

# ULTIMA Computing

## Jurnal Sistem Komputer

**OLIVIA BENAZIR ESTER TIWOW, ADHI KUSNADI**

Implementasi Algoritma Prim Dalam Penentuan Ikatan Senyawa Kimia (48-51)

**JAYANTI YUSMAH SARI, RIZAL ADI SAPUTRA**

Pengenalan Finger Vein Menggunakan Local Line Binary Pattern dan Learning Vector Quantization (52-57)

**KURNIANSYAH PRATAMA, EKO BUDI SETIAWAN**

Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan Exponential Smoothing dan NodeMCU Berbasis Mobile Android (58-66)

**RIFKI MUHENDRA**

Metoda Sederhana Distribusi Node Jaringan Sensor Nirkabel untuk Mengatasi Kehilangan Data Pada Saat Pengiriman (67-72)

**MUHAMMAD SALEHUDDIN, HENDRICO FIRZANDY LATUPEIRISSA**

Evaluasi Desain Pencahayaan Interior Pada Ruang Pertemuan Publik Berdasarkan Nilai Intensitas Pencahayaan (Studi Kasus: Lecture Hall, Universitas Multimedia Nusantara) (73-77)

**AHMAD SYAHRIL MUHAROM**

Rancang Bangun Pengatur Suhu dan Sirkulasi Udara di Smoking Room (78-82)

**NABILA HUSNA SHABRINA**

Literature Review: Metode Komputasi Numerik untuk Analisis Gelombang Elektromagnetik (83-87)

**WOLFGANG X.D JALMA N**

Maximum Power Point Tracking pada Sel Surya menggunakan Extreme Learning Machine (88-91)



**UMN**

## SUSUNAN REDAKSI

### Pelindung

Dr. Ninok Leksono

### Penanggungjawab

Dr. Ir. P.M. Winarno, M.Kom.

### Pemimpin Umum

Hargyo Tri Nugroho Ignatius, S.Kom., M.Sc.

### Mitra Bestari

(UMN) Hira Meidia, B.Eng., Ph.D.

(UMN) Dr. Rangga Winantyo, Ph.D.

(UMN) Dr. Hugeng, S.T., M.T.

(Universitas Indonesia) Filbert Hilman Juwono,

S.T., M.T.

(Tanri Abeng University) Nur Afny Catur

Andryani, M.Sc.

(UMN) Kanisius Karyono, S.T., M.T.

(UMN) Felix Lokananta, S.Kom., M.Eng.Sc.

(UMN) Samuel, M.T.I.

(UMN) Adhi Kusnadi, S.T., M.Si.

(UMN) Wolfgang Xaverius D. J. N., S.T., M.Sc.

(UMN) Nabila Husna Shabrina, S.T., M.T.

### Ketua Dewan Redaksi

Ni Made Satvika Iswari, S.T., M.T.

### Dewan Redaksi

Felix Lokananta, S.Kom., M.Eng.Sc.

Samuel, M.T.I.

### Desainer & Layouter

Wella, S.Kom., M.MSI., COBIT5

### Sirkulasi dan Distribusi

Sularmin

### Keuangan

I Made Gede Suteja, S.E.

## ALAMAT REDAKSI

Universitas Multimedia Nusantara (UMN)

Jl. Scientia Boulevard, Gading Serpong

Tangerang, Banten, 15811

Tlp. (021) 5422 0808

Faks. (021) 5422 0800

Email: ultimacomputing@umn.ac.id



Jurnal **ULTIMA Computing** merupakan Jurnal Program Studi Sistem Komputer Universitas Multimedia Nusantara yang menyajikan artikel-artikel penelitian ilmiah dalam bidang Sistem Komputer serta isu-isu teoritis dan praktis yang terkini, mencakup komputasi, organisasi dan arsitektur komputer, *programming*, *embedded system*, sistem operasi, jaringan dan internet, integrasi sistem, serta topik lainnya di bidang Sistem Komputer. Jurnal ULTIMA Computing terbit secara berkala dua kali dalam setahun (Juni dan Desember) dan dikelola oleh Program Studi Sistem Komputer Universitas Multimedia Nusantara bekerjasama dengan UMN Press.

## Call for Paper



**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. IJNMT is published annually by Faculty of Engineering and Informatics, Universitas Multimedia Nusantara in cooperation with UMN Press. 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, robotics



**Jurnal ULTIMATICS** merupakan Jurnal Program Studi Teknik Informatika Universitas Multimedia Nusantara yang menyajikan artikel-artikel penelitian ilmiah dalam bidang analisis dan desain sistem, *programming*, algoritma, rekayasa perangkat lunak, serta isu-isu teoritis dan praktis yang terkini, mencakup komputasi, kecerdasan buatan, pemrograman sistem *mobile*, serta topik lainnya di bidang Teknik Informatika.



**Jurnal ULTIMA InfoSys** merupakan Jurnal Program Studi Sistem Informasi Universitas Multimedia Nusantara yang menyajikan artikel-artikel penelitian ilmiah dalam bidang Sistem Informasi, serta isu-isu teoritis dan praktis yang terkini, mencakup sistem basis data, sistem informasi manajemen, analisis dan pengembangan sistem, manajemen proyek informasi, *programming*, *mobile information system*, dan topik lainnya terkait Sistem Informasi.



### Important Dates

**April 30<sup>th</sup>, 2018**

Deadline for submission of papers

**May 31<sup>st</sup>, 2018**

Announcement for Acceptance

**June 15<sup>th</sup>, 2018**

Deadline for submission of final papers

## DAFTAR ISI

<b>Implementasi Algoritma Prim Dalam Penentuan Ikatan Senyawa Kimia</b>	
Olivia Benazir Ester Tiwow, Adhi Kusnadi	48-51
<b>Pengenalan Finger Vein Menggunakan Local Line Binary Pattern dan Learning Vector Quantization</b>	
Jayanti Yusmah Sari, Rizal Adi Saputra	52-57
<b>Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan Exponential Smoothing dan NodeMCU Berbasis Mobile Android</b>	
Kurniansyah Pratama, Eko Budi Setiawan	58-66
<b>Metoda Sederhana Distribusi Node Jaringan Sensor Nirkabel untuk Mengatasi Kehilangan Data Pada Saat Pengiriman</b>	
Rifki Muhendra	67-72
<b>Evaluasi Desain Pencahayaan Interior Pada Ruang Pertemuan Publik Berdasarkan Nilai Intensitas Pencahayaan (Studi Kasus: Lecture Hall, Universitas Multimedia Nusantara)</b>	
Muhammad Salehuddin, Hendrico Firzandy Latupeirissa	73-77
<b>Rancang Bangun Pengatur Suhu dan Sirkulasi Udara di Smoking Room</b>	
Ahmad Syahril Muharom	78-82
<b>Literature Review: Metode Komputasi Numerik untuk Analisis Gelombang Elektromagnetik</b>	
Nabila Husna Shabrina	83-87
<b>Maximum Power Point Tracking pada Sel Surya menggunakan Extreme Learning Machine</b>	
Wolfgang X.D Jalma N	88-91

## KATA PENGANTAR

Salam ULTIMA!

ULTIMA Computing – Jurnal Sistem Komputer UMN kembali menjumpai para pembaca dalam terbitan saat ini Edisi Desember 2017, Volume IX, No. 2. Jurnal ini menyajikan artikel-artikel ilmiah hasil penelitian mengenai komputasi, organisasi dan arsitektur komputer, programming, embedded system, sistem operasi, jaringan dan internet, integrasi sistem, serta topik lainnya di bidang Sistem Komputer.

Pada ULTIMA Computing Edisi Desember 2017 ini, terdapat delapan artikel ilmiah yang berasal dari para peneliti, akademisi, dan praktisi di bidang Sistem Komputer, yang mengangkat beragam topik, antara lain: implementasi *algoritma prim* dalam penentuan ikatan senyawa kimia; pengenalan *finger vein* menggunakan *local line binary pattern* dan *learning vector quantization*; implementasi *monitoring* kualitas udara menggunakan peramalan *exponential smoothing* dan nodemcu berbasis *mobile android*; metoda sederhana distribusi *node* jaringan sensor nirkabel untuk mengatasi kehilangan data pada saat pengiriman; evaluasi desain pencahayaan interior pada ruang pertemuan publik berdasarkan nilai intensitas pencahayaan (studi kasus: *Lecture Hall*, Universitas Multimedia Nusantara); rancang bangun pengatur suhu dan sirkulasi udara di *smoking room*; *literature review*: metode komputasi numerik untuk analisis gelombang elektromagnetik; dan *maximum power point tracking* pada sel surya menggunakan *extreme learning machine*.

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, ULTIMA InfoSys, ULTIMA Computing. Informasi mengenai pedoman dan *template* penulisan, serta informasi terkait lainnya dapat diperoleh melalui alamat surel [ultimacomputing@umn.ac.id](mailto:ultimacomputing@umn.ac.id).

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada seluruh kontributor dalam ULTIMA Computing Edisi Desember 2017 ini. Kami berharap artikel-artikel ilmiah hasil penelitian dalam jurnal ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih terhadap perkembangan penelitian dan keilmuan di Indonesia.

Desember 2017,

**Ni Made Satvika Iswari, S.T., M.T.**  
Ketua Dewan Redaksi

# Implementasi Algoritma Prim Dalam Penentuan Ikatan Senyawa Kimia

Olivia Benazir Ester Tiwow<sup>1</sup>, Adhi Kusnadi<sup>2</sup>

Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi, Universitas Multimedia Nusantara, Gading Serpong, Indonesia

[oliviabenazir@gmail.com](mailto:oliviabenazir@gmail.com)

[adhikusnadi@adhi.kusnadi.umn.ac.id](mailto:adhikusnadi@adhi.kusnadi.umn.ac.id)

Diterima 28 September 2017

Disetujui 20 Desember 2017

**Abstract**—This research concerns the implementation of Prim algorithm in the determination of bond of a chemical compound. By doing a minimum spanning tree search of a weight graph that has been created. Input from the user in the form of chemical compounds will be processed so that the compound can be divided into elements that will act as nodes on the prime algorithm. Weight of the tangent node is obtained from the comparison of the minimum number of atoms that can react between the two elements that will be bonded to each other. Applications developed on the basis of the web by considering the functionality of the design can be accessed by many people. System design is poured into HTML and Javascript programming language. All design functionality is poured into the Javascript programming language. This study is still limited to programs that can only process the input of compounds that are in class A in the periodic table. And preformed compounds such as SO<sub>2</sub>-, HO<sub>3</sub>-. This application has an accuracy rate of 77.41% and 66.67% of testers said that this application is useful for Indonesian education.

**Index Terms**—Chemical Compound, prim algorithm, minimum spanning tree, website, Javascript.

## I. PENDAHULUAN

Banyak aspek kehidupan pada saat sangat membutuhkan sentuhan teknologi. Salah satu diantaranya yaitu di dunia pendidikan. Banyak subjek di dunia pendidikan yang memerlukan aplikasi pembelajaran yang atraktif dan interaktif, agar semakin mudah dipahami dan lebih diproyeksikan dengan baik dan nyata. Salah satu subjek yang perlu untuk diproyeksikan dengan baik adalah pelajaran kimia, diantaranya pada pembelajaran mengenai ikatan Kimia. Bentuk dari ikatan kimia dan minimum spanning tree jika diperhatikan memiliki bentuk yang hampir sama. Algoritma Prim adalah salah satu proses algoritma untuk mencari spanning tree dengan angka terkecil pada graf yang saling terhubung, memiliki nilai/berat/harga/angka dan tak berarah. Inti dari algoritma ini adalah mencari jalan yang memiliki ongkos atau weight dengan nilai paling kecil untuk mencapai suatu tujuan tertentu [1].

Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat suatu website yang bisa menentukan ikatan senyawa kimia.

Untuk memberi penggambaran suatu senyawa kimia yang dapat terbentuk dari satu unsur dengan unsur lainnya dengan mengimplementasikan Algoritma Prim.

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan Algoritma Prim dalam menentukan ikatan pada senyawa kimia dan memberi visualisasinya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada dunia pendidikan terutama dalam Pelajaran Kimia. Dan bermanfaat bagi siswa-siswa yang mempelajari Pelajaran Kimia khususnya tentang ikatan kimia dan menjadi bahan untuk penelitian lebih lanjut untuk bidang yang berkaitan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Ilmu Kimia

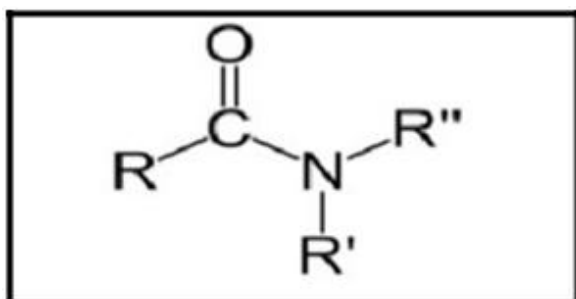
Ilmu Kimia adalah ilmu pengetahuan alam yang mempelajari tentang materi yang meliputi struktur, susunan, sifat dan perubahan materi serta energi yang menyertainya. Materi dapat diartikan sebagai segala sesuatu yang mempunyai massa, dan menempati ruang. Makhluh hidup dan makhluh yang tidak hidup semuanya terdiri atas materi. Misalnya manusia, tumbuh tumbuhan, hewan, air, batu, kayu, garam dan benda benda apa saja yang ada di sekitar manusia termasuk materi. Materi terdiri dari tiga macam wujud, yaitu padat, cair dan gas [2].

Materi dapat digolongkan ke dalam tiga golongan, yaitu unsur, senyawa dan campuran. Unsur adalah zat yang tidak bisa diuraikan ke bentuk yang lebih sederhana lagi melalui reaksi kimia [3]. Contohnya, H (hydrogen), Ca (Kalsium), He (Helium), dan lain-lain.

Materi tersusun atas partikel-partikel yang dapat berbentuk atom, molekul, atau ion. Atom adalah partikel terkecil dari suatu unsur yang masih mempunyai sifat-sifat unsur itu. Molekul adalah gabungan dua atau lebih atom yang sama atau berbeda, sedangkan ion adalah atom atau kumpulan atom yang bermuatan listrik [4].

### B. Senyawa Kimia

Senyawa adalah zat yang terbentuk oleh dua unsur atau lebih unsur yang sama maupun unsur yang berbeda dengan komposisi yang tetap [4]. Misalnya untuk senyawa air, H<sub>2</sub>O, di dalamnya tersusun atas dua unsur hidrogen dan satu unsur oksigen. Ciri yang membedakan senyawa adalah adanya rumus kimia. Rumus kimia memberikan perbandingan atom dalam zat, dan jumlah atom dalam molekul tunggalnya [5].



Gambar 1. Senyawa Amida

Gambar 1 menunjukkan suatu senyawa bernama amida. Amida adalah salah satu contoh dari senyawa kimia organik. Senyawa ini memiliki ikatan C (carbon), R, R', R'' (representasi dari senyawa H (hydrogen) tetapi bisa juga berarti CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>, CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>3</sub>, dan seterusnya), O (oxygen) dan N (nitrogen).

### C. Ikatan Kimia

Ikatan Kimia adalah ikatan yang terjadi antar atom atau antar molekul dengan cara sebagai berikut:

1. atom yang 1 (satu) melepaskan elektron, sedangkan atom yang lain menerima elektron (serah terima elektron)
2. penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari masing-masing atom yang berikatan
3. penggunaan bersama pasangan elektron yang berasal dari salah 1 atom yang berikatan [6].

Di dalam ikatan kimia terbagi atas ikatan ionik, ikatan kovalen, dan ikatan logam. Ikatan kovalen terbagi atas tiga jenis, yaitu ikatan kovalen tunggal, ikatan kovalen dua rangkap dan ikatan kovalen tiga rangkap [6].

### D. Tabel Periodik

Tabel sistem periodik merupakan suatu cara untuk menyusun dan mengklasifikasi unsur-unsur, dimana unsur-unsur yang mirip sifatnya diletakkan pada kelompok yang sama [7]. Golongan pada sistem periodik modern terbagi menjadi dua, yaitu Golongan Utama (Golongan A) dan Golongan Transisi (Golongan B) [8]. Unsur-unsur utama atau unsur-unsur yang terletak pada golongan A adalah unsur-unsur yang pengisian elektronnya berakhir pada

subkulit s atau subkulit p, sedangkan unsur-unsur pada golongan B yaitu, unsur-unsur transisi adalah unsur-unsur yang pengisian elektronnya berakhir pada subkulit d dan unsur-unsur transisi dalam adalah unsur-unsur yang pengisian elektronnya berakhir pada subkulit f. Elektron-elektron dalam suatu atom berusaha untuk menempati subkulit yang berenergi rendah, kemudian baru ke tingkat energi yang lebih tinggi. Dengan demikian, atom berada pada tingkat energi minimum. Inilah yang disebut prinsip Aufbau [9]. Oleh sebab inilah, golongan A lebih cenderung memiliki atom yang tetap dan golongan B cenderung memiliki atom yang tidak tetap karena elektron berusaha menempati atom pada golongan A yang memiliki subkulit dengan energi yang lebih rendah daripada subkulit golongan transisi.

### E. Algoritma Prim

Algoritma Prim adalah sebuah algoritma yang ditemukan pada tahun 1930 oleh seorang matematikawan Voljtêch Jarnik, lalu secara terpisah oleh ahli komputer Robert C dan di tahun 1957, kemudian dikembangkan lagi oleh Dijkstra di tahun 1959 yang dalam teori graf bisa mendapatkan pohon merentang (spanning tree) minimum dari sebuah graf yang diberikan [10].

Pada algoritma Prim, dimulai pada vertex yang mempunyai sisi (edge) dengan bobot terkecil. Sisi yang dimasukkan ke dalam himpunan T adalah sisi graph G yang bersisian dengan sebuah simpul di T, sedemikian sehingga T adalah Tree (pohon). Sisi dari Graph G ditambahkan ke T jika tidak membentuk cycle [1].

