	D	Jl. Jatinegara Timur
5	E	Terminal Kp. Melayu
6	F	JL. Matraman
7	G	Jl. Pramuka
8	H	Jl. Perintis Kemerdekan
9	I	Jl. Pemuda Rawamangun
10	J	Jl. Klender
11	K	Jl. Raya Bakasi
12	L	Jl. Jendral Basuki
13	M	Jl. Pantura
14	N	JL. Inpeksi Kalimalang
15	O	Jl. Raya Jatiwaringin

Setelah mengetahui rute-rute perlintasan wilayah menuju wilayah yang lain, dalam hal penelitian ini peneliti akan menerapkan Metode *Hybrid* yakni dengan Algoritma Dijkstra dan Algoritma A\* (*A-star*) sebagai metode yang dianggap ampuh memecahkan permasalahan pencarian rute, lalu menjadikan tiap - tiap persimpangan dengan persimpangan lainnya sebagai *input* atau nilai masukan pada sebuah *graf* yang mana persimpangan.

### A. Penerapan Algoritma Dijkstra

Algoritma Dijkstra merupakan bentuk dari Algoritma Greedy yang bersifat rakus yang pada dasarnya algoritma ini akan memeriksa simpul ke segala arah yang dimungkinkan hingga menghasilkan beberapa rute perjalanan yang dapat dilalui yang dapat dilihat pada table 2 berikut.

Tabel 2. Daftar Rute Perlintasan

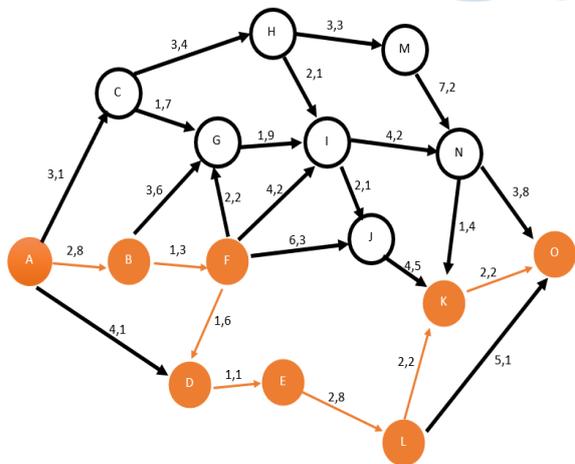
No	Lintasan	Keterangan
1	A-C-H-M-N-O	Rute 1
2	A-C-H-M-N-K-O	Rute 2
3	A-C-H-I-N-O	Rute 3
4	A-C-H-I-N-K-O	Rute 4
5	A-C-H-I-J-K-O	Rute 5
6	A-C-G-I-N-O	Rute 6
7	A-C-G-I-N-K-O	Rute 7
8	A-C-G-I-J-K-O	Rute 8
9	A-B-F-G-I-J-K-O	Rute 9
10	A-B-F-I-J-K-O	Rute 10
11	A-B-F-I-N-K-O	Rute 11
12	A-B-F-I-N-O	Rute 12
13	A-B-F-J-K-O	Rute 13
14	A-B-F-D-E-L-K-O	Rute 14
15	A-B-F-D-E-L-O	Rute 15

Dalam penerapan Algoritma Dijkstra pemilihan rute dijalankan dengan menggunakan cara pencarian pertama terbaik atau dengan istilah lain yakni *Best First Search (BFS)*, Proses ini akan diterapkan secara berulang dengan cara setiap lintasan rute yang diperhitungkan jaraknya dari titik *node* awal perjalanan hingga menuju titik *node* lainnya, kemudian lintasan rute tersebut akan dibandingkan dan rute yang memakai interval terpendek akan terpilih sebagai rute terpendek, yang kemudian digambarkan melalui matriks yang dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini,

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	0	2,8	3,1	4,1	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
B	2,8	0	∞	∞	∞	1,3	3,6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
C	3,1	∞	0	∞	∞	∞	1,7	3,4	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
D	4,1	∞	∞	0	1,1	1,6	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
E	∞	∞	∞	1,1	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	2,8	∞	∞	∞
F	∞	1,3	∞	1,6	∞	0	2,2	∞	4,2	6,3	∞	∞	∞	∞	∞
G	∞	3,6	1,7	∞	∞	2,2	0	∞	1,9	∞	∞	∞	∞	∞	∞
H	∞	∞	3,4	∞	∞	∞	∞	0	2,1	∞	∞	∞	3,3	∞	∞
I	∞	∞	∞	∞	∞	4,2	1,9	2,1	0	2,1	∞	∞	∞	4,2	∞
J	∞	∞	∞	∞	∞	6,3	∞	∞	2,1	0	4,5	∞	∞	∞	∞
K	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	4,5	0	2,2	∞	1,4	2,2
L	∞	∞	∞	∞	2,8	∞	∞	∞	∞	∞	2,2	0	∞	∞	5,1
M	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	3,3	∞	∞	∞	∞	0	7,2	∞
N	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	4,2	∞	1,4	∞	7,2	0	3,8
O	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	2,2	5,1	∞	3,8	0

Gambar 2. Tabel Matriks

Dari gambar 2 diketahui baris yang terdapat pada matriks menentukan lokasi titik awal dan pada bagian kolom menentukan lokasi tujuan. Lalu penerapan Algoritma Dijkstra dalam pencarian rute antar cabang kampus menghasilkan lintasan rute terpendek yakni rute 14 dengan total jarak tempuhnya 14 Km yang bisa dilihat pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Rute Penerapan algoritma Dijkstra

Dan berikut data keterangan jalur – jalur yang dipilih, didapat dari google maps :

1. Jl.Kramat raya
2. Jl.Kramat raya – Jl. Salemba Raya
3. Jl.Salemba raya – Jl. Matraman
4. Jl. Matraman – Jl.Jatinegara timur
5. Jl.Jatinegara timur – Terminal Kp.melayu
6. Terminal Kp.melayu – Jl.Jendral Basuki
7. Jl.Jendral Basuki – Jl. Raya Bekasi
8. Jl. Raya Bekasi – Jl. Raya Jatiwaringin

B. Penerapan Algoritma A\*(A-star)

Pada Tahap penerapan algoritma A\* (Astar) dalam menentukan rute terpendek dibutuhkan nilai heuristik, untuk menghitung jarak *heuristic* menggunakan metode *Euclidean distance* pada persamaan. Menurut (Umar et al., 2021) *Euclidean distance* adalah perhitungan 2 buah titik mengenai jarak dalam cakupan lingkup *Euclidean space*. Pada tahun 300 SM dipublikasikanlah istilah *Euclidean space* oleh Euclid, yakni seorang matematikawan yang berasal dari Yunanidalam mengkaji suatu hubungan antara sudut simpul dan juga jarak serta *Euclidean* ini berkaitan juga dengan *Teorema Phytagoras* yang pada umumnya dilakukan pada setidaknya satu serta dua atau tiga dimensi dan Berikut formula *Euclidean*.

$$d = \sqrt{(x1 - x2) + (y1 - y2)2} \quad (2)$$

Maka hasil penerapan dari rumus formula diatas akan menjadi seperti berikut :

$$d = \sqrt{(lat1 - lat2) + (long1 - long2)2} \quad (3)$$

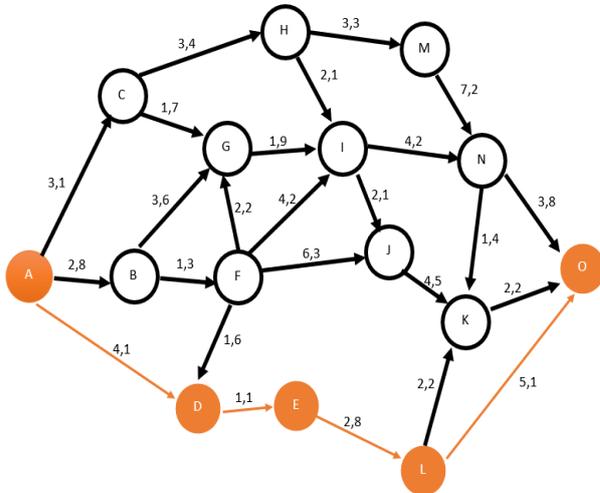
D adalah Jarak dengan satuan kilometer (Km)  
*Lat<sup>1</sup>* adalah istilah *Latitude* titik *node* awal  
*Lat<sup>2</sup>* adalah istilah *Latitude* titik tujuan  
*Long<sup>1</sup>* adalah *Longitude* titik *node* awal  
*Long<sup>2</sup>* adalah *Longitude* titik *node* tujuan

Maka dapat dilihat pada Tabel 3 berikut dibawah ini,merupakan hasil perhitungan dari titik-titik *node* dengan menggunakan rumus diatas :

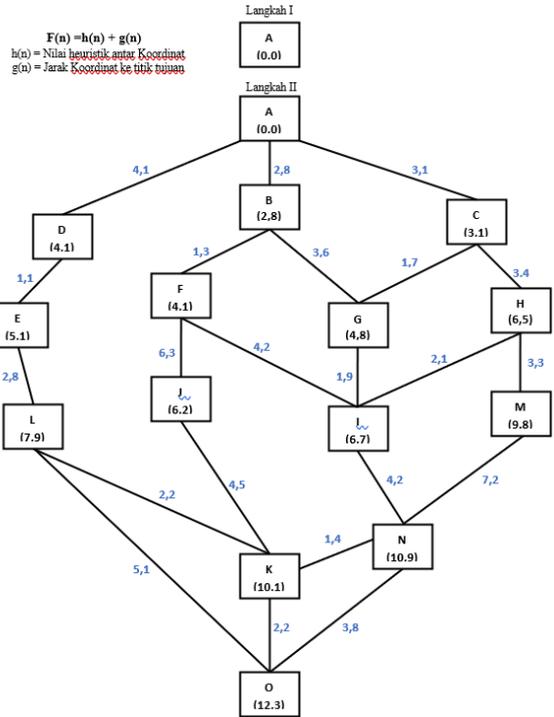
Tabel 3. Nilai Titik Heuristik

No	Titik Indeks	Hasil
1	A (0) ke B (2,8)	2,8
2	A (0) ke C (3,1)	3,1
3	A (0) ke D (4,1)	4,1
4	B (2,8) ke F (1,3)	4,1
5	B (2,8) ke G (3,6)	6,4
6	C (3,1) ke G (3,6)	6,7
7	C (3,1) ke H (3,4)	6,5
8	D (4,1) ke F (1,6)	5,7
9	D (4,1) ke E (1,1)	5,5
11	F (1,3) ke D (1,6)	2,9
12	F (1,3) ke G (2,2)	3,5
13	F (1,3) ke I (4,2)	5,3
14	F (1,3) ke J (6,3)	7,4
15	J (6,3) ke K (4,3)	10,6
16	E (1,1) ke L (2,8)	3,9
17	L (2,8) ke K (2,2)	5
18	L (2,8) ke O (5,1)	7,9
19	K (2,2) ke O (2,2)	4,4
20	E (1,1) ke L (2,8)	3,9

Setelah mendapati nilai *heuristic* pada setiap masing-masing titik *node*, maka pada tahapan selanjutnya yakni dilakukan perhitungan algoritma A\* menggunakan rumus  $f(n)=g(n)+h(n)$  yang menghasilkan lintasan rute terpendek antara cabang kampus yang dapat dilihat pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rute Penerapan Algoritma A-star



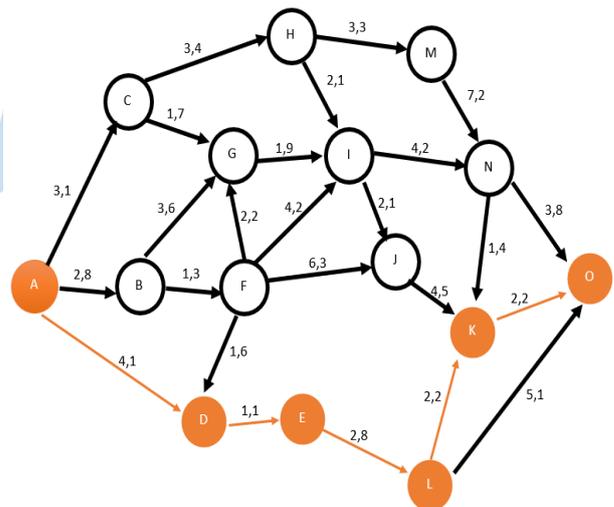
Gambar 5. Langkah Pencarian rute terpendek

Karena antara satu *graf* mewakili perhitungan jarak Kilometer (KM), maka jalur lintasan yang didapati dari algoritma A\* (*A-star*) adalah A-D-E-L-O dengan total jarak 13,1 Km.

C. Penerapan Metode *Hybrid*

Pada Metode *Hybrid* ini dilakukan penggabungan kedua algoritma yakni menerapkan Algoritma Dijkstra yang bersifat greedy untuk menghasilkan nilai matriks dan menerapkan Algoritma A\* (*A-star*) untuk penyempurnaan Algoritma Dijkstra dengan representasi graph pada matriks Algoritma Dijkstra kemudian Langkah selanjutnya menghitung jarak dari dua titik untuk dijadikan nilai heuristik. Maka bisa dijelaskan dengan istilah lain, bahwa heuristik memiliki peranan fungsi optimasi yang menjadikan algoritma A\* lebih baik dari pada algoritma lainnya dan pada gambar 5 berikut adalah langkah pencarian rute terpendek dengan menerapkan metode *Hybrid*.

Berdasarkan langkah pencarian dengan metode *Hybrid*, peneliti telah berhasil mendapati nilai serta menemukan rute terpendek dalam mencari lokasi antar titik dengan cara menghitungkan semua jarak keseluruhan lintasan yang dilewatinya yang dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6. Rute Penerapan Metode *Hybrid*

Karena antara satu *graf* mewakili perhitungan jarak Kilometer (KM), maka jalur lintasan yang didapat dari penerapan metode *Hybrid* adalah A-D-E-L-K-O dengan total jarak 12,4 Km. yang mana bisa dianggap sebagai peluang yang lebih baik dan efektif untuk menghindari kemacetan lalu lintas dari Universitas Nusa Mandiri kampus Kramat sebagai titik awal menuju Universitas Nusa Mandiri kampus Jatiwaringin sebagai titik tujuan.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian penelitian yang telah peneliti lakukan dalam mencari rute terpendek untuk studi kasus antara kampus, maka dapat disimpulkan beberapa hal:

1. Penerapan Algoritma Dijkstra dengan perhitungan matriks nya didapat rute perlintasan A-B-F-D-E-L-K-O dengan total jarak 14 Km. lalu Penerapan Algoritma A\* (*A-star*) dengan nilai titik heuristiknya mendapati rute perlintasan A-D-E-L-O dengan total jarak 13,1 Km. dan dengan penerapan metode *Hybrid* dari algoritma Dijkstra serta algoritma A\* star (*A-star*) menghasilkan perlintasan rute A-D-E-L-K-O yang mana bisa dijadikan peluang terbaik dengan total jarak tempuh 12,4 Km.
2. Penelitian ini menerapkan metode *Hybrid* yaitu kombinasi dari Algoritma Dijkstra dan Algoritma A\* (*A-star*), dalam menentukan rute terpendek antar cabang kampus yang menghasilkan bentuk Algoritma *best first search* agar efisiensi dalam hal jarak serta waktu tempuh lalu menjadikan tiap - tiap persimpangan satu dengan persimpangan lainnya sebagai *input* atau nilai masukan pada sebuah *graf* yang mana persimpangan ini juga bisa diartikan sebagai titik simpul (*node*) dan menjadikan jalur yang menghubungkan persimpangan sebagai simpul (*path*).
3. Metode *Hybrid* digunakan untuk meningkatkan akurasi serta *performance* dari kedua algoritma dan menjadi solusi yang efektif bagi pencarian rute terpendek bagi mahasiswa yang akan melakukan kegiatan antar Universitas Nusa Mandiri kampus Kramat sebagai titik awal dan Universitas Nusa Mandiri kampus Jatiwaringin sebagai titik tujuan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih peneliti sampaikan kepada Program Studi Ilmu Komputer Universitas Nusa Mandiri yang telah mendukung dalam proses penelitian yang telah dilakukan.

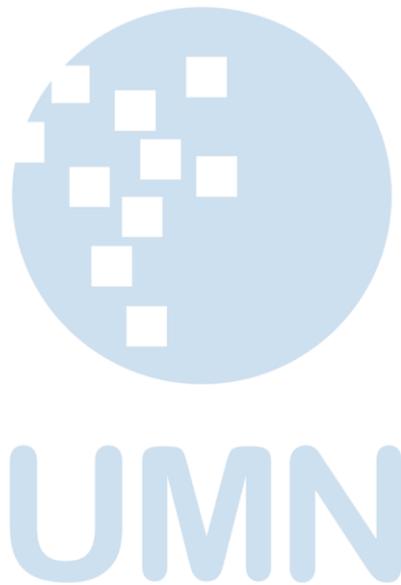
#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriansyah, Sofian Efendi, F., Syaofullah, Pinto, M., Pujianto, & Stepven Tempake, H. (2010). Implementasi Algoritma Greedy Untuk Melakukan Graph Coloring: Studi Kasus Peta Propinsi Jawa Timur. *Jurnal Informatika Ahmad Dahlan*, 4(2), 103610. <https://doi.org/10.26555/jifo.v4i2.a5275>
- [2] Cantona, A., Fauziah, F., & Winarsih, W. (2020). Implementasi Algoritma Dijkstra Pada Pencarian Rute Terpendek ke Museum di Jakarta. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika*, 6(1), 27–34. <https://doi.org/10.26905/jtmi.v6i1.3837>
- [3] Fitria, & Triansyah, A. (2013). Implementasi Algoritma Dijkstra Dalam Aplikasi Untuk Menentukan Lintasan Terpendek Jalan Darat Antar Kota Di Sumatera Bagian Selatan. *Jurnal Sistem Informasi (JIS)*, 5(2), 611–621. <http://ejournal.unsri.ac.id/index.php/jsi/article/download/84/0/430>
- [4] Hariyadi, D., Nakulo, B., Sari, I. D., & Aini, F. N. (2020). IMPLEMENTASI ALGORITMA DIJKSTRA DALAM PENENTUAN JALUR TERPENDEK STUDI KASUS JARAK TEMPAT KULIAH TERDEKAT. *Indonesian Journal of Business Intelligence*, 3(1), 14–19.
- [5] Harsadi, P., & Nugroho, D. (2020). Implementasi Algoritma Dijkstra Dan Metode Haversine Pada Penentuan Jalur Terpendek Pendakian Gunung Merapi Jalur Selo Berbasis Android. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIKOMSiN)*, 8(1), 61–67. <https://doi.org/10.30646/tikomsin.v8i1.483>
- [6] Ismayanto, G. (2018). *Sistem Informasi Geografis Pariwisata Kabupaten Sragen Berbasis Android Dengan Memanfaatkan Google Maps Api*. 3(1), 224–234.
- [7] Kiki Setiawan, Supriyadin, Imam Santoso, R. B. (2018). Menghitung Rute Terpendek Menggunakan Algoritma a \* Dengan Fungsi Euclidean Distance. *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi, 2018*(Sentika), 70–79.
- [8] Masri, M., Kiswanto, A. P., & Kusuma, B. S. (2019). *Implementasi Algoritma Dijkstra Dalam Perancangan Pariwisata Danau Toba Dan Sekitarnya*. 221–225.
- [9] Nggufuron, N., Rochmad, & Mashuri. (2019). Pencarian Rute Terbaik Pemadam Kebakaran Kota Semarang Menggunakan Algoritma Dijkstra dengan Logika Fuzzy sebagai Penentu Bobot pada Graf. *Unnes Journal of Mathematics*, 8(1), 40–49. <https://doi.org/10.15294/ujm.v8i1.19461>
- [10] Noviriandini, A., & Safitri, M. (2017). *Implementasi Algoritma Dijkstra Untuk Menentukan Jalur Terpendek Wilayah Pisangan Dan Kampus Nusa Mandiri Tangerang*. 13(2), 181–186.
- [11] Salean, S. T., Si, M., & Hadyan, M. H. (2019). *Analisis Kemacetan Lalu-Lintas Di Jalan Matraman Raya-Jalan Bekasi Barat , Jakarta Timur*. 13(1).
- [12] Setya, B. F., Handoko, E., & Puspita, D. (2020). “ *Smart Traffic Controller* ” Aplikasi Pencarian Rute Optimal Berdasarkan Waktu , Biaya , Kondisi Cuaca , Kejadian Lokal , dan Jumlah Kendaraan dengan Menggunakan Algoritma Fuzzy Mamdani dan Modified Markov Model Berbasis Android Mobile dan Google Map API. 7–24.
- [13] Suyuti, R. (2012). Implementasi ” Intelligent Transportation System ( Its ) ” Untuk Mengatasi. *KONSTRUKSIA*, 3, 13–21.
- [14] Umar, R., Yudhana, A., & Prayudi, A. (2021). *WISATA KABUPATEN DOMPU COMPARATIVE ANALYSIS OF DIJKSTRA , A-STAR , AND FLOYD WARSHALL ALGORITHM IN SEARCHING THE NEAREST ROUTE SEARCH TO TOURISM*. 8(2), 227–234.

<https://doi.org/10.25126/jtiik.202182866>

- [15] Yunata, A., & Widayati, Q. (2020). Penjadwalan Pembuatan Container Portacamp Menggunakan Algoritma

Greedy. *Bina Darma Conference on ...*, 183–195.  
<http://conference.binadarma.ac.id/index.php/BDCCS/article/view/1015>



# Rancang Bangun *Adjustable Power Supply* dengan *Overload Current Protection* Berbasis IC LM723

Ari Bawono Putranto<sup>1</sup>, Fakhrudin Mangkusasmito<sup>1</sup>, Much Azam<sup>1</sup>, Zaenul Muhlisin<sup>2</sup>, Megarini Hersaputri<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi STr. Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi Undip, Semarang, Indonesia

<sup>2</sup> Program Studi S1 Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Undip, Semarang, Indonesia

Diterima 21 Mei 2021

Disetujui 08 Juni 2021

**Abstract**— The type of power supply that is commonly used is the adjustable power supply. Its ability to generate a varying voltage levels, making it suitable for testing a wide variety of electronic circuits. Conventional protection system of this type is usually a fuse, overcurrent event occurred due to improper installation of the components and circuit design will make this protection system is active and needed replacement fuse. To eliminate the need for fuse purchases at the Instrumentation and Electronics Engineering Laboratory, Undip Vocational School, an adjustable power supply was built with an overload current protection based on the LM723 IC for an operating level of 1 ampere. The system was built as non fuse protection current limiter. This study will describe the stages of manufacture and testing system. The test results show that the power supply output is linear with the coefficient of determination = 0.99 and correlation = 0.99. The system can also limit the average maximum working current of 0.95 for several variations of load resistance.