## III. PEMBAHASAN

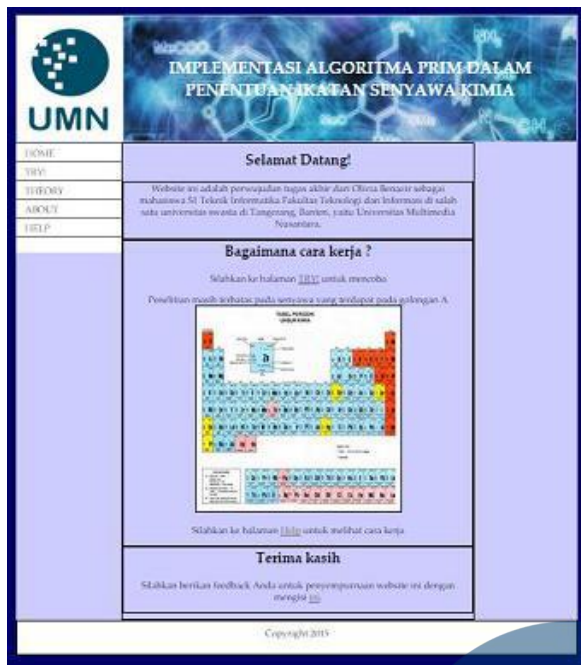
### A. Prosedur Split Input

Pada proses ini program akan melakukan pembacaan pada masukan atau input dari user. Masukan dibaca berdasarkan huruf. Setiap unsur dibedakan dengan huruf besar, misalnya, H, O, Cl, C, Rb, Na, Al, S, dan seterusnya. Dan penulisan angka untuk senyawa yang memiliki lebih dari satu unsur yang sama, misalnya, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, senyawa memiliki dua unsur C dan enam unsur H.

### B. Tampilan Antarmuka Aplikasi

Berikut ini adalah tampilan halaman utama antarmuka aplikasi.

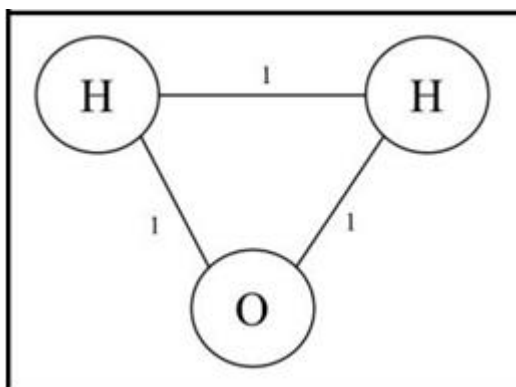




Gambar 2. Tampilan Halaman Utama

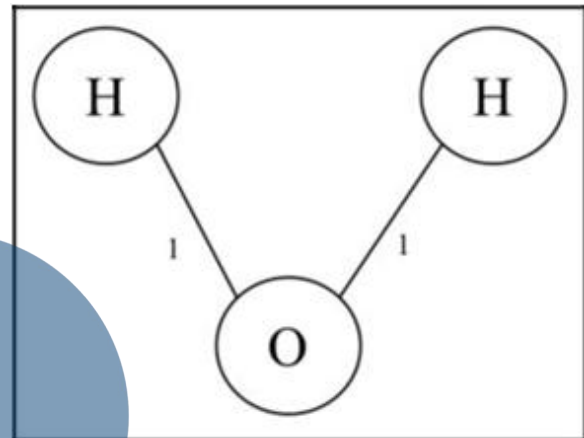
### C. Metode

Penelitian masih terbatas pada senyawa yang mengandung unsur dari golongan A. Proses pencarian keluaran dimulai dari proses split input. Setelah masukan di-split, maka akan dibuat weighted grafnya. Yaitu semua unsur yang berhubungan satu node dengan node lainnya. Weight yang diletakkan pada simpul adalah jumlah maksimal ikatan yang bisa dibentuk oleh unsur. Oleh karena ikatan yang bisa dibentuk oleh beberapa unsur dapat berbeda, maka dilakukan perbandingan weight. Yang akan dipilih adalah weight dengan angka yang paling kecil, berarti weight tersebut adalah unsur yang dapat menampung atom lebih sedikit/membentuk ikatan lebih sedikit. Dengan contoh di berikut pada gambar 3, maksimal ikatan yang bisa dibentuk unsur H adalah 1 dan unsur O adalah 2. Jadi, dengan masukan user seperti contoh di atas, akan didapat:



Gambar 3. Weight Graph Masukan Senyawa

Setelah memperoleh weighted graph, maka algoritma prim dapat dijalankan. Dengan memberi beberapa persyaratan untuk dapat membuat hasil akhir dari senyawa tersebut bisa seimbang dan memenuhi aturannya. Syarat yang ditambah adalah sebelum tentukan node selanjutnya, program harus memperhatikan unsur yang memiliki ikatan yang lebih banyak, yaitu O. Dengan demikian, misalnya didahului oleh node H0 dan H1 dengan weight 1 (satu), program akan memberikan pencegahan karena node O belum memiliki ikatan. Jadi, output dari senyawa H<sub>2</sub>O adalah sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Hitung Senyawa

Penggambaran ke dalam canvas dilakukan dengan cara pengecekan pada box yang dibuat.

## IV. HASIL PENELITIAN

### A. Pengujian Sampel

Dilakukanlah uji coba dengan ahli untuk validasi keluaran program. Ahli adalah Yemima Kurnia, S.Si seorang guru Kimia di Sekolah Menengah Atas Tunas Bangsa. Hasil testing pada tester ahli adalah tujuh keluaran salah dari 31 senyawa yang dicoba, yaitu 22.58% salah dan 77.41% benar. Karena ada unsur yang telah terbentuk terlebih dahulu sebelum terbentuk dengan unsur lainnya. Contoh senyawa nomor HNO<sub>3</sub> merupakan pasangan dari H<sup>+</sup> dan NO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> merupakan pasangan dari 2Na<sup>+</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Atau ada senyawa isomer, bila memiliki komposisi senyawa yang sama namun dengan bentuk dan nama berbeda.

### B. Uji Pengguna

Diambil 30 orang penguj untuk memberikan kritik dan saran. Dengan saran untuk memperbaiki tampilan website agar lebih menarik, adanya pembuatan database untuk senyawa-senyawa yang kompleks. Website seperti ini belum pernah ditemui oleh para tester ini. Tester memberikan tanggapan positif akan kegunaan website bagi pendidikan Indonesia dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Uji Pengguna

Sangat Tidak Setuju	: 1 orang	= 3.33%
Tidak Tahu	: 1 orang	= 3.33%
Setuju	: 20 orang	= 66.67%
Sangat Setuju	: 8 orang	= 26.67%

Dari 30 orang penguji, sebagian besar yaitu 20 orang atau 66,67% menyatakan bahwa aplikasi ini positif berguna bagi pendidikan Indonesia.

#### V. SIMPULAN

Penelitian mengenai implementasi Algoritma Prim dalam penentuan ikatan kimia dari suatu senyawa dan memvisualisasikannya dalam gambar 2D (dua dimensi) berhasil dilakukan dengan tingkat akurasi sebesar 77.41%. Aplikasi ini dapat memvisualisasikan ikatan-ikatan senyawa tapi masih dalam jangkauan yang terbatas. Senyawa-senyawa yang tidak dapat diproses antara lain senyawa yang mengandung unsur dalam golongan B dan senyawa-senyawa yang memiliki unsur-unsur yang telah terbentuk sebelumnya, seperti SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, HO<sub>3</sub><sup>-</sup>, senyawa alkohol,

dan lain sebagainya. Dan 66,67% pengguna dari sampel menyatakan positif bahwa aplikasi ini berguna bagi pendidikan Indonesia.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jain, N., Shivalkar, P.S., dan Jainsankar N. 2013. Distance Calculator Using Prim's Algorithm.
- [2] Hariandja, D., Cahyana, U., dan Purwanto. Pengenalan Ilmu Kimia.
- [3] Khamidinal, Wahyuningsih, T., dan Premono, S. 2009. SMA/MA Kelas X Kimia. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.
- [4] Grasindo Tim. 2014. Top no.1 Pendalaman Materi Kimia SMA Kelas X. 2014. Grasindo : Jakarta.
- [5] Neuman, R. C. 2000. Organic Spectrometry from Organic Chemistry. University of California, Riverside.
- [6] Dwiyanti, G. 2003. Kimia Organik SMA XII. Yudhistira, Jakarta.
- [7] Sugiarto B. 2004. Struktur Atom dan Sistem Periodik Unsur. Surabaya.
- [8] Asy'ari, S. Pd. 2011. Cara Menghafal Cepat Unsur Golongan Utama pada Sistem Periodik Modern melalui Jembatan Keledai. Widyaiswara Muda, BDK Banjarmasin.
- [9] Utami, B., Saputro, A. N. C., dkk. 2009. Kimia untuk SMA dan MA Kelas XI. Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional.
- [10] Putro, H. P. Prim vs Kruskal : Perbandingan Algoritma Pencarian Pohon Merentang Minimum . Institut Teknologi Bandung, Bandung.



UMN

# Pengenalan Finger Vein Menggunakan Local Line Binary Pattern dan Learning Vector Quantization

Jayanti Yusmah Sari<sup>1</sup>, Rizal Adi Saputra<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari, 93231, Indonesia

[jayanti@uho.ac.id](mailto:jayanti@uho.ac.id)

[rizaladisaputra@gmail.com](mailto:rizaladisaputra@gmail.com)

Diterima 16 Oktober 2017

Disetujui 20 Desember 2017

**Abstract**—This research proposes finger vein recognition system using Local Line Binary Pattern (LLBP) method and Learning Vector Quantization (LVQ). LLBP is the advanced feature extraction method of Local Binary Pattern (LBP) method that uses a combination of binary values from neighborhood pixels to form features of an image. The straight-line shape of LLBP can extract robust features from the images with unclear veins, it is more suitable to capture the pattern of vein in finger vein image. At the recognition stage, LVQ is used as a classification method to improve recognition accuracy, which has been shown in earlier studies to show better results than other classifier methods. The three main stages in this research are preprocessing, feature extraction using LLBP method and recognition using LVQ. The proposed methodology has been tested on the SDUMLA-HMT finger vein image database from Shandong University. The experiment shows that the proposed methodology can achieve accuracy up to 90%.

**Index Terms**—finger vein recognition, Learning Vector Quantization, LLBP, Local Line Binary Pattern, LVQ.

## I. PENDAHULUAN

Biometrika adalah teknologi untuk mengidentifikasi seseorang dengan menggunakan fitur fisik manusia [1]. Ada beberapa jenis sistem pengenalan biometrika seperti sidik jari, telapak tangan, wajah, dan iris. Sistem biometrika ini memiliki beberapa keterbatasan dalam hal kenyamanan dan kinerja. Pada pengenalan sidik jari dan pengenalan telapak tangan, pengguna harus menyentuh permukaan sensor input dengan jari dan telapak tangan. Hal ini dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna dan juga memungkinkan untuk dipalsukannya informasi dari sensor sidik jari. Selain itu, kondisi permukaan jari (misalnya keringat dan kulit kering) dan distorsi kulit dapat menyebabkan berkurangnya tingkat akurasi pengenalan. Untuk pengenalan wajah, kinerja sistem sangat tergantung pada ekspresi wajah dan iluminasi, yang dapat berubah-ubah. Pengenalan iris dianggap paling dapat diandalkan dalam hal akurasi, tetapi alat

untuk akuisisi data cukup mahal dan proses akuisisinya tidak nyaman jika dibandingkan dengan sistem biometrika lainnya [1]. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa penelitian telah mengembangkan pengenalan pola pembuluh darah (vena) pada jari atau yang sering disebut pengenalan *finger vein* [1][2][3]. Pengenalan *finger vein* menggunakan informasi internal dari pola pembuluh darah seseorang yang citranya dapat diperoleh dengan menggunakan iluminator cahaya inframerah dan kamera.

Sebagian besar penelitian tentang pengenalan *finger vein* memiliki kesamaan pada pendekatan ekstraksi fitur yang memanfaatkan fitur dari jaringan pembuluh darah tersegmentasi [4][5]. Namun, masalah yang sering muncul pada pengenalan *finger vein* dengan pendekatan tersebut adalah kualitas citra *finger vein* yang kurang baik akibat adanya *noise* yang dihasilkan saat akuisisi citra. *Noise* tersebut dapat berupa bayangan (*irregular shading*) atau subregion citra *finger vein* yang memiliki nilai saturasi yang tinggi (*highly saturated regions*) [4]. Kedua *noise* tersebut dapat menyebabkan kesalahan segmentasi region pembuluh darah (*vein*) selama proses ekstraksi fitur. Fitur pembuluh darah yang tidak tersegmentasi dengan baik dapat menurunkan akurasi pengenalan sistem [6][7]. Oleh karena itu, beberapa penelitian tentang pengenalan *finger vein* lebih memfokuskan pada tahapan ekstraksi fitur. [8] mengusulkan sebuah metode untuk ekstraksi fitur menggunakan *Local Binary Pattern* (LBP) dan *Local Derivative Pattern* (LDP). Dalam metode yang diusulkan, kualitas citra terlebih dahulu ditingkatkan dengan cara modifikasi menggunakan *Gaussian high-pass filter* dan kemudian dilakukan ekstraksi kode biner dari citra menggunakan metode LBP dan LDP. Sehingga diperoleh hasil ekstraksi berupa citra biner. Kesamaan antara citra biner dari citra uji dan citra biner pada *database* diukur dengan *Hamming Distance*. Penelitian tersebut menunjukkan waktu komputasi fitur LDP dua kali lebih lama dibanding fitur LBP. Selain itu, ukuran memori untuk

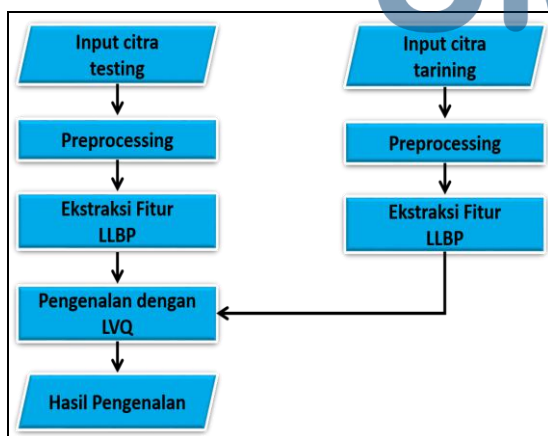
menyimpan kode biner fitur LDP adalah empat kali lebih besar dibanding fitur LBP.

Pada tahun 2009, [9] mengusulkan metode turunan LBP yaitu *Local Line Binary Pattern* (LLBP) untuk sistem pengenalan wajah. Perbedaan utama antara LLBP dengan LBP adalah bentuk *filter* LLBP yang berupa garis lurus dengan panjang  $N$  piksel, tidak seperti *filter* LBP yang berupa persegi [4]. Bentuk *filter* LLBP yang berupa garis lurus tersebut dapat melakukan segmentasi pembuluh darah lebih baik dibanding *filter* LBP [10] sehingga dapat menghasilkan fitur *finger vein* dengan pola vena yang lebih jelas. Dengan demikian akan meningkatkan kinerja sistem pengenalan *finger vein*. Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan sistem pengenalan *finger vein* dengan menggunakan fitur hasil *Local Line Binary Pattern* (LLBP).

Untuk meningkatkan unjuk kerja pengenalan sistem, penelitian ini menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ) sebagai metode pengenalan. Berdasarkan hasil penelitian [11] LVQ Neural network lebih baik dalam mengklasifikasikan (mengenal) citra dibandingkan algoritma Backpropagation dan juga lebih baik dari Cascade Forward [12].

## II. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan diagram blok dari metodologi yang diusulkan untuk pengenalan *finger vein* dalam penelitian ini. Metodologi ini meliputi 4 tahapan utama yaitu pengumpulan *database* citra *finger vein* (diunduh dari Shandong University [13]), *preprocessing*, ekstraksi fitur menggunakan metode *Local Line Binary Pattern* (LLBP) dan pengenalan menggunakan *Learning Vector Quantization* (LVQ).

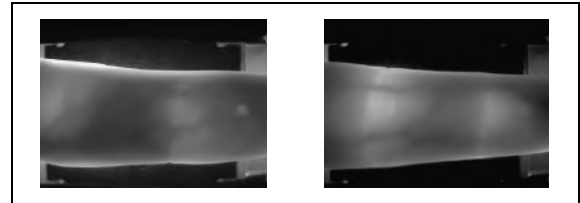


Gambar 1. Sistem pengenalan *finger vein*

### A. Database *Finger vein*

*Database* yang digunakan dalam penelitian ini diunduh dari Machine Learning and Data Mining Lab. Shandong University [13]. *Database* SDUMLA-HMT ini merupakan *database finger vein*

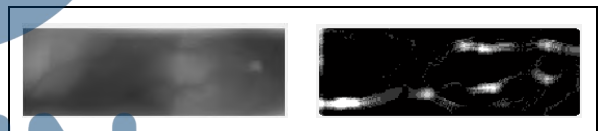
pertama yang bersifat *open* dan gratis untuk diunduh. Alat yang digunakan untuk mengakuisisi citra *vein* didesain oleh Lab *Intelligent Computing and Intelligent Systems*, Wuhan University. *Database* ini terdiri dari masing-masing 6 citra *vein* dari jari telunjuk, jari tengah, dan jari manis dari kedua tangan masing-masing individu. Citra ini berformat BMP dengan ukuran 320 x 240 piksel. Gambar 2 menunjukkan contoh citra *finger vein* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2. Citra *finger vein*

### B. Preprocessing

Ada tiga tahapan yang dilakukan dalam *preprocessing* yaitu *cropping*, *resize* dan *subtract*. *Cropping* bertujuan untuk membatasi *Region of Interest* (ROI) dari citra *finger vein*, *resize* bertujuan untuk menyeragamkan ukuran seluruh citra yang ada pada *database* sedangkan *subtract* bertujuan untuk melakukan segmentasi region pembuluh darah (*vein*). Hasil dari tahapan *preprocessing* ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra hasil *cropping* dan *resize* (kiri) dan citra hasil *subtract* (kanan)

### C. Local Line Binary Pattern

Pada tahun 2009, dengan menggunakan konsep *Local Binary Pattern* (LBP) [8], Petpon dan Srisuk [9] mengusulkan operator LLBP untuk ekstraksi fitur pada citra wajah. Operator tersebut terdiri dari komponen horizontal ( $LLBP_h$ ) dan komponen vertikal ( $LLBP_v$ ). Nilai *magnitude* dari LLBP diperoleh dengan menghitung kode biner dari kedua komponen horizontal ( $LLBP_h$ ) dan komponen vertikal ( $LLBP_v$ ) menggunakan Persamaan (1).

Dengan menggunakan Persamaan (2) dan Persamaan (3) komponen horizontal LLBP ( $LLBP_h$ ) akan mengekstraksi kode *binary* berukuran  $N - 1$  bit untuk setiap piksel. Jumlah bit yang sama juga diekstraksi oleh komponen vertikal LLBP ( $LLBP_v$ ) menggunakan Persamaan (4) dan Persamaan (5). Untuk pembobotan kode *binary* dimulai dari piksel sebelah kiri dan kanan terdekat dari piksel tengah ( $2^0$ ) sampai piksel terujung sebelah kiri dan kanan ( $2^{\lfloor \frac{N}{2} \rfloor - 2}$ ) dengan menggunakan fungsi *ceiling*, misal

$N=13, 2^{\lfloor \frac{13}{2} \rfloor - 1} = 2^5$  [9]. Selanjutnya, dengan menggabungkan kode  $LLBP_h$  dan  $LLBP_v$ , menggunakan Persamaan (1) diperoleh  $LLBP_m$ ,  $magnitudo$  dari piksel tengah yang merupakan fitur LLBP dari piksel tersebut.

Ilustrasi operator LLBP dengan  $N=13$  ditunjukkan pada Gambar 4 dan dideskripsikan dalam bentuk persamaan (1) - (5).  $LLBP_h$ ,  $LLBP_v$ , dan  $LLBP_m$  berturut-turut adalah LLBP pada arah horizontal, vertikal dan  $magnitudo$ -nya.  $N$  merupakan panjang garis pada piksel,  $h_n$  merupakan piksel pada garis horizontal dan  $v_n$  merupakan piksel pada garis vertikal,  $c = N/2$  merupakan posisi dari piksel tengah  $h_c$  pada garis horizontal dan  $v_c$  pada garis vertikal,  $s(h_n - h_c)$  dan  $s(v_n - v_c)$  mendefinisikan fungsi  $thresholding$  seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (3) dan (5) [4].

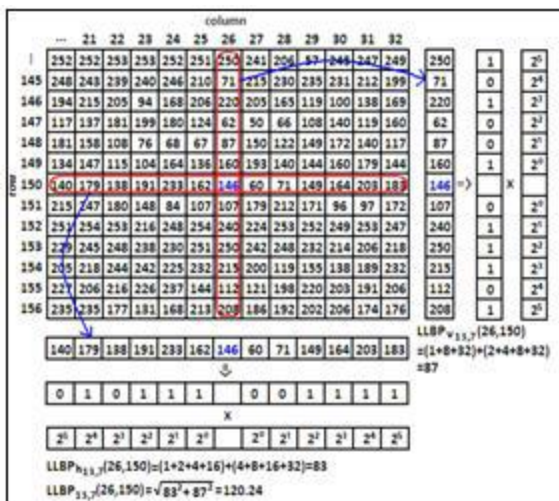
$$LLBP_m = \sqrt{LLBP_h^2 + LLBP_v^2} \tag{1}$$

$$LLBP_{hN,c}(x,y) = \sum_{n=1}^{c-1} s(h_n - h_c) \cdot 2^{c-n-1} + \sum_{n=c+1}^N s(h_n - h_c) \cdot 2^{c-n-1} \tag{2}$$

$$s(h_n - h_c) = \begin{cases} 1, & \text{if } h_n - h_c \geq 0 \\ 0, & \text{if } h_n - h_c < 0 \end{cases} \tag{3}$$

$$LLBP_{vN,c}(x,y) = \sum_{n=1}^{c-1} s(v_n - v_c) \cdot 2^{c-n-1} + \sum_{n=c+1}^N s(v_n - v_c) \cdot 2^{c-n-1} \tag{4}$$

$$s(v_n - v_c) = \begin{cases} 1, & \text{if } v_n - v_c \geq 0 \\ 0, & \text{if } v_n - v_c < 0 \end{cases} \tag{5}$$



Gambar 4. Contoh operator LLBP [4]

D. Learning Vector Quantization

Learning Vector Quantization (LVQ) merupakan suatu metode untuk melakukan proses pembelajaran terhadap lapisan-lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif akan belajar secara otomatis untuk melakukan klasifikasi terhadap vektor input yang diberikan. Jika terdapat beberapa vektor input memiliki jarak yang sangat berdekatan, maka vektor-vektor input tersebut akan dikelompokkan dalam kelas yang sama. Berikut tahapan dari Algoritma Learning Vector Quantization [12][14]:

Inisialisasi:

- bobot awal variabel input ke- $j$  menuju ke kelas (cluster) ke- $i$ :  $w_{ij}$ , dengan  $i=1,2,\dots,k$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$ .
- maksimum iterasi:  $MaxIterasi$ .
- parameter learning rate:  $\alpha$ .
- pengurangan learning rate:  $Dec \alpha$ .
- minimal learning rate yang diperbolehkan:  $Min \alpha$

1. Masukkan:

- data input:  $x_{ij}$ ; dengan  $i=1,2,\dots,n$ ; dan  $j=1,2,\dots,m$ .
- target berupa kelas:  $T_k$ ; dengan  $k=1,2,\dots,k$ .

2. Inisialisasi kondisi awal:

$iterasi = 0$ ;

3. Kerjakan jika:

$(iterasi \leq MakIterasi)$  dan  $(\alpha \geq Min \alpha)$

- $iterasi = iterasi + 1$ ;
- kerjakan untuk  $i = 1$  sampai  $n$ 
  - tentukan  $D$  (distance) sedemikian hingga  $\|x_i - w_j\|$  minimum; dengan  $j=1,2,\dots,k$ .
  - perbaiki  $w_j$  dengan ketentuan: jika  $T=C_j$  maka:  $w_j = w_j + \alpha(x_i - w_j)$  jika  $T \neq C_j$  maka:  $w_j = w_j - \alpha(x_i - w_j)$

- kurangi nilai  $\alpha$ , pengurangan dilakukan dengan persamaan berikut.  $\alpha = \alpha - \alpha$  ( $Dec \alpha$ ).

E. Ekstraksi Fitur

Citra hasil *preprocessing* selanjutnya akan melalui tahapan ekstraksi fitur. Pada penelitian ini, ekstraksi fitur citra *finger vein* dilakukan menggunakan metode *Local Line Binary Pattern* (LLBP). Fitur hasil LLBP merupakan fitur tekstur yang digunakan pada penelitian ini untuk memperoleh fitur atau pola pembuluh darah (*vein*) dari citra *finger vein*. Adapun perbandingan citra hasil ekstraksi fitur menggunakan LBP dan LLBP ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Citra hasil LBP (a) dan LLBP (b)

#### F. Pengenalan

Fitur tekstur citra *finger vein* hasil LLBP selanjutnya akan digunakan untuk proses pengenalan. Pengenalan *finger vein* dilakukan dengan mencocokkan fitur tekstur *finger vein* pada citra *testing* dan fitur tekstur *finger vein* pada citra *training* menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ).

Untuk mengevaluasi sistem pengenalan *finger vein* yang dibangun, digunakan pengujian identifikasi yaitu pengujian *one-to-many*, setiap citra *testing* dicocokkan dengan seluruh citra *training* kemudian akan dihitung besar akurasi dari pengenalan seluruh citra *testing*. Akurasi diperoleh dengan menghitung jumlah dari pengenalan citra data *testing* yang benar. Untuk perhitungan akurasi digunakan Persamaan (6).

$$\text{Akurasi(\%)} = \frac{\text{Jumlah pengenalan benar}}{\text{Jumlah keseluruhan data}} \times 100 \quad (6)$$

Hasil akurasi pengenalan yang diperoleh akan divalidasi menggunakan prosedur *k-fold cross-validation* [15].

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dataset citra *finger vein* yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 600 citra yang berasal dari 100 individu dengan 6 citra sampel untuk setiap individu. Citra tersebut berukuran 320 x 240 piksel dengan tipe 256 *grayscale* (Gambar 2). Dalam tahap *preprocessing* citra tersebut di-*resize* menjadi ukuran 192 x 64 piksel dengan tipe 256 *grayscale* (Gambar 3). Kemudian setelah diekstraksi menggunakan metode LLBP, diperoleh citra *finger vein* dengan tipe biner berukuran 192 x 64 piksel (Gambar 5). Dari Gambar 5 tersebut, dapat dilihat bahwa fitur *vein* hasil metode LLBP lebih jelas dibandingkan dengan fitur *vein* hasil metode LBP. Hal ini membuktikan bahwa metode LLBP lebih baik dalam mengekstraksi fitur tekstur *finger vein* dibandingkan dengan metode sebelumnya yakni LBP.

Fitur citra *finger vein* yang telah diekstraksi menggunakan metode LLBP akan digunakan pada tahap pengenalan menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ). Tahapan ini dilakukan untuk menguji akurasi dari sistem pengenalan *finger vein* menggunakan fitur tekstur LLBP yang diusulkan

dalam penelitian ini. Akurasi pengenalan *finger vein* diperoleh dengan menggunakan Persamaan (6).

Untuk setiap pengujian, dilakukan validasi menggunakan *k-fold cross-validation* dengan  $k=5$ . Sehingga data citra *finger vein* dibagi ke dalam 5 dataset dengan rincian jumlah data *testing* dan data *training* untuk kelima dataset pada masing-masing pengujian ditunjukkan pada Tabel 1. Karena menggunakan *k-fold cross-validation* dengan  $k=5$ , maka setiap pengujian dilakukan sebanyak 5 kali percobaan. Oleh karena itu, waktu iterasi, jumlah iterasi dan akurasi pengenalan *finger vein* yang diperoleh merupakan nilai rata-rata dari kelima percobaan tersebut. Pada keenam pengujian yang dilakukan, digunakan maksimum iterasi sebanyak 500 iterasi sedangkan untuk *minimum error* dibuat bervariasi yakni 0,02 dan 0,01. Kombinasi jumlah citra *training*, citra *testing* per individu serta *minimum error* yang merupakan parameter metode LVQ ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Pengujian

Pengujian	Jumlah Citra	Min. Error
I	3 citra <i>training</i> , 3 citra <i>testing</i>	0,02
II	3 citra <i>training</i> , 3 citra <i>testing</i>	0,01
III	4 citra <i>training</i> , 2 citra <i>testing</i>	0,02
IV	4 citra <i>training</i> , 2 citra <i>testing</i>	0,01
V	5 citra <i>training</i> , 1 citra <i>testing</i>	0,02
VI	5 citra <i>training</i> , 1 citra <i>testing</i>	0,01

Perbandingan waktu iterasi, jumlah iterasi dan tingkat akurasi pengenalan yang diperoleh pada pengujian I sampai pengujian VI ditunjukkan secara berturut-turut dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 tersebut, dapat dilihat bahwa pada pengujian I, dengan menggunakan 3 citra *training* dan 3 citra *testing* untuk setiap individu serta *minimum error* sebesar 0,02, diperoleh akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* sebesar 50% dengan iterasi sebanyak 35 kali iterasi selama 35,4 detik. Pada pengujian II, dengan menggunakan 3 citra *training* dan 3 citra *testing* untuk setiap individu serta *minimum error* sebesar 0,01, diperoleh akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* sebesar 54,7% dengan iterasi sebanyak 69 kali iterasi selama 75,8 detik.

Pada pengujian III dan IV, dengan menggunakan 4 citra *training* dan 2 citra *testing* untuk setiap individu, diperoleh akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* yang sama, baik untuk *minimum error* 0,02 maupun 0,01, yaitu sebesar 60% dengan iterasi yang sama pula yakni mencapai maksimum iterasi yaitu sebanyak 500 kali iterasi. Perbedaan kedua pengujian ini terletak pada waktu iterasi yang

dibutuhkan yaitu sebesar 927,4 detik untuk pengujian III dengan minimum *error* 0,02 dan 1053,6 detik untuk pengujian IV dengan minimum *error* 0,01.

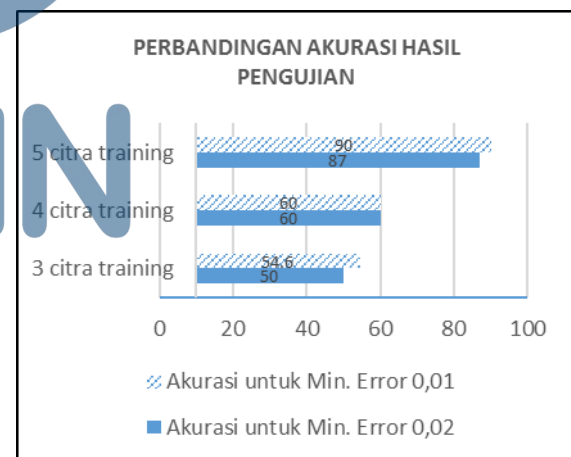
Selanjutnya, pada pengujian V, dengan menggunakan 5 citra *training* dan 1 citra *testing* untuk setiap individu serta minimum *error* sebesar 0,02, diperoleh akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* sebesar 87% dengan iterasi sebanyak 52 kali iterasi dalam waktu selama 86,2 detik. Adapun untuk akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* yang tertinggi yaitu 90% diperoleh pada pengujian VI dengan menggunakan 5 citra *training* dan 1 citra *testing* untuk setiap individu serta minimum *error* sebesar 0,01. Namun waktu iterasi yang dibutuhkan pada pengujian VI ini (876,6 detik) lebih lama dibandingkan dengan waktu iterasi pada pengujian V (86,2 detik).

Tabel 2. Hasil Pengujian

Pengujian I			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	35	30	53,3
2	30	36	50,0
3	52	40	50,0
4	34	39	50,0
5	26	28	46,7
<b>Rata-rata</b>	<b>35,4</b>	<b>35</b>	<b>50</b>
Pengujian II			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	63,0	56	53,30
2	100,0	86	56,67
3	65,0	56	56,67
4	71,0	56	46,67
5	80,0	92	60,00
<b>Rata-rata</b>	<b>75,8</b>	<b>69</b>	<b>54,7</b>
Pengujian III			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	1098	500	60
2	1039	500	60
3	968	500	60
4	564	500	60
5	968	500	60
<b>Rata-rata</b>	<b>927,4</b>	<b>500</b>	<b>60</b>
Pengujian IV			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	765	500	60
2	1078	500	60
3	1207	500	60
4	1197	500	60
5	1021	500	60
<b>Rata-rata</b>	<b>1053,6</b>	<b>500</b>	<b>60</b>
Pengujian V			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	70	49	85
2	77	53	85
3	79	53	85
4	91	50	90

5	114	58	90
<b>Rata-rata</b>	<b>86,2</b>	<b>52</b>	<b>87</b>
Pengujian VI			
<i>k-fold</i>	Waktu (s)	Jumlah Iterasi	Akurasi (%)
1	826	500	90
2	806	500	90
3	981	500	90
4	996	500	90
5	774	500	90
<b>Rata-rata</b>	<b>876,6</b>	<b>500</b>	<b>90</b>

Dari hasil pengujian pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa akurasi sistem pengenalan *finger vein* yang diusulkan dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama, jumlah citra *training*, semakin banyak jumlah citra *training* yang digunakan, maka semakin tinggi akurasi ketepatan pengenalan *finger vein*. Hal ini dapat dilihat pada pengujian V dan VI yang menggunakan 5 citra *training* menghasilkan akurasi 87% dan 90% yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan keempat pengujian yang menggunakan 3 citra *training* dan 4 citra *training* (50-60%). Kedua, nilai minimum *error* yang digunakan. Semakin rendah nilai minimum *error*, maka semakin tinggi akurasi ketepatan pengenalan *finger vein*. Hal ini ditunjukkan pada perbandingan tingkat akurasi ketepatan pengenalan *finger vein* dan jumlah citra *training* yang digunakan untuk minimum *error* 0,02 dan 0,01 pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Perbandingan Akurasi Hasil Pengujian

#### IV. SIMPULAN

Dalam penelitian ini, dibangun sistem pengenalan *finger vein* menggunakan metode *Local Line Binary Pattern* (LLBP) dan *Learning Vector Quantization* (LVQ). Metode *Local Line Binary Pattern* digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur dari pola pembuluh darah pada citra *finger vein* sedangkan metode *Learning Vector Quantization* digunakan untuk mencocokkan fitur tekstur citra *finger vein* pada tahap pengenalan. Pengujian menggunakan 600 citra *finger vein* menghasilkan

rata-rata akurasi pengenalan sebesar 90% untuk minimum error 0,01 sedangkan pengujian minimum error 0,02 menghasilkan rata-rata akurasi pengenalan sebesar 87%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa sistem pengenalan *finger vein* yang dibangun menggunakan metode *Local Line Binary Pattern* (LLBP) dan *Learning Vector Quantization* (LVQ) mampu melakukan pengenalan *finger vein* dengan akurasi pengenalan yang baik, yaitu mencapai 90%.