**Index Terms**—adjustable power supply, LM723, non fuse protection, overload current protection

## I. PENDAHULUAN

*Power supply* merupakan perangkat yang digunakan untuk menyuplai tegangan listrik pada suatu beban listrik. Perangkat ini umum digunakan dalam berbagai aplikasi elektronik dan kegiatan praktikum di bidang elektro[1]. Berdasarkan fungsinya, *power supply* dapat dikategorikan menjadi *regulated power supply*, *unregulated power supply*, dan *adjustable power supply*[2]–[4]. Jenis *adjustable power supply* termasuk jenis yang sangat populer di dunia pendidikan dan penelitian karena kemampuannya untuk mengubah-ubah level tegangan maupun arus, sehingga cocok untuk melihat output dari rangkaian elektronik percobaan dengan beberapa variasi nilai input [5]. Kesalahan dalam prosedur operasional baik diakibatkan kesalahan pemasangan komponen, maupun kesalahan dalam membaca skematik rangkaian berpotensi mengakibatkan terjadinya peristiwa *overcurrent* maupun *shortcircuit*

yang dapat menyebabkan kerusakan pada *power supply*. Untuk menghindari hal tersebut sering ditambahkan *fuse* untuk mengamankan rangkaian utama *power supply* [6]. Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Elektronika, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Undip, juga menyelenggarakan berbagai praktikum dengan kebutuhan *adjustable power supply*, di antaranya, praktikum elektronika dasar, praktikum dasar instrumentasi, dan praktikum teknik digital. Data inventaris dan penggunaan alat sepanjang periode tahun 2017-2018 di laboratorium menunjukkan rata-rata penggantian *fuse* sejumlah 5 per tahun pada jenis *power supply* tersebut. Untuk mengurangi pemberian barang habis pakai berupa *fuse* untuk *power supply*, maka dibangunlah sebuah *power supply* baru dengan melakukan modifikasi dari jenis *power supply* yang tersedia di laboratorium. Pada penelitian ini dibahas tentang studi dan langkah pembuatan rancang bangun *adjustable power supply* dengan mekanisme *overload current protection* berbasis IC LM723 yang dapat direset dan digunakan kembali, tanpa perlu melakukan penggantian *fuse*. Beberapa pengujian juga akan dilakukan untuk mengevaluasi performa *power supply* yang dibuat.

## II. METODOLOGI

### A. Review Literatur

Secara umum, prinsip rangkaian *power supply* terdiri atas tiga komponen utama yaitu transformator sebagai penurun tegangan listrik, dioda sebagai penyearah tegangan dan kondensator atau kapasitor sebagai filternya. Pada pembuatan rangkaian *power supply*, selain menggunakan komponen utama tersebut juga diperlukan komponen tambahan untuk mendukung agar rangkaian tersebut dapat berfungsi dengan baik antara lain : sakelar, sekering (*fuse*), regulator tegangan, PCB (*Printed Circuit Board*) dan kabel. Baik komponen utama ataupun komponen pendukung sama-sama berperan penting dalam rangkaian *power supply* untuk mendukung keamanan

pengguna pada saat digunakan terlebih lagi untuk kegiatan yang bersifat eksperimen atau praktik [7].

### 1) Transformator

Transformator konvensional terdiri dari dua lilitan kumparan utama yaitu kumparan primer dan sekunder. Pada transformator step-down, tegangan lilitan kumparan primer akan diturunkan pada kumparan sekunder, yang besarnya tegangan sesuai jumlah dari masing-masing jumlah lilitan pada kedua kumparan tersebut. Jika kumparan primer terdapat  $N_P$  lilitan diberi sumber tegangan  $V_P$  dan kumparan sekunder terdapat  $N_S$  lilitan maka dapat diperoleh persamaan untuk tegangan sekunder  $V_S$  sebagai berikut:

$$V_S = \frac{N_S}{N_P} \times V_P \quad (1)$$

Dengan:

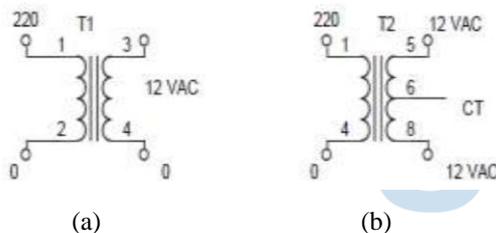
$V_S$  : Nilai tegangan sekunder (V)

$V_P$  : Nilai tegangan primer (V)

$N_S$  : jumlah kumparan lilitan sekunder

$N_P$  : jumlah kumparan lilitan primer

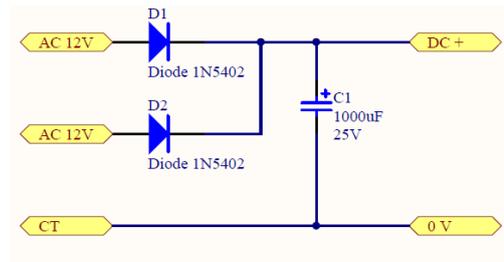
Pada pembuatan power supply DC diperlukan transformator inti besi yang memiliki fungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan primer sebesar 220 volt atau 380 volt, menjadi nilai tegangan yang lebih rendah pada bagian lilitan kumparan sekundernya, 6 volt, 9 volt, 12 volt, dan 15 volt. Secara umum terdapat dua jenis transformator inti besi yang digunakan untuk menurunkan tegangan yaitu transformator penurun tegangan dengan CT (Center Tap) dan transformator penurun tegangan tanpa CT[8].



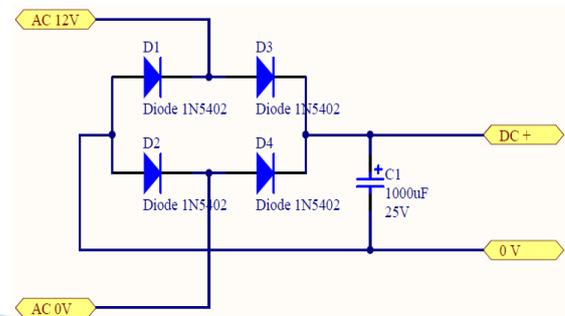
Gambar 1. a). Simbol transformator inti besi tanpa CT  
b). Transformator inti besi dengan CT

### 2) Penyearah Tegangan DC

Penyearah (rectifier) merupakan bagian terpenting dari *power supply* DC yang berfungsi mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Pada *power supply* dengan transformator inti besi umumnya menggunakan sistem penyearah dioda jembatan penuh. Gambar 2 menunjukkan rangkaian penyearah tegangan dengan dioda gelombang penuh dengan Trafo CT dan non Trafo CT [9].



(a)



(b)

Gambar 2. Rangkaian penyearah tegangan gelombang penuh (a) Trafo CT (b) Trafo non CT

### 3) Regulator Tegangan LM723

IC LM723 merupakan salah satu IC regulator yang dapat mengubah tegangan DC input menjadi tegangan DC dengan nilai output yang bias diatur. Umumnya IC LM723 ini biasa dipakai pada rangkaian *power supply* sebagai IC pengatur tegangan. IC LM723 ini dapat digunakan untuk mengatur output tegangan DC *power supply* dari 0 hingga 35 volt dengan tegangan input maksimum sebesar 40 volt. IC LM723 ini tidak hanya dapat digunakan sebagai linier regulator, akan tetapi dapat pula digunakan sebagai rangkaian pada switch regulator[10]. Gambar 3 menunjukkan bentuk fisik IC tersebut.



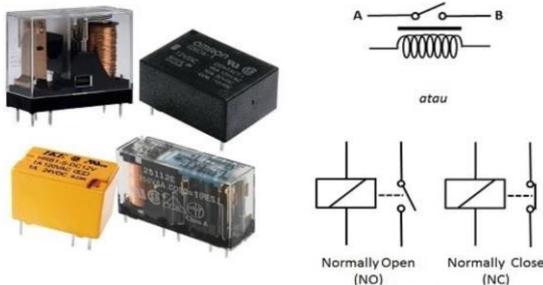
Gambar 3. Bentuk Fisik IC LM723

### 4) Relay

Relay merupakan saklar elektronik (*switch*) yang dapat dioperasikan menggunakan tegangan listrik dan merupakan komponen elektromekanik yang memiliki 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*coil*) dan Mekanika seperti kontak saklar yang dapat dikendalikan oleh medan magnet. Sebuah relay menggunakan suatu prinsip elektromagnetik supaya dapat menghubungkan kontak saklar dengan arus listrik yang kecil (*low power*) untuk dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi atau arus yang lebih besar. Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

1. Elektromagnet (*Coil*)
2. Lengan ayun (*Armature*)
3. Saklar (*Switch Contact Point*)
4. Pegas (*Spring*)

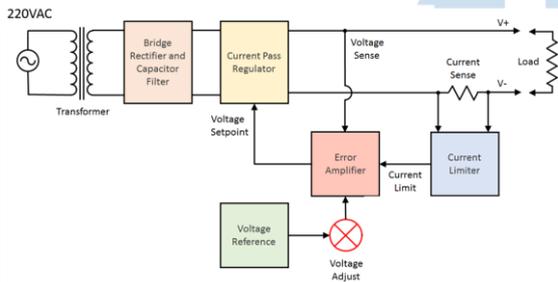
Bentuk dan simbol dari komponen relay secara umum ditunjukkan oleh Gambar 4[11].



Gambar 4. Bentuk dan simbol komponen relay.

### B. Diagram Blok Power Supply

Rancang bangun *adjustable power supply* dengan *overload current protection* berbasis IC LM723 yang dibuat pada penelitian ini secara umum diperlihatkan oleh Gambar 5. berikut.



Gambar 5. Diagram blok *power supply*

Dari Gambar 5 tersebut, bagian-bagian dari *power supply* secara umum terdiri dari:

- **Bridge Rectifier and Capacitor Filter**  
Mengubah keluaran trafo *stepdown* dari tegangan AC ke tegangan DC agar dapat digunakan oleh blok fungsional selanjutnya
- **Voltage Reference**  
Menyediakan tegangan *fix* sebagai referensi yang diperlukan oleh blok fungsional lainnya untuk mengatur keluaran tegangan dan keluaran arus yang diizinkan. IC LM 723 merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk meregulasi level tegangan pada blok ini.
- **Error Amplifier**  
Sebagai komparator antara nilai keluaran yang diinginkan dan nilai aktual dari output, hasil komparasi tersebut akan diteruskan pada blok *current pass regulator*.

- **Current Limiter**

Serupa dengan blok *error amplifier*, hanya saja blok ini berfungsi untuk mendeteksi keluaran arus dan memberikan sinyal pada *error amplifier*, saat terjadi arus berlebih dan mencegah kerusakan komponen akibat kesalahan *wiring* maupun desain.

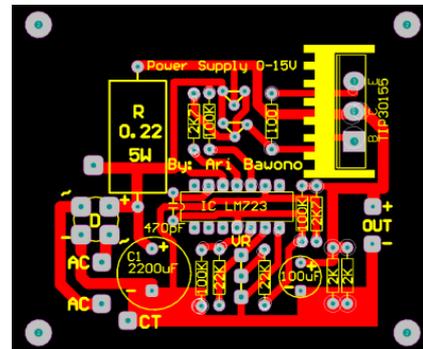
- **Current Pass Regulator**

Blok ini bekerja untuk menjaga level tegangan yang ditentukan oleh *error amplifier*. Saat operasi normal, daya yang dikonsumsi oleh rangkaian yang dihubungkan pada *power supply* akan lebih rendah dari keluaran daya *bridge rectifier*. Perbedaan daya ini diproses oleh *current pass regulator* dan dikonversi menjadi kalor, sehingga pada blok ini umumnya dipasang bersama *heatsink* yang berukuran besar. Komponen relay merupakan salah satu komponen yang digunakan pada blok ini untuk memutuskan arus saat terjadi fenomena *overcurrent*..

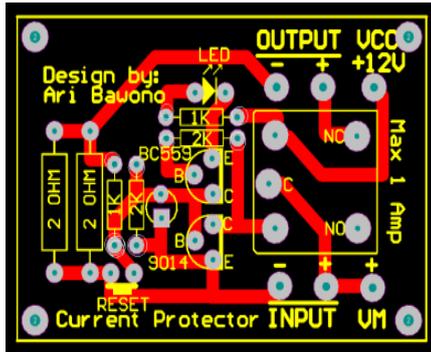
Berdasarkan diagram blok yang ditunjukkan oleh Gambar 5 tersebut akan dibuat sebuah *adjustable power supply* yang mampu memvariasikan tegangan hingga 12.5 volt dengan arus maksimal sebesar 1 ampere.

### C. Perancangan Desain dan Pembuatan Layout Printed Circuit Board (PCB)

Pada perancangan desain layout PCB ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software altium PCB* untuk membuat jalur PCB berdasarkan skematik rangkaian yang telah dirancang dan diuji di laboratorium. Pembuatan desain *layout* PCB dilakukan menjadi dua bagian terpisah antara lain bagian rangkaian regulator IC LM723 dan bagian rangkaian proteksi arus lebih seperti yang ditunjukkan Gambar 6 dan Gambar 7 berikut.

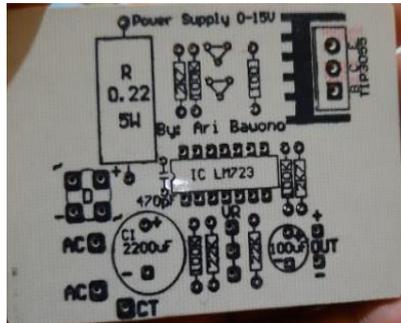


Gambar 6. Desain layout rangkaian regulator tegangan IC LM723

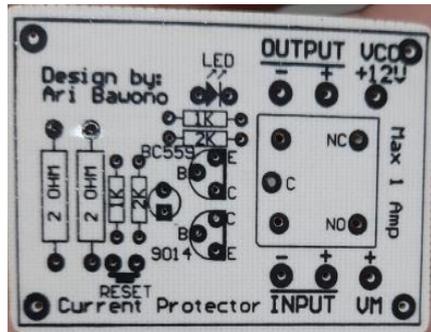


Gambar 7. Desain layout rangkaian proteksi arus lebih DC

Pembuatan PCB dilakukan dengan menggunakan bahan fiber dan dicetak dengan metode sablon, dimana bagian atas digunakan untuk *layout* gambar komponen dan *layout* bawah untuk jalur konduktansi tembaga. Hasil pembuatan PCM diperlihatkan oleh Gambar 8 dan Gambar 9 berikut.



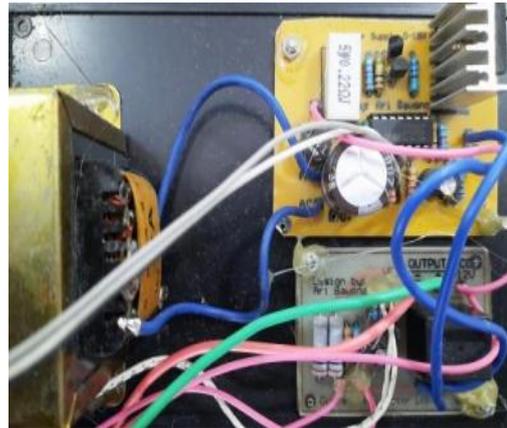
Gambar 8. Hasil PCB regulator LM723



Gambar 9. Hasil PCB regulator LM723

#### D. Perakitan Power Supply

Pada tahapan perakitan ini dimulai dengan pemasangan komponen pada PCB sesuai gambar yang telah dicetak pada PCB layout atas. Pemasangan komponen dilakukan pada kedua PCB rangkaian regulator dan rangkaian proteksi arus. Setelah pemasangan komponen kemudian dilakukan penyolderan kaki – kaki komponen. Selanjutnya setelah dilakukan penyolderan dilakukan proses *masking* jalur PCB agar jalur tidak mudah rusak saat dilewati arus dan tidak mudah korosif. Hasil pemasangan komponen dan perakitan dapat ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemasangan komponen *power supply*

Selanjutnya seluruh komponen tersebut ditempatkan pada *casing box* plastik isolator untuk melindungi komponen dan memudahkan operasional alat, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 11. Pemasangan komponen *power supply*

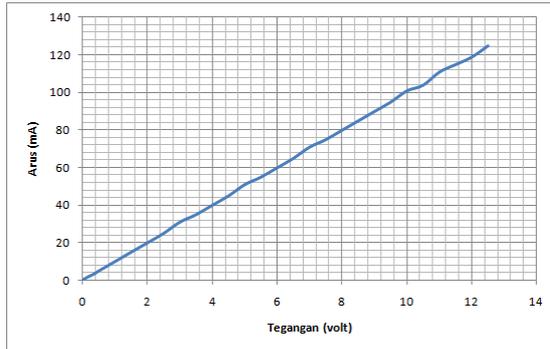
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian pertama dilakukan uji keluaran arus dengan menggunakan beban tahanan sebesar 1 Kohm. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tegangan dan arus keluaran *power supply* dari nilai terkecil hingga nilai maksimum yang diukur dengan voltmeter dan amperemeter digital. Saat pengujian tegangan *adjustable power supply* yang dibuat divariasikan dari 0 hingga nilai maksimum sebesar 12,5 volt dengan perubahan tegangan terkecil sebesar 0,1 volt.



Gambar 12. Konfigurasi pengujian *power supply*

Data hasil pengujian yang diperoleh ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 13 berikut



Gambar 13. Hasil pengujian *power supply* dengan R = 1 Kohm

Selanjutnya dilakukan analisis regresi linier dengan Ms. Excel untuk melihat linieritas model antara data tegangan dan arus. Hasil analisis regresi linier yang didapatkan diperlihatkan oleh Tabel 1 berikut

Tabel 1. Analisis Regresi Linier

Unit	Nilai
Koefisien Korelasi	0.999939885
Koefisien Determinasi	0.999879774
Standard Error	0.462077383
Jumlah Data	34

dan didapatkan persamaan model linier sebagai berikut

$$y = 9.99x + 0.01 \quad (2)$$

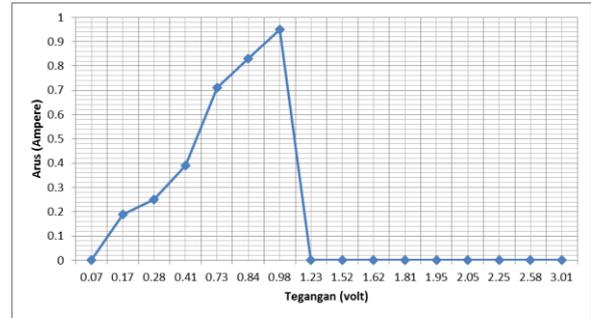
Pada pengujian kedua *power supply* dilakukan uji proteksi arus lebih (*overload current protection*) terhadap variasi beban dengan nilai tahanan kecil yaitu 1 ohm sampai dengan 6 ohm berdaya 5 watt. Digunakan rangkaian resistor seri untuk memperoleh variasi nilai resistor yaitu 2, 3, 4, 5, dan 6 ohm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Konfigurasi pengujian *power supply* pada beban 6 ohm.

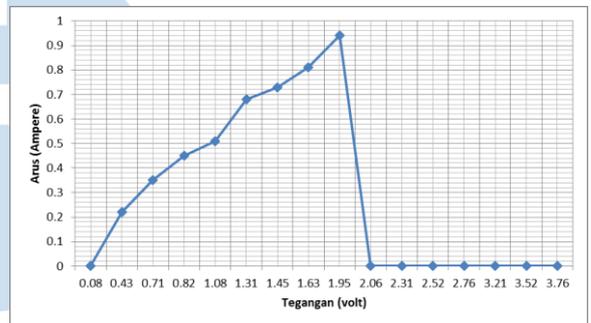
Pengujian masing-masing beban dilakukan dengan mengatur variasi tegangan dari tegangan terendah hingga tegangan *threshod* saat arus mencapai batas proteksi sebesar 1 A. dan sampai terjadi pemutusan arus secara otomatis oleh relay. Hasil pengujian *power*

*supply* dengan beban 1 ohm diperlihatkan oleh Gambar 15.



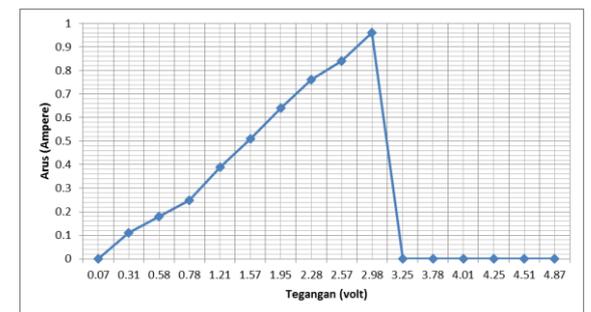
Gambar 15. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 1 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 15, terlihat bahwa pada beban 1 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,95 A pada level tegangan 0,98 V, dan pada level tegangan 1,23 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 2 ohm diperlihatkan oleh Gambar 16 berikut.



Gambar 16. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 2 ohm.

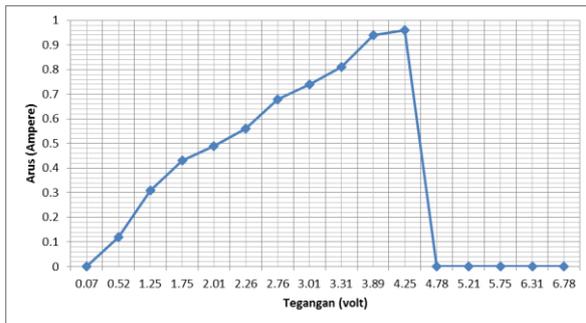
Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 16, terlihat bahwa pada beban 2 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,94 A pada level tegangan 1,95 V dan pada level tegangan 2,06 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 3 ohm diperlihatkan oleh Gambar 17 berikut.



Gambar 17. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 3 ohm.

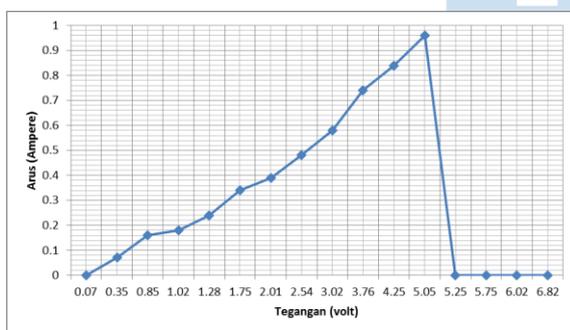
Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 17 terlihat bahwa pada beban 3 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 2,98 V

dan pada level tegangan 3,25 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 4 ohm diperlihatkan oleh Gambar 18 berikut.



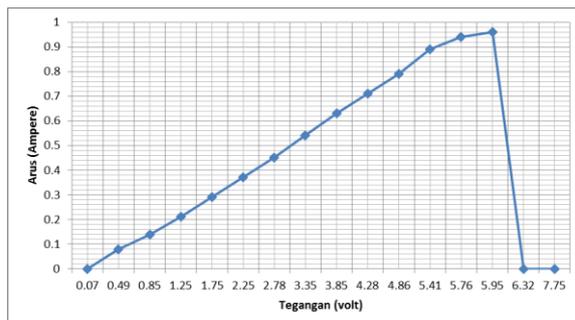
Gambar 18. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 4 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 18 terlihat bahwa pada beban 4 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 4,25 V dan pada level tegangan 4,78 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 5 ohm diperlihatkan oleh Gambar 19 berikut.



Gambar 19. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 5 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 19 terlihat bahwa pada beban 5 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 5,05 V dan pada level tegangan 5,25 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik. Selanjutnya untuk hasil pengujian *power supply* dengan beban 6 ohm diperlihatkan oleh Gambar 20 berikut.



Gambar 20. Hasil pengujian *power supply* dengan beban 6 ohm.

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan Gambar 20 terlihat bahwa pada beban 6 ohm, arus maksimal yang diizinkan sebesar 0,96 A pada level tegangan 5,95 V dan pada level tegangan 6,32 V *power supply* secara otomatis memutus arus listrik.

#### IV. KESIMPULAN

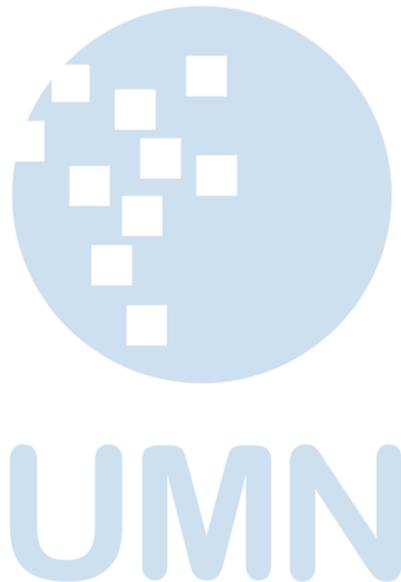
Kombinasi antara menggunakan IC regulator tegangan LM723 dan rangkaian relay proteksi arus lebih, sangat efektif diterapkan pada perangkat *adjustable power supply* dalam skala laboratorium untuk dapat meningkatkan keamanan peralatan dalam penggunaan kegiatan praktik. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa *power supply* dengan proteksi arus lebih tersebut mampu membatasi arus rata-rata operasional sebesar 0,955 ampere serta pada *power supply* dilengkapi pula lampu indikator proteksi. Sehingga lebih praktis dan aman untuk penggunaan praktek jika terjadi beban lebih atau hubungan singkat. Karena cukup dengan menekan tombol reset maka *power supply* dapat digunakan kembali secara normal tanpa harus melakukan penggantian sekering atau *fuse* pada peralatan *power supply* tersebut. Pada skenario pengujian pertama, menunjukkan linieritas keluaran *power supply* yang baik, ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi dan koefisien determinasi yang hampir bernilai 1, yaitu 0,99. Pada pengujian beban tahanan resistor 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 ohm dengan daya resistor 5 watt diperoleh batas ambang sesaat sebelum terjadi proteksi arus dengan nilai rata-rata sebesar 0,955 ampere serta selisih arus maksimum sebelum terjadi protek pada beberapa pengujian beban sebesar 0,02 ampere.

Pembuatan *adjustable power supply* dengan *overload current protection* yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Elektronika, Sekolah Vokasi Undip ini dapat dilakukan dengan memodifikasi jenis *power supply* yang telah dimiliki, komponen umum yang dapat digunakan kembali adalah transformator. Hasil penggunaan *power supply* ini juga mampu menghilangkan kebutuhan pembelian *fuse* yang mencapai 5 buah per tahun di laboratorium, sepanjang tahun 2019. *Power supply* tersebut juga beroperasi dengan baik selama 2 semester, sebelum praktikum *offline* mulai dihentikan pada awal tahun 2020 akibat pandemi. Hal yang menjadi catatan adalah perlunya sosialisasi penggunaan alat, karena seringkali saat terjadi peristiwa *overcurrent*, praktikan mengalami kebingungan karena *power supply* tidak dapat dioperasikan, walau sudah diberikan petunjuk khusus pada *power supply*, dan lampu indikator *overcurrent* telah aktif.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Enny, "Optimalisasi Penggunaan Alat Praktikum Power Supply Switching dengan Menggunakan Topologi Half Bridge Konverter sebagai Alat Bantu Praktikum Elektronika Analog," *Optim. Pengguna. Alat Prakt. Power*

- Supply Switch. dengan Menggunakan Topol. Half Bridg. Konvert. sebagai Alat Bantu Prakt. Elektron. Analog, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2018.
- [2] N. H. Azrin and W. C. Holz, “A WELL-REGULATED DC POWER SUPPLY,” *J. Exp. Anal. Behav.*, 1963.
- [3] A. M. R. Amaral and A. J. M. Cardoso, “Unregulated AC-DC power supply under heavy load operation: Simulation and design,” in *IEEE International Symposium on Industrial Electronics*, 2017.
- [4] G. Jian, Z. Jie, and Z. Li, “Design of a DC Linear Power Supply with Adjustable Voltage,” *IERI Procedia*, 2012.
- [5] W. Yang, J. Huang, and Z. Dai, “Design of a High-precision DC regulated power supply system,” in *Proceedings of 2020 IEEE 4th Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2020*, 2020.
- [6] S. Pindado, D. Alcalá-González, D. Alfonso-Corcuera, E. M. García del Toro, and M. I. Más-López, “Improving the Power Supply Performance in Rural Smart Grids with Photovoltaic DG by Optimizing Fuse Selection,” *Agronomy*, 2021.
- [7] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, “Rancang Bangun Catu Daya Dc Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, 2018.
- [8] A. B. Laksono, “Rancang Bangun Kombinasi Trafo 1 Ampere CT dan 5 Ampere Engkel Untuk Efisiensi Power Amplifier Class GB (Groudbridge),” *J. Elektro*, 2019.
- [9] P. A. Susetiyadi Susetiyadi, “PENILAIAN PADA PRAKTIKUM MATAKULIAH PRAKTIKUM ELEKTRONIKA ANALOG,” *J. Pendidik. Prof.*, vol. 5.1, 2016.
- [10] O. Ursaru, C. Aghion, and M. Lucanu, “Hysteretic-controlled voltage regulator using integrated circuit LM723,” *Elektron. ir Elektrotehnika*, 2009.
- [11] M. Saleh and M. Haryanti, “Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay,” *J. Teknol. Elektro, Univ. Buana*, 2017.



# Implementasi Modul Komunikasi LoRa RFM95W Pada Sistem Pemantauan Listrik 3 Fasa Berbasis IoT

Ahmad Adhitya Nurhadi<sup>1</sup>, Denny Darlis<sup>2</sup>, Muhammad Ary Murti<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup> D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

<sup>3</sup> S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia

<sup>1</sup>ahmadadhityanurhadi@student.telkomuniversity.com, <sup>2</sup>dennydarlis@telkomuniversity.ac.id,

<sup>3</sup>arymurti@telkomuniversity.ac.id

Diterima 27 Mei 2021

Disetujui 19 Juni 2021

**Abstract**— The use of electricity for large loads such as buildings and industry is a 3-phase electrical system. The manual activity of recording or monitoring data on electricity usage is considered impractical, so the use of IoT devices can be a solution. However, sending data on IoT devices using wired communication and Wi-Fi is considered less suitable considering that the device will be placed in a panel room that is rarely covered in the network. So that the use of other IoT communications such as LoRa can be an option. Therefore, the design and manufacture of LoRa-based IoT devices was carried out. This is done to expand the scope of IoT devices in carrying out 3-phase kWh meter readings. The device sends data through LoRa communication with test parameters, namely RSSI, SNR and throughput. The device made is an interface between a 3-phase kWh meter with LoRa communication which includes a MAX485 IC, ATmega 2560 microcontroller, and LoRa RFM95W communication module. From the test results, the device can send 3-phase kWh meter data every 3.611 seconds with an average throughput of 957.231 bps. LoRa communication performance used in LOS conditions can reach 300 meters with RSSI -107.625 dBm, SNR -13.063 dB. Meanwhile, in non-LOS conditions the lowest RSSI was -103.338 dBm and the lowest SNR was -8.897 dB.

**Index Terms**— LoRa, microcontroller, 3-phase kWh meter

## I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan sumber energi yang sangat penting dan sudah menjadi bagian kehidupan yang tak terpisahkan [1]. Sistem listrik yang digunakan untuk beban yang besar seperti gedung atau industri adalah sistem 3 fasa [2]. Penggunaan listrik umumnya dibaca dengan perangkat yang disebut kWh Meter. Perangkat kWh meter konvensional hanya melakukan pengukuran energi aktif serta hasil pengukurannya hanya dapat dibaca pada display, sehingga membutuhkan operator manusia yang bertugas melakukan pencatatan data [3]. Pencatatan data penggunaan listrik manual tentu merepotkan dan memerlukan kerja lebih. Maka dari itu, perangkat Internet of Things (IoT) menjadi pilihan untuk otomasi pencatatan penggunaan listrik [4] [5].

Selain menggunakan perangkat IoT, komunikasi perangkat yang digunakan apabila menggunakan kabel dapat meningkatkan biaya juga merepotkan untuk manajemen kabelnya, sehingga menggunakan komunikasi nirkabel bisa menjadi solusi [6]. Namun, komunikasi nirkabel yang digunakan diharapkan memiliki cakupan yang luas seperti LoRa (long range) [7], mengingat perangkat akan ditempatkan pada ruang panel yang biasanya tidak terjangkau jaringan nirkabel seperti Wi-Fi.

Untuk pengiriman data hasil pembacaan, komunikasi LoRa adalah salah satu opsi terbaik, karena penggunaan daya yang rendah, jangkauan yang jauh dan hanya perlu sebuah kanal komunikasi sebagai gateway untuk menghubungkan beberapa perangkat IoT [7]. Dengan mengkombinasikan komunikasi LoRa dengan perangkat IoT dapat mengamankan data selain efektivitasnya karena menghemat kanal jaringan. Maka dari itu, pembuatan kWh meter IoT 3 fasa berbasis LoRa dapat menjadi solusi untuk masalah pemantauan dan pencatatan penggunaan energi listrik, juga lebih menghemat kanal jaringan.

Pada *paper* ini akan membahas kinerja komunikasi LoRa akan ditunjukkan dengan parameter RSSI, SNR dan throughput dengan dua scenario yaitu LOS (Line of Sight) dan non-LOS.

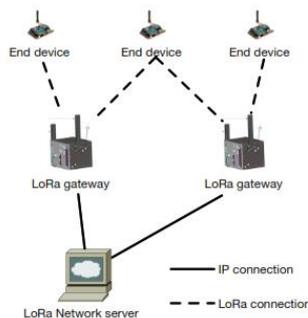
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Long Range (LoRa)

LoRa adalah salah satu sistem komunikasi nirkabel untuk IoT. Sistem ini memiliki kemampuan komunikasi jarak jauh hingga 15 km dengan kondisi LOS (*Line of Sight*) dan berdaya rendah [7]. Sistem ini dipromosikan oleh LoRa Alliance dengan tujuan dapat digunakan dalam perangkat bertenaga baterai yang tahan lama. Teknologi LoRa juga memiliki ketahanan yang baik terhadap derau dalam sistem transmisi. Kelebihan lain sistem ini adalah keamanannya dari serangan siber karena yang terintegrasi dengan jaringan

hanyalah bagian *gateway*. Selain itu, sistem LoRa lebih efisien dalam menghemat kanal komunikasi karena cukup menggunakan sebuah kanal untuk *gateway* dibandingkan sebuah kanal untuk tiap perangkat IoT. LoRa umumnya mengacu pada dua layer yang berbeda, yaitu sebagai berikut [7].

1. *Physical layer*, menggunakan teknik modulasi radio *Chirp Spread Spectrum (CSS)*. *Physical layer* LoRa yang dikembangkan oleh Semtech, memungkinkan komunikasi jarak jauh, daya rendah, dan *throughput* rendah. Ini beroperasi pada pita ISM 433 MHz, 868 MHz atau 915 MHz, tergantung pada wilayah dimana LoRa diterapkan. Muatan setiap transmisi dapat berkisar dari 2-255 byte, dan kecepatan data dapat mencapai hingga 50 Kbps saat agregasi saluran digunakan. Teknik modulasi adalah teknologi milik Semtech [7].
2. Protokol *MAC layer (LoRaWAN)*, menyediakan mekanisme kontrol akses menengah, yang memungkinkan banyak perangkat akhir untuk berkomunikasi dengan *gateway* menggunakan modulasi LoRa. Sementara modulasi LoRa adalah hak milik, LoRaWAN adalah standar terbuka yang dikembangkan oleh LoRa Alliance [7].



Gambar 1. Ilustrasi Arsitektur Jaringan LoRa [7]

#### B. Modul Komunikasi LoRa RFM95W

Modul RFM95W adalah modul komunikasi LoRa single channel dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi Modul RFM95W [8]

<i>Frequency Band</i>	868/915 MHz
<i>Spreading Factor</i>	6 - 12
<i>Bandwidth</i>	125 - 500 kHz
<i>Effective Bitrate</i>	.293 - 37.5 kbps
<i>Estimated Sensitivity</i>	-111 - -136 dBm



Gambar 2. Modul RFM95W [8]

#### C. Perangkat kWh Meter Berbasis IoT

Pengukuran daya listrik umumnya menggunakan kWh meter [9]. Untuk saat ini, kWh meter dibagi menjadi dua model, yaitu kWh meter analog dan digital. Untuk kWh meter analog merupakan perangkat lawas yang banyak digunakan oleh PLN [3]. Sedangkan kWh meter digital merupakan perangkat yang menggunakan teknologi baru dan datanya dapat diambil [10]. Umumnya kWh meter yang beredar disebut *power meter* dan sudah banyak yang mendukung protokol Modbus dan dilengkapi komunikasi serial RS485 seperti 3-phase power meter ZM194-D97 buatan ZIZM [11].



Gambar 3. Diagram kWh Meter Berbasis IoT

Namun, sistem pemantauan listrik baik dalam penggunaan industri umumnya masih menggunakan sistem onsite dimana ada sebuah komputer yang mencatat dan bahkan beberapa masih dicatat secara manual. Umumnya sistem IoT untuk pemantauan listrik belum bersifat satu kesatuan, dimana ada sebuah mikrokontroler yang dihubungkan dengan modul komunikasi dan perantara [12]. Untuk itu kWh meter IoT adalah sebuah perangkat yang memiliki sistem IoT yang sudah terpasang dan sudah dalam satu kesatuan.

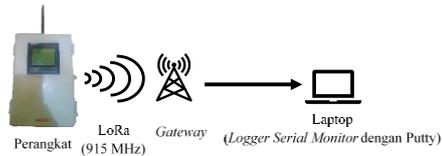


Gambar 4. Ilustrasi Perangkat kWh Meter 3 Fasa Berbasis IoT

### III. METODE PENELITIAN

Pengujian kinerja komunikasi LoRa perangkat dilakukan dengan dua skenario yaitu kondisi LOS (Line of Sight) dan kondisi non-LOS. Pengujian kinerja dilakukan di area Universitas Telkom pada tanggal 9 April 2021. Kondisi LOS dilakukan pada area FTE hingga asrama putri Universitas Telkom dengan jarak maksimal 300 m, sedangkan kondisi non-LOS dilakukan di Gedung Deli, Universitas Telkom. Data yang dikirimkan adalah data dummy sebesar 233 karakter (233 byte) dimana data ini berbentuk sebuah String berisi nilai maksimal dari parameter tegangan tiap fasa ke netral, tegangan antar fasa, arus tiap fasa, daya aktif tiap fasa, daya reaktif tiap fasa, daya semu tiap fasa, faktor daya tiap fasa, frekuensi, total energi

aktif dan 35 karakter khusus untuk pemisah tiap parameter.



Gambar 5. Ilustrasi Skenario Pengujian

Pengujian performansi komunikasi LoRa perangkat dilakukan dengan dua kondisi yaitu LOS (Line of Sight) dan Non-LOS menggunakan dua perangkat yang sama dimana salah satu perangkat menjadi transmitter (TX) dan satunya lagi sebagai receiver (RX) (point-to-point). Perangkat RX dihubungkan ke laptop dan diambil datanya menggunakan Putty melalui komunikasi serial (Serial Monitor), sehingga setiap menerima data dari TX, informasi yang diterima akan langsung dicatat pada laptop.

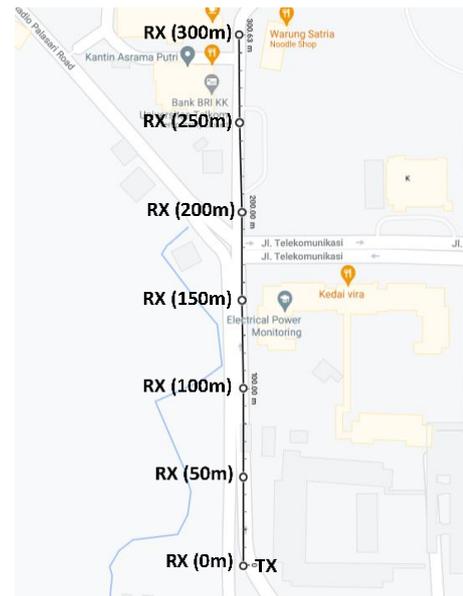
Untuk spesifikasi komunikasi LoRa yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Frekuensi : 915 MHz
2. Gain Antenna Tx/Rx : 5 dB
3. Setting Gain Program : 5 dB
4. Output Power Tx/Rx : 20 dBm
5. Data/Payload : 233 byte

Nilai frekuensi 915 MHz sama dengan frekuensi bawaan dari modul RFM95W, Output Power diatur sesuai maksimal power dari modul RFM95W. Digunakan antena unipole dengan frekuensi 915 MHz dan Gain 5 dB untuk antena perangkat TX dan RX. Juga diatur pada program agar dilakukan penguatan secara internal sama dengan penguatan pada antena. Perangkat TX akan mengirimkan data secara kontinu dengan jeda 1 detik dengan broadcast data rate sebesar 1179,323 bps.

#### A. Pengujian Kondisi LOS

Pengujian LOS dilakukan di lingkungan Universitas Telkom dengan jarak antara transmitter dan receiver 300 m. Pengambilan data pada sisi receiver dilakukan tiap 50 m selama 5 menit.



Gambar 6. Lokasi Pengujian Kondisi LOS

#### B. Pengujian Kondisi Non-LOS

Pengujian kondisi Non-LOS dilakukan di Gedung Deli, Universitas Telkom. Transmitter diletakkan di ruang panel P114 lantai 1 Gedung Deli. Ada tiga titik uji receiver dan dilakukan pada tiap lantai. Kondisi Gedung Deli cukup sepi, tetapi terdapat banyak aktivitas pada lantai 2. Lama pengambilan data adalah 5 menit pada tiap titik disetiap lantai.



Gambar 7. Lokasi Pengujian Kondisi Non-LOS

## IV. HASIL DAN ANALISIS

#### A. Kondisi LOS

Dari hasil pengujian kondisi LOS, didapat data sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Komunikasi LoRa Kondisi LOS

Jarak (m)	Average RSSI (dBm)	Average SNR (dB)	Real Data Rate (bps)
0	-36,475	8,019	1281,500
50	-81,946	6,250	1259,459
100	-88,455	3,881	1292,091
150	-90,250	2,358	1270,909
200	-94,268	-1,583	1287,048
250	-104,306	-10,009	1208,148
300	-107,625	-13,063	1223,250

Dari tabel diatas dapat dilihat parameter RSSI dan SNR makin menurun jika makin jauh jarak antara transmitter dan receiver. Data throughput cukup fluktuatif, data ini didapatkan dengan membagi dengan payload dengan delay tiap pengiriman data. Data RSSI paling rendah adalah -107,625 dBm pada jarak 300 m, untuk SNR adalah -13,063 dB pada jarak 300m, sedangkan throughput adalah 1208,148 bps pada jarak 250 m.

#### B. Kondisi Non-LOS

Dari hasil pengujian kondisi LOS, didapat data sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Komunikasi LoRa Kondisi Non-LOS

Posisi RX	Lantai	Average RSSI (dBm)	Average SNR (dB)	Real Data Rate (bps)
A	Lantai 1	-73,364	8,080	847,273
A	Lantai 2	-84,727	6,290	854,333
A	Lantai 3	-90,159	2,676	847,273
A	Lantai 4	-100,293	-6,293	844,203
B	Lantai 1	-96,206	-2,888	846,567
B	Lantai 2	-102,500	-8,000	841,389
B	Lantai 3	-98,528	-4,869	847,273
B	Lantai 4	-102,308	-8,154	848,359
C	Lantai 1	-88,955	3,926	847,273
C	Lantai 2	-87,182	5,398	847,273
C	Lantai 3	-99,681	-5,706	846,567
C	Lantai 4	-103,338	-8,897	831,490

Dari tabel diatas didapatkan data dari tiga titik receiver tiap lantai. Dimana dapat dilihat pada titik B lantai 2, terjadi penurunan RSSI, SNR dan throughput, hal ini disebabkan banyak orang dan aktivitas dititik uji tersebut. Data RSSI paling rendah adalah -103,338 dBm pada titik C lantai 4, untuk SNR adalah -8,897 dB pada titik C lantai 4, sedangkan throughput adalah 831,49 bps pada titik C lantai 4.

## V. SIMPULAN

Komunikasi LoRa yang digunakan memiliki kinerja yang baik, dimana kondisi LOS dapat mencapai jarak 300 m dengan RSSI paling rendah -107,625 dBm pada jarak 300 m, SNR -13,063 dB pada jarak 300 m, dan throughput 1208,148 bps pada jarak 250 m. Perangkat dapat diaplikasikan di dalam gedung seperti yang dilakukan pada pengujian kondisi Non-LOS dengan RSSI paling rendah -103,338 dBm pada titik C lantai 4, SNR -8,897 dB pada titik C lantai 4, dan throughput 831,49 bps pada titik C lantai 4. Pengiriman data power meter melalui perangkat dengan komunikasi LoRa dapat dilakukan dengan baik, dimana perangkat mampu mengirimkan data dengan rata-rata delay 3,611 detik dan throughput mencapai 957,231 bps. Adapun untuk penggunaan dilapangan, perlu digunakan perangkat gateway LoRa dengan power yang besar untuk mengkaver node pengirim data power meter.

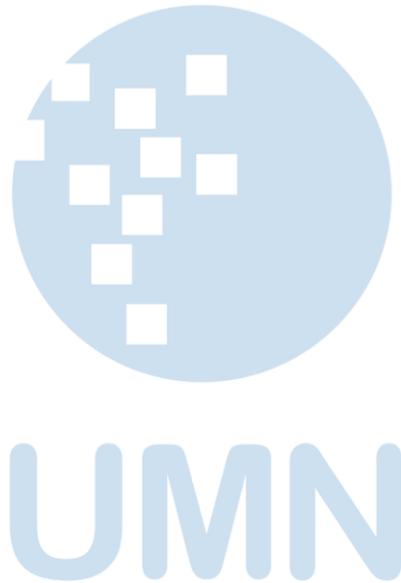
## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Tim Peneliti RISPRO (Riset Inovatif Produktif) Intelligent Energy Monitoring System (IEMS) Universitas Telkom yang bekerjasama dengan Antares Telkom DDS yang sudah membiayai pembuatan perangkat dan memfasilitasi pengujian perangkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. R. Barai, S. Krishnan dan B. Venkatesh, "Smart Metering and Functionalities of Smart Meters in Smart Grid - A Review," *EPEC 2015*, pp. 138-145, 2016.
- [2] M. A. D. Alghifary, M. A. Murti dan C. Setianingsih, "DESIGN OF MANAGEMENT DEVICES AND ELECTRICAL LOAD CONTROL," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 1, pp. 148-155, 2020.
- [3] F. Fitriastuti dan Siswadi, "Aplikasi KWH ( Kilo What Hour ) Meter Berbasis Microcontroller Atmega 32 Untuk Memonitor Beban Listrik," *Jurnal Kompetensi Teknik*, vol. 2, no. 2, pp. 117-125, 2011.
- [4] M. I. Suga dan H. Nurwarsito, "Sistem Monitoring KWH Meter berbasis Modul Komunikasi LoRa," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 5, no. 4, pp. 1257-1266, 2021.
- [5] K. K. Patel dan S. M. Patel, "Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 6, no. 5, pp. 6122-6131, 2016.
- [6] B. Artono dan F. Susanto, "WIRELESS SMART HOME SYSTEM MENGGUNAKAN INTERNET OF THINGS," *Jurnal Teknologi Informatika dan Terapan*, vol. 05, no. 01, pp. 17-23, 2018.
- [7] A. Agustin, J. Y dan M. T. W, "A Study Of LoRa: Long Range & Low Power Networks For the Internet Of Things," *Ecole Polytechnique Router de Saclay*.
- [8] HOPERF, "HOPERF RFM95W," Juli 2019. [Online]. Available: <https://www.hoperf.com/data/upload/portal/20190801/RFM95W-V2.0.pdf>. [Diakses 24 Maret 2021].
- [9] G. Herandy dan B. Suprianto, "Monitoring Biaya Dan Pengukuran Konsumsi Daya Listrik Berbasis Arduino Mega2560 Menggunakan Web," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 695-702, 2019.