#### V. SARAN

Adapun saran untuk penelitian tetang pengenalan *finger vein* yang selanjutnya yaitu perlu dilakukan penelitian untuk perbandingan hasil pengenalan dengan menggunakan metode klasifikasi yang lain, seperti *Fuzzy k-Nearest Neighbor* atau SVM (*Support Vector Machine*).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. R. Park, "Finger vein Recognition By Combining Global And Local Features Based On SVM". *Computing and Informatics*, 2012, 30(2), hal. 295-309.
- [2] N. Miura, A. Nagasaka, dan T. Miyatake, "Feature extraction of finger-vein patterns based on repeated line tracking and its application to personal identification". *Machine Vision and Applications*, 2004, 15(4), hal. 194-203.
- [3] N. Miura, A. Nagasaka, dan T. Miyatake, "Extraction of finger-vein patterns using maximum curvature points in image profiles". *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 2007, hal. 1185-1194.
- [4] B. A. Rosdi, C. W. Shing, dan S. A. Suandi, "Finger vein Recognition Using Local Line Binary Pattern". *Sensors (Basel)*, 2011, 11(12), hal. 11357-11371. doi: 10.3390/s111211357
- [5] G. Yang, X. Xi, dan Y. Yin, "Finger vein recognition based on (2D) 2 PCA and metric learning". *BioMed Research International* 2012, (2012).
- [6] E. C. Lee, H. Jung, dan D. Kim, "New finger biometric method using near infrared imaging". *Sensors* 11.3, 2011, hal. 2319-2333.
- [7] X. Xi, et al., "Finger vein recognition with personalized feature selection". *Sensors* 13, no. 9 (2013), hal. 11243-11259, ISSN 1424-8220.
- [8] T. Ojala, M. Pietikainen, dan T. Maenpaa, "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns". *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 2002, 24(7), hal. 971-987.
- [9] A. Petpon, dan S. Srisuk, "Face recognition with local line binary pattern". *Image and Graphics, 2009. ICIG'09. Fifth International Conference on. IEEE, Xi'an, China, 20-23 September 2009*, hal. 533-539.
- [10] J. Y. Sari, C. Faticah, dan N. Suciati, "Local Line Binary Pattern For Feature Extraction on Palm Vein Recognition". *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, 2015, 8(2), hal. 111-118.
- [11] Q. H. Tang, et al., "Application of LVQ neural network combined with the genetic algorithm in acoustic seafloor classification". *Chinese Journal of Geophysics*, 2007, 50(1), hal. 291-298.
- [12] S. Godara, dan R. Gupta, "Neural Networks for Iris Recognition: Comparisons between LVQ and Cascade Forward Back Propagation Neural network Models, Architectures and Algorithm". *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 2013, 3(1), hal. 2250-3021
- [13] SDUMLA-HMT Database, Available from: <http://mla.sdu.edu.cn>
- [14] G. J. de Vries, S. Pauws, dan M. Biehl, "Facial Expression Recognition Using Learning Vector Quantization". In *International Conference on Computer Analysis of Images and Patterns*, hal. 760-771. Springer, Cham, 2015.
- [15] R. Kohavi, "A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection". *IJCAI*, 1995, 14(2), hal. 1137-1145.



UMN



# Implementasi Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Peramalan Exponential Smoothing dan NodeMCU Berbasis Mobile Android

Kurniansyah Pratama<sup>1</sup>, Eko Budi Setiawan<sup>2</sup>  
 Program Studi Teknik Informatika, Universitas Komputer Indonesia  
[kurniansyah.pratama@gmail.com](mailto:kurniansyah.pratama@gmail.com)  
[eko@email.unikom.ac.id](mailto:eko@email.unikom.ac.id)

Diterima 23 Oktober 2017  
 Disetujui 20 Desember 2017

**Abstract**—Poor air quality threatens the health of all living things from humans to plants. Most people don't know that the air they are breathing may be polluted. WHO said that 92% population in the world are living in the area with poor air quality that exceed the safe limit from WHO. Carbondioxide is one of many dangerous gas that must be considered by human. It can cause serious problem to human health. Industries are contribute to carbondioxide concentration in air. The purpose of this system is build the tool using NodeMCU microcontroler to measure the air quality in some place. This system can inform the user about air quality in their place by using Android smartphone. The forecast feature can be used to prevent the dangerous air quality.

**Index Terms**— Carbondioxide, Air Quality, Android, Forecast

## I. PENDAHULUAN

Udara merupakan faktor penting dalam kehidupan. Kualitas udara yang buruk dapat mengancam kelangsungan hidup semua makhluk mulai dari manusia, hewan hingga tumbuhan. Udara yang setiap waktu kita hisap mengandung emisi yang berasal dari berbagai sumber seperti emisi yang keluar dari industri, kendaraan bermotor, juga asap rokok. Hasil studi menunjukkan bahwa polusi udara berbahaya bagi kesehatan manusia, khususnya untuk para usia lanjut dan anak – anak. Seperti berita yang dilansir pada situs WHO bahwa 92% populasi di dunia hidup di area yang memiliki kualitas udara yang melampaui batas aman yang telah ditentukan oleh organisasi WHO [1].

Dengan kemajuan teknologi seperti adanya mikrokontroler dan banyaknya pengguna *smartphone*, teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk mengawasi kualitas udara di suatu tempat. Mikrokontroler dapat dimanfaatkan sebagai pengolah data dari sebuah sensor untuk mengambil nilai ppm yang dapat dijadikan sebagai acuan kualitas udara dari suatu tempat. Sedangkan *smartphone* dapat digunakan untuk menampilkan data yang telah diperoleh oleh

mikrokontroler supaya kondisi kualitas udara di tempat tersebut dapat diawasi dari jarak jauh.

NodeMCU adalah sebuah perangkat IoT yang bersifat *open source*, berbasis proyek eLua dan dibangun diatas ESP8266SDK 1.4. Alat ini banyak menggunakan proyek – proyek *open source*, seperti lua-cjson dan spiffs. Didalamnya terdapat *firmware* yang berfungsi untuk menjalankan ESP8266 Wi-Fi SoC, dan *hardware* yang berbasis modul ESP-12 [2]. Dengan menggunakan sensor MQ-135 dan perangkat NodeMCU [3], maka dapat dibuat sebuah alat untuk memonitor kualitas udara yang ada di suatu tempat untuk menyelesaikan permasalahan mengenai keadaan kualitas udara buruk yang telah dijelaskan tadi. Namun, untuk lebih baiknya tidak hanya memonitor keadaan yang telah terjadi dan sedang terjadi saja. Maka dari itu diperlukan sebuah metode yang dapat memprediksi keadaan selanjutnya.

Dari referensi penelitian telah ditemukan bahwa peramalan melalui pola data mengenai indeks kualitas udara dapat dilakukan menggunakan metode *Exponential Smoothing* [4]. Cara kerja metode *Exponential Smoothing* yaitu dengan memanfaatkan data-data yang telah diperoleh sebelumnya untuk kemudian dijadikan model yang dapat digunakan untuk peramalan.

Dengan demikian, aplikasi yang akan dibangun dalam penelitian ini diharapkan dapat diterapkan sebagai indikator untuk mengawasi kualitas udara di wilayah yang ditetapkan oleh penggunanya. Sehingga sistem dapat memberikan informasi kepada pengguna mengenai tingkat kualitas udara di wilayah tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Polusi Udara

Polusi udara atau pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah

ditetapkan [5]. Sumber pencemaran udara dapat dibagi menjadi tiga kategori besar, yaitu sumber perkotaan dan industri, sumber pedesaan/pertanian dan lainnya, emisi alami. Umumnya sumber pencemar udara utama dari industri merupakan sumber titik, walaupun di dalam kawasan industri besar akan ditemui pula sumber garis, misalnya jalan penghubung di dalam kawasan tersebut, maupun sumber area. Sumber titik di industri juga dapat diamati sebagai:

1. Emisi normal, yaitu emisi yang berasal dari sumber-sumber yang terkontrol dan disalurkan melalui cerobong sehingga dapat diukur atau dipantau besarnya.
2. Emisi abnormal, yaitu emisi yang berasal dari sumber-sumber titik kecil. Sumber ini lebih sulit dikontrol dan diukur.
3. Emisi sementara/aksidental yang berasal dari kebocoran dan tumpahan kecil, ledakan dan kebakaran.

Emisi normal dan abnormal masih dapat dikelola walaupun pada emisi abnormal tindakannya lebih sulit, sedangkan emisi aksidental diatasi dengan tindakan tanggap darurat. Emisi abnormal berasal dari sumber kecil sebuah proses berupa kebocoran gas atau uap dari sambungan pipa.

#### B. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksida adalah gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Karbondioksida beracun pada jantung dan menyebabkan menurunnya gaya kontraktil. Pada konsentrasi tiga persen berdasarkan volume di udara, karbondioksida bersifat narkotik ringan dan menyebabkan peningkatan tekanan darah dan denyut nadi, dan menyebabkan penurunan daya dengar. Pada konsentrasi sekitar lima persen berdasarkan volume, karbondioksida menyebabkan stimulasi pusat pernapasan, pusing-pusing, kebingungan dan kesulitan pernapasan yang diikuti sakit kepala dan sesak napas. Pada konsentrasi delapan persen, dapat menyebabkan sakit kepala, keringatan, penglihatan buram, tremor, dan kehilangan kesadaran setelah paparan selama lima sampai sepuluh menit. Konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) global di atmosfer telah meningkat sejak dimulainya revolusi industri karena pertumbuhan pesat aktivitas manusia [6].

Tabel 1. Indeks Kualitas Udara Karbondioksida

Indeks Kualitas Udara	ppm	Keterangan
Good	350 < 1000	Rata – rata konsentrasi di dalam ruangan dengan sistem sirkulasi udara yang baik
Moderate	1000 < 2000	Mengakibatkan kantuk
Unhealthy	2000 < 5000	Sakit kepala, kantuk, penurunan konsentrasi,

Indeks Kualitas Udara	ppm	Keterangan
		peningkatan denyut jantung
Very Unhealthy	5000	Batas maksimal konsentrasi karbondioksida dalam lingkungan kerja. Untuk jam kerja 8 jam. Menurut OSHA ( <i>Occupational Safety and Health Administration</i> )
Dangerous	>= 40000	Dapat menyebabkan kekurangan oksigen serius yang mengakibatkan kerusakan otak permanen, koma bahkan kematian

#### C. API (Application Programming Interface)

API (*Application Programming Interface*) adalah antarmuka yang digunakan untuk mengakses aplikasi atau layanan dari sebuah program. API memungkinkan pengembang untuk memakai fungsi yang sudah ada dari aplikasi lain sehingga tidak perlu membuat ulang dari awal.

Pada konteks web, API merupakan pemanggilan fungsi lewat *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP) dan mendapatkan respon berupa *Extensible Markup Language* (XML) atau *Javascript Object Notation* (JSON). Pemanggilan fungsi ke suatu situs tertentu akan menghasilkan respon yang berbeda. [7]

#### D. NodeMCU

NodeMCU adalah sebuah perangkat IoT yang bersifat *open source*. Didalamnya telah terdapat *firmware* yang berjalan diatas ESP8266 Wi-Fi SoC dari sistem espress if, dan perangkat keras yang berbasis modul ESP – 12. Nama NodeMCU sendiri mengacu pada *firmware* yang ada didalamnya. *Firmware* perangkat ini menggunakan bahasa pemrograman Lua. Perangkat ini berbasis pada proyek eLua, dan dibangun diatas espress if Non – OS SDK untuk ESP8266. ESP8266 adalah Wi – Fi SoC yang telah diintegrasikan dengan inti Tensilica Xtensa LX106, yang banyak digunakan untuk aplikasi – aplikasi IoT.

Setelah itu, dilakukan *porting library* klien MQTT dari Contiki ke dalam *platform* ESP8266 SoC, yang kemudian ditetapkan untuk proyek NodeMCU. Dengan itu, NodeMCU mempunyai dukungan untuk protokol MQTT IoT, menggunakan Lua untuk mengakses MQTT broker. Perkembangan lainnya yang tidak kalah penting dilakukan pada tanggal 30 Januari 2015, ketika Devsaurus melakukan porting u8glib untuk proyek NodeMCU, memberikan kemudahan pada NodeMCU untuk menggunakan sebuah LCD, OLED, monitor [3].



Gambar 1. NodeMCU V3

### E. Android

Android adalah sebuah sistem operasi berbasis kernel linux yang dikembangkan oleh Google dan digunakan untuk perangkat-perangkat *mobile*. Android memungkinkan pengembang untuk membuat *programming* dengan menggunakan bahasa Java, juga dapat mengontrol perangkat melalui *library* Java yang telah dikembangkan oleh Google. Langkah pertama dalam pengembangan aplikasi android, pengembang membuat aplikasi menggunakan bahasa Java, kemudian aplikasi-aplikasi tersebut diunduh melalui situs pihak ketiga atau toko aplikasi *online* [8].

### F. Ionic

Ionic adalah sebuah *framework* dapat digunakan untuk membangun sebuah aplikasi *mobile* dengan menggunakan teknologi web seperti HTML5, CSS dan JavaScript. *Framework* ionic dibangun menggunakan AngularJS, yang merupakan sebuah *framework* JavaScript yang telah banyak digunakan. Angular juga menjadikan aplikasi-aplikasi yang dibangun lebih mudah dikelola untuk pengembangan dan bekerja secara *teamwork* karena ionic memungkinkan pengembang untuk dapat dengan mudah menambah, mengkostumisasi fitur-fitur atau *library-library* aplikasi [9].

### G. Peramalan (Forecast)

Peramalan adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya dapat diperkecil. Peramalan tidak memberikan jawaban pasti tentang apa yang akan terjadi, melainkan berusaha mencari pendekatan tentang apa yang akan terjadi sehingga dapat memberikan kontribusi dalam menentukan keputusan terbaik [10].

### H. Metode Pemulusan Eksponensial Musiman

Sebagaimana halnya dengan persamaan pemulusan eksponensial linear yang dapat digunakan untuk memprakirakan serial data yang memiliki pola trend, bentuk persamaan lain dapat digunakan apabila pola dasar serial data berbentuk musiman. Salah satu metode prakiraan yang khusus untuk data yang berpola musiman adalah metode pemulusan eksponensial linear dan musiman dari *winter*. Metode ini didasarkan atas tiga persamaan, yaitu masing – masing untuk unsur stasioner, trend dan musiman, yang dirumuskan seperti pada gambar 2.

$$S_t = \alpha \left( \frac{X_t}{I_{t-L}} \right) + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$I_t = \gamma \left( \frac{X_t}{S_t} \right) + (1 - \gamma)I_{t-L}$$

$$F_{t+m} = (S_t + T_t \cdot m)I_{t-L+m}$$

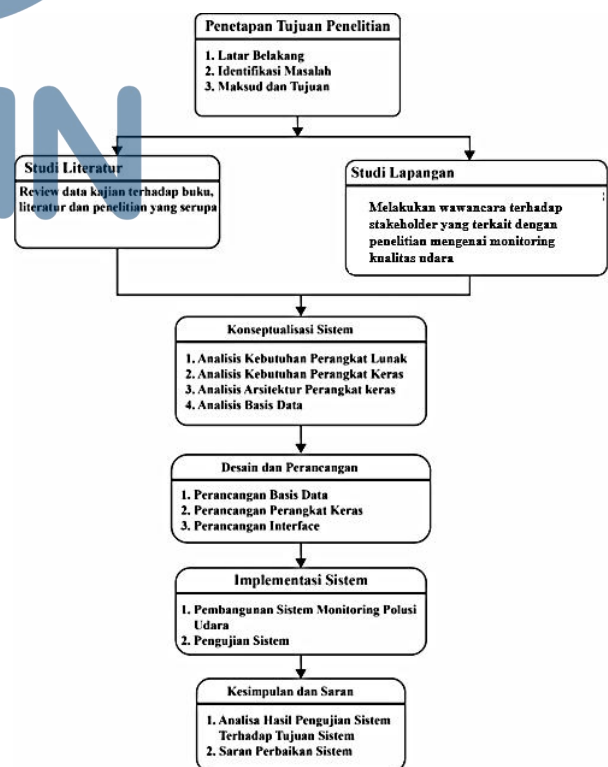
Gambar 2. Persamaan Pemulusan Eksponensial Musiman

Keterangan :

- $S_t$  = Nilai Pemulusan *Level*
- $T_t$  = Nilai Pemulusan *Trend*
- $I_t$  = Nilai Pemulusan Musiman
- $F_{t+m}$  = Prakiraan untuk periode t
- $\alpha, \beta, \gamma$  = Konstanta pemulusan
- L = Jumlah periode dalam satu siklus musim
- I = Faktor penyesuaian musim.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian dalam ilmu komputer/sistem informasi/teknologi informasi merupakan “langkah-langkah/tahapan perencanaan dengan bantuan beberapa metode, teknik, alat (*tools*) dan dokumentasi dengan tujuan untuk membantu peneliti dalam meminimalkan resiko kegagalan dan menekankan pada proses/sasaran penelitian di bidang CS/IS/IT”. Adapun langkah-langkah alur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



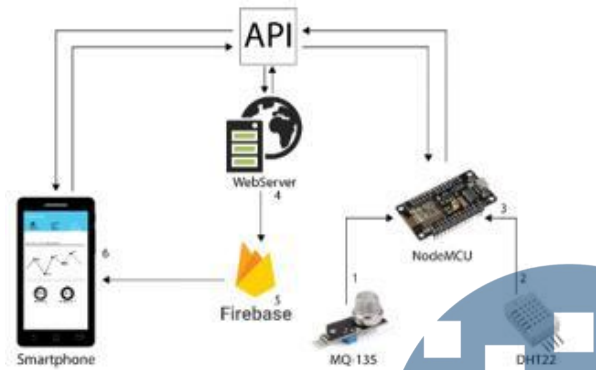
Gambar 3 Tahapan Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini terdiri dari tahapan penelitian yang dilakukan. Tahapan tersebut terdiri dari analisis dan perancangan sistem, analisis teknologi yang digunakan.

A. Analisis dan Perancangan Sistem

Sistem yang akan dibangun yaitu aplikasi monitoring kualitas udara yang disertai fitur peramalan untuk Android. Arsitektur sistem yang akan dibangun dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur Sistem

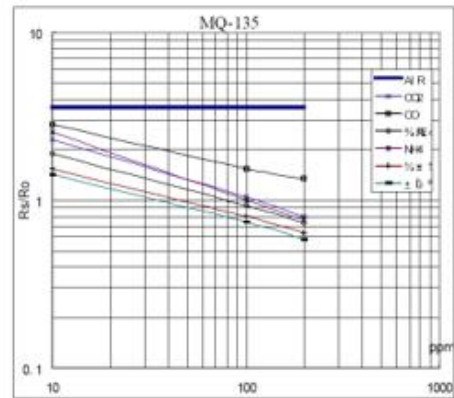
NodeMCU berfungsi sebagai pengolah dan alat untuk mengambil data kandungan CO<sub>2</sub> serta data kelembaban dan temperatur dari work station untuk kemudian dikirim ke webservice melalui API. Setelah data dikirim, data dapat dilihat melalui aplikasi smartphone Android atau web display yang telah disediakan. Aplikasi pada smartphone memiliki fitur-fitur untuk melihat kondisi terbaru dari work station, histori, serta peramalan untuk membuat prakiraan beberapa periode ke depan. Firebase pada sistem akan mengirimkan push notification pada smartphone ketika kualitas udara mencapai kondisi unhealthy.