- [10] A. dan E. Zondra, "RANCANG BANGUN KWH METER MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA 8535," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 2, no. 2, pp. 44-51, 2018.
- [11] F. Ramdana, M. Nasrun dan C. Setianingsih, PERANCANGAN PURWARUPA PEMETAAN KWH METER BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT), Bandung: Telkom University, 2019.
- [12] ResearchGate, "Developing Low Cost Laboratory Apparatus for Hardware Interfacing System," April 2014. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/Block-Diagram-of-the-Intel-8051-Microcontroller-211-Central-Processing-Unit-The\\_fig1\\_291196461/actions#reference](https://www.researchgate.net/figure/Block-Diagram-of-the-Intel-8051-Microcontroller-211-Central-Processing-Unit-The_fig1_291196461/actions#reference). [Diakses 20 Mei 2021].



# Perancangan Alat Karakterisasi Dioda dengan ESP32 dan Rangkaian Op-Amp LM358 Berbasis Android

Ari Bawono Putranto<sup>1</sup>, Zaenul Muhlisin<sup>2</sup>, Amatul Lutfiah<sup>3</sup>, Fakhruddin Mangkusasmito<sup>1</sup>, Megarini Hersaputri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknologi Industri, Program Studi DIV Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup>Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>3</sup>Departemen Teknologi Industri, Program Studi DIII Instrumentasi dan Elektronika, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Semarang  
[aribawonoputranto@lecturer.undip.ac.id](mailto:aribawonoputranto@lecturer.undip.ac.id)

Diterima 31 Mei 2021

Disetujui 11 Juni 2021

**Abstract**— In this research, forward bias diode characterization testing tool using the ADC and the internal DAC of the ESP32 microcontroller has been created. The output voltage of the DAC is added by 2 times by using LM358 non-reversing op-amp amplifier circuit. The test results of the DAC output voltage can reach a maximum value of 6.3 volts as a source of variable DC power supply for the diode forward bias characteristic test circuit. Diode forward bias characterization testing is carried out through the interface of an Android. Forward bias characterization curve has a value and shape almost the same as the manual test. Diode forward bias characterization test using the application is faster than using manual measurements with a multimeter. Based on tests carried out using the Android smartphone application for 3 times, it was obtained an average time of 30 seconds, while manually using a measuring instrument obtained an average time of 657.7 seconds.

**Index Terms**—Diode, ESP32 Microcontroller, LM358 op-amp, Android

## I. PENDAHULUAN

Dioda merupakan komponen elektronika yang memiliki dua terminal dan terbuat dari sambungan dua jenis semi konduktor P dan N. Dioda berfungsi untuk mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah (AC to DC). Untuk mengetahui hubungan antara arus yang lewat dengan beda potensi pada ujung-ujungnya maka dilakukan uji karakteristik dioda. Uji karakteristik dioda dilakukan untuk mengukur nilai tegangan dan arus dioda sehingga menghasilkan grafik kurva karakteristik terutama untuk bias maju dioda.

Pengujian karakteristik dioda bias maju memerlukan sebuah catu daya DC yang variasi nilai tegangannya tidak terlalu tinggi. Kurva karakteristik bias maju dioda dapat dilakukan dengan pengukuran secara manual menggunakan peralatan dan alat ukur

standar [1][2]. Uji karakteristik dioda memerlukan beberapa peralatan pendukung seperti *voltmeter*, *amperemeter*, catu daya variable DC dan perangkat pendukung lain seperti kabel *jumper*, *breadboard* serta catu daya. Selain itu diperlukan kecermatan dan ketelitian saat membuat rangkaian uji dioda dan alat ukur. Pada uji karakteristik dioda, dilakukan pengukuran arus dan tegangan di beberapa titik, serta dilakukan variasi nilai arus dan tegangan untuk menghasilkan kurva karakteristik bias maju dioda. Hal ini menyebabkan diperlukan waktu yang lama untuk pengambilan data karakteristik dioda [2][3]. Hal tersebut mendorong untuk merancang alat karakterisasi dioda agar saat pengambilan data karakteristik dioda lebih cepat dan efisien.

Pengujian karakteristik dioda dilakukan dengan alat uji berbasis mikrokontroler untuk mengetahui hubungan antara arus dan tegangan [3]. Pada penelitian ini dirancang alat uji karakteristik dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki perangkat pendukung seperti *Analog Digital Converter (ADC)*, *Digital Analog Converter (DAC)* dan koneksi jaringan WiFi. Mikrokontroler ESP32 juga dapat melakukan komunikasi antarmuka WiFi dengan perangkat android. Penggunaan sistem android dapat mempermudah proses monitoring pengujian karakteristik dioda.

Pada rangkaian mikrokontroler ESP32 dikombinasikan dengan rangkaian penguat tak membalik op-amp IC 358 untuk menguatkan tegangan masukan pada rangkaian dioda yang dapat secara otomatis melalui program DAC mikrokontroler ESP32. Keseluruhan sistem pada alat uji karakteristik dioda dapat dikendalikan dan dimonitor hasil grafik karakteristik melalui antarmuka jaringan Android.

## II. DASAR TEORI

### A. Mikrokontroler ESP 32

Modul mikrokontroler ESP32 seperti pada Gambar 1 merupakan pengembangan dari seri sebelumnya yaitu ESP8266. Pada mikrokontroler ESP32 memiliki banyak kelebihan daripada ESP8266 dengan jumlah *General Purpose Input Output* (GPIO) yang lebih banyak. Kemudian pada mikrokontroler ini memiliki fitur yang tidak dimiliki pada seri ESP8266 yaitu fitur DAC dengan resolusi 8 bit untuk menghasilkan nilai variasi tegangan keluaran analog DC murni. Karena pada seri ESP 8266 untuk mendapatkan variasi tegangan analog dilakukan dengan melakukan variasi nilai *duty cycle* pada pulsa PWM yang berbentuk gelombang kotak. Sedangkan untuk ADC pada mikrokontroler ESP32 juga telah memiliki resolusi 12 bit, berbeda dengan seri ESP8266 yang memiliki resolusi 10 bit. Sehingga untuk pengukuran nilai tegangan dapat lebih presisi tanpa harus menambahkan komponen ADC eksternal dengan resolusi tinggi. Untuk komunikasi antarmuka juga tersedia *bluetooth* 4.0 serta koneksi WiFi yang dapat digunakan untuk aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT) [4].



Gambar 1. Bentuk fisik Modul ESP 32

### B. LCD (*Liquid Crystal Display*) 2×16

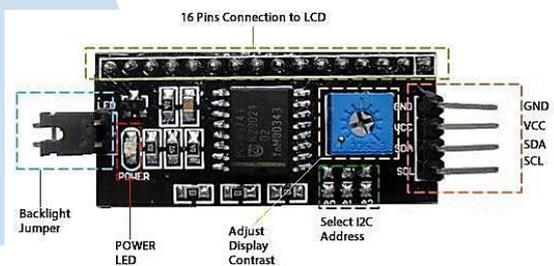
Pada LCD terdapat suatu baris dan kolom yang digunakan untuk menentukan berapa banyak jumlah karakter yang mampu ditampilkan pada layar tersebut [5]. Sebagai contoh untuk LCD berukuran 2×16 maka dalam satu layar secara bersamaan hanya mampu menampilkan tulisan sebanyak 32 karakter yang terbagi dalam 2 baris dan 16 kolom seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. LCD 2×16

Pada umumnya modul LCD memiliki 16 buah pin yang digunakan untuk menampilkan tulisan. Namun tidak semua pin tersebut digunakan. Sebagai contoh untuk pengiriman data ke LCD cukup menggunakan 4 bit data yaitu pin D4, D5, D6 dan D7, sehingga pin D0, D1, D2 dan D3 tidak digunakan. Serta untuk kontrol baca dan tulis LCD menggunakan tiga buah pin yaitu RS, RW dan E. Sedangkan pin yang lain digunakan untuk mengatur lampu backlight dan kecerahan layar.

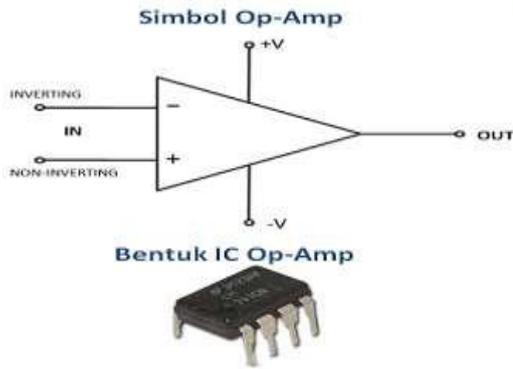
Untuk mengurangi jumlah penggunaan pin data pada LCD digunakan perangkat tambahan yaitu modul konverter I<sup>2</sup>C LCD. Modul ini memiliki 4 pin yang akan dihubungkan ke Arduino Uno, Nano, Mega bahkan mikrokontroler seperti ESP32 dan ESP8266 juga sudah mendukung untuk berkomunikasi data LCD. Pin yang digunakan untuk komunikasi data I<sup>2</sup>C modul ini adalah VCC, GND, SCL dan SDA seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Sistem komunikasi data I<sup>2</sup>C terdiri atas saluran *Serial Clock* (SCL) dan *Serial Data* (SDA) yang membawa informasi antara I<sup>2</sup>C dengan pengontrolnya untuk menampilkan karakter pada layar LCD [5].



Gambar 3. Modul konverter I<sup>2</sup>C LCD [5]

### C. IC Penguat Op-Amp LM358

Op-amp merupakan sebuah IC yang berfungsi untuk menguatkan sinyal listrik atau tegangan. Besarnya penguatan dari sebuah rangkaian op-amp ditentukan oleh nilai tahanan atau *resistor* yang dipasang pada rangkaian tersebut. Tahanan tersebut meliputi resistor umpan balik  $R_F$  (*resistor Feedback*) dan  $R_{IN}$  (*resistor input*). Secara umum rangkaian pada op-amp sebagai penguat tegangan terbagi menjadi dua macam yaitu penguat membalik dan penguat tak membalik. Pada penguat membalik nilai tegangan keluarannya memiliki fase yang berkebalikan dengan tegangan masukan op-amp, sedangkan pada penguat tak membalik tegangan keluarannya memiliki nilai keluaran yang sama dengan tegangan masukan [6]. Salah satu tipe IC Op-Amp yang populer adalah LM358 karena pada IC tersebut dapat digunakan untuk catu daya simetri maupun non simetri. Bentuk fisik dan simbol op-amp ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Simbol dan bentuk fisik IC op-amp LM358 [6]

D. Wireless Local Area Network (LAN)

Wireless LAN, merupakan suatu komunikasi secara nirkabel suatu perangkat jaringan LAN menggunakan alamat IP dan port. Untuk dapat menghubungkan secara wireless antara node device antar client, menggunakan chanel frekuensi serta Service Set Identifier (SSID). Sebab SSID dapat berfungsi sebagai identitas dari suatu perangkat wireless. Wireless LAN itu sendiri merupakan sebuah jaringan komputer lokal yang menggunakan suatu gelombang Radio Frequency (RF) untuk media transmisi data pada suatu jaringan komputer. Salah satu perangkat yang menggunakan jaringan wireless yaitu access point WiFi. Pada mikrokontroler ESP32 dapat difungsikan juga sebagai access point WiFi yang memiliki SSID dengan melakukan pengaturan pada kode program [7].

E. Aplikasi Delphi Mobile Android

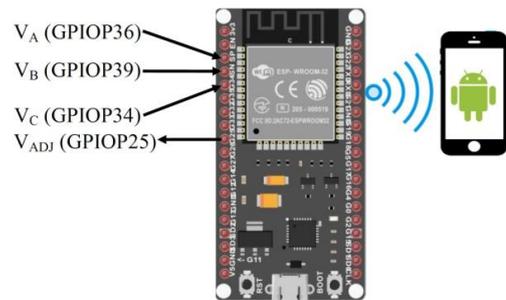
Aplikasi Delphi Mobile Android merupakan sebuah aplikasi komputer yang dikembangkan oleh Embarcadero untuk membuat aplikasi perangkat lunak berbasis platform android. Embarcadero C++ Builder, Delphi, dan Appmethod. FireMonkey merupakan platform aplikasi pertama berbasis Graphic Processing Unit (GPU) [8]. Dengan menggunakan aplikasi Delphi Mobile Android, maka pengembangan aplikasi antarmuka pada perangkat android smartphone melalui jaringan WiFi akan menjadi lebih mudah. Karena pada aplikasi tersebut telah tersedia komponen pendukung untuk melakukan komunikasi data menggunakan alamat IP melalui komponen Indy Clients. Selain itu juga masih banyak fitur-fitur lain yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi menjadi lebih menarik seperti: multimedia, grafik, tombol, teks dan sebagainya.

III. DESAIN DAN IMPLEMENTASI

Pada penelitian ini telah dirancang desain perangkat keras meliputi rangkaian uji karakterisasi dioda yang terdiri atas modul mikrokontroler ESP 32,

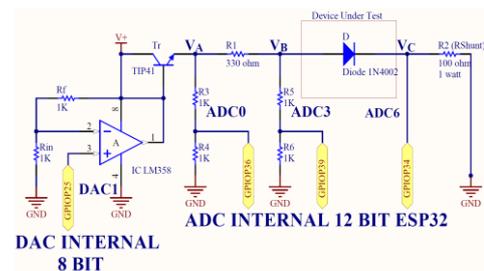
modul display LCD 2x16 beserta rangkaian konverter I2C LCD, rangkaian uji karakterisasi dioda dan rangkaian catudaya baterai yang menggunakan dua buah baterai Li Ion 18650.

Perangkat mikrokontroler ESP32 yang digunakan adalah satu DAC, tiga ADC internal, dan komponen pada mikrokontroler ESP32 yang dapat berkomunikasi melalui jaringan WiFi. Masing-masing ADC internal yang digunakan adalah ADC 0 (GPIO36) untuk titik VA, ADC 3 (GPIO39) untuk titik VB, dan ADC 6 (GPIO34) untuk titik VC, sedangkan DAC internal yang digunakan adalah DAC 0 (GPIO25) seperti terlihat pada Gambar 5.



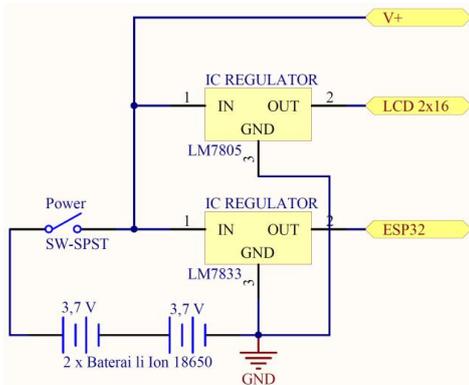
Gambar 5. Penggunaan pin DAC dan ADC Mikrokontroler ESP32

Pada rangkaian uji karakterisasi dioda ditambahkan rangkaian penguat op-amp tak membalik dengan IC LM358 untuk menguatkan tegangan dan arus pada keluaran DAC mikrokontroler ESP32. Untuk mengukur tegangan pada masing-masing titik VA, VB, dan VC terhadap terminal ground digunakan tiga buah ADC. Sehingga dengan menggunakan perhitungan nantinya dapat ditentukan nilai tegangan masuk rangkaian dioda (VADJ), tegangan dioda (VD) dan arus listrik (ID) yang mengalir rangkaian melalui pembacaan nilai tegangan Rshunt seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Pada pembacaan tegangan VA dan VB diberi tambahan rangkaian pembagi tegangan menggunakan dua buah resistor dengan nilai perbandingan 2:1 karena pembacaan ADC internal untuk ESP32 hanya sekitar 3,3 volt. Oleh sebab itu, diberikan suatu rangkaian pembagi tegangan supaya mampu membaca tegangan hasil penguatan op-amp 358 dan DAC hingga maksimum 6,6 volt.



Gambar 6. Rangkaian uji karakterisasi dioda dengan memanfaatkan DAC dan ADC internal ESP32 serta IC LM358

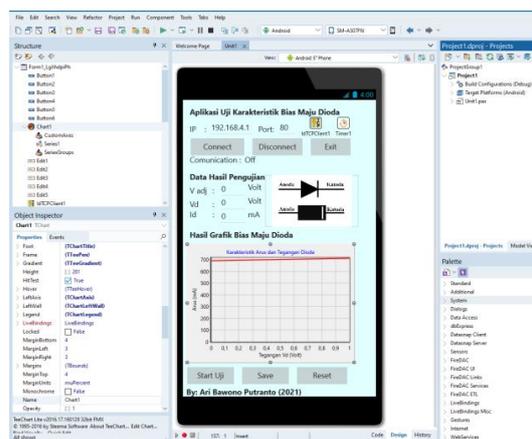
Untuk catudaya pada rangkaian uji karakterisasi dioda ini menggunakan dua buah baterai Li Ion 18650 dengan tegangan masing-masing 3,7 volt. Pada baterai dirangkai secara seri sehingga nantinya akan diperoleh tegangan total 7,4 volt yang kemudian diregulasi menjadi 3,3 volt oleh IC regulator LM7833 untuk suplay daya mikrokontroler ESP32. Sedangkan untuk LCD 2x16 memerlukan tegangan 5 volt sehingga digunakan IC regulator 7805 seperti yang ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian catudaya baterai dan regulator tegangan

#### A. Desain Aplikasi Antarmuka Smartphone Android

Aplikasi antarmuka yang digunakan memanfaatkan jaringan WiFi antara mikrokontroler dan *smartphone* android. Untuk jaringan *access point* WiFi langsung menggunakan mikrokontroler ESP32 tanpa memerlukan perangkat tambahan lain. Sehingga komunikasi cukup dilakukan melalui konfigurasi alamat IP dan Port pada mikrokontroler ESP32. Pada aplikasi antarmuka *smartphone* android selain dapat menunjukkan nilai tegangan dan arus saat uji karakterisasi dioda, memiliki tampilan visual berupa grafik untuk mengetahui bentuk kurva hasil uji karakterisasi secara langsung. Desain tampilan aplikasi antarmuka *smartphone* android ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan desain aplikasi android alat uji karakterisasi dioda

## IV. METODE PENELITIAN

Pengujian alat karakteristik dioda pada mikrokontroler ESP32 yang memanfaatkan DAC dan ADC internal dilakukan dengan pengambilan nilai arus dan tegangan. Hasil dari pengambilan data komponen ADC mikrokontroler ESP32 dibandingkan dengan alat ukur standar seperti *amperemeter* dan *voltmeter*.

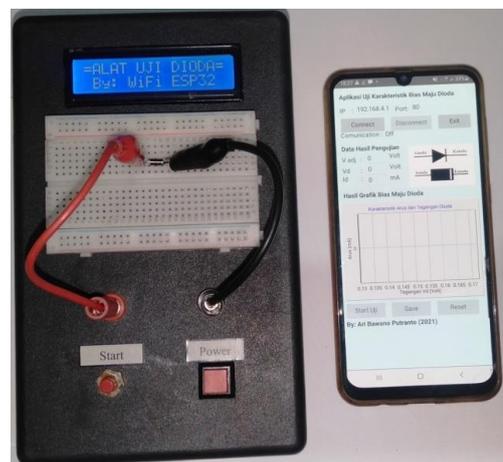
Sedangkan untuk pengujian tegangan keluaran DAC mikrokontroler ESP32 dilakukan dengan mengukur nilai tegangan sebelum dan sesudah penguatan oleh OP-amp LM358. Rangkaian DAC dan penguat op-amp IC LM358 digunakan sebagai pengganti perangkat catudaya DC variable yang dapat diatur nilainya melalui sebuah program. Pada pengujian DAC mikrokontroler ESP32 dimasukan berbagai variasi nilai tegangan minimum hingga nilai maksimum yang mampu dihasilkan oleh rangkaian DAC tersebut.

Pengujian cara kerja keseluruhan alat karakteristik dioda adalah perbandingan antara data arus dan tegangan hasil uji karakterisasi alat yang dirancang dengan data hasil pengukuran uji karakterisasi secara manual menggunakan alat ukur standar. Perbandingan dilakukan meliputi data hasil dan lama waktu yang diperlukan untuk memperoleh kurva grafik karakterisasi dioda.

## V. HASIL DAN DISKUSI

### A. Hasil Perancangan Alat Uji Karakterisasi Bias Maju Dioda

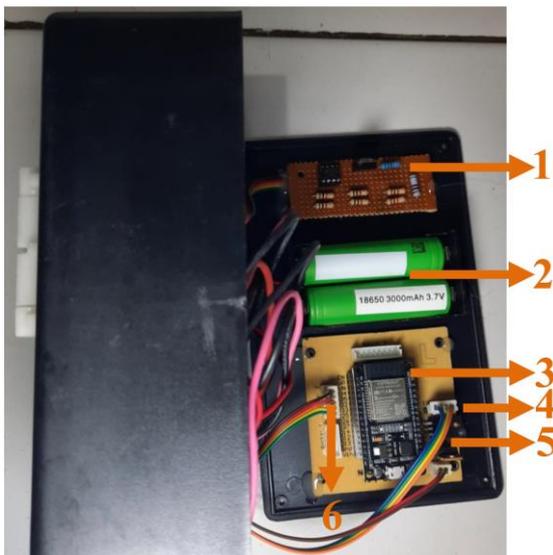
Alat uji karakterisasi bias maju dioda dirancang dengan menggunakan kotak plastik berukuran 18 cm × 11 cm × 6 cm berwarna hitam dengan tampilan LCD pada bagian atas untuk menampilkan informasi hasil pengukuran. Pada bagian tengah terdapat dua buah terminal untuk pemasangan kaki anoda dan kaki katoda dioda yang akan diuji. Untuk mempermudah pemasangan disediakan sebuah breadboard. Hasil tampilan luar alat dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Alat uji karakterisasi bias maju dioda dengan ADC dan DAC internal ESP32 serta antarmuka *smartphone* android

Untuk melakukan uji karakterisasi dilakukan pengaktifan WiFi android pada *smartphone* agar dapat berkomunikasi dengan perangkat keras yang telah dirancang. Setelah perangkat keras uji karakterisasi dioda dinyalakan, maka secara otomatis jaringan access point WiFi akan aktif dengan nama SSID="Tes\_Dioda" dan password="1234567890". Kemudian komunikasi data kedua perangkat melalui jaringan WiFi dapat dilakukan dengan alamat IP=192.168.4.1 dan port=80.

Alat uji karakterisasi bias maju ini dilengkapi dengan dua buah baterai Li Ion 18650 sehingga dapat bekerja tanpa menggunakan catu daya tambahan. Sistem dijalankan secara otomatis dengan menekan tombol "Start" pada perangkat atau pada aplikasi android seperti yang ditunjukkan Gambar 10.



Gambar 10. Instalasi rangkaian alat uji karakterisasi bias maju dioda

Instalasi rangkaian alat uji karakterisasi bias maju dioda terdiri dari bagian berikut:

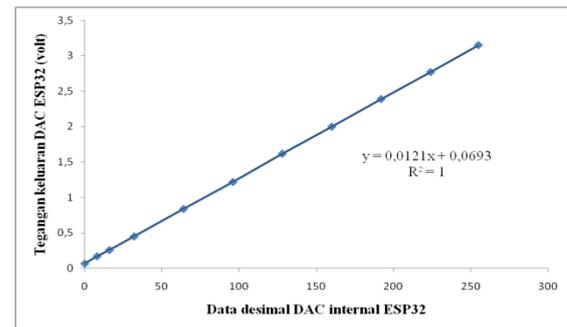
1. Rangkaian karakterisasi yang berisi penguat tegangan dan arus oleh IC op-amp LM358 serta rangkaian resistor pembagi tegangan,
2. Baterai 3,7V Li Ion 18650 sebagai sumber catudaya perangkat,
3. Modul mikrokontroler ESP32,
4. Kabel data I<sup>2</sup>C untuk tampilan LCD,
5. Regulator tegangan 3,3 volt dan 5 volt, dan
6. Kabel data ADC serta DAC internal ESP32.

#### B. Hasil Uji Tegangan Keluaran Rangkaian DAC Internal Mikrokontroler ESP32

Pengujian tegangan keluaran pada rangkaian DAC internal 8 bit bertujuan untuk mengetahui tegangan minimal hingga tegangan maksimum yang mampu dihasilkan. Pada alat uji karakteristik dioda diberikan variasi data nilai desimal 0 hingga 255 melalui aplikasi program.

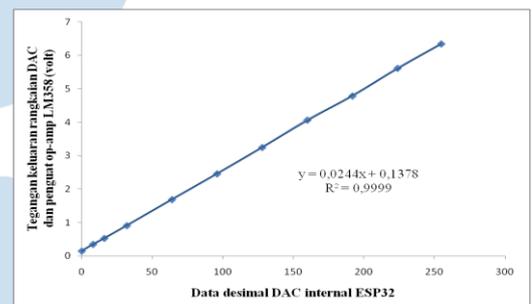
Hasil keluaran tegangan diukur menggunakan multimeter digital. Gambar 11 menunjukkan grafik

hasil pengukuran tegangan keluaran DAC internal mikrokontroler ESP32.



Gambar 11. Pengukuran tegangan keluaran pada terminal DAC internal ESP32

Pada Gambar 11 ditunjukkan bahwa nilai data DAC yang diberikan melalui program memiliki hubungan yang linier terhadap tegangan keluaran yang dihasilkan oleh alat yang dirancang. Nilai tegangan maksimal ditunjukkan pada nilai tegangan 3,15 volt. Untuk memperoleh hasil keluaran tegangan dua kali lipat diberikan tambahan rangkaian penguat op-amp tak membalik IC LM358 dengan nilai penguatan sebesar 2× untuk memperoleh nilai tegangan keluaran maksimal DAC sebesar 6,3 volt. Hasil keluaran tegangan dua kali lipat ditunjukkan pada Gambar 12.



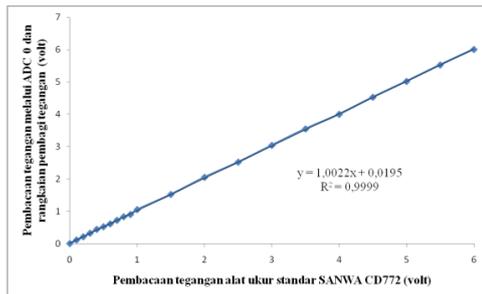
Gambar 12. Pengukuran tegangan keluaran DAC internal ESP32 setelah dikuatkan oleh penguat op-amp IC LM358

#### C. Hasil Uji Pengukuran Tegangan dan Arus Melalui ADC Internal Mikrokontroler ESP32

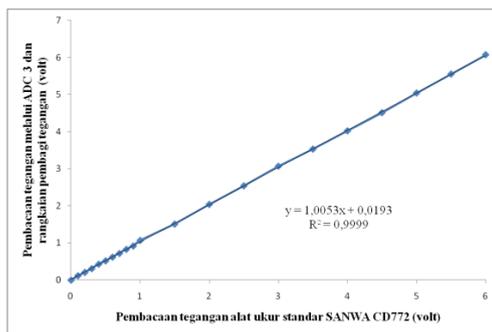
Pada pengujian pembacaan ADC dilakukan untuk mengetahui akurasi dan ketelitian pembacaan ADC internal ESP32 yang dibandingkan dengan alat ukur standar. Untuk ADC0 dan ADC3 pada rangkaian ditambahkan rangkaian pembagi tegangan dengan menggunakan dua buah tahanan 1K ohm supaya memperoleh perbandingan 2:1 sehingga kedua ADC tersebut mampu untuk mengukur tegangan hingga 6,6 volt.

Pada Gambar 13 dan Gambar 14 ditunjukkan hasil pengujian pembacaan tegangan oleh ADC internal dimana kedua pengukuran tersebut masing-masing memiliki akurasi pembacaan tegangan yang cukup baik dengan nilai regresi linier R<sup>2</sup> sebesar 0,9999.

Pada ADC0 berfungsi untuk mengukur tegangan hasil dari DAC dan penguat op-amp LM358 sebagai masukan catu daya DC variabel rangkaian uji karakterisasi dioda, sedangkan ADC3 digunakan untuk mengukur tegangan pada terminal anoda dioda terhadap terminal GND.

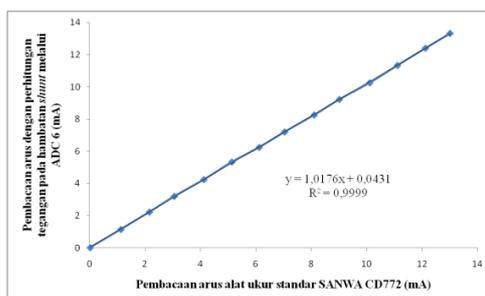


Gambar 13. Pengujian akurasi pengukuran tegangan oleh ADC0 untuk pembacaan tegangan titik  $V_A$  pada rangkaian uji dioda.



Gambar 14. Pengujian akurasi pengukuran tegangan oleh ADC3 untuk pembacaan tegangan titik  $V_B$  pada rangkaian uji dioda

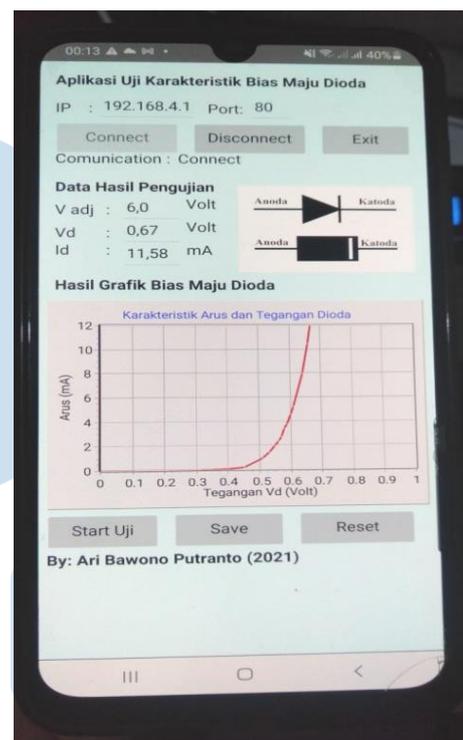
Pengukuran arus rangkaian pada alat dilakukan dengan membaca tegangan pada tahanan  $R_{shunt}$  yang dipasang pada ujung rangkaian uji dioda. Sehingga melalui perhitungan hukum ohm pada program mikrokontroler dapat diketahui nilai arus yang mengalir pada rangkaian uji karakteristik bias maju dioda menggunakan nilai tahanan tetap  $R_{shunt}$  sebesar 100 ohm. Hasil pengujian akurasi dan ketelitian pengukuran arus menggunakan perhitungan hukum ohm dan alat standar ditunjukkan pada Gambar 15. Pada Gambar 15 pembacaan arus melalui perhitungan hukum ohm memiliki akurasi yang cukup baik dengan nilai regresi linier  $R^2$  sebesar 0,9999.



Gambar 15. Pengujian akurasi pengukuran arus melalui perhitungan hukum ohm dengan  $R_{shunt}$  sebesar 100 ohm.

#### D. Hasil Uji Karakterisasi Bias Maju Dioda Menggunakan Aplikasi Smartphone Android

Pengujian karakterisasi dioda dilakukan dengan menggunakan alat uji karakteristik yang dirancang dan aplikasi smartphone yang telah dibuat. Komponen yang digunakan untuk pengujian adalah dioda dengan seri 1N4002 dimana dioda tersebut mampu untuk menyearahkan arus maksimal sebesar 1 ampere. Sebelum pemasangan dioda pada terminal anoda dan katoda pada *board*, jaringan WiFi antar perangkat terlebih dahulu harus diaktifkan dan dihubungkan. Setelah kedua perangkat terhubung maka tombol "Connect" ditekan untuk memulai komunikasi data kemudian tombol "Start Uji" ditekan untuk melakukan uji karakterisasi bias maju dioda. Hasil pengujian karakterisasi bias maju dioda 1N4002 dapat ditunjukkan pada Gambar 16.



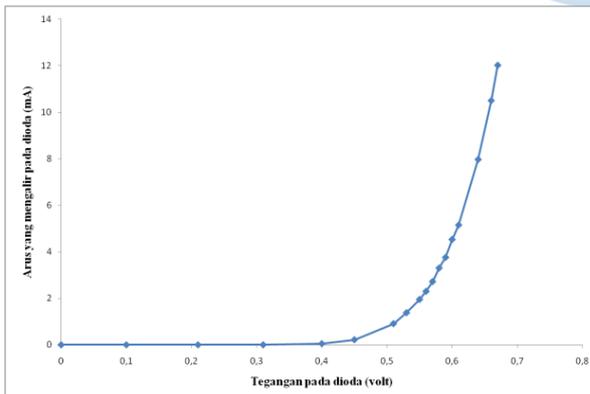
Gambar 16. Pengujian karakterisasi bias maju dioda 1N4002 menggunakan aplikasi *smartphone* android dengan memanfaatkan ADC dan DAC internal ESP32

Pada gambar 16 ditunjukkan secara otomatis grafik kurva bias maju dioda hasil uji karakterisasi menggunakan aplikasi *smartphone* android dapat dilakukan secara otomatis dalam waktu kurang dari 1 menit. Sebagai perbandingan maka dilakukan pula pengujian karakterisasi bias maju dioda 1N4002 secara manual menggunakan peralatan catu daya DC variabel, dua buah multimeter digital SANWA CD772 seperti ditunjukkan pada Gambar 17. Pengujian dilakukan dengan mencatat arus dan tegangan pada dioda dengan melakukan variasi tegangan catu daya DC dari 0 hingga 6 volt.



Gambar 17. Pengujian karakterisasi bias maju dioda 1N4002 secara manual menggunakan peralatan catu daya DC variabel dan multimeter digital.

Hasil pengujian secara manual diperoleh data-data pengukuran arus dan tegangan beberapa titik. Kemudian data tersebut diolah dan dibuat grafik sehingga diperoleh kurva karakterisasi bias maju dioda seperti ditunjukkan pada Gambar 18 berikut.



Gambar 18. Grafik hasil pengolahan data karakterisasi bias maju secara manual menggunakan peralatan dan alat ukur standar.

Untuk perbandingan lama waktu saat melakukan uji karakterisasi bias maju dioda yang dilakukan secara otomatis melalui aplikasi *smartphone* android dan secara manual diperoleh data seperti tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Perbandingan lama waktu pengujian karakterisasi bias maju dioda

	Pengujian bias maju dengan aplikasi <i>smartphone</i> android (detik)			Pengujian bias maju secara manual dengan alat ukur standar (detik)		
Data uji	30	31	29	628	650	695
Rata-rata	30			657,7		

Berdasarkan pengujian melalui aplikasi *smartphone* android dan pengujian secara manual dengan alat ukur standar diperoleh bentuk kurva grafik karakterisasi yang memiliki nilai dan bentuk yang hampir sama. Sehingga aplikasi tersebut dapat dijadikan sebuah alternatif untuk melakukan uji karakterisasi bias maju dioda secara cepat. Berdasarkan perbandingan lama waktu pengujian bias maju dioda menggunakan aplikasi *smartphone* android serta perangkat alat uji yang telah dibuat diperoleh rata-rata waktu sebesar 30 detik yang jauh lebih cepat dari pengujian secara manual dengan rata-rata waktu pengujian sebesar 657,7 detik.

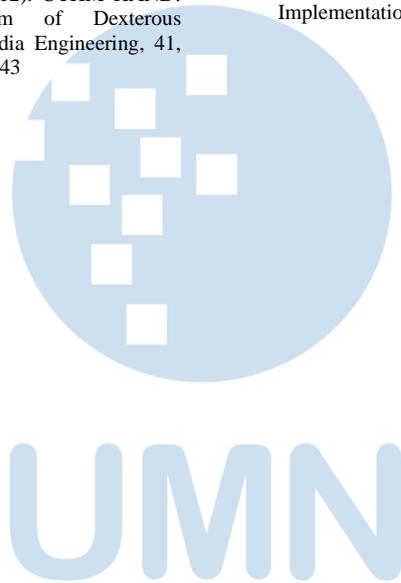
VI. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan uji karakterisasi bias maju dioda 1N4002 dengan memanfaatkan ADC dan DAC internal mikrokontroler ESP32 berbasis android. Perbandingan lama waktu antara hasil uji karakterisasi bias maju dioda dengan alat yang dirancang pdan hasil pengujian dengan alat ukur standar, menunjukkan bahwa waktu pengujian dengan alat yang dirancang lebih cepat. Lama waktu pengambilan data dengan alat yang dirancanga rata-rata sebesar 30 detik. Sehingga dapat alat karakteristik dioda yang dirancang dapat menjadi sebuah alternatif pengukuran karakteristik dioda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] COVIDSurg Collaborative, Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: Global predictive modelling to inform surgical recovery plans. (2020). British Journal of Surgery. doi:10.1002/bjs.11746
- [2] Sathya, C. (2020, March 16). Perspective | Your elective surgery will be canceled. It's for everyone's good. Diakses pada August 22, 2020, dari <https://www.washingtonpost.com/outlook/2020/03/16/your-elective-surgery-will-be-canceled-its-everyones-good>
- [3] Kumar, K. (2020, May 07). Mumbai staring at a huge shortage of doctors and health professionals. Retrieved September 02, 2020, from <https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/mumbai-staring-at-a-huge-shortage-of-doctors-and-health-professionals/articleshow/75563053.cms>
- [4] Muthiariny, D. (2020, March 27). Indonesian Doctors Threaten to Go on Strike over Lack of PPE. Retrieved September 02, 2020, from

- <https://en.tempo.co/read/1324800/indonesian-doctors-threaten-to-go-on-strike-over-lack-of-ppe>
- [5] Submission, I. (n.d.). Japan's medical workers facing worsening shortages of protective gear, survey says. Retrieved September 02, 2020, from <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/05/02/national/japan-medical-workers-severe-shortages-protective-gear-survey/>.
- [6] Spanish health workers protest over PPE shortages. (n.d.). Retrieved September 02, 2020, from <https://news.cgtn.com/news/2020-05-26/Spanish-health-workers-protest-over-PPE-shortages-QN15QZuCcw/index.html>
- [7] Surgery - General. (n.d.). Retrieved September 02, 2020, from <https://www.ama-assn.org/specialty/surgery-general>
- [8] Myint, F. (2018). 2. Handling instruments. In Kirk's Basic surgical techniques (7th ed., pp. 10-24). Edinburgh: Elsevier.
- [9] Park, H. (2020, March 4). An Open-source Anthropomorphic Robot Hand System: HRI Hand. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/SFPB2>.
- [10] Moldovan, C. C., & Staretu, I. (2017). An Anthropomorphic Hand with Five Fingers Controlled by a Motion Leap Device. *Procedia Engineering*, 181, 575-582. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.436
- [11] Zaid, A. M., & Yaqub, M. A. (2012). UTHM HAND: Performance of Complete System of Dexterous Anthropomorphic Robotic Hand. *Procedia Engineering*, 41, 777-783. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.243
- [12] Farag, M., & Azlan, N. Z. (2015). Adaptive Backstepping Position Control of Pneumatic Anthropomorphic Robotic Hand. *Procedia Computer Science*, 76, 161-167. doi:10.1016/j.procs.2015.12.334
- [13] D. (2019, June 09). The da Vinci® system: Technology and surgical analysis. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [14] D. (2019, June 09). Figure 6.2 [Digital image]. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [15] D. (2019, June 09). Figure 6.3 [Digital image]. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [16] He, Jianjun & Gu, Hong & Wang, ZHELONG. (2013). Solving the forward kinematics problem of six-DOF Stewart platform using multi-task Gaussian process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 227. 161-169. 10.1177/0954406212444508
- [17] ELKOURA, G., AND SINGH, K. 2003. Handrix: Animating the Human Hand. *Proc. SCA*, 110--119.
- [18] Ahmad, Arslan & Ibraheem, Muhammad & Ahsen, Mohsin & Shah, Khawar & Shahid, Umer. (2017). Design and Implementation of Robotic Arm that Copies the Human Arm.



# Emotion Recognition using Convolutional Neural Network on Virtual Meeting Image

Julando Omar<sup>1</sup>, Nabila Husna Shabrina<sup>2</sup>, Akmal Nusa Bhakti<sup>3</sup>, Axel Patria<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Teknik Komputer, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

<sup>1</sup>julando.omar@student.umn.ac.id, <sup>2</sup>nabila.husna@umn.ac.id, <sup>3</sup>akmal.nusa@student.umn.ac.id,

<sup>4</sup>axel.patria@student.umn.ac.id

Diterima 10 Juni 2021

Disetujui 24 Juni 2021

**Abstract**— This study is conducted to propose an Emotion recognition system on virtual meeting image using Convolutional Neural Network. Our system consists of 2 phases, the training phase, to train the Convolutional Neural network model, and the classification phase, to classify the images in Convolutional Neural network into seven different emotion. Haar Cascade Classifier method was employed in this work. The training was carried out using the FER-2013 dataset with 430 epoch. The proposed model gave 73,56% accuracy in classifying participant's emotion in Virtual Meeting Image.

**Index Terms**—Convolutional Neural Network, Emotion Recognition, Face Recognition, FER-2013, Virtual Meeting

## I. PENDAHULUAN

Dalam satu tahun terakhir, dunia edukasi mengalami perubahan drastis dalam cara kita berkomunikasi. Akibat dari pandemi yang muncul, memaksa kita untuk merubah cara kita berkomunikasi dari tatap muka menjadi secara daring. Dari percakapan sederhana antara dua orang, proses belajar mengajar, hingga sebuah meeting penting yang dilakukan oleh sebuah perusahaan, semua terpaksa dilakukan secara daring. Menurut penelitian yang dilakukan oleh ISED, pada bulan April 2020, hampir 88% responden melakukan work from home, dan melakukan meeting dengan menggunakan aplikasi virtual meeting seperti zoom meeting, google hangout dan webex. [1]

Sistem komunikasi daring sendiri tidak terlepas dari beberapa kekurangan, salah satunya adalah feedback yang diberikan saat berkomunikasi. Feedback verbal dan nonverbal yang biasanya dapat dilakukan saat berkomunikasi tatap muka mengalami hambatan dalam berkomunikasi daring. Ekspresi wajah terutama dapat menjadi komunikasi untuk mengutarakan perasaan kenyamanan, persetujuan maupun simpati kepada lawan bicara, tanpa harus adanya informasi tambahan dari anggota tubuh lainnya. [2]

Untuk mengatasi permasalahan ini, kami membuat sebuah Emotion Recognition yang menggunakan sebuah Convolutional Neural Network (CNN) pada sebuah gambar Virtual Meeting, dengan tujuan untuk membantu memahami feedback nonverbal yang diberikan melalui ekspresi dari peserta dari Virtual

meeting. Cara ini dilakukan dengan melakukan dua tahapan *training* dan *classification*. Tahapan *training* merupakan tahapan dimana model CNN akan dipaparkan terhadap dataset FER-2013 yang berisikan berbagai ekspresi dari senang, sedih, marah, jijik, takut, kaget dan neutral. CNN dipilih karena memiliki akurasi yang lebih baik dalam melakukan emotion recognition daripada metode lain, seperti SVM. Sebagai contoh, metode SVM dengan PCA berhasil untuk melakukan emotion recognition dengan dataset CK+ dengan akurasi sebesar 81% [3], sedangkan metode CNN berhasil untuk melakukan emotion recognition pada dataset yang sama dengan akurasi sebesar 92.81% [4]

Model CNN pada penelitian ini menggunakan optimizer Adam, dan loss function berupa sparse categorical loss. Optimizer Adam dipilih karena Adam memiliki performa yang lebih baik daripada SGD ataupun SGD dengan momentum dalam melakukan klasifikasi[5], sedangkan sparse categorical loss dipilih karena label dari dataset merupakan dalam bentuk angka sehingga diperlukan sparse loss function kemudian hasil dari CNN adalah multi-class sehingga dibutuhkan categorical loss function dalam melakukan klasifikasi.

Kemudian model akan melakukan klasifikasi pada tahapan *classification*, dimana model akan diberikan input berupa gambar dari Virtual Meeting dan akan mengklasifikasikan berbagai emosi dari setiap wajah yang diekstrak menggunakan algoritma haar-cascade classifier peserta yang mengikuti Virtual Meeting tersebut. Haar-cascade classifier pada penelitian ini digunakan karena Haar-cascade classifier, merupakan salah satu algoritma face recognition yang paling banyak digunakan, selain itu algoritma ini juga sederhana dan efektif dalam melakukan face-recognition[6].

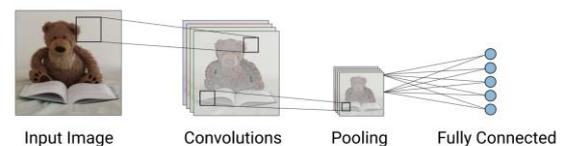
## II. KAJIAN LITERATUR

Studi mengenai implementasi dari CNN untuk mengetahui ekspresi muka manusia sudah banyak dilakukan. Tabel 1 merupakan beberapa studi yang telah dilakukan dalam mengimplementasi CNN yang digunakan didalam *Emotion Recognition*.

Tabel 1. Kajian Literatur

Literatur	Akurasi	Kelebihan	Kelemahan
[7]	70%	Model berhasil mencapai 70% akurasi	Model masih sulit membedakan ekspresi takut dengan ekspresi sedih.
[8]	73.4%	Model mencapai akurasi 73%	Karena menggunakan sift, sehingga akan lebih lambat dalam melakukan prediksi emosi
[9]	85%	Dapat memprediksi emosi dengan akurasi sebesar 85%	Dataset JAFFE sendiri hanya memiliki muka perempuan, sehingga akan menjadi bias saat dilakukan dengan menggunakan data real
[10]	69%	Model SHCNN merupakan model yang cukup sederhana namun dapat mencapai akurasi sebesar 69%	Akurasi yang didapatkan dari Model tersebut masih cukup rendah dibandingkan dengan model yang lainnya.
[11]	61%, 41%, 64% dan 65%	Model CNN merupakan model yang sudah banyak dipakai dan dapat digunakan dengan menggunakan library-library yang ada.	Akurasi yang didapatkan dari Model tersebut masih cukup rendah dibandingkan dengan model yang lainnya..
[12]	69.40%	Model yang digunakan merupakan modifikasi dari Model VCG-16 yang merupakan model CNN yang dapat digunakan dengan menggunakan library yang ada.	Akurasi yang didapatkan dari Model tersebut masih cukup rendah dibandingkan dengan model yang lainnya.

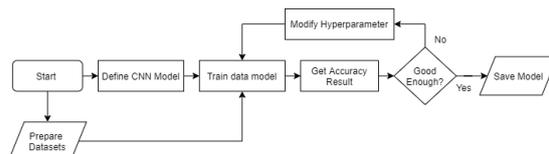
Dari studi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan CNN untuk *emotion recognition* mempunyai akurasi rata-rata diantara 65%-70%, dengan studi [9] memiliki akurasi paling tinggi sebesar 85% dengan menggunakan dataset JAFFE dan studi [8] dengan menggunakan dataset FER-2013, yang merupakan dataset yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 2. CNN [14]

### III. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, metode akan dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian *training* dan *classification*.