B. Analisis Teknologi yang digunakan

Analisis teknologi yang digunakan adalah proses analisis mengenai cara kerja teknologi-teknologi yang akan digunakan oleh sistem. Dalam penelitian ini ada beberapa teknologi yang akan dijelaskan yang terdiri dari analisis cara kerja sensor kualitas udara, cara kerja sensor kelembaban dan temperatur DHT22 dan cara kerja analog to digital converter(ADC) yang ada pada mikrokontroler NodeMCU, analisis pengiriman data menggunakan NodeMCU dan analisis API yang akan dibangun.

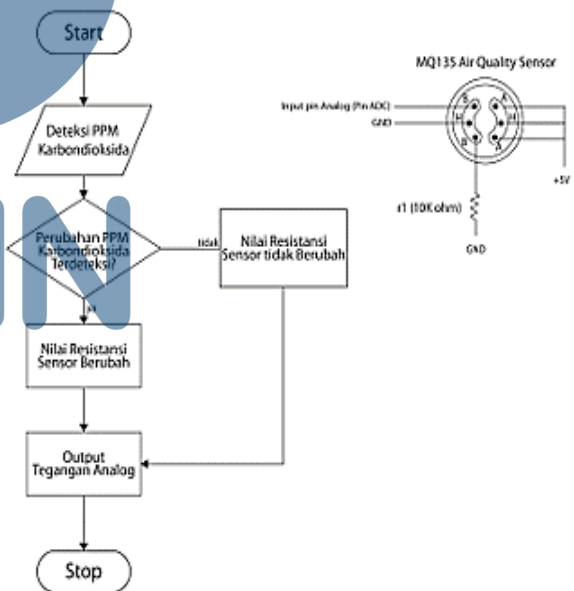
1. Analisis cara kerja sensor MQ - 135

Pada dasarnya, cara kerja dari sensor kualitas udara MQ135 adalah dengan mendeteksi keberadaan gas-gas berbahaya di sekitarnya. Sensor ini akan digunakan sebagai pendeteksi kadar gas CO<sub>2</sub> yang ditunjukkan oleh satuan ppm.



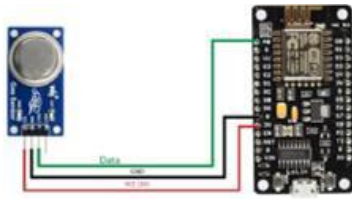
Gambar 5. Karakteristik Sensitivitas sensor MQ135

Dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 5. dapat diketahui bahwa tahanan sensor ( $R_s/R_o$ ) akan mengecil seiring dengan tingkat konsentrasi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang terdeteksi oleh sensor sehingga input tegangan analog yang akan digunakan sebagai input pin ADC pada mikrokontroler NodeMCU akan semakin besar. Sebaliknya, semakin kecil tingkat kepadatan gas yang dapat terdeteksi oleh sistem maka tahanan sensor akan semakin besar sehingga tegangan analog yang masuk ke dalam pin ADC mikrokontroler akan semakin kecil.



Gambar 6. Alur Kerja Sensor MQ135

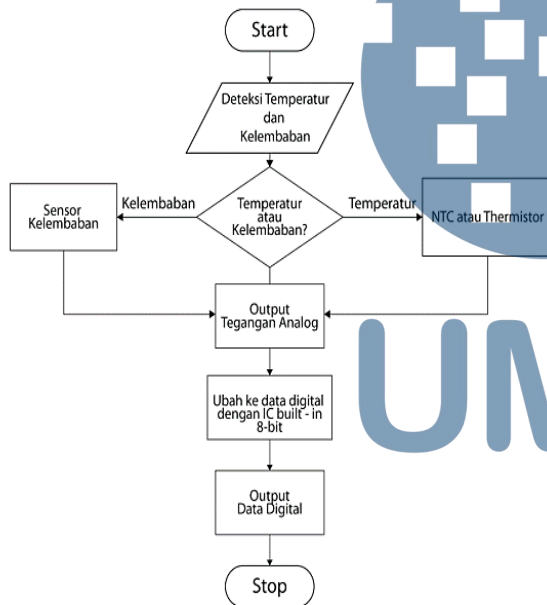
Sensor ini mengambil hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog pada pin keluarannya. Pin ini dapat dihubungkan dengan pin ADC (analog-to-digital converter) pada perangkat Mikrokontroler NodeMCU. Dengan demikian, peneliti dapat menyimpan data tersebut pada database server untuk kemudian dapat diolah dan dikirimkan pada perangkat smartphone yang digunakan oleh pengguna. Koneksi antara sensor MQ-135 dengan mikrokontroler NodeMCU dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Koneksi Sensor MQ135 dan NodeMCU

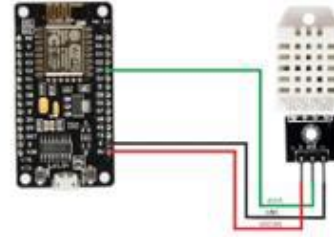
## 2. Analisis cara kerja sensor DHT22

Sensor DHT22 atau AM2302 adalah sensor kelembaban dan temperatur yang mempunyai tingkat presisi yang sangat tinggi. Keluaran dari sensor DHT22 adalah sinyal digital. Didalam komponen sensor DHT22 terdiri dari komponen sensor kelembaban dan sensor temperatur atau *thermistor*. Kedua sensor ini telah terhubung dengan IC 8-bit di dalamnya yang mengkonversi keluaran menjadi sinyal digital. Sehingga sensor DHT22 dapat dihubungkan secara langsung dengan perangkat NodeMCU ataupun dengan perangkat mikrokontroler lainnya. Alur kerja sensor DHT22 dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Alur Kerja Sensor DHT22

Dikarenakan didalam sensor DHT22 telah terdapat sebuah IC 8-bit yang berfungsi untuk mengubah keluaran dari sensor, maka keluaran dari sensor dapat diolah secara langsung melalui pin GPIO yang ada pada mikrokontroler NodeMCU. Untuk penelitian ini, sensor akan dihubungkan melalui pin GPIO2 atau D4 pada *board* NodeMCU ESP8266. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Koneksi NodeMCU dan Sensor DHT22

## 3. Sintaks Pengambilan data Sensor NodeMCU

Berikut adalah sintaks untuk mendapatkan data dari sensor MQ135 dan DHT22.

```

1 #define ANALOGPIN A0
2 #define DHTTYPE DHT22
3 #define DHTPIN 2
4 MQ135 gasSensor = MQ135(ANALOGPIN);
5 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
6 float ppm = gasSensor.getPPM();
7 float kelembaban = dht.readHumidity();
8 float temperatur = dht.readTemperature();
9 if (isnan(kelembaban) || isnan(temperatur) || isnan(temperaturFahren)) {
10 Serial.println("pembacaan sensor gagal!");
11 return;
  
```

Gambar 10. Sintaks Pengambilan Data Sensor

Sintaks tersebut terdiri dari proses inialisasi pin yang digunakan pada mikrokontroler NodeMCU dan dilanjutkan dengan pengambilan data ppm CO<sub>2</sub> serta pengambilan nilai kelembaban dan temperatur dengan memanfaatkan *method* dari *library* MQ135.h dan DHT.h yang telah disediakan secara *online* pada *website* Arduino.

## 4. Perancangan RESTful API

RESTful API merupakan implementasi dari API (*Application Programming Interface*). REST (*Representational State Transfer*) adalah suatu arsitektur metode komunikasi yang menggunakan protokol HTTP untuk pertukaran data dan metode ini sering diterapkan dalam pengembangan aplikasi. Tujuannya adalah untuk menjadikan sistem yang memiliki performa yang baik, cepat dan mudah untuk dikembangkan. Komponen yang dibangun dalam RESTful API adalah URL design, dan verbs yang akan digunakan. Bentuk yang akan digunakan untuk URL design untuk API pada sistem ini adalah 'airquality/api/sensor' sedangkan untuk *verbs* yang digunakan adalah *verbs* POST dan GET. *Verbs* POST digunakan untuk pengiriman data dari alat ke *webserver*. Sedangkan *verbs* GET digunakan untuk pengambilan data oleh aplikasi *Smartphone* dan *Web display*.

## 6. Analisis *Multiplatform* pada Ionic

Bentuk dari aplikasi ionic berupa aplikasi hybrid. Dimana sebuah aplikasi yang dibuat menggunakan ionic dapat dirilis di lebih dari 1 platform alias *multiplatform*. Tahapan dalam membangun aplikasi

*multiplatform* pada ionic adalah dengan cara menambahkan *platform* yang akan digunakan pada *project*. Untuk penambahan *platform* pada *project* ionic dapat menggunakan CLI dengan *command* seperti pada Gambar 3.

```
ionic cordova platform add $platform
```

Gambar 3. *Command* tambah *platform*

Platform diganti dengan platform yang akan digunakan seperti ios, android, windows atau browser. Contoh untuk menambahkan platform browser seperti pada Gambar 4.

```
ionic cordova platform add browser
```

Gambar 4. Tambah *platform browser*

Untuk melihat daftar *platform* yang telah ditambahkan pada *project* dapat dilihat pada *ProjectFolder\platforms*.

Setelah penambahan *platform* selesai, maka aplikasi dapat dibangun sesuai dengan *platform* yang dibutuhkan. Tetapi ada beberapa kebutuhan yang harus dipenuhi sebelum *project* dibangun kedalam aplikasi untuk *platform* yang diperlukan. Ionic menyediakan dokumentasi untuk kebutuhan dalam membangun aplikasi untuk *platform* yang diinginkan. Dengan menggunakan CLI, *command* pada Gambar 5. dapat digunakan untuk membangun *project* menjadi aplikasi yang dapat digunakan oleh *platform*.

```
ionic cordova build $platform
```

Gambar 5. *Command Build* Aplikasi

Contoh *command* untuk meng-*compile* aplikasi *web* dapat dilihat pada Gambar 6.

```
ionic cordova build Browser
```

Gambar 6. *Build* Aplikasi *browser*

Hasil keluaran dari *command* diatas telah menghasilkan aplikasi web yang dapat langsung digunakan sebagai aplikasi web. Untuk hasilnya dapat diambil pada **ProjectFolder\platforms\platforms\browser\www**. Hasil ini dapat langsung di hosting kedalam *webserver*.

#### 7. Analisis Peramalan *Exponential Smoothing*

Metode pemulusan eksponensial atau *Exponential Smoothing* merupakan pengembangan dari metode *Moving Averages*. Cara kerja dari metode peramalan ini dilakukan dengan cara mengulang perhitungan secara terus menerus dengan menggunakan data-data sebelumnya, dimana setiap data akan diberi bobot. Untuk metode pemulusan eksponensial tiga parameter dari winter menggunakan nilai bobot *alpha* ( $\alpha$ ), *beta*

( $\beta$ ) dan *gamma* ( $\gamma$ ). Nilai bobot ini berfungsi untuk melakukan penghalusan terhadap nilai peramalan. Besaran bobot ditentukan secara acak (*trial and error*) sampai ditemukan nilai yang menghasilkan kesalahan peramalan paling kecil. Nilai bobot berkisar antara 0 dan 1.

Tabel 2. Sampel Data

Tahun	Kuartal	Periode (t)	Nilai Observasi X	Nilai Prakiraan			
				S ( $\alpha=0,6$ )	T ( $\beta=0,2$ )	I ( $\gamma=0,5$ )	F
2001	1	1	460			0,96	
	2	2	484			1,01	
	3	3	530			1,11	
	4	4	441	441,00	10,25	0,92	
2002	1	5	492	488,00	17,60	0,98	48,538
	2	6	509	504,62	17,40	1,01	52,724
	3	7	588	526,65	18,33	1,11	60,492
	4	8	490	537,55	16,84	0,92	51,005
2003	1	9	-				54,558
	2	10	-				57,658
	3	11	-				65,469
	4	12	-				55,398

Langkah-langkah yang dilakukan dalam metode peramalan ini adalah:

1. Menentukan nilai pemulusan awal (St) yang dapat disamakan dengan nilai aktual periode tersebut. Contoh dari sampel data pada Tabel 2 adalah nilai 441,0
2. Hitung inisialisasi nilai pemulusan trend dengan persamaan seperti berikut.

$$T_4 = \frac{1}{4} \left\{ \frac{492 - 460}{4} + \frac{509 - 484}{4} + \frac{588 - 530}{4} + \frac{490 - 441}{4} \right\} = 10,25$$

3. Hitung inialisasi pemulusan musiman satu musim awal dengan cara membagi setiap data pengamatan (X) dengan rata - rata data pengamatan pada siklus itu.

Rata - rata tahun 2001:

$$X_{2001} = (460 + 484 + 530 + 441) / 4 = 478,75$$

Sehingga nilai inisial indeks musimannya

$$I_1 = 460 / 478,75 = 0,96$$

$$I_2 = 484 / 478,75 = 1,01$$

$$I_3 = 530 / 478,75 = 1,11$$

$$I_4 = 441 / 478,75 = 0,92$$

4. Hitung nilai level(S) pada periode - periode selanjutnya dengan persamaan berikut.

$$S_5 = 0.6 \left( \frac{492}{0.96} \right) + (1 - 0.6)(441.0 + 10.25)$$

5. Hitung trend(T) pada periode - periode selanjutnya dengan seperti berikut.

$$T_5 = 0.2(488.0 - 441.0) + (1 - 0.2)10.25$$

6. Hitung nilai musiman pada periode - periode selanjutnya seperti berikut.

$$I_5 = 0.5 \left( \frac{492}{488} \right) + (1 - 0.5)0.96$$

7. Hitung nilai peramalan yang digunakan untuk pencocokan model dan data aktual dengan persamaan berikut.

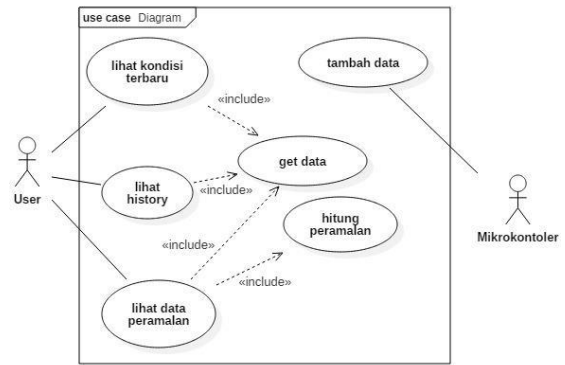
$$F_5 = (488 + 10.25)0.96$$

8. Hitung peramalan untuk beberapa periode yang akan datang seperti berikut.

$$F_9 = (490 + 16.84 * 1)0.98$$

#### D. Use Case Diagram Aplikasi Mobile Android

Diagram usecase dari aplikasi mobile yang dibangun terdiri dari enam fungsional, yaitu lihat kondisi terbaru, lihat histori, lihat peramalan, get data, hitung peramalan dan tambah data. Sedangkan actor yang terlibat yaitu mikrokontroler dan user. seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Use Case Aplikasi Android

#### E. Implementasi Sistem

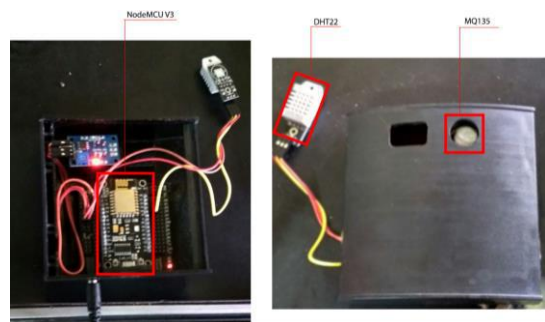
Tahap implementasi merupakan tahap dimana aplikasi monitoring kualitas udara berbasis android dengan bantuan mikrokontroler NodeMCU siap dioperasikan. Tahapan ini juga akan menjelaskan mengenai implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, dan implementasi program serta antarmuka aplikasi untuk monitoring kualitas udara.

##### E.1. Implementasi Perangkat Mikrokontroler

Perangkat keras yang digunakan dalam pembangunan alat untuk mengambil data ppm dari karbondioksida, suhu dan kelembaban pada lokasi studi kasus. Berikut adalah daftar komponen lengkap yang digunakan dalam implementasi perangkat keras alat yang dibangun.

1. Mikrokontroler NodeMCU V3 LoLin
2. Base Board NodeMCU
3. Adaptor 12V 1A
4. Sensor MQ135
5. Sensor DHT22

Untuk bentuk hasil akhir dari alat dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Implementasi Alat

##### E.2. Implementasi Perangkat Lunak

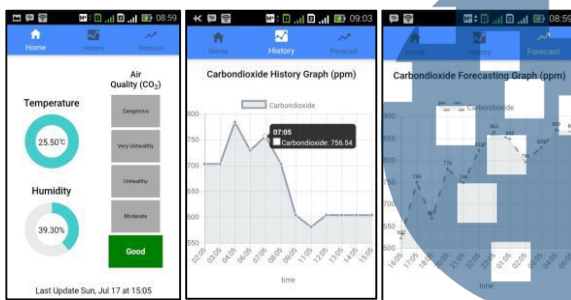
Perangkat lunak pendukung yang digunakan untuk mengimplementasikan aplikasi ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Implementasi Perangkat Lunak

No.	Jenis Perangkat Lunak	Spesifikasi
1.	Sistem Operasi	Windows 10 Pro 64-bit
2.	Editor	Arduino IDE, Sublime Text 3, Visual Studio Code
3.	Framework	Ionic, Yii 2.0
4.	Bahasa pemrograman	php, AngularJS, Arduino C
5.	Database	MySQL

E.3. Implementasi Aplikasi

Aplikasi monitoring kualitas udara berbasis android dan NodeMCU ini membutuhkan proses instalasi pada perangkat android. Pengguna harus mempunyai aplikasi yang telah terinstall pada perangkat *smartphone*. Untuk hasil implementasi tampilan pada aplikasi Android dapat dilihat pada Gambar 17.



Gambar 8. Antarmuka Android

Dari Gambar 8. Antarmuka untuk *home* ditunjukkan pada gambar paling kiri. Pada halaman ini terdapat indikator kondisi kualitas udara, serta data kelembaban dan temperatur yang terakhir dikirimkan oleh alat. Halaman histori ditunjukkan oleh gambar kedua, dimana dalam halaman ini terdapat grafik histori nilai ppm karbondioksida. Sedangkan untuk halaman peramalan terdapat pada gambar paling kanan. Halaman ini menampilkan hasil perhitungan peramalan nilai ppm karbondioksida yang telah diolah kedalam bentuk grafik.