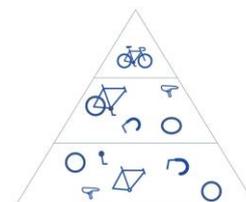


Gambar 1. flowchart training

#### A. Training

Bagian *training* merupakan bagian dimana CNN dilakukan *training*. CNN merupakan *sub-architecture* dari *Neural Network* yang umumnya terdiri atas *convolutional layer*, *pooling layer* dan *fully connected layer*. [13]

*Convolutional layer* merupakan *layer* yang menggunakan *filters* untuk melakukan konvolusi kedalam gambar *input*. Hasil dari *convolutional layer* adalah *feature map*. *Non-linearity* di dalam model didapatkan dari penggunaan *ReLU* pada akhir setiap *convolutional layer*. *Convolutional layer* lainnya juga dapat mengikuti *convolutional layer* sebelumnya, dimana jika hal tersebut dilakukan maka akan dibentuk sebuah *feature hierarchy*. [15]



Gambar 3. *Feature Hierarchy* [16]

*Layer* selanjutnya yang terdapat dalam CNN adalah *pooling layer*. *Layer* ini berfungsi untuk mengatasi dimensionalitas dari sebuah *feature map*. *Pooling layer* memiliki cara kerja yang mirip dengan *convolutional layer* namun setiap *filter* yang terdapat pada *pooling layer* tidak memiliki *weights*. *Pooling layer* berguna untuk mengurangi kompleksitas, meningkatkan efisiensi dan mengurangi *overfitting*. [15]

*Layer* terakhir yang terdapat pada CNN adalah *fully connected layer*. *Fully-connected layer* berfungsi untuk melakukan klasifikasi terhadap CNN yang ada. *Fully-connected layer* menggunakan fungsi *softmax* untuk menentukan hasil keluaran yang ada. [15] Arsitektur CNN pada metode dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Arsitektur CNN

Layer	Ukuran	Jumlah filters
Input Layer	48 x 48	-
Convolution 1	3 x 3	64
Max Pool 1	2 x 2	-
Convolution 2	3 x 3	128
Max Pool 2	2 x 2	-
Convolution 3	3 x 3	256
Max Pool 3	2 x 2	-
Fully Connected 1	-	128
Fully Connected 2	-	256
Fully Connected 3	-	7

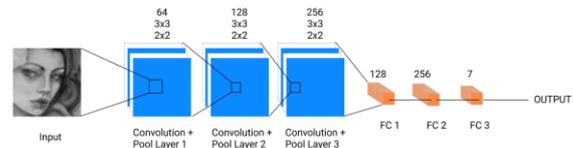
Agar tidak terjadi *overfitting* maka *Batch Normalization layer* dan *Dropout layer* digunakan di antara *layer-layer* yang terdapat di dalam arsitektur CNN.

*Batch Normalization* adalah teknik yang digunakan untuk standarisasi *input* dari setiap *mini-batch*. *Batch Normalization* memiliki efek untuk menstabilkan proses *learning* dan mengurangi jumlah *training epoch* untuk men-*train* sebuah *neural Network*. [17]

*Dropout* merupakan salah satu teknik *regularization* pada *neural network*. Pada teknik *Dropout*, ketika *training* dijalankan maka beberapa

*layer output* akan dibiarkan atau di-*dropped out*. *Dropout* memiliki efek untuk membuat *training* menjadi sedikit *noisy* sehingga membuat *nodes* pada sebuah *layer* untuk memiliki tanggung jawab terhadap suatu *input*. [18]

Model CNN pada penelitian ini menggunakan optimizer *adam*, dan *loss function* berupa *sparse categorical loss*.



Gambar 4. Visualisasi Arsitektur CNN

Dataset yang digunakan untuk *training* pada penelitian ini adalah *Open Database FER-2013* [19]. Basis data berisi gambar dengan ukuran 48x48 piksel, yang telah dikategorikan sesuai dengan ekspresi yang ditampilkan. Basis data memiliki 7 jenis ekspresi wajah, yaitu marah, jijik, takut, gembira, sedih, terkejut, dan netral, yang terbagi menjadi dua kategori, yaitu kumpulan data untuk pelatihan dan kumpulan data untuk pengujian. Ada total 28709 gambar untuk pelatihan, dan total 3589 gambar untuk pengujian, total 32.298 gambar untuk diproses.

Sebelumnya, FER-2013 adalah kumpulan data sumber terbuka yang pertama, dibuat untuk proyek yang sedang berjalan oleh Pierre-Luc Carrier dan Aaron Courville, kemudian dibagikan secara publik untuk kompetisi Kaggle, tak lama sebelum ICML 2013.

Pada bagian *Training* kemudian dibagi menjadi beberapa bagian, yang antara lain adalah:

- *Define CNN model*  
Pada tahapan ini arsitektur dari model CNN dibentuk dengan menggunakan library *Tensorflow* [20] dan *Keras* [21] dalam bahasa pemrograman *Python*.

#### *Prepare Dataset*

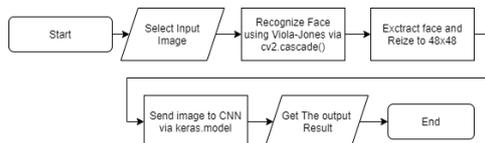
Untuk dapat melakukan *training* pada CNN maka dibutuhkan *dataset*. *Dataset* yang digunakan adalah dataset FER-2013 yang telah dilakukan normalisasi distribusi agar model CNN yang ada tidak terjadi *overfitting*. Normalisasi distribusi dilakukan dengan cara metode *Oversampler*. Kemudian dataset *training* kemudian dibagi menjadi 75% data *training* dan 25% data validasi.

- *Train Data Model*  
Pada tahapan ini, model yang sebelumnya telah dibentuk akan dilakukan *training*. *Training* dilakukan dengan *dataset* berupa *dataset* yang sebelumnya sudah disiapkan. Pada tahapan ini juga dilakukan konfigurasi *hyperparameter* seperti *epoch*, *batch size*, dan *step* yang digunakan dalam *training*.

- **Get Accuracy Result**

Pada tahapan ini, dilakukan evaluasi terhadap model CNN pada metrics akurasi, jika metrics akurasi dirasa sudah mencukupi maka *training* selesai dan model akan disimpan untuk digunakan pada tahapan selanjutnya, jika akurasi dari model dirasa tidak mencukupi, maka dapat dilakukan modifikasi terhadap *hyperparameter* model agar didapatkan akurasi yang lebih baik.

### B. Classification



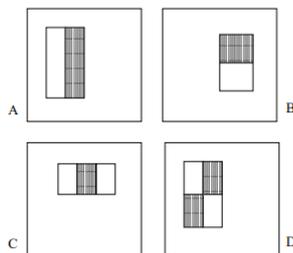
Gambar 5. *flowchart Classification*

Tahapan *classification* adalah tahapan dimana user dapat mengklasifikasikan dan mendeteksi ekspresi wajah manusia. Hal pertama yang dilakukan untuk mendeteksi ekspresi wajah manusia adalah dengan melakukan deteksi wajah manusia. Algoritma pendeteksi wajah yang kami gunakan adalah *Haar-cascade classifier*.

Dalam melakukan *face recognition* algoritma *Haar-cascade Classifier* melakukan beberapa langkah, antara lain sebagai berikut [22]:

- **Memilih Haar-like feature**

Haar-like feature adalah kumpulan fungsi berbentuk persegi, hasil dari *haar-like features*, merupakan angka hasil proses dari fungsi tersebut. *Haar-like features* ini akan digunakan untuk mendeteksi apakah adanya *lines*, *edges* dan juga *diagonal* di dalam *image*, yang membantu untuk melakukan pemisahan *feature* dalam wajah. Dalam algoritma *viola-jones* terdapat 3 *haar-like features*, yaitu *edge*, *lines* dan *diagonal*.



Gambar 6. *Haar-like features* [22]

Berdasarkan gambar diatas, maka gambar A digunakan untuk mendeteksi *edges* dari wajah, sedangkan gambar B dan gambar C digunakan untuk mendeteksi *lines* wajah pada *subregion* gambar, sedangkan gambar D digunakan untuk mendeteksi *line diagonal*. *Haar like feature* ini kemudian akan dibagi

menjadi *sub-window* dan akan di iterasi ke seluruh gambar untuk menghasilkan *integral image*.

- **Membuat Integral image**

*Integral image* merupakan sebuah struktur data yang digunakan untuk mempercepat dalam melakukan perhitungan jumlah nilai dari suatu pixel pada suatu gambar. Setiap pixel dari *integral image*, merupakan hasil penjumlahan dari pixel diatas pixel tersebut, pixel yang terdapat pada bagian kiri pixel tersebut dan juga nilai dari pixel itu sendiri. Untuk menghitung suatu pixel pada gambar kita dapat menggunakan 4 titik untuk perhitungan. Perhitungan keempat titik ini memudahkan dalam perhitungan *feature* yang didapat dari *haar-like features*. Dengan menggabungkan *haar like feature* dengan *integral image*, kita dapat dengan cepat melakukan perhitungan nilai dari *haar-like feature* tersebut.

- **Menjalankan Adaboost Training**

Adaboost merupakan salah satu algoritma machine learning dimana *classifier* dari algoritma ini merupakan kumpulan-kumpulan dari *weak learner* yang menghasilkan sebuah *strong classifier*. Dalam algoritma *viola-jones*, *weak learner* yang ada adalah *feature-feature* yang dihasilkan oleh *haar like feature*, dimana satu fitur merupakan satu *weak classifier*. Dalam melakukan *face recognition*, *adaboost* melakukan klasifikasi kedalam semua *subregion* dari gambar dan mengecek apakah *classifier* yang ada memberikan nilai yang positif atau negatif, jika nilai positif, maka pada gambar tersebut terdapat wajah, sedangkan jika nilai negatif maka tidak terdapat wajah pada *sub-region* tersebut.

- **Membuat Cascading classifier.**

*Cascading classifier* digunakan untuk mengklasifikasi kembali, bagian dari gambar mana yang memiliki wajah dan mana yang tidak merupakan wajah. *Cascading classifier* digunakan karena hasil dari klasifikasi *adaboost* masih memiliki jumlah yang cukup banyak, yaitu hampir 8000 *features* untuk gambar berukuran 24 x 24, dengan *feature* yang cukup banyak ini, akan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk melakukan *face recognition*, oleh sebab itu *cascading classifier* dibutuhkan. *Cascading classifier* bekerja dengan cara membagi menjadi beberapa *stage*, dimana *stage* pertama merupakan *feature* yang dianggap paling bagus untuk merepresentasikan wajah, *stage* kedua merupakan *feature* yang lain untuk diklasifikasikan. Dengan menggunakan *cascading classifier* ini, ketika *subregion* gambar input yang dimasukan kedalam *classifier stage* pertama menghasilkan hasil positif, maka *subregion* gambar tersebut akan diklasifikasikan lagi kedalam *stage* kedua, namun jika *subregion* gambar tersebut memiliki nilai yang negatif, maka gambar tersebut akan dibuang dan

akan dicari *subregion* gambar tersebut yang memiliki wajah.

Dalam penelitian ini, *Haar-cascade classifier* diimplementasikan menggunakan library *openCV*. library *openCV* sendiri merupakan library untuk melakukan pengolahan citra yang terdapat pada bahasa pemrograman *python*. Metode *OpenCV* yang digunakan adalah *cv2.cascade()* dimana metode tersebut menerima input berupa file *.xml* yang berisi hasil *training* untuk mendeteksi wajah.

Tahapan pada tahap klasifikasi dibagi menjadi beberapa bagian, bagian tersebut antara lain adalah:

- Select Input Image**  
 Pada tahapan ini, *user* dapat melakukan input image yang berupa gambar wajah manusia ataupun gambar wajah pada *virtual meeting* secara manual yang akan dilakukan pengenalan emosi. *Input image* diterima menggunakan metode *OpenCV imread*.
- Recognize Face**  
 Setelah gambar diterima, maka pada gambar tersebut akan dikenali mana yang merupakan wajah manusia dan mana yang bukan. pengenalan ini menggunakan algoritma *haar-cascade classifier* yang telah dijelaskan sebelumnya.
- Extract Face and Resize to 48x48**  
 Setelah wajah terdeteksi, maka akan dilakukan ekstraksi wajah tersebut untuk diteruskan sebagai input pada CNN. Karena input pada CNN memiliki besaran berupa 48x48 pixel, maka gambar wajah yang telah terdeteksi tersebut harus dilakukan perubahan ukuran sehingga gambar menjadi ukuran 48 x 48 pixel.
- Sent Image to Model via Keras.model**  
 Setelah wajah terdeteksi dan diubah menjadi ukuran 48x48 pixel, maka gambar wajah tersebut diberikan menjadi *input* dalam model CNN menggunakan *keras.predict*. *Keras.predict* digunakan untuk melakukan klasifikasi oleh CNN untuk menghasilkan ekspresi yang sesuai dengan ekspresi yang ada.
- Get The Output Result**  
 Setelah CNN berhasil mengklasifikasikan wajah yang ada, maka ekspresi dapat ditampilkan melalui metode *OpenCV imshow*. Wajah manusia yang terdeteksi akan dikelilingi oleh persegi serta teks yang menampilkan ekspresi wajah yang diprediksi.

#### IV. HASIL

Pada penelitian ini, model CNN ditraining menggunakan library *tensorflow-gpu* versi 2.3.0. Dataset dari *training* yang digunakan adalah dataset FER-2013 yang didapatkan dari *kaggle*[19]. Dataset FER-2013 ini berbentuk file *csv*, sehingga diperlukan *pre-processing* data menggunakan library *pandas*. File *csv* yang dibaca merupakan file *csv* dengan nama

'train.csv'. Pada data yang telah dibaca, maka akan dilakukan normalisasi terhadap distribusi setiap gambar dari ekspresi wajah dengan menggunakan fungsi *RandomOverSampler* dari library *imblearn*. Hasil dari normalisasi distribusi adalah setiap ekspresi memiliki gambar sebanyak 7215 gambar. Kemudian dari hasil distribusi tersebut, dataset dilakukan pembagian dimana 80% data akan digunakan sebagai data *training* dan 20% akan digunakan sebagai data *test*.

Model CNN dibuat pada aplikasi web *Google Colab* yang menggunakan *Google Compute Backend GPU* dengan *GPU* berupa A100, RAM sebesar 12GB dan *disk storage* sebesar 45GB. *Google Colab* merupakan aplikasi web yang dapat menjalankan fail *jupyter notebook* yang dapat menjalankan bahasa pemrograman *python*.

Model CNN kemudian dibuat menggunakan library *keras* dan *tensorflow* sesuai dengan arsitektur yang diajukan dalam penelitian ini. Hasil dari model CNN pada *tensorflow* dan *keras* antara lain adalah sebagai berikut:

```
Model: "sequential"
Layer (type)                 Output Shape              Param #
-----
conv2d (Conv2D)              (None, 48, 48, 64)       640
batch_normalization (BatchNo (None, 48, 48, 64)       256
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 24, 24, 64)       0
dropout (Dropout)            (None, 24, 24, 64)       0
batch_normalization_1 (Batch (None, 24, 24, 64)       256
conv2d_1 (Conv2D)            (None, 24, 24, 128)      73856
batch_normalization_2 (Batch (None, 24, 24, 128)      512
max_pooling2d_1 (MaxPooling2 (None, 12, 12, 128)      0
dropout_1 (Dropout)          (None, 12, 12, 128)      0
batch_normalization_3 (Batch (None, 12, 12, 128)      512
conv2d_2 (Conv2D)            (None, 12, 12, 256)      295168
batch_normalization_4 (Batch (None, 12, 12, 256)      1024
max_pooling2d_2 (MaxPooling2 (None, 6, 6, 256)       0
dropout_2 (Dropout)          (None, 6, 6, 256)       0
flatten (Flatten)            (None, 9216)             0
dense (Dense)                (None, 128)              1179776
batch_normalization_5 (Batch (None, 128)              512
activation (Activation)      (None, 128)              0
dropout_3 (Dropout)          (None, 128)              0
dense_1 (Dense)              (None, 256)              33024
batch_normalization_6 (Batch (None, 256)              1024
activation_1 (Activation)    (None, 256)              0
dropout_4 (Dropout)          (None, 256)              0
dense_2 (Dense)              (None, 7)                1799
Total params: 1,588,359
Trainable params: 1,586,311
Non-trainable params: 2,048
```

Gambar 7. Hasil dari model.summary()

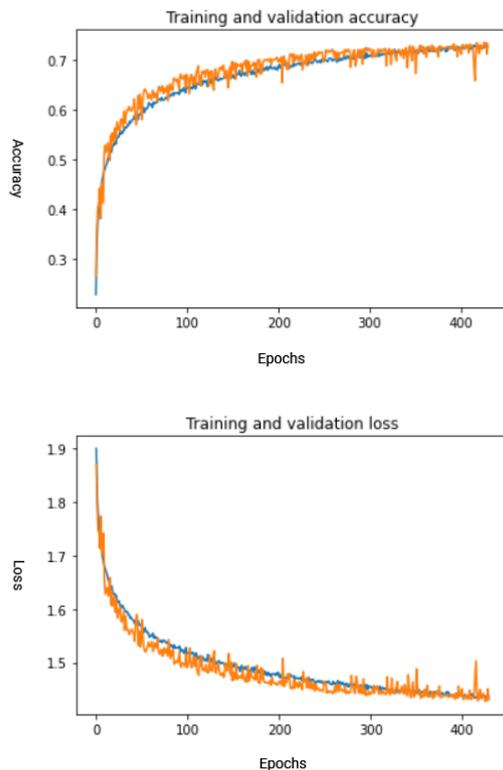
Model kemudian di-*compile* dengan *parameter* berupa *optimizer* yang menggunakan *Adam*, dan *loss* yang menggunakan fungsi *sparse categorical cross entropy*.

Model kemudian dilakukan training dengan menggunakan *hyperparameter* berupa *batch-size*

sebesar 64, *steps* dengan rumus jumlah data yang terdapat pada training dibagi dengan 128, *validation split* 0.25 serta *epoch* sebanyak 430. Model juga diberikan fungsi *callback* agar model yang tersimpan adalah model yang memiliki *validation loss* paling sedikit.

Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan *training* pada model CNN adalah selama 29 menit, dimana waktu yang dibutuhkan per *epoch* adalah selama 4 detik.

Hasil CNN yang di-*training* sebanyak 430 *epochs* memiliki akurasi sebesar 72.55% pada *training accuracy* dan akurasi sebesar 73.24% pada *validation accuracy*. Model yang disimpan melalui fungsi *callback* memiliki akurasi sebesar 73,15% pada *training accuracy* dan akurasi sebesar 73,56% pada *validation accuracy*. Hasil grafik kurva dari *accuracy* dan *loss* dari *training* dan *validation loss* dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik Kurva *Training* dan *validation accuracy* dan *loss*, validasi memiliki kurva berwarna jingga dan *training* memiliki kurva berwarna biru

Hasil dari model yang telah di *training* ketika dijalankan dengan dataset test mencapai akurasi sebesar 73.86% dengan *loss* sebesar 1.42. Hasil *confusion matrix* dari model CNN dengan dataset test dapat dilihat pada gambar 9.

Predicted Label \ True Label	0	1	2	3	4	5	6
0	9.16%	0.23%	0.69%	0.75%	1.10%	0.24%	1.99%
1	-0.14%	14.11%	0.00%	0.08%	0.00%	0.03%	0.08%
2	-1.12%	0.12%	8.03%	0.76%	1.34%	1.47%	1.68%
3	-0.39%	0.05%	0.29%	11.47%	0.71%	0.42%	1.37%
4	-0.97%	0.14%	1.11%	0.50%	8.24%	0.26%	2.72%
5	-0.26%	0.07%	0.45%	0.47%	0.28%	12.24%	0.59%
6	-0.60%	0.02%	0.35%	0.89%	1.33%	0.12%	10.62%

Gambar 9. Hasil *confusion matrix*. Sumbu X menunjukkan hasil asli dari test dan sumbu Y merupakan hasil prediksi model

Pada *confusion matrix*, label 0 - 6 mendandakan setiap ekspresi yang ada dimana label 0 merupakan ekspresi senang, label 1 merupakan ekspresi jijik, label 2 merupakan ekspresi takut, label 3 merupakan ekspresi senang, label 4 merupakan ekspresi sedih, label 5 merupakan ekspresi kaget dan label 6 merupakan ekspresi netral. Contoh hasil model CNN pada dataset test dapat dilihat pada gambar 10.



Gambar 10. Visualisasi Hasil dari test

Kemudian, pada bagian *classification*, peneliti menggunakan library *OpenCV* untuk membaca file gambar, melakukan *preprocessing*, berupa *cropping*, merubah gambar menjadi *grayscale* serta menaruh teks pada gambar.

Bagian *classification* dijalankan pada *ipython notebook* yang menjalankan *tensorflow* versi 2.4.1 serta berjalan pada perangkat keras dengan spesifikasi sebagai berikut:

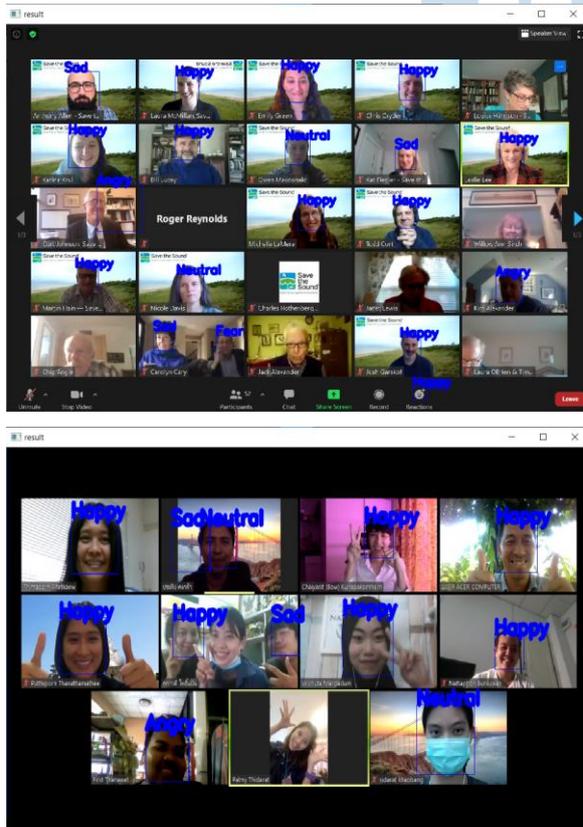
CPU : Intel i7-8750H

GPU: Nvidia GTX1050 4GB

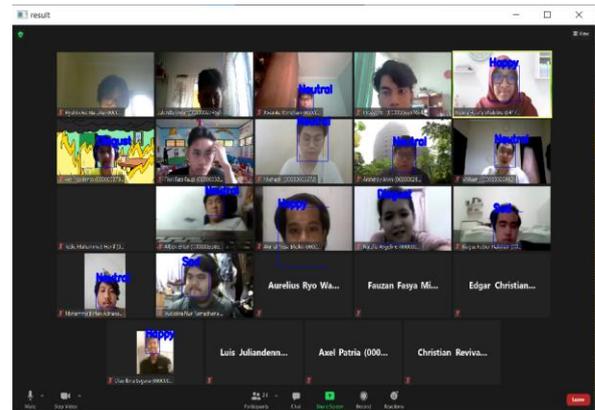
RAM: 8 GB

kemudian untuk melakukan *face recognition* digunakan fungsi *cv2.CascadeClassifier* dan *cv2.detectMultiScale*. *Cascade classifier* yang digunakan didapatkan dari *Github OpenCV* dengan nama *'haarcascade\_frontalface\_default.xml'*. Model CNN dimasukan dengan cara menggunakan fungsi *keras.model.load\_model* dengan parameter model yang telah di *training* sebelumnya. kemudian untuk melakukan pengenalan ekspresi maka digunakan fungsi *model.predict* yang menerima hasil gambar 48x48 wajah dari gambar yang tadi telah dimasukan.