F. Pengujian User Acceptance

Pengujian *user acceptance* dilakukan pada bulan Juli 2017 dengan menyebarkan kuesioner terhadap 19 responden sebagai pengguna aplikasi. Berikut merupakan hasil dari pengujian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kuesioner

Pernyataan Pertama: Sistem dapat memberikan informasi mengenai indeks kualitas udara.				
SS	S	RR	TS	STS
11	8	0	0	0
Rata – Rata = (55+32+0+0+0)/19 = 4.58				

Pernyataan Kedua: Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memonitor kondisi udara di suatu tempat dari jarak jauh.

SS	S	RR	TS	STS
5	13	1	0	0
Rata – Rata = (25+42+3+0+0)/19 = 3.68				

Pernyataan Ketiga: Ramalan sistem dapat dimanfaatkan untuk mengantisipasi kualitas udara buruk yang akan terjadi.

SS	S	RR	TS	STS
4	11	3	1	0
Rata – Rata = (20+44+9+2+0)/19 = 3.95				

Pernyataan Keempat: Tampilan aplikasi *smartphone* mudah untuk dipahami dan digunakan.

SS	S	RR	TS	STS
7	10	2	0	0
Rata – Rata = (35+40+6+0+0)/19 = 4.26				

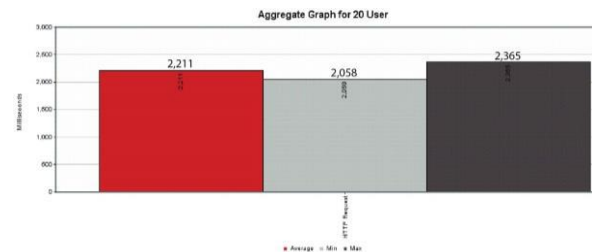
Rata – Rata Akhir = (4.58+3.68+3.95+4.26)/4 = 4.12				
--	--	--	--	--

Berdasarkan hasil pengujian beta pada Tabel 4. Dapat diambil kesimpulan bahwa mayoritas responden menjawab setuju mengenai fungsi sistem *monitoring* yang dibangun dalam memberikan informasi indeks kualitas udara.

G. Pengujian Performa API

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan pengambilan data dari API yang telah dibangun. Pengujian dilakukan dengan bantuan perangkat pendukung Apache JMeter.

Dalam pengujian ini, diasumsikan bahwa ada 20 user. Jeda antar user mengakses API adalah 1 detik. Dapat dilihat dalam grafik bahwa kecepatan rata – rata *response* dari API adalah 2,211ms. Untuk waktu paling minimum atau paling cepat adalah 2,058ms dan waktu maksimum adalah 2,365ms. Gambar 18 merupakan hasil pengujian performa API dari aplikasi yang dibangun.



Gambar 18. Hasil pengujian performa API

V. SIMPULAN

Adapun kesimpulan dan saran yang didapatkan dari hasil penelitian ini yaitu:

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari penelitian yang dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:



1. Sistem dapat memberikan informasi mengenai indeks kualitas udara di area sekitar yang telah ditentukan oleh penggunanya.
2. Sistem dapat memberikan ramalan polusi udara untukantisipasi adanya kualitas udara yang buruk.

#### B. Saran

Adapun saran-saran untuk pengembangan Aplikasi monitoring kualitas udara ini adalah sebagai berikut:

1. Penambahan sensor yang dimonitor tidak hanya gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>).
2. Pencarian nilai parameter *alpha*, *beta*, dan *gamma* agar dapat dicari secara langsung oleh aplikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. M. Wyrwal, G. Dziubanek, M. Rusin, K. Oleksiuk and M. Kubasiak, "Impact of Air Pollution on Public Health," *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*, 2011.
- [2] R. Amrutkar, S. Vikharankar and L. Ahire, "Security: Smart Homes Using Internet of Things (IoT)," *International Engineering Research Journal (IERJ)*, vol. 2, no. 2, pp. 558-561, 2016.
- [3] S. S. Devi and G. Vijaykiran, "Things of Internet Based Smart Environmental Monitoring Using Node MCU," *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, vol. 6, no. 4, 2017.
- [4] R. Jin, T. Liu and S. Wang, "The Application of Holt Exponential Smoothing Model on 2014 Air Quality Index in Miyun County, Beijing, China," *Bulletin of Mathematics*, vol. 3, no. 4, 2015.
- [5] W. E. Cahyono, "Kajian Tingkat Pencemaran Sulfur Dioksida dari Industri di Beberapa Daerah di Indonesia," *Berita Dirgantara*, vol. 12, no. 4, pp. 133-134, 2011.
- [6] Y. Wicaksono and A. Suismoni, "Deteksi Gas Berbahaya CO, CO<sub>2</sub>, NOX Dengan Penampil Dot Matriks dan level Bahaya Serta Besarnya," p. 3. 2010.
- [7] R. R. Hardani and Sarwosri, "Rancang Bangun Aplikasi Perangkat Bergerak berbagi Foto Berbasis Android menggunakan API Facebook, Flickr dan Picasa," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1-2, 2012.
- [8] S. Bhardwaj, P. Chouhan, R. Sharma and P. Sharma, "Android Operating Systems," *International Journal of Engineering Technology & Management Research*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [9] S. Yusuf, in *Ionic Framework By Example*, Birmingham, Packt Publishing, pp. 5-10. 2016.
- [10] Jonnius, J., & Ali, A. Analisis Forecasting Penjualan Produk Perusahaan. *Kutubkhanah*, vol 15 No.2, pp. 129-137, 2012.

# Metoda Sederhana Distribusi Node Jaringan Sensor Nirkabel untuk Mengatasi Kehilangan Data Pada Saat Pengiriman

Rifki Muhendra

Program Studi Teknik Fisika, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia  
rifki.muhendra@lecturer.umn.ac.id

Diterima 23 Oktober 2017  
Disetujui 20 Desember 2017

**Abstract**—A simple method of wireless sensor network node distribution was developed to address data loss during transmission. A node consists of a microcontroller, radio frequency, and battery. The adjacent nodes are planted with programs that can build mesh networks. This network consists of multiple child networks and parent networks connected through a frequency router node. Communication between nodes in the network can take two ways. The average ping time measured for the node distribution model is small from 1 second and the bit error rate (BER) is 0%.

**Index Terms**—Wireless sensor networks, mesh, frequency router node

## I. PENDAHULUAN

Jaringan sensor nirkabel (JSN) merupakan area penelitian yang aktif dengan berbagai lokakarya dan konferensi yang disusun setiap tahun, misalnya IPSN, SenSys, dan EWSN. Bidang-bidang penelitian tentang JSN meliputi Industri[1], infrastruktur[2], pertanian[3], kesehatan[4] dan militer[5]. JSN menawarkan kemudahan dalam pemantauan maupun control fisik objek atau lingkungan tanpa harus berhubungan secara langsung. JSN terdiri dari sistem sensor nirkabel yang biasa disebut node, dimana node-node yang berada dalam suatu daerah dapat berhubungan satu sama lain membentuk sebuah jaringan. Jaringan ini dapat juga dihubungkan dengan internet sehingga sistem yang dibangun dapat dikelola menggunakan mobile internet maupun android.

Dengan berkembangnya teknologi perangkat komunikasi nirkabel seperti radio frekuensi (RF), Zigbee, bluetooth, dan WIFI, penerapan JSN dalam kehidupan sehari-hari semakin mudah. Biaya pembangunan node-node JSN tidak lebih dari 5 US dolar[6]. Sayangnya, semakin banyaknya perangkat yang terhubung secara nirkabel, lalu lintas data disuatu daerah semakin padat. Akibatnya, tingkat kehilangan data semakin tinggi. Untuk itu, penelitian terkait penanggulangan kepadatan lalu lintas data secara nirkabel merupakan hal yang penting.

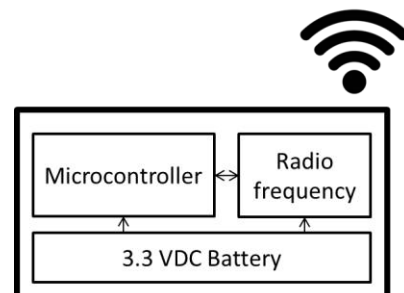
Beberapa penelitian sebelumnya untuk mengatasi permasalahan ini telah dikemukakan antara lain penjadwalan pengiriman data yang efektif[7], [8], pemilihan jalur transmisi spesifik[9], [10] dan menetapkan jumlah node yang efektif dalam jaringan[11]. Namun, beberapa metode di atas cukup kompleks dalam hal pemrograman. Pada paper ini, kami mengusulkan sebuah metoda sederhana untuk mengatasi kepadatan lalu lintas data menggunakan model distribusi node berbasis topologi mesh.

## II. PERANCANGAN SISTEM

Dalam penelitian ini, kami menggunakan metode eksperimen dalam pengembangan sistem JSN. Eksperimen ini terdiri dari pembangunan node JSN dan pengembangan beberapa model distribusi node berbasis topologi mesh.

### A. Perancangan Node JSN

Sebuah node JSN terdiri dari mikrokontroler, frekuensi radio (RF) dan baterai seperti terlihat pada gambar 1. Setiap node yang telah dibangun dikemas dalam kotak tahan air dan panas untuk menghindari kondisi lingkungan yang mengganggu selama percobaan ini.



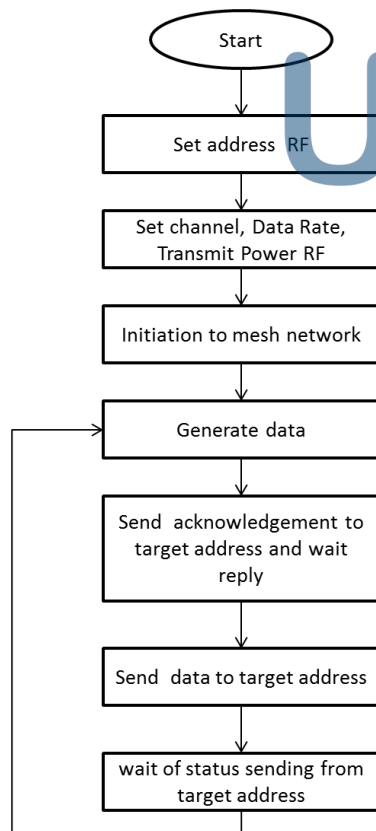
Gambar 1. Skematik node jaringan mesh nirkabel

Mikrokontroler pada node berfungsi otak yang mengatur segala proses yang berlangsung dalam node. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Promini berbasis ATmega328. Mikrokontroler ini

bekerja dengan tegangan 1,8-5,5 volt dan arus 16 mA. Mikrokontroler ini kami pilih karena berukuran kecil, kapasitas prosesornya mencukupi sebagai aplikasi jaringan sensor nirkabel dan berdaya rendah. Pemrograman mikrokontroler ini menggunakan Arduino IDE 1.8.1. Algoritma program yang bekerja di mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 2.

Perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan sebuah node dengan node lain dalam sistem ini adalah RF. RF dipilih sebagai transmitter karena berdaya rendah, mudah diintegrasikan dengan perangkat lain dan berharga murah. Jenis RF yang digunakan adalah nrf24. RF ini bekerja pada frekuensi 2,400 GHz hingga 2525 GHz dengan kecepatan pengiriman data hingga 2Mbps. Tegangan optimal RF pada saat pengiriman data sebesar 3-3,3 VDC dan arus 10,5 mA. Antarmuka RF dengan mikrokontroler menggunakan Serial Peripheral Interface (SPI). Dengan perkembangan pemrograman sebelumnya[12], RF ini telah mendukung transmisi data jaringan dengan topologi mesh.

Baterai merupakan komponen yang digunakan untuk mensuplai daya pada node. Jenis baterai yang digunakan adalah AA 1.5 VDC. Agar kebutuhan tegangan pada node terpenuhi sebesar 3 volt, baterai dirangkai secara seri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pemilihan baterai dalam sistem ini karena bersifat mandiri, praktis dan banyak tersedia di pasaran. Selain itu, efek penggunaan baterai untuk memasok daya pada node tidak mengganggu pengiriman data RF[13].



Gambar 2. Alur pemrograman di mikrokontroler



Gambar 3. Bentuk fisik dari node jaringan mesh nirkabel

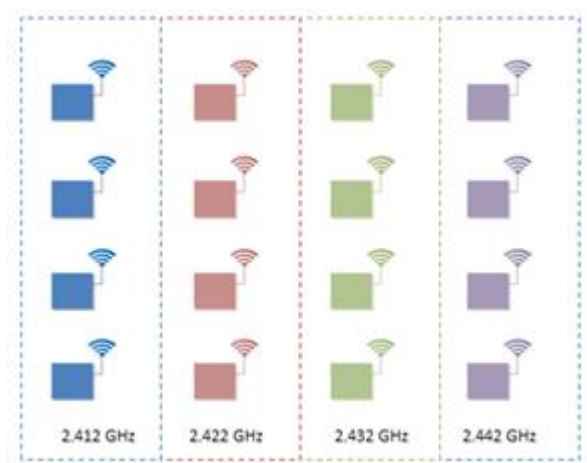
#### B. Pengembangan model distribusi node menggunakan topologi mesh

Topologi mesh adalah topologi jaringan dimana node-node didalam suatu daerah terhubung satu sama lain baik secara langsung maupun menggunakan node perantara. Topologi mesh ini biasanya diterapkan untuk jaringan di daerah yang luas karena mesh dapat meningkatkan jangkauan pengiriman data. Apabila sebuah node mati, node-node disekitarnya akan melakukan proses *rerouting*, sehingga komunikasi dalam jaringan dapat dijaga dengan baik.

Seperti yang diungkapkan dalam bab pendahuluan, tujuan pengembangan sistem ini adalah untuk mengurangi kepadatan lalu lintas data dalam jaringan. Oleh karena itu, kami mengembangkan model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan memanfaatkan lebar frekuensi kerja nrf24. Model jaringan yang kami bangun meliputi:

##### 1. Model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Ini adalah model jaringan frekuensi radio dengan topologi mesh dimana ada beberapa cluster jaringan yang bekerja di suatu daerah. Setiap cluster memiliki frekuensi pengiriman yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Tujuan dari pembangunan model ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan frekuensi di suatu daerah terhadap kualitas pengiriman data.

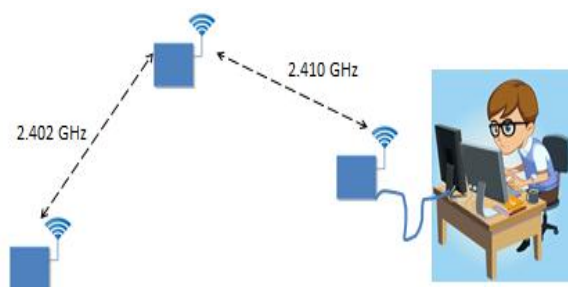


Gambar 4. Model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

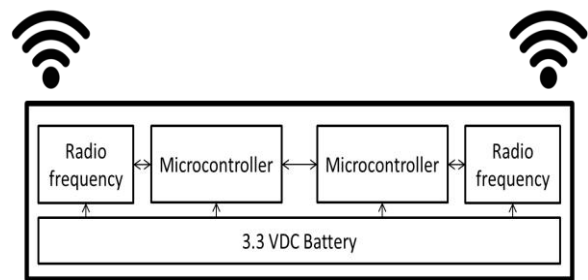
2. Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Model ini terdiri dari 2 node yang berbeda frekuensi yang dihubungkan melalui node router frekuensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Node router frekuensi adalah sebuah node yang dapat menerima atau mengirimkan data dari sebuah node dengan suatu nilai frekuensi ke node target yang berbeda frekuensi. Sebuah node router frekuensi terdiri dari 2 node yang terhubung secara seri seperti yang ditunjukkan pada gambar 6.

Setiap mikrokontroler pada node router ditanam dengan program yang sama, namun nilai frekuensi yang digunakan diatur berbeda. Jika salah satu RF menerima data, mikrokontroler akan mengidentifikasi dan menganalisa data, kemudian mengirimkannya ke mikrokontroler kedua. Data yang diterima oleh mikrokontroler kedua akan dipersiapkan untuk dikirim ke node target melalui RF ke dua. Proses yang terjadi pada node router frekuensi dapat berlaku untuk proses sebaliknya.



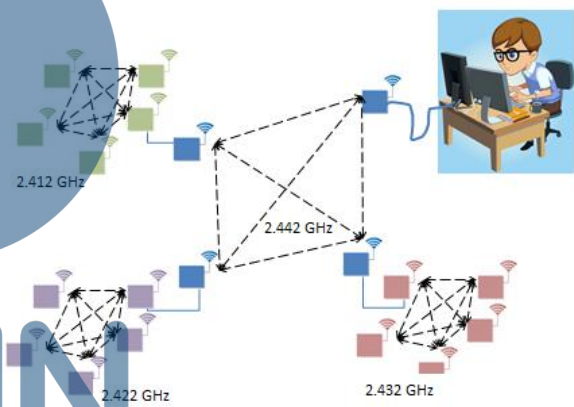
Gambar 5. Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda



Gambar 6. Node router frekuensi

3. Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Model ini adalah pengembangan dari 2 model sebelumnya. Model ini terdiri dari beberapa jaringan anak dan jaringan induk yang terhubung melalui router jala frekuensi seperti yang ditunjukkan pada gambar 7. Tujuan pembangun model ini adalah untuk mengantisipasi kepadatan lalu lintas data pada jaringan yang besar dengan sejumlah node yang banyak.



Gambar 7. Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Beberapa pengaturan pada model ini dilakukan agar dihasilkan kualitas pengiriman data yang optimal yaitu Pertama, besar data yang dikirim sebuah node tidak lebih dari 30 byte. Pengaturan ini untuk menjaga keberhasilan satu paket data terkirim secara utuh, karena jumlah maksimal satu kali pengiriman data oleh RF adalah 32 byte [15]. Kedua, selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman berikutnya oleh sebuah node di atur agar berbeda dengan node lain. Ketiga, jumlah node dalam jaringan tidak lebih dari 250 node.