Hasil dari pengenalan ekspresi muka manusia dapat dilihat pada gambar dengan menggunakan data screenshot dari *virtual meeting environment* yang berupa *zoom meeting* yang diambil dari internet serta hasil yang *zoom meeting* yang didapatkan dari dokumentasi pribadi peneliti.



Gambar 11. Pengenalan ekspresi wajah manusia pada *virtual meeting environment* yang diambil dari internet [23][24]



Gambar 12. Pengenalan ekspresi wajah manusia pada *zoom meeting*

## V. ANALISIS

Berdasarkan dari hasil yang didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa model berhasil untuk melakukan klasifikasi ekspresi wajah manusia. Hal ini didukung dengan akurasi sebesar 73%. Grafik kurva dari *training* dan *validation* juga menunjukkan bahwa model CNN yang terdapat pada penelitian tidak terjadi *overfitting*.

*Epoch* sebesar 430 dipilih karena jika *epoch* melebihi 450 maka akan terjadi *overfitting* dan kemudian jika *epoch* lebih kecil dari 430, maka akurasi yang didapatkan akan menjadi tidak akurat. *Batch size* sebesar 64 digunakan sebagai *batch size* yang cukup untuk *training* dengan GPU dan agar tidak terjadi *convergence* yang lebih cepat sehingga menghindari terjadinya *overfitting*. *Epoch* 430 juga dipilih karena dengan menambah *epoch*, maka *training time* yang dibutuhkan juga akan menjadi lebih lama.

Pada *confusion matrix* model dapat dilihat bahwa 3 nilai *error* terbesar terdapat value *neutral* dengan *sad*, *neutral* dengan *happy* dan *neutral* dengan *fear*. Hal ini dapat terjadi karena dataset FER2013 memiliki gambar yang cukup mirip antara ekspresi *sad*, *neutral* dan *happy*. Sehingga ketika melakukan klasifikasi maka akan terjadi kesalahan dalam pengenalan ekspresi tersebut.

Pada percobaan dengan gambar *screenshot*, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa wajah yang tidak terdeteksi. Hal tersebut dapat terjadi karena algoritma *haar-cascade* tidak dapat mendeteksi ketika pencahayaan kurang, serta ketika wajah orang tidak berupa wajah *front-frontal*.

Pada *virtual meeting environment* juga terdapat kelemahan, seperti tipe kamera yang berbeda-beda setiap orang sehingga resolusi dan pencahayaan yang dihasilkan juga cukup buruk untuk algoritma *haar-cascade* untuk melakukan *face-recognition*. Kecepatan Internet juga berpengaruh terhadap resolusi gambar dari wajah manusia yang mengikuti *virtual meeting*

sehingga menyebabkan dapat terjadinya kesalahan pada saat pengenalan ekspresi dilakukan.

## VI. SIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa penelitian berhasil dilakukan. Model CNN yang di training mencapai akurasi sebesar 73.56%. Selain itu, sistem juga berhasil untuk melakukan pengenalan berbagai ekspresi wajah partisipan terhadap *input* gambar yang berupa gambar *screenshot* dari *virtual meeting zoom*.

Salah satu kelebihan dari penelitian ini adalah sistem kami dapat melakukan pengenalan ekspresi wajah partisipan dalam *virtual meeting* pada hampir semua wajah partisipan yang menyalakan kamera pada saat *screenshot* diambil, Berbeda dengan studi-studi sebelumnya, yang hanya dapat melakukan pengenalan ekspresi wajah hanya pada satu wajah. Selain itu, pada model yang kami *training*, juga dapat membedakan setiap ekspresi wajah dengan baik, dimana *error* yang terjadi adalah paling besar pada *confusion matrix* adalah sebesar 2.72% yang terjadi pada label netral dengan sad. Model CNN yang kami gunakan juga menggunakan 1.5 juta parameter, sehingga waktu *training* yang dibutuhkan menjadi lebih singkat yaitu 29 menit, daripada waktu *training* yang dibutuhkan oleh studi-studi lainnya yang menggunakan parameter yang melebihi dari 1.5 juta parameter.

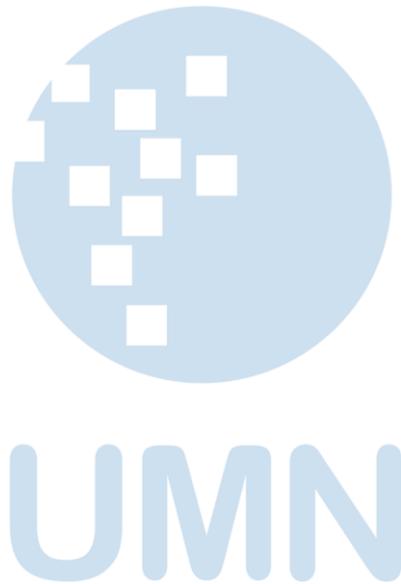
Salah satu limitasi yang dari penelitian ini adalah model tidak dapat selalu memprediksi setiap peserta yang terdapat di dalam *Virtual Meeting*, hal tersebut dapat terjadi karena wajah dari peserta tidak memiliki pencahayaan yang cukup. Selain itu, kelemahan berikutnya adalah sistem yang peneliti rancang belum dapat melakukan klasifikasi secara *real-time*.

Diharapkan melalui pendeteksian wajah ini, pendeteksi wajah ini dapat digunakan untuk mengetahui kepuasan seseorang dalam berkomunikasi, membantu menentukan karakteristik seseorang, dan mendapatkan masukan nonverbal dari lawan komunikasi yang kita ajak bicara.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat direalisasikan agar dapat digunakan umpan balik dalam sistem pembelajaran atau pembelajaran online untuk mengetahui tingkat kepuasan dan konsentrasi mahasiswa atau mahasiswa dalam perkuliahan atau ruang kelas online, sebagai sistem umpan balik ketika melakukan tes pasar sistematis dan untuk membantu menemukan masalah psikologis seseorang. Selain itu, peneliti juga berharap, agar sistem di kemudian hari dapat melakukan klasifikasi secara *realtime* pada *virtual meeting enviroment*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] U. F. R. Rahmawaty and E. M. Lokollo, "WORK FROM HOME," ISED, 2020.
- [2] J. A. Devito, in *Interpersonal communication book*, global edition, Pearson Education Limited, 2015, p. 139.
- [3] J. J. Pao, "Emotion Detection through Facial Feature Recognition," p. 6, 2018
- [4] D. Y. Liliana, "Emotion recognition from facial expression using deep convolutional neural network," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1193, p. 012004, 2019.
- [5] D. Soydaner, "A Comparison of Optimization Algorithms for Deep Learning," *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, vol. 34, no. 13, p. 2052013, 2020.
- [6] L. Cuimei, Q. Zhiliang, J. Nan, and W. Jianhua, "Human face detection algorithm via Haar cascade classifier combined with three additional classifiers," *2017 13th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI)*, 2017.
- [7] I. Lasri, A. R. Solh, and M. E. Belkacemi, "Facial Emotion Recognition of Students using Convolutional Neural Network," *2019 Third International Conference on Intelligent Computing in Data Sciences (ICDS)*, 2019.
- [8] T. Connie, M. Al-Shabi, W. P. Cheah, and M. Goh, "Facial Expression Recognition Using a Hybrid CNN-SIFT Aggregator," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 139–149, 2017.
- [9] D. Yang, A. Alsadoon, P. W. C. Prasad, A. K. Singh, and A. Elchouemi, "An Emotion Recognition Model Based on Facial Recognition in Virtual Learning Environment," *Procedia Computer Science*, vol. 125, no. 2009, pp. 2–10, 2018, doi:10.1016/j.procs.2017.12.003.
- [10] S. Miao, H. Xu, Z. Han, and Y. Zhu, "Recognizing Facial Expressions Using a Shallow Convolutional Neural Network," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 78000–78011, 2019.
- [11] Y. Gan, "Facial Expression Recognition Using Convolutional Neural Network," *Proceedings of the 2nd International Conference on Vision, Image and Signal Processing*, 2018.
- [12] G. P. Kusuma, J. Jonathan, and A. P. Lim, "Emotion Recognition on FER-2013 Face Images Using Fine-Tuned VGG-16," *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, vol. 5, no. 6, pp. 315–322, 2020.
- [13] "Convolutional Neural Networks cheatsheet," CS 230 - Convolutional Neural Networks Cheatsheet. [Online]. Tersedia: <https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-230/cheatsheet-convolutional-neural-networks>. [Diakses: 16-Mei-2021].
- [14] S. Amidi and A. Amidi, *architecture-cnn-en.jpeg*. Stanford University.
- [15] IBM Cloud Education, "What are Convolutional Neural Networks?," IBM. [Online]. Tersedia: <https://www.ibm.com/cloud/learn/convolutional-neural-networks>. [Diakses: 16-Mei-2021].
- [16] IBM Cloud Education, *Feature Hierarchy.jpg*.
- [17] J. Brownlee, "A Gentle Introduction to Batch Normalization for Deep Neural Networks," *Machine Learning Mastery*, 03-Dec-2019. [Online]. Tersedia: <https://machinelearningmastery.com/batch-normalization-for-training-of-deep-neural-networks/>. [Diakses: 18-Mei-2021].
- [18] J. Brownlee, "A Gentle Introduction to Dropout for Regularizing Deep Neural Networks," *Machine Learning Mastery*, 06-Aug-2019. [Online]. Tersedia: <https://machinelearningmastery.com/dropout-for-regularizing-deep-neural-networks/>. [Diakses: 18-Mei-2021].
- [19] "Challenges in Representation Learning: Facial Expression Recognition Challenge," Kaggle. [Online]. Tersedia: <https://www.kaggle.com/c/challenges-in-representation-learning-facial-expression-recognition-challenge/data?select=fer2013.tar.gz>. [Diakses: 10-Mei-2021].
- [20] TensorFlow. [Online]. Tersedia: <https://www.tensorflow.org/>. [Diakses: 18-May-2021].
- [21] K. Team, "Simple. Flexible. Powerful.," Keras. [Online]. Tersedia: <https://keras.io/>. [Diakses: 18-May-2021].
- [22] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. CVPR 2001.
- [23] Save The Sound, *image.jpg*. Save The Sound.



# Sistem Pemantauan Dapur Menggunakan Teknologi Hybrid WiFi - *Visible Light Communication*

Denny Darlis<sup>1</sup>, Aris Hartaman<sup>2</sup>, Afifah Shafira<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>D3 Teknologi Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia  
dennydarlis@telkomuniversity.ac.id

Diterima 14 Juni 2021

Disetujui 25 Juni 2021

**Abstract**— Visible Light Communication (VLC) is a technology that allows the sending of data information through visible light that will be received as a piece of information. In its implementation, a sensor can send information data using VLC in this technological era. One model of data transmission that is widely used in life is to use radio frequency or better known as wireless. In this research, a transmitter and receiver of data is realized through the transmission of light, this device consists of a lamp as an electrical converter to light, a photodiode as a converter of light to electric, and receiving data. Through the realization of this tool we can know that the transmission of data through light can occur can be used to transmit data. Data transmitted in this study is the result of three sensor data namely temperature sensors, gas sensors, and fire detection sensors on the transmitter and on the receiver used firebase to monitor data. From the test results produce parameter values such as distance with a maximum distance of the data is accepted either 45cm, 50cm of data is damaged and 55cm of data is not accepted, the variations in angles and distances show that at a distance of 10cm it can receive data well from an angle of 0° to an angle of 35°, a distance of 35cm and 40 cm at an angle of 10° the received data is damaged and at a distance of 45cm and 50cm at a 5° angle cannot receive data and as well as the sending speed parameters obtained at a baudrate of 2400 bps, 4800 bps and 9600 bps the data sent can be received well.

**Index Terms**— Kitchen; Gas Sensors; Visible Light Communication; Wi-Fi

## I. PENDAHULUAN

Saat ini kebakaran rumah menjadi suatu ancaman bagi keselamatan manusia, harta benda yang berakibat fatal. Kebakaran secara umum dipahami sebagai kejadian yang disebabkan oleh segitiga api, yakni terdapatnya bahan bakar, oksigen dan api itu sendiri. Salah satu penyebab dari kebakaran di rumah berasal dari dapur rumah tangga yang menggunakan gas elpiji sebagai bahan bakar utama untuk memasak dan pemanas air [1][2]. Kesalahan yang sering terjadi adalah kebocoran gas elpiji yang meluas dengan sangat cepat sehingga sulit untuk ditanggulangi. Hal ini dapat memicu terjadi kebakaran bahkan sebelum sempat disadari oleh pemilik rumah. Kadang

masyarakat baru menyadari jika sedang terjadi kebakaran pada saat api mulai meluas dan menyebar

Perkembangan telekomunikasi saat ini telah berkembang pesat Teknologi pengiriman data melalui cahaya tampak menjadi salah satu solusi untuk komunikasi tanpa kabel (*wireless*) saat ini. *Visible Light Communication* adalah sistem komunikasi yang menggunakan spektrum cahaya tampak tak terpandu sebagai media transmisinya [6][7]. Teknologi ini masih belum banyak diterapkan saat ini. Sistem pemantauan dapur merupakan penerapan sistem sensor yang diletakkan di area dapur dan dapat terhubung ke perangkat komunikasi sehingga dapat digunakan untuk memantau kondisi tertentu yang terjadi di dapur. Adapun teknologi *Hybrid VLC* adalah penggabungan dua sistem teknologi antara teknologi *Visible Light Communication* dengan teknologi RF yang bersinergi dalam pengiriman data dua arah.

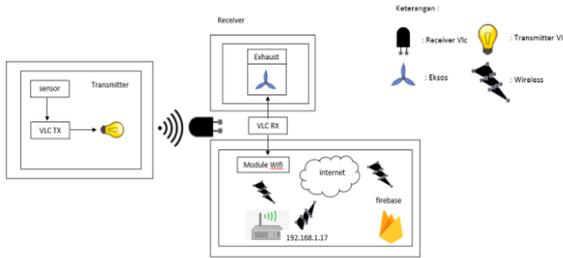
Terdapat beberapa penelitian yang telah membahas tentang *Visible Light Communication* sebagai referensi, diantaranya adalah penelitian Pratama Luthfi K yang membahas tentang sensor – sensor yang terintegrasi dengan perangkat didalam rumah menggunakan sistem Hybrid berbasis *Visible Light Communication* dan modul NRF24L01 [3] dalam pemantauan kondisi rumah secara umum[4]. Penelitian Muhammad Hidayat Abibi yaitu sistem alat pemancar dan penerima audio melalui cahaya tampak yang diterapkan untuk pengiriman audio [5]. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut dan Sebagai salah satu upaya untuk mengurangi permasalahan kebakaran di area dapur, maka pada penelitian ini dilakukan perancangan dan implementasi sistem pemantauan dapur menggunakan teknologi hybrid *Visible Light Communication* dan WiFi.

## II. DASAR TEORI

### A. Blok diagram Sistem

Seperti yang telah dijelaskan pada gambar 1 sistem ini terdiri dari beberapa komponen yang disatukan atau dihubungkan satu sama lain menjadi perangkat pengirim (Tx) dan penerima (Rx). Pada gambar 1 dijelaskan tentang *input* dan *output* data yang terjadi

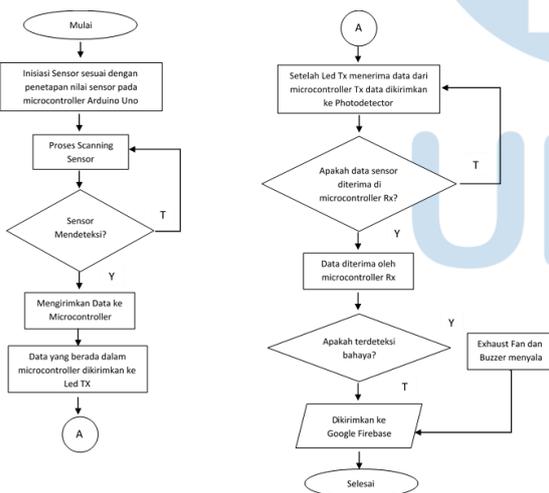
didalam sistem. *Input* data berupa terdeteksinya api, gas dan peningkatan suhu di area dapur oleh sensor-sensor yang kemudian dikirimkan oleh sistem pengirim melalui lampu penerangan di area lainnya ke sistem penerima cahaya untuk berikutnya dikirim ke database melalui WiFi dan ditampilkan dalam bentuk notifikasi dalam suatu aplikasi. Kemudian jika ada nilai sensor yang berada di luar ambang batas, maka akan dikirimkan perintah untuk menyalakan aktuator berupa *exhaust fan* untuk menyedot keluar udara atau asap yang mungkin muncul di area dapur hingga temperturnya turun.



Gambar 1. Blok diagram sistem

B. Diagram Alir sistem

Tahapan perancangan sistem pengiriman data sensor ini dilakukan dengan menggunakan mikrokontroler sebagai modulator *On-Off Keying*. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan dalam perancangan sistem ini seperti diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir sistem

- 1) Inisiasi sensor dan mikrokontroler adalah suatu proses ketika pertama kali alat dinyalakan dan komponen-komponen tersebut bekerja dengan ketentuan nilai untuk sensor MQ-5 mendeteksi kandungan gas > 1500 ppm, sensor suhu mendeteksi > 35 °C dan sensor api tidak mendeteksi adanya api.

- 2) Proses scanning sensor adalah ketika sensor mulai mendeteksi atau memantau suatu keadaan di area dapur. Sensor tersebut diantaranya adalah sensor suhu untuk mengetahui keadaan suhu didapur, sensor Gas untuk mengetahui ada atau tidaknya kemungkinan kebocoran gas, sensor deteksi api untuk mengetahui kemungkinan untuk adanya api.
- 3) Ketika sensor berhasil mendeteksi keadaan di ruangan maka data hasil pembacaan sensornya akan dikirimkan ke lampu penerangan melalui port Serial mikrokontroler dalam durasi waktu tertentu. Sedangkan ketika sensor tidak berhasil mendeteksi maka sensor akan terus melakukan proses scanning dengan tetap mempertahankan lampu penerangan tetap menyala.
- 4) Data yang dikirimkan melalui lampu penerangan kemudian diterima oleh perangkat penerima dimulai dari sensor cahaya-ke-tegangan TSL250R yang akan mengubah cahaya menjadi tegangan dalam representasi data biner dengan format serial UART. Berikutnya data dikirimkan melalui jaringan Wifi menggunakan modul esp8266 Wemos D1 mini ke database dan dideteksi apakah adanya bahaya dan jika ada bahaya *exhaust* dan *buzzer* menyala dan akan ditampilkan melalui Google Firebase.

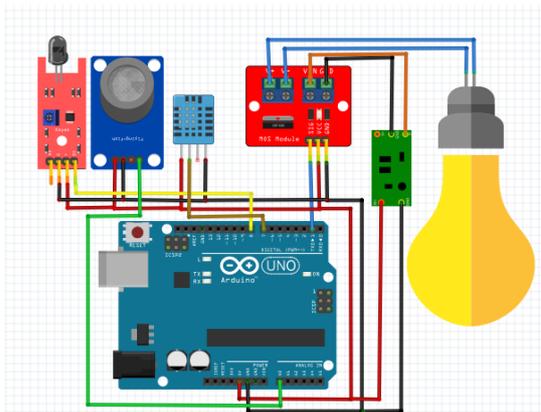
III. DESAIN DAN IMPLEMENTASI

A. Skenario Implementasi

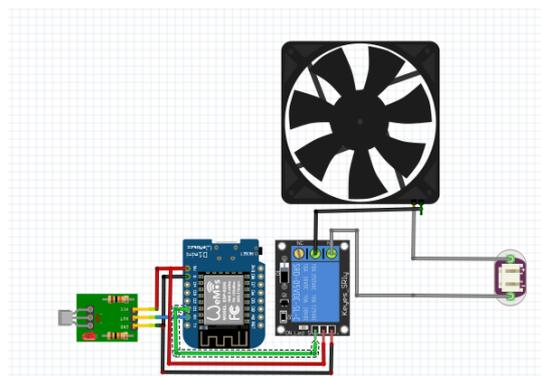
Pada model penerapan perangkat, digambarkan dengan implementasi sesuai rencana yang diharapkan untuk sistem yang akan dibuat agar tercapai penggunaan sistem yang telah dirancang apabila akan diterapkan pada suatu ruangan dengan perangkat yang menggunakan sistem tersebut seperti pada Gambar 3.



Gambar 3 Model Penerapan Sistem



Gambar 4 Diagram pengkabelan sistem pengirim VLC



Gambar 5 Diagram pengkabelan sistem penerima Hybrid Wifi-VLC

Gambar 4 dan 5 menampilkan diagram pengkabelan komponen yang digunakan di sistem pengirim dan penerima Hybrid Wifi-VLC untuk sistem pemantauan dapur. Pada sistem pengirim, sensor gas MQ-6, sensor api, dan sensor suhu dht11 dihubungkan dengan mikrokontroler pada papan pengembangan Arduino Uno untuk pembacaan kondisi di area dapur. Kemudian nilainya akan dikirimkan dalam format serial UART ke modul MOSFET IRF520 untuk memodulasi intensitas cahaya lampu penerangan LED 20W. Di sisi penerima seperti ditunjukkan pada gambar 5, cahaya yang diterima akan diubah menjadi pulsa listrik dalam format serial UART untuk diterjemahkan menjadi data pembacaan sensor dan dikirimkan ke database Google Firebase melalui modul wifi Wemos D1 mini. Pada modul yang terintegrasi dengan mikrokontroler esp8266 ini, nilai yang melebihi batas ambang yang ditentukan akan memberikan notifikasi apabila terjadi peningkatan suhu, terdeteksinya api dan terdeteksinya kadar gas di udara yang berlebihan di area dapur. Selanjutnya batas ambang ini juga digunakan sebagai pemicu untuk mengaktifkan *exhaust fan* yang akan menghisap udara di area dapur ke luar. Semua notifikasi dan aktivitas *exhaust fan* tersebut akan terpantau di database sehingga perintah pengendalian dapat ditentukan secara otomatis.

### B. Skema Pengujian Alat

Pengujian ini bertujuan untuk pengambilan data dan menganalisa data tersebut pada sistem yang telah dirancang dan digunakan. Penelitian ini berlandaskan pada beberapa parameter pengiriman data menggunakan sistem VLC berdasarkan jarak, sudut dan *baudrate*.

Pengukuran data nilai sensor menggunakan mikrokontroler untuk melihat kecepatan transfer data sensor yang terdiri dari sensor gas, sensor api dan sensor suhu pada port serial menggunakan osiloskop. Pada pengukuran ini dilakukan percobaan pengiriman data pada *baudrate* UART 9600bps, dan 230400bps.

Hasil dari percobaan tersebut didapatkan bahwa dengan kecepatan yang telah disebutkan diatas bahwa nilai ketiga sensor masih dapat diterima pada *baudrate* 230400 seperti ditunjukkan pada gambar 6.

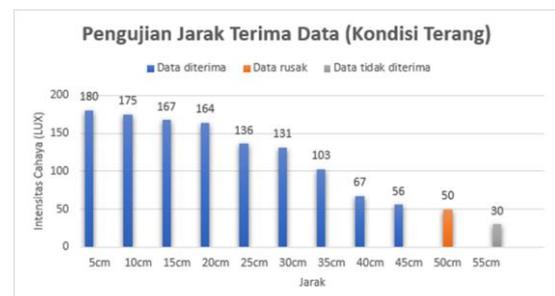


Gambar 6 Hasil Pengukuran Data Nilai Sensor pada Transmitter Menggunakan Osiloskop pada pengukuran Baudrate 9600bps dan 230400bps

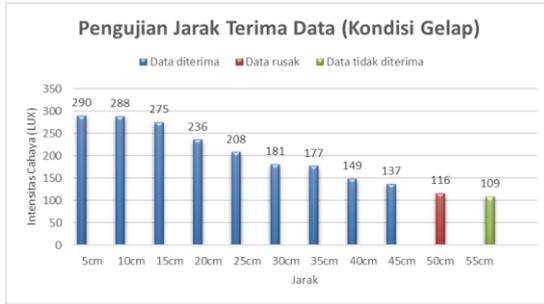
### C. Pengujian Jarak Terima Data Pada Receiver

skema pengujian jarak data yang diterima oleh receiver menggunakan sensor tegangan-ke-cahaya TSL250R. Pengukuran intensitas cahaya dalam kondisi terang diukur menggunakan Aplikasi Lux Meter. Hasil pengujian jarak yang diterima pada saat kondisi terang dapat di lihat pada grafik di gambar 7 dan 8.

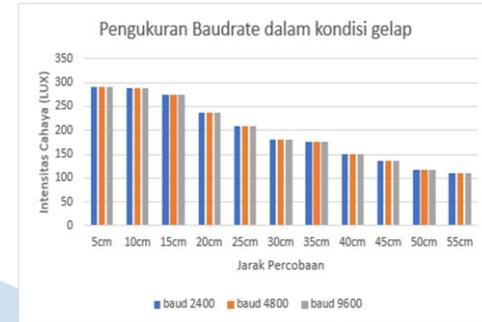
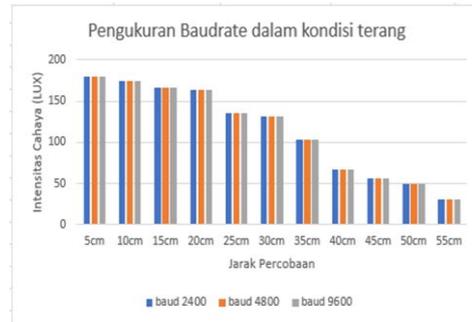
Pada pengujian ini dilakukan 11 kali perulangan uji coba dengan variasi jarak yaitu pada 5cm – 55cm. Hasil uji coba yakni pada jarak 5cm – 45 cm pengiriman diterima dengan baik. Pada jarak 50 cm data yang diterima rusak atau tidak sempurna. Pada jarak 55 cm data tidak dapat diterima.



Gambar 7 Hasil Pengujian jarak terima data dalam kondisi terang

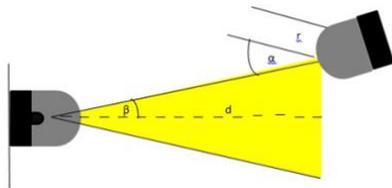


Gambar 8 Hasil Pengujian jarak terima data dalam kondisi gelap



Gambar 10 Grafik pengujian baudrate kondisi terang dan gelap

D. Pengujian Jarak Terima Data Berdasarkan Sudut



Gambar 9 Ilustrasi Pengujian Jarak Terima Berdasarkan Sudut

Gambar 9 merupakan letak posisi pengirim dan penerima dengan variabel  $d$  adalah jarak antara transmitter dan receiver, variabel  $\alpha$  dan  $\beta$  adalah sudut penerima dan pengirim, dalam mengetahui besarnya sudut digunakan busur sudut untuk mempermudah dalam pengujian yang diletakkan dilantai. Transmitter akan bergeser setiap  $5^\circ$  dari posisi sebelumnya hingga pada sudut maksimal  $45^\circ$  dan jarak antar pengirim dan penerima juga diperlebar hingga pada jarak 30cm seperti pada gambar 9 pengujian dilakukan untuk mengetahui maksimal sudut penerima receiver dapat menerima data yang sesuai dengan data yang dikirim oleh transmitter. Pengujian dilakukan pada ruangan dengan intensitas pencahayaan lampu 2 lux saat kondisi gelap dan 12 lux pada saat kondisi terang.

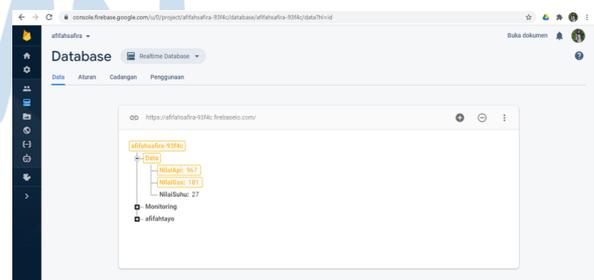
Pada pengujian sudut ini telah dilakukan pengukuran sebanyak 3 kali dengan rentang variasi jarak 10cm, 20cm dan 30cm untuk mengetahui pada sudut berapa data dapat diterima dengan baik oleh photodetector dan batas maksimal sudut yang masih dapat diterima, dan berikut ini adalah hasil pengukuran pengiriman data berdasarkan jarak 10cm hingga 30cm dengan variasi sudut  $5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ$  dan  $45^\circ$ .

E. Pengujian Jarak Terima Data Berdasarkan Sudut

Pengujian berdasarkan baudrate didapatkan bahwa pada baudrate 2400bps, 4800bps dan 9600bps, data berhasil dikirim dengan baik sampai dengan jarak maksimal pengukuran sejauh 55cm seperti yang ditunjukkan pada gambar 10. Data yang berhasil diterima yang ditunjukkan menggunakan aplikasi serial monitor di penerima.

F. Pengiriman data ke Google Firebase

Pengujian pengiriman data menggunakan modul wifi esp8266 ke database Google Firebase ditunjukkan pada gambar 11. Data yang berhasil diterima ditunjukkan menggunakan aplikasi berbasis web. Dari keseluruhan pengujian, data berhasil dikirimkan ke database dalam durasi pengiriman setiap 10 detik pada kondisi link VLC Line-of-Sight.



Gambar 11 Contoh hasil monitoring pada Firebase

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, data yang diterima menggunakan sensor tegangan-ke-cahaya TSL250R, jarak maksimum penerimaan data adalah 45 cm dengan presentase keberhasilan 100% sedangkan pada jarak 50cm data yang diterima rusak. Pada jarak 55 cm data sudah tidak diterima dengan baik. Dari Hasil pengujian berdasarkan sudut dan jarak menunjukkan bahwa pada jarak 10 cm data dapat diterima dengan baik dari sudut 0° sampai sudut 35°. Sedangkan pada jarak 20cm data dapat diterima dengan baik pada sudut 5° dan 10° serta pada jarak 30cm data dapat diterima pada sudut 5°. Dari hasil pengujian pengiriman data dengan berdasarkan *baudrate* didapatkan bahwa pada kecepatan pengiriman 2400bps, 4800bps, dan 9600bps data terkirim dengan baik.

Dengan sistem hybrid Wifi-VLC untuk sistem pemantauan dapur ini dapat ditunjukkan bahwa pengguna diberikan kemudahan untuk memantau kondisi dapur nya terkait keamanan terhadap bahaya kebakaran.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Program Studi D3 Teknologi

Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, Bandung atas dukungannya pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dana, M. M., 2018. Rancang Bangun Sistem Deteksi Titik Kebakaran Dengan Metode Naive Bayes Menggunakan Sensor Suhu Dan Sensor Api Berbasis Arduino. Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer, Volume Vol. 2, No. 9, Pp. 3384-3390.
- [2] Sasmoko, Dani; Mahendra, Arie(2017),Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IOT dan Sms Gateway Menggunakan Arduino, Jurnal SIMETRIS, vol.8, No. 2,November 2017,Hal 469-476.
- [3] U. J. Shobrina, R. Primananda, and R. Maulana, "Analisis Kinerja Pengiriman Data Modul Transceiver NRF2401 , Xbee dan Wifi ESP8266 Pada Wireless Sensor Network," vol. 2, no. 4, pp. 1510–1517, 2018.
- [4] Luthfi Pratama.K (2018) " Perancangan Dan Implementasi Sistem Pengiriman Data Sensor Pada Smart Home Menggunakan Teknologi Hybrid Visible Light Communication Dan Modul NRF24L01"
- [5] M. (2014) Hidayat, "IMPLEMENTASI SISTEM MUSIK KAFE MENGGUNAKAN VISIBLE LIGHT COMMUNICATION (VLC)," no. Vlc, pp. 2–5
- [6] D. H. Trianggoro,"Perancangan Dan Implementasi Visible Light Communication Untuk Mengirim Teks," Telkom University, Bandung, 2014.
- [7] D. Yulian, D. Darlis, S. Aulia, F. I. Terapan, and U. Telkom, "Perancangan Dan Implementasi Perangkat Visible Light Communication Sebagai Transceiver," no. July 2016, pp. 196–206, 2015



# AUTHOR GUIDELINES

## 1. Manuscript criteria

- The article has never been published or in the submission process on other publications.
- Submitted articles could be original research articles or technical notes.
- The similarity score from plagiarism checker software such as Turnitin is 20% maximum.
- For December 2021 publication onwards, *Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer* will be receiving and publishing manuscripts written in English only.

## 2. Manuscript format

- Article been type in Microsoft Word version 2007 or later.
- Article been typed with 1 line spacing on an A4 paper size (21 cm x 29,7 cm), top-left margin are 3 cm and bottom-right margin are 2 cm, and Times New Roman's font type.
- Article should be prepared according to the following author guidelines in this [template](#). Article contain of minimum 3500 words.
- References contain of minimum 15 references (primary references) from reputable journals/conferences

## 3. Organization of submitted article

The organization of the submitted article consists of Title, Abstract, Index Terms, Introduction, Method, Result and Discussion, Conclusion, Appendix (if any), Acknowledgment (if any), and References.

- Title  
The maximum words count on the title is 12 words (including the subtitle if available)
- Abstract  
Abstract consists of 150-250 words. The abstract should contain logical argumentation of the research taken, problem-solving methodology, research results, and a brief conclusion.
- Index terms  
A list in alphabetical order in between 4 to 6 words or short phrases separated by a semicolon (;), excluding words used in the title and chosen carefully to reflect the precise content of the paper.
- Introduction  
Introduction commonly contains the background, purpose of the research,

problem identification, research methodology, and state of the art conducted by the authors which describe implicitly.

- Method  
Include sufficient details for the work to be repeated. Where specific equipment and materials are named, the manufacturer's details (name, city and country) should be given so that readers can trace specifications by contacting the manufacturer. Where commercially available software has been used, details of the supplier should be given in brackets or the reference given in full in the reference list.
- Results and Discussion  
State the results of experimental or modeling work, drawing attention to important details in tables and figures, and discuss them intensively by comparing and/or citing other references.
- Conclusion  
Explicitly describes the research's results been taken. Future works or suggestion could be explained after it
- Appendix and acknowledgment, if available, could be placed after Conclusion.
- All citations in the article should be written on References consecutively based on its' appearance order in the article using Mendeley (recommendation). The typing format will be in the same format as the IEEE journals and transaction format.

## 4. Reviewing of Manuscripts

Every submitted paper is independently and blindly reviewed by at least two peer-reviewers. The decision for publication, amendment, or rejection is based upon their reports/recommendations. If two or more reviewers consider a manuscript unsuitable for publication in this journal, a statement explaining the basis for the decision will be sent to the authors within six months of the submission date.

## 5. Revision of Manuscripts

Manuscripts sent back to the authors for revision should be returned to the editor without delay (maximum of two weeks). Revised manuscripts can be sent to the editorial office through the same online system. Revised manuscripts returned later than one month will be considered as new submissions.

## 6. Editing References

- **Periodicals**  
J.K. Author, "Name of paper," Abbrev. Title of Periodical, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Sept. 2013.
- **Book**  
J.K. Author, "Title of chapter in the book," in Title of His Published Book, xth ed. City of Publisher, Country or Nation: Abbrev. Of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp xxx-xxx.
- **Report**  
J.K. Author, "Title of report," Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Rep. xxx, year.
- **Handbook**  
Name of Manual/ Handbook, x ed., Abbrev. Name of Co., City of Co., Abbrev. State, year, pp. xxx-xxx.
- **Published Conference Proceedings**  
J.K. Author, "Title of paper," in Unabbreviated Name of Conf., City of Conf., Abbrev. State (if given), year, pp. xxx-xxx.
- **Papers Presented at Conferences**  
J.K. Author, "Title of paper," presented at the Unabbrev. Name of Conf., City of Conf., Abbrev. State, year.
- **Patents**  
J.K. Author, "Title of patent," US. Patent xxxxxxxx, Abbrev. 01 January 2014.
- **Theses and Dissertations**  
J.K. Author, "Title of thesis," M.Sc. thesis, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year. J.K. Author, "Title of dissertation," Ph.D. dissertation, Abbrev. Dept., Abbrev. Univ., City of Univ., Abbrev. State, year.
- **Unpublished**  
J.K. Author, "Title of paper," unpublished.  
J.K. Author, "Title of paper," Abbrev. Title of Journal, in press.
- **On-line Sources**  
J.K. Author. (year, month day). Title (edition) [Type of medium]. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) J.K. Author. (year, month). Title. Journal [Type of medium]. volume(issue), pp. if given. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL)) Note: type of medium could be online media, CD-ROM, USB, etc.

## 7. Editorial Adress

Jl. Scientia Boulevard, Gading Serpong  
Tangerang, Banten, 15811  
Email: [ultimacomputing@umn.ac.id](mailto:ultimacomputing@umn.ac.id)

# Paper Title

Subtitle (if needed)

Author 1 Name<sup>1</sup>, Author 2 Name<sup>2</sup>, Author 3 Name<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Line 1 (of affiliation): dept. name of organization, organization name, City, Country  
Line 2: e-mail address if desired

<sup>2</sup>Line 1 (of affiliation): dept. name of organization, organization name, City, Country  
Line 2: e-mail address if desired

Accepted on mmmmm dd, yyyy

Approved on mmmmm dd, yyyy

**Abstract**—This electronic document is a “live” template which you can use on preparing your Ultima Computing paper. Use this document as a template if you are using Microsoft Word 2007 or later. Otherwise, use this document as an instruction set. Do not use symbol, special characters, or Math in Paper Title and Abstract. Do not cite references in the abstract.

**Index Terms**—enter key words or phrases in alphabetical order, separated by semicolon (;)

## I. INTRODUCTION

This template, modified in MS Word 2007 and saved as a Word 97-2003 document, provides authors with most of the formatting specifications needed for preparing electronic versions of their papers. Margins, column widths, line spacing, and type styles are built-in here. The authors must make sure that their paper has fulfilled all the formatting stated here.

Introduction commonly contains the background, purpose of the research, problem identification, and research methodology conducted by the authors which been describe implicitly. Except for Introduction and Conclusion, other chapter’s title must be explicitly represent the content of the chapter.

## II. EASE OF USE

### A. *Selecting a Template*

First, confirm that you have the correct template for your paper size. This template is for Ultima Computing. It has been tailored for output on the A4 paper size.

### B. *Maintaining the Integrity of the Specifications*

The template is used to format your paper and style the text. All margins, column widths, line spaces, and text fonts are prescribed; please do not alter them.

## III. PREPARE YOUR PAPER BEFORE STYLING

Before you begin to format your paper, first write and save the content as a separate text file. Keep your text and graphic files separate until after the text has been formatted and styled. Do not add any kind of

pagination anywhere in the paper. Please take note of the following items when proofreading spelling and grammar.

### A. *Abbreviations and Acronyms*

Define abbreviations and acronyms the first time they are used in the text, even after they have been defined in the abstract. Abbreviations such as IEEE, SI, MKS, CGS, sc, dc, and rms do not have to be defined. Abbreviations that incorporate periods should not have spaces: write “C.N.R.S.,” not “C. N. R. S.” Do not use abbreviations in the title or heads unless they are unavoidable.

### B. *Units*

- Use either SI (MKS) or CGS as primary units (SI units are encouraged).
- Do not mix complete spellings and abbreviations of units: “Wb/m<sup>2</sup>” or “webers per square meter,” not “webers/m<sup>2</sup>.” Spell units when they appear in text: “...a few henries,” not “...a few H.”
- Use a zero before decimal points: “0.25,” not “.25.”

### C. *Equations*

The equations are an exception to the prescribed specifications of this template. You will need to determine whether or not your equation should be typed using either the Times New Roman or the Symbol font (please no other font). To create multileveled equations, it may be necessary to treat the equation as a graphic and insert it into the text after your paper is styled.

Number the equations consecutively. Equation numbers, within parentheses, are to position flush right, as in (1), using a right tab stop.

$$\int_0^{r_2} F(r, \phi) dr d\phi = [\sigma r_2 / (2\mu_0)] \quad (1)$$

Note that the equation is centered using a center tab stop. Be sure that the symbols in your equation have been defined before or immediately following the

equation. Use “(1),” not “Eq. (1)” or “equation (1),” except at the beginning of a sentence: “Equation (1) is ...”

#### D. Some Common Mistakes

- The word “data” is plural, not singular.
- The subscript for the permeability of vacuum  $\mu_0$ , and other common scientific constants, is zero with subscript formatting, not a lowercase letter “o.”
- In American English, commas, semi-/colons, periods, question and exclamation marks are located within quotation marks only when a complete thought or name is cited, such as a title or full quotation. When quotation marks are used, instead of a bold or italic typeface, to highlight a word or phrase, punctuation should appear outside of the quotation marks. A parenthetical phrase or statement at the end of a sentence is punctuated outside of the closing parenthesis (like this). (A parenthetical sentence is punctuated within the parentheses.)
- A graph within a graph is an “inset,” not an “insert.” The word alternatively is preferred to the word “alternately” (unless you really mean something that alternates).
- Do not use the word “essentially” to mean “approximately” or “effectively.”
- In your paper title, if the words “that uses” can accurately replace the word using, capitalize the “u”; if not, keep using lower-cased.
- Be aware of the different meanings of the homophones “affect” and “effect,” “complement” and “compliment,” “discreet” and “discrete,” “principal” and “principle.”
- Do not confuse “imply” and “infer.”
- The prefix “non” is not a word; it should be joined to the word it modifies, usually without a hyphen.
- There is no period after the “et” in the Latin abbreviation “et al.”
- The abbreviation “i.e.” means “that is,” and the abbreviation “e.g.” means “for example.”

#### IV. USING THE TEMPLATE

After the text edit has been completed, the paper is ready for the template. Duplicate the template file by using the Save As command, and use the naming convention as below

ULTIMATICS\_firstAuthorName\_paperTitle.

In this newly created file, highlight all of the contents and import your prepared text file. You are

now ready to style your paper. Please take note on the following items.

#### A. Authors and Affiliations

The template is designed so that author affiliations are not repeated each time for multiple authors of the same affiliation. Please keep your affiliations as succinct as possible (for example, do not differentiate among departments of the same organization).

#### B. Identify the Headings

Headings, or heads, are organizational devices that guide the reader through your paper. There are two types: component heads and text heads.

Component heads identify the different components of your paper and are not topically subordinate to each other. Examples include ACKNOWLEDGMENTS and REFERENCES, and for these, the correct style to use is “Heading 5.”

Text heads organize the topics on a relational, hierarchical basis. For example, the paper title is the primary text head because all subsequent material relates and elaborates on this one topic. If there are two or more sub-topics, the next level head (uppercase Roman numerals) should be used and, conversely, if there are not at least two sub-topics, then no subheads should be introduced. Styles, named “Heading 1,” “Heading 2,” “Heading 3,” and “Heading 4”, are prescribed.

#### C. Figures and Tables

Place figures and tables at the top and bottom of columns. Avoid placing them in the middle of columns. Large figures and tables may span across both columns. Figure captions should be below the figures; table heads should appear above the tables. Insert figures and tables after they are cited in the text. Use the abbreviation “Fig. 1,” even at the beginning of a sentence.

TABLE I. TABLE STYLES

Table Head	Table Column Head		
	Table column subhead	Subhead	Subhead
copy	More table copy		

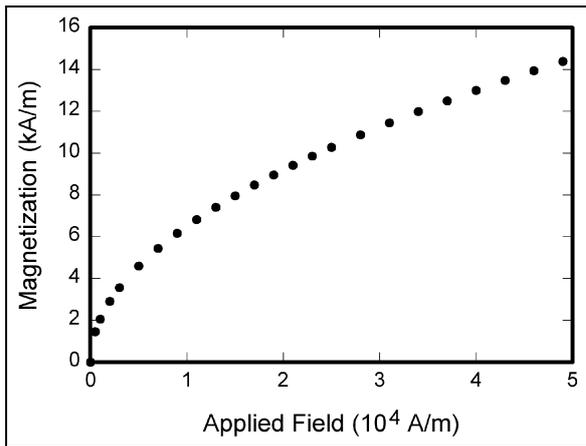


Fig. 1. Example of a figure caption

## V. CONCLUSION

A conclusion section is not required. Although a conclusion may review the main points of the paper, do not replicate the abstract as the conclusion. A conclusion might elaborate on the importance of the work or suggest applications and extensions.

## APPENDIX

Appendixes, if needed, appear before the acknowledgment.

## ACKNOWLEDGMENT

The preferred spelling of the word “acknowledgment” in American English is without an “e” after the “g.” Use the singular heading even if you have many acknowledgments. Avoid expressions such as “One of us (S.B.A.) would like to thank ... .” Instead, write “F. A. Author thanks ... .” You could also state the sponsor and financial support acknowledgments here.

## REFERENCES

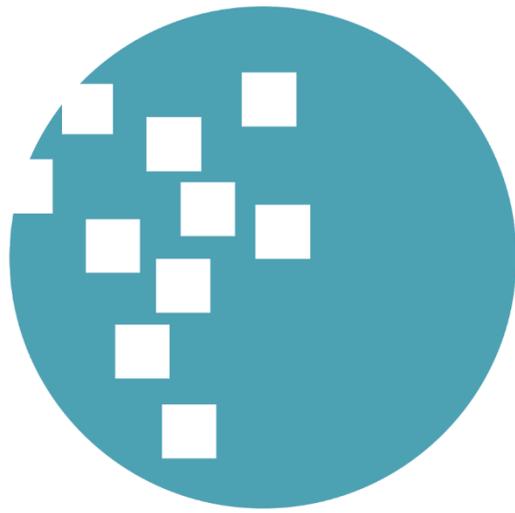
The template will number citations consecutively within brackets [1]. The sentence punctuation follows the bracket [2]. Refer simply to the reference number, as in [3]—do not use “Ref. [3]” or “reference [3]” except at the beginning of a sentence: “Reference [3] was the first ...”

Number footnotes separately in superscripts. Place the actual footnote at the bottom of the column in which it was cited. Do not put footnotes in the reference list. Use letters for table footnotes.

Unless there are six authors or more give all authors’ names; do not use “et al.”. Papers that have not been published, even if they have been submitted for publication, should be cited as “unpublished” [4]. Papers that have been accepted for publication should be cited as “in press” [5]. Capitalize only the first word in a paper title, except for proper nouns and element symbols.

For papers published in translation journals, please give the English citation first, followed by the original foreign-language citation [6].

- [1] G. Eason, B. Noble, and I.N. Sneddon, “On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions,” *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529-551, April 1955. (*references*)
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68-73.
- [3] I.S. Jacobs and C.P. Bean, “Fine particles, thin films and exchange anisotropy,” in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.
- [4] K. Elissa, “Title of paper if known,” unpublished.
- [5] R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740-741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, *The Technical Writer’s Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.



**UMN**

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

ISSN 2355-3286



9 772355 328009



Universitas Multimedia Nusantara  
Scientia Garden Jl. Boulevard Gading Serpong, Tangerang  
Telp. (021) 5422 0808 | Fax. (021) 5422 0800