### III. HASIL DAN DISKUSI

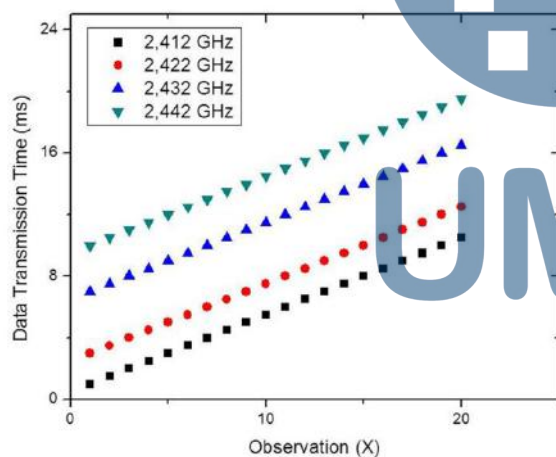
Untuk mengetahui kemampuan model distribusi node yang telah dibangun, pengukuran *ping time* dan *bite error rate* (BER) dilakukan. Kedua pengukuran ini dilaksanakan di laboratorium elektronika program studi fisika Institut Teknologi Bandung (ITB).

*Ping time* adalah waktu interval yang dibutuhkan untuk mengirim data dari node pengirim menuju node target dan kembali ke node pengirim[11]. Dalam pengukuran ini, pengiriman data dilakukan secara berkala selama selang waktu tertentu. BER adalah metode uji performansi jaringan dengan membandingkan jumlah paket data yang dikirim oleh node pengirim menuju node target terhadap jumlah paket data yang diterima oleh node target[14]. Formulasi BER dapat dilihat pada persamaan di bawah ini.

$$\% \text{ BER} = \frac{\text{number of data packets sent} - \text{number of data packets received}}{\text{number of data packets sent}} \times 100\% \quad (1)$$

1. Hasil pengukuran *ping time* dan PER untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Dalam pengukuran *ping time* pada model ini, mikrokontroler deprogram untuk membangun data sebesar 20 byte. Data tersebut selanjutnya dikirim menuju sebuah node target melalui jaringan. Hal ini dilakukan untuk 20 kali pengamatan. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Selang waktu ini mewakili waktu pengiriman dalam keadaan lalu lintas data yang cukup padat. Hasil pengukuran waktu ping untuk model ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Grafik *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Berdasarkan grafik pada gambar 8, rata-rata *ping time* yang terukur per jaringan adalah 510 ms. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan nilai frekuensi tertentu tidak mempengaruhi pengiriman data pada jaringan yang lain. Dari hasil pengukuran ini, dapat disimpulkan bahwa untuk mengurangi kepadatan lalu lintas data di suatu daerah dapat dilakukan memperbanyak penggunaan nilai frekuensi pengiriman data yang berbeda.

Selain *ping time*, pengukuran nilai BER juga dilakukan untuk model ini. Data sebesar 20 byte dikirim ke sebuah node target melalui jaringan. Pengiriman data ini dilakukan sebanyak 100 kali. Selang waktu pengiriman data terhadap data berikutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran BER dapat dilihat pada tabel 1.

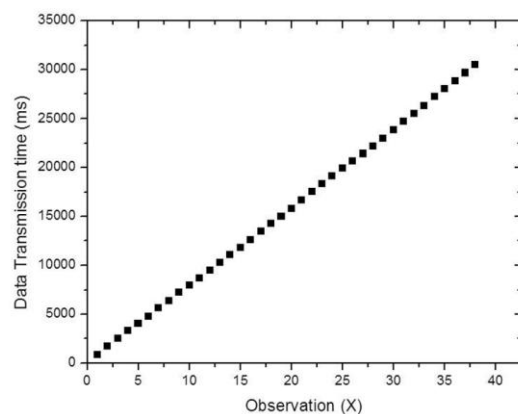
Tabel 1. BER untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh dengan frekuensi berbeda

Jaringan /frequency	Jumlah data yang dikirim	Jumlah data yang diterima	BER (%)
2.412 GHz	100	100	0
2.422 GHz	100	100	0
2.432 GHz	100	100	0
2.442 GHz	100	100	0

1. Perbandingan jumlah data yang dikirim oleh sebuah node menuju node target terhadap jumlah data yang diterima oleh node target ditunjukkan oleh Tabel 1. Persentase BER untuk masing-masing jaringan adalah 0%. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada data yang hilang selama pengiriman data menggunakan model distribusi node ini.

2. Hasil pengukuran *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda telah berhasil dibangun. Pengukuran *ping time* dilakukan untuk mengetahui kinerja model ini. Dalam pengukuran ini, data sebesar 20 byte dikirim dari sebuah node menuju node target yang berbeda frekuensi menggunakan node router frekuensi. Selanjutnya, data yang berhasil diterima oleh node target dikirim kembali ke node asal. Hal ini dilakukan untuk 38 kali pengamatan. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran *ping time* ditunjukkan pada Gambar 9.

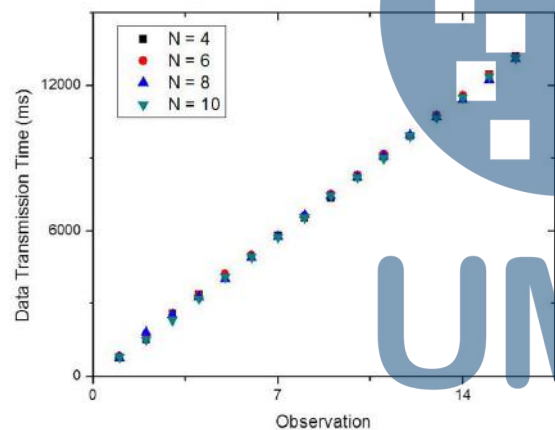


Gambar 9. Grafik *Ping time* untuk model distribusi node menggunakan topologi mesh bertingkat dengan frekuensi berbeda

Berdasarkan grafik pada gambar 9, rata-rata *ping time* yang terukur sebesar 800 ms. Ini menunjukkan bahwa node router frekuensi bekerja dengan baik sebagai jembatan yang menghubungkan antara node-node yang berbeda frekuensi.

## 2. Hasil pengukuran *Ping time* dan BER untuk model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi telah berhasil dibangun. Pengukuran *ping time* dilakukan untuk mengetahui kinerja model ini. Dalam pengukuran ini, data sebesar 20 byte dikirim dari satu node ke node target melalui node router frekuensi dan kembali ke node. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman berikutnya adalah 500 ms. Pengukuran untuk model mesh bertingkat ini dilakukan untuk 16 kali pengamatan dimana jumlah node pada masing-masing jaringan adalah 4, 6, 8 dan 10 node. Pengukuran *ping time* pada model ini dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik *ping time* untuk model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi

Gambar 10 menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan jaringan mesh bertingkat banyak frekuensi dapat dilakukan dengan baik. Rata-rata *ping time* terukur untuk 4 kali pengamatan adalah 827 ms, 821 ms, 821 ms dan 822 ms. Pengukuran ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah node pada setiap jaringan tidak signifikan mempengaruhi *ping time* pengiriman data dalam jaringan.

Pengukuran nilai BER juga dilakukan untuk model ini. Data sebesar 20 byte dikirim ke node target. Pengiriman data dilakukan sebanyak 100 kali. Selang waktu pengiriman data terhadap pengiriman selanjutnya adalah 500 ms. Hasil pengukuran BER dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengukuran BER untuk model jaringan mesh multilevel dengan banyak frekuensi

Jaringan /frekuensi	Jumlah node dalam jaringan	Jumlah data yang dikirim	Jumlah data yang diterima	BER (%)
2.412 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.422 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.432 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0
2.442 GHz	4	100	100	0
	6	100	100	0
	8	100	100	0
	10	100	100	0

Perbandingan jumlah data yang dikirim oleh node ke node target dan jumlah data yang diterima oleh node target ditunjukkan pada table 2. Persentase BER untuk setiap jaringan adalah 0%. Hal ini menunjukkan bahwa pengiriman data menggunakan model jaringan mesh bertingkat dengan banyak frekuensi tidak mengalami kehilangan data.

## IV. SIMPULAN

Sebuah metoda sederhana distribusi node jaringan sensor nirkabel untuk mengatasi kehilangan data pada saat pengiriman telah berhasil dibangun. Metoda ini memadukan beberapa jaringan anak dan sebuah jaringan induk yang terhubung menggunakan node router frekuensi. Dari hasil pengukuran kinerja jaringan, rata-rata waktu ping untuk masing-masing jaringan kurang dari 1 detik dan tingkat kehilangan data adalah 0%. Berdasarkan hasil pengukuran ping time dan BER pada metoda ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan beberapa nilai frekuensi transmisi dalam mengirimkan data melalui jaringan nirkabel dapat mengurangi kepadatan lalu lintas data.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Zakaria and K. Michael, "An Integrated Cloud-Based

- Wireless Sensor Network for Monitoring Industrial Wastewater Discharged into Water Sources," *Wirel. Sens. Netw.*, 2017.
- [2] H.-C. Lee and H.-B. Huang, "A Low-Cost and Noninvasive System for the Measurement and Detection of Faulty Streetlights," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 64, no. 4, 2015.
- [3] M. Keshtgari and A. Deljoo, "A Wireless Sensor Network Solution for Precision Agriculture Based on Zigbee Technology," *Wirel. Sens. Netw.*, 2012.
- [4] L. Wang and C. Alexander, "Medical Applications and Healthcare Based on Cloud Computing," *Int. J. Cloud Comput. Serv. Sci.*, 2013.
- [5] P. Chakravarth, S. Natarajan, and M. Anto Bennet, "GSM based soldier tracking system and monitoring using wireless communication," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 2017, no. Specialiss, 2017.
- [6] R. Muhendra, A. Rinaldi, M. Budiman, and Khairurrijal, "Development of WiFi Mesh Infrastructure for Internet of Things Applications," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 170.
- [7] T. Chen, H. Shan, and X. Wang, "Optimal Scheduling for Wireless On-Demand Data Packet Delivery to High-Speed Trains," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, 2015.
- [8] W. Li, V. C. M. Leung, C. Zhu, and Y. Ma, "Scheduling and routing methods for cognitive radio sensor networks in regular topology," *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 16, no. 1, 2016.
- [9] H. C. Hwang, J. S. Park, and J. G. Shon, "Design and Implementation of a Reliable Message Transmission System Based on MQTT Protocol in IoT," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 91, no. 4, 2016.
- [10] P. R. Vamsi and K. Kant, "Detecting sybil attacks in wireless sensor networks using sequential analysis," *Int. J. Smart Sens. Intell. Syst.*, vol. 9, no. 2, 2016.
- [11] M. Passafiume, S. Maddio, and A. Cidronali, "An improved approach for RSSI-based only calibration-free real-time indoor localization on IEEE 802.11 and 802.15.4 wireless networks," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 4, 2017.
- [12] R. Muhendra, Husein, M. Budiman, and Khairurrijal, "Development of digital water meter infrastructure using wireless sensor networks," in *AIP Conference Proceedings*, 2016, vol. 1746.
- [13] F. Chiti, R. Fantacci, and A. Tani, "Performance evaluation of an adaptive channel allocation technique for cognitive wireless sensor networks," *2015 IEEE Globecom Work. GC Wkshps 2015 - Proc.*, 2016.
- [14] F. Chiti, R. Fantacci, and A. Tani, "Performance Evaluation of an Adaptive Channel Allocation Technique for Cognitive Wireless Sensor Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 66, no. 6, 2017.
- [15] [https://www.sparkfun.com/datasheets/RF/nRF2401rev1\\_1.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/RF/nRF2401rev1_1.pdf)

# Evaluasi Desain Pencahayaan Interior Pada Ruang Pertemuan Publik Berdasarkan Nilai Intensitas Pencahayaan

(Studi Kasus: Lecture Hall, Universitas Multimedia Nusantara)

Muhammad Salehuddin<sup>1</sup>, Hendrico Firzandy Latupeirissa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Teknik Fisika, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

<sup>2</sup> Arsitektur, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

Diterima 5 November 2017

Disetujui 20 Desember 2017

**Abstracts**—The emphasis of green building design is not only based on the use of energy consumption as efficiently as possible purpose, but another important aspect that it is also the comfort factor should be considered for the occupants in the building space itself. In this paper, we evaluate the comfort factor of public meeting room at New Media Tower Building, Universitas Multimedia Nusantara (C-UMN Building). The comfort factor to be evaluated is the artificial lighting inside the room (interior) according to standards that have been standardized locally and internationally. The evaluation process includes a quantitative approach through measuring the existing conditions by utilizing photometric elements such as illuminance and uniformity. The results of this measurement can practically provide information on whether the C-UMN Building space that has been meets the criteria of the ideal standard or not.

**Index Terms**—DIALux, Green Building, Illuminance, Uniformity

## I. PENDAHULUAN

Konsep dan desain bangunan hijau (*green building*) kini telah menjadi pilihan investasi utama baik bagi para pengembang, pengelola bangunan maupun penghuni. Hal ini muncul sebagai peran dalam menjawab dampak isu perubahan iklim dan terbatasnya energi tak terbarukan. Meskipun titik berat perancangan gedung hijau tertumpu pada penggunaan konsumsi energi seefisien mungkin, namun sisi penting lain yang juga harus diperhatikan secara integratif adalah faktor kenyamanan bagi penghuni pada ruang bangunan itu sendiri. Faktor kenyamanan ini dapat dibagi menjadi 3 parameter fisis bangunan yaitu tata penerangan, tata akustika dan tata penghawaan.

Universitas Multimedia Nusantara (UMN) sendiri memiliki bangunan hijau yang telah mendapatkan penghargaan sebagai *Energy Efficient Building pada ASEAN Energy Award 2014*, yaitu Gedung New

Media Tower (Gedung C, UMN).<sup>[1]</sup> Gedung 12 lantai ini memiliki sejumlah ruang dengan beragam fungsi, antara lain sebagai ruang kelas, ruang pertemuan publik, kantin, hingga biro perkantoran. Dari komposisi ini, apakah ruang-ruang tersebut memberikan tingkat kenyamanan bagi penghuni atau tidak, tentu diperlukan suatu kajian yang bersifat empiris yang mengacu pada standar literasi nasional maupun internasional.

Pada penelitian ini, dilakukan kajian evaluasi faktor kenyamanan pada Gedung C-UMN terhadap tata penerangan interior berdasarkan parameter elemen fotometri. Sampel ruang yang diobservasi pada penelitian ini adalah *lecture hall*, yang relatif sering digunakan sebagai tempat pertemuan publik.

Untuk memperoleh tata penerangan yang baik, secara teoritis terdapat lima kriteria yang harus dipenuhi, yaitu kuantitas atau jumlah cahaya pada permukaan tertentu atau tingkat intensitas penerangan; distribusi kepadatan cahaya; pembatasan agar cahaya tidak menyilaukan mata; arah pencahayaan dan pembentuk bayangan; serta warna cahaya dan refleksi warna.<sup>[2]</sup>

Untuk mencapai kenyamanan visual suatu ruang, perlu diketahui taraf iluminansi yang dianjurkan pada standar literasi yang berlaku. Sebagai informasi, mengacu pada SNI-03-6575-2001 disebutkan bahwa untuk kategori *ballroom*, iluminansi minimum yang direkomendasikan adalah sebesar 200 lux.<sup>[3]</sup> Sedangkan pada standar ISO 8995:2002(E), iluminansi yang direkomendasikan adalah sebesar 500 lux dengan indeks kesilauan 19.<sup>[4]</sup>

Penelitian terkait pengukuran indeks kenyamanan penerangan bukan merupakan hal yang baru, bahkan sudah merambah pada integrasi teknologi seperti optimasi penggunaan cahaya alami<sup>[5]</sup>, karakterisasi material<sup>[6]</sup>, hingga analisis terhadap keseimbangan energi dengan simulasi dinamis.<sup>[7]</sup>



Diharapkan, melalui penelitian ini akan dihasilkan produk referensi bahwa Gedung C-UMN tidak hanya dirancang sebagai bangunan hemat energi saja, namun juga memiliki nilai kinerja sebagai bangunan yang secara nyaman dapat menunjang kegiatan secara efektif. Hal ini tentu diacu pada hasil kajian evaluasi, apakah desain tata penerangan interior telah memenuhi standar ideal yang berlaku atau tidak, terutama untuk parameter iluminansi, keseragaman iluminansi (*uniformity*) dan indeks kesilauan (*unified glare rating*). Hasil kajian ini pun turut dimodelkan melalui simulasi secara digital melalui piranti lunak DIALux Evo jika diperlukan rekomendasi perbaikan sistem desain, baik pencahayaan pada area panggung maupun area pendengar. Sejalan dengan dokumentasi elemen radiometri yang telah dilakukan oleh pihak konsultan konstruksi Gedung C-UMN, hasil kajian fotometri akan melengkapi informasi empiris bahwa gedung tersebut selain sebagai gedung hemat energi atau gedung hijau, juga memiliki fungsi sesuai standar bangunan yang berlaku.

## II. KONSEPSI DESAIN PENCAHAYAAN

### A. Tingkat Pencahayaan Rata-Rata

Tingkat pencahayaan pada suatu ruangan pada umumnya didefinisikan sebagai tingkat pencahayaan rata-rata pada bidang kerja. Yang dimaksud dengan bidang kerja ialah bidang horisontal imajiner yang terletak 0,75 meter di atas lantai pada seluruh ruangan.

Tingkat pencahayaan rata-rata, dapat dihitung dengan persamaan <sup>[8]</sup>:

$$E_p = \frac{N \times F_{tot} \times K_p \times K_d}{A} \quad (1)$$

dimana:

$E_p$  = Intensitas Pencahayaan (lux)

$N$  = Jumlah lampu

$F_{tot}$  = Fluks luminus total dari semua lampu yang menerangi bidang kerja (lumen).

$A$  = luas bidang kerja ( $m^2$ ).

$K_p$  adalah faktor penggunaan didefinisikan sebagai perbandingan antara fluks luminus yang sampai di bidang kerja terhadap keluaran cahaya yang dipancarkan oleh semua lampu. Sedangkan  $K_d$  adalah koefisien rugi-rugi cahaya sebagai perbandingan antara tingkat pencahayaan setelah jangka waktu tertentu dari instalasi pencahayaan digunakan terhadap tingkat pencahayaan pada waktu instalasi baru. <sup>[9]</sup>

### B. Rekomendasi Tingkat Pencahayaan Minimum

Data ini merupakan acuan yang digunakan sebagai desain pencahayaan minimum yang direkomendasikan. <sup>[10-12]</sup>

Tabel 1. Standar Tingkat Pencahayaan Minimum

Kategori	Area Aktifitas	Iluminansi (lux)		
		SNI 03-6575-2001	IES	MS 1525
Lobby, Lounge, Resepsionis		100	150	100
Koridor		100	100	50
Bisnis dan Perkantoran	Ruang Eksekutif	350	500	300-400
	Ruang Staff	350	500	300-400
	Ruang Rapat	300	750	300-400
	Ruang Gambar	750	750	300-400
	Ruang Arsip	300	300	200
	Gudang Arsip	150	50	
Lembaga Pendidikan	Ruang Kelas	250		
	Ruang Kelas - Chalk Board		500	300-500
	Aula ( <i>Lecture Hall</i> )		500	300-500
	Laboratorium (Sains)	500	300-500	
	Ruang Gambar	750	750	
	Ruang Seminar		500	300-500
	Ruang Workshop		300	
	Perpustakaan	General	300	
Rak Buku			150	300-500
Ruang Baca			300	300-500
Katalog			500	300-500
<i>Meetings, Incentives, Conferencing, Exhibitions</i>	Ruang Pameran	500	100	
	Ruang Konferensi	200	50-300	
	Ruang Konser		100	
	Ruang Video Konferensi		300-500	
	Ruang Multipurpose		500	
Kafetaria		250	300	200
Tempat Ibadah		200	30-100	
Toilet			150	150

III. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian berlangsung di lingkungan kampus Universitas Multimedia Nusantara. Lokasi ruang yang akan dijadikan sampel observasi adalah lecture hall, Gedung C-UMN.

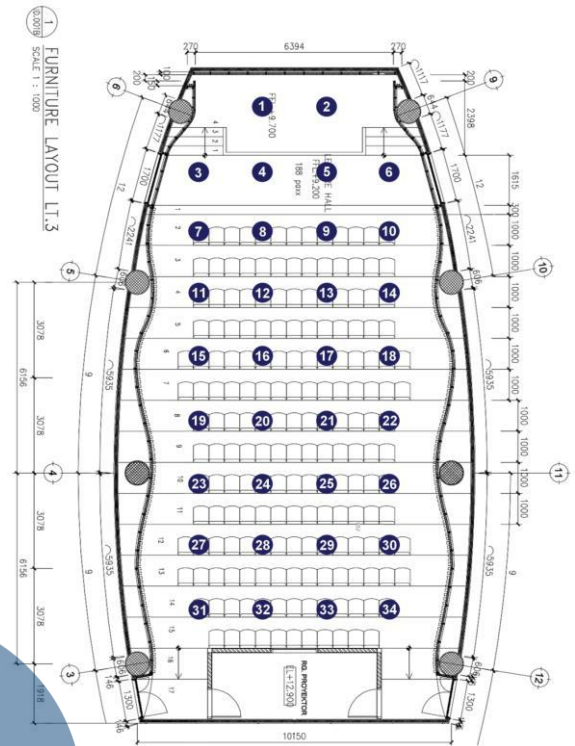
Pelaksanaan kegiatan terbagi menjadi 2 tahap, yaitu sebagai berikut.

1. Pada tahap pertama dilakukan observasi ruangan dengan melakukan pengukuran iluminansi. Pengukuran ini akan menggunakan light-meter dengan mengambil sejumlah titik ukur terhadap jumlah dan posisi lumener.
2. Pada tahap kedua dilakukan pendataan lumener yang digunakan sebagai sumber penerangan, dimensi serta komposisi properti ruang. Pendataan ini akan dimanfaatkan sebagai dasar melakukan simulasi secara digital dengan menggunakan piranti lunak DIALux 4.7.

Pada penelitian ini dilakukan kajian evaluasi desain tata penerangan pada lecture hall, Gedung C-UMN dan function hall pada Gedung Utama, UMN.

IV. DATA & ANALISIS

Konsep dari kajian evaluasi tata penerangan interior terbagi menjadi 2 tahapan, dimana salah satu tahapan yang telah dilaksanakan yaitu observasi ruangan dengan melakukan pengukuran iluminansi (tingkat pencahayaan). Pengukuran ini menggunakan light-meter dengan mengambil 34 titik ukur terhadap jumlah dan posisi lumener.



Gambar 3. Denah Penentuan Titik Ukur

Dari proses pengukuran iluminansi, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran

Titik Ukur	Jarak Permukaan Bidang Kerja (m)	Nilai Iluminansi			
		I	II	III	Rerata
1	0,75	69,30	62,10	61,50	64,30
2	0,75	64,30	57,80	61,10	61,07
3	0,75	61,00	62,90	64,50	62,80
4	0,75	86,80	86,80	87,60	87,07
5	0,75	86,50	84,70	85,40	85,53
6	0,75	66,00	65,50	64,10	65,20
7	0,75	84,80	85,30	84,40	84,83
8	0,75	106,50	108,60	108,60	107,90
9	0,75	102,30	101,10	102,00	101,80
10	0,75	78,90	78,40	79,10	78,80
11	0,75	96,70	96,30	96,30	96,43
12	0,75	120,60	119,90	120,40	120,30
13	0,75	115,30	115,80	115,90	115,67
14	0,75	86,80	87,30	87,00	87,03
15	0,75	95,70	95,30	95,20	95,40
16	0,75	123,80	124,50	124,30	124,20
17	0,75	120,30	120,30	120,30	120,30
18	0,75	88,10	87,00	88,20	87,77
19	0,75	95,70	95,90	96,10	95,90
20	0,75	129,80	130,40	129,20	129,80
21	0,75	127,30	127,20	127,40	127,30
22	0,75	86,80	87,00	87,80	87,20
23	0,75	92,80	92,80	93,00	92,87
24	0,75	130,10	134,70	135,60	133,47
25	0,75	132,90	132,80	132,90	132,87
26	0,75	85,60	85,80	85,50	85,63
27	0,75	91,60	91,10	91,00	91,23
28	0,75	137,50	138,60	137,70	137,93
29	0,75	139,10	140,00	139,00	139,37
30	0,75	79,30	80,70	80,50	80,17



Gambar 1. Alat Pengukur Jarak, Leica Disto D510



Gambar 2. Light-meter, Center 337

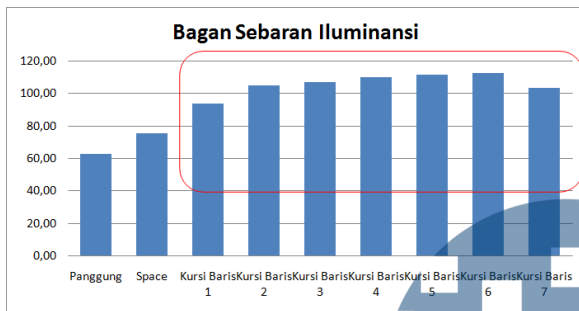
Titik Ukur	Jarak Permukaan Bidang Kerja (m)	Nilai Iluminansi			
		I	II	III	Rerata
31	0,75	83,90	83,60	83,60	83,70
32	0,75	132,20	132,00	132,10	132,10
33	0,75	126,40	127,50	127,50	127,13
34	0,75	70,60	70,50	70,00	70,37

Tabel 3. Tingkat Pencahayaan Rata-Rata Teoritis

Kp	Ep (lux)
0,728	206
0,816	231

A.  $E_p$  Hasil Pengukuran

Dari proses pengukuran iluminansi, didapatkan hasil intensitas pencahayaan kurang dari 120 lux setiap titik sesuai dengan bagan berikut:



Gambar 4. Bagan Sebaran Iluminansi

B.  $E_p$  Hasil Perhitungan Teoritis

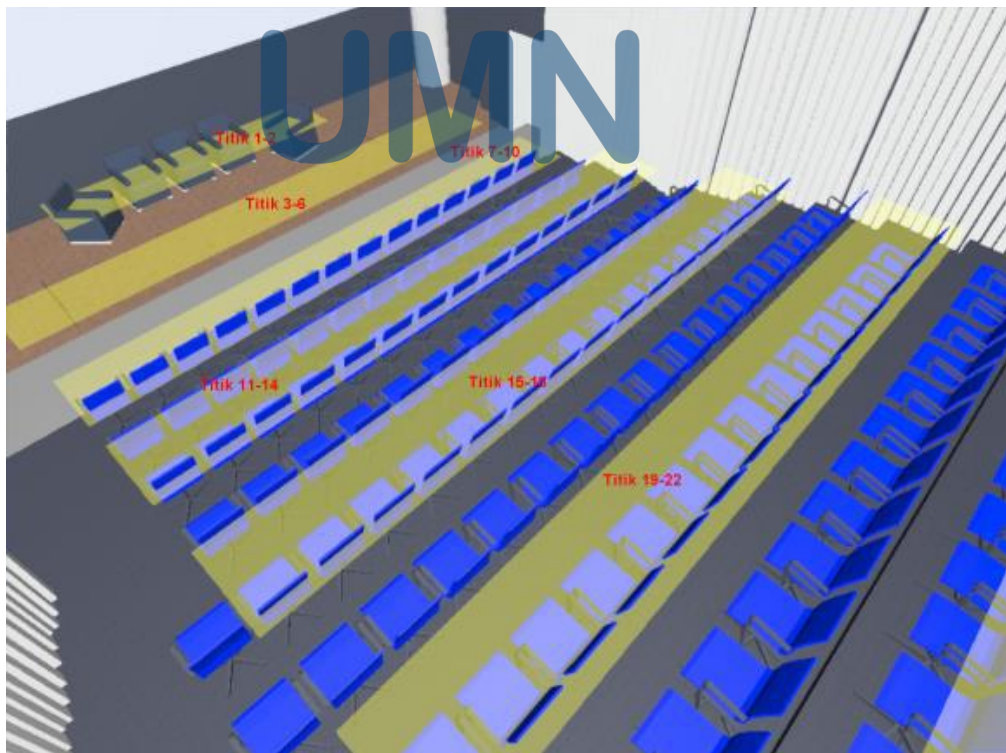
Dengan menggunakan formula teoritis pada persamaan 1, didapatkan tingkat pencahayaan rata-rata sebagai berikut.

C.  $E_p$  Hasil Simulasi DIALux

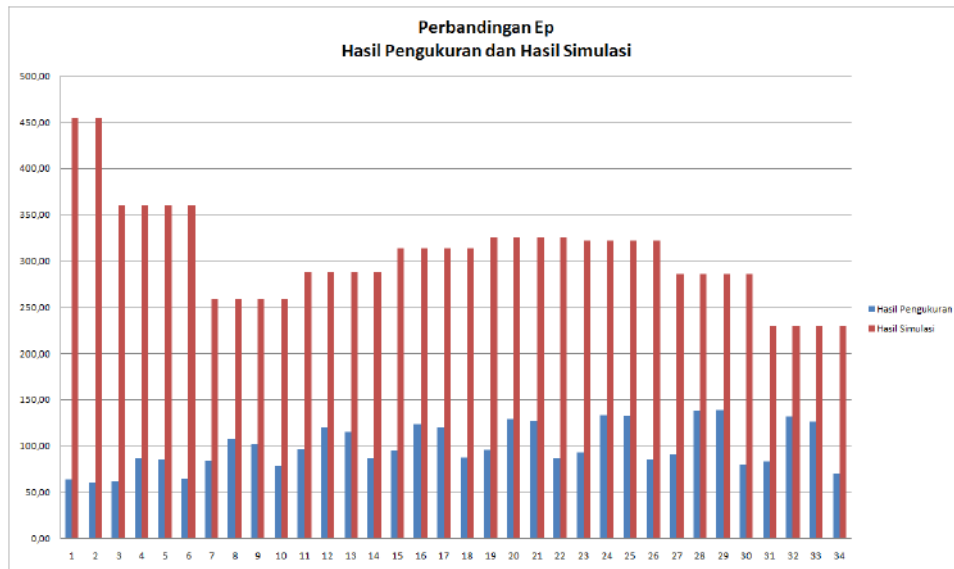
Dengan melakukan simulasi secara digital melalui penggunaan piranti lunak DIALux Evo didapatkan taksiran tingkat pencahayaan rata-rata sebagai berikut.

Tabel 4. Data Hasil Simulasi

Titik Ukur	Jarak Permukaan Bidang Kerja (m)	Nilai Iluminansi (lux)	Titik Ukur	Jarak Permukaan Bidang Kerja (m)	Nilai Iluminansi (lux)
1	0,75	455	18	0,75	314
2	0,75	455	19	0,75	326
3	0,75	361	20	0,75	326
4	0,75	361	21	0,75	326
5	0,75	361	22	0,75	326
6	0,75	361	23	0,75	322
7	0,75	259	24	0,75	322
8	0,75	259	25	0,75	322
9	0,75	259	26	0,75	322
10	0,75	259	27	0,75	286
11	0,75	289	28	0,75	286
12	0,75	289	29	0,75	286
13	0,75	289	30	0,75	286
14	0,75	289	31	0,75	230
15	0,75	314	32	0,75	230
16	0,75	314	33	0,75	230
17	0,75	314	34	0,75	230



Gambar 5. Cuplikan Titik Ukur  $E_p$  pada penggunaan Simulasi DiaLux Evo



Gambar 6. Bagan Perbandingan Sebaran Iluminansi Hasil Pengukuran dan Hasil Simulasi

Melalui hasil simulasi, hanya 18 titik saja dari total 34 titik pengukuran yang memiliki nilai iluminansi sesuai dengan standar minimum (300 lux) yang direkomendasikan. Namun secara rata-rata didapatkan nilai 308 lux yang relatif telah mencapai indeks kenyamanan. Dibandingkan dengan hasil pengukuran lapangan, nilai iluminansi yang didapatkan dari simulasi ini memiliki perbedaan yang kontras hingga 3 kali lipat. Hal ini tentu memerlukan tahap lanjut untuk mengoptimalkan rancangan pencahayaan dari beberapa sektor, terutama pada faktor rugi-rugi daya, lama penggunaan, hingga desain langit-langit.

#### V. SIMPULAN

Dari hasil proses pengukuran iluminansi, didapatkan hasil bahwa desain tata penerangan interior lecture hall, Gedung C-UMN, berada di bawah 120 lux atau belum memenuhi standar ideal yang berlaku. Secara teoritis dan simulasi, data lumener sudah memperlihatkan nilai yang telah mencapai indeks kenyamanan yang direkomendasikan, sehingga beberapa potensi teknis yang dapat diberikan yaitu faktor refleksi langit-langit dioptimalkan karena langit-langit dinding yang paling terang memantulkan 50-70%, sedangkan yang berwarna gelap hanya 10-20%. Disamping itu, penggunaan armatur perlu dikonstruksikan / diinstalasikan pada pemasangan lumener untuk meminimalisir dampak rugi-rugi daya.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Multimedia Nusantara (UMN) atas hibah

internal dengan nomor kontrak 085/LPPM-UMN/III/2016 yang diberikan pada penelitian ini. Peneliti turut berterima kasih kepada *Building Management* UMN dalam penyediaan data yang diperlukan dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Puspitarini, Margaret. 2014. "Kampus UMN Raih Juara di ASEAN". Okezone, 6 oktober 2014.
- [2] "IESNA Lighting Handbook" 9th edition, 2000
- [3] SNI 03-6575-2001. "Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung".
- [4] ISO 8995-1:2002 (CIE S 008/E:2001): Lighting of work places -- Part 1: Indoor
- [5] Tony C.Y. Leung, Priyadarsini Rajagopalan, Robert Fuller, "Performance of a daylight guiding system in an office building". In *Solar Energy*, Volume 94, 2013, Pages 253-265.
- [6] Bodart, Magali, et al. "Photometry and colorimetry characterisation of materials in daylighting evaluation tools." *Building and Environment* 43.12 (2008): 2046-2058.
- [7] Wienold, Jan. "Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis." *Building Simulation*. 2007.
- [8] W.G. Julian (ed), "Lighting: Basic Concept", Departmen of Architectural Science, Faculty of Architecture, The University of Sydney, 1983.
- [9] SNI-03-6197-2000. "Konservasi Energi Sistem Pencahayaan pada Bangunan Gedung"
- [10] AS 1680.1-1990, "Interior Lighting part 1: General Principles and Recommendation"
- [11] SNI 03-6575-2001, "Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung".
- [12] MS 1525 2014, "Energy efficiency and use of renewable energy for non-residential buildings - Code of practice".

# Rancang Bangun Pengatur Suhu dan Sirkulasi Udara di *Smoking Room*

Ahmad Syahril Muharom

Program Studi Teknik Elektro, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia  
ahmad.syahril@umn.ac.id

Diterima 16 Desember 2017

Disetujui 30 Desember 2017

**Abstract**—In this study, the application of temperature and air circulation control in the smoking room using a microcontroller. The Sensors applied to this Prototype are LM35 and DT-Sense CO. The method used design a controller and then apply it to the microcontroller. The sensor has been tested on a miniature smoking room. The results show sensors can work and good, although cigarette smoke and the temperature of the room changes, so air quality in the smoking room can be maintained.

**Index Term**-Cigarette smoke, CO, automation, microcontroller, temperature sensor, smoke sensor

## I. PENDAHULUAN

Ada 4000 zat kimia yang terdapat dalam sebatang rokok, 40 diantaranya tergolong zat yang berbahaya misalnya : hidrogen sianida (HCN), arsen, amonia, polonium, dan karbon monoksida (CO) [1]. Adapun bahaya yang ditimbulkan oleh asap rokok tersebut tidak hanya yang merokoknya saja melainkan perokok pasif pun akan menanggung akibat dari asap rokok tersebut. Banyak solusi untuk mengurangi polusi asap rokok di udara terbuka dan menjauhkan dari masyarakat untuk menjadi perokok pasif, yaitu salah satunya dengan membangun area khusus perokok (*smoking room*) [2]. Udara mempunyai arti yang sangat penting di dalam kehidupan makhluk hidup. Untuk mendapatkan udara sesuai dengan tingkat kualitas yang diinginkan, maka pengendalian udara menjadi sangat penting untuk dilakukan. *Smoking room* harus memiliki suatu sistem kontrol secara otomatis untuk menstabilkan udara di ruangan agar tetap dalam keadaan yang bersih [3].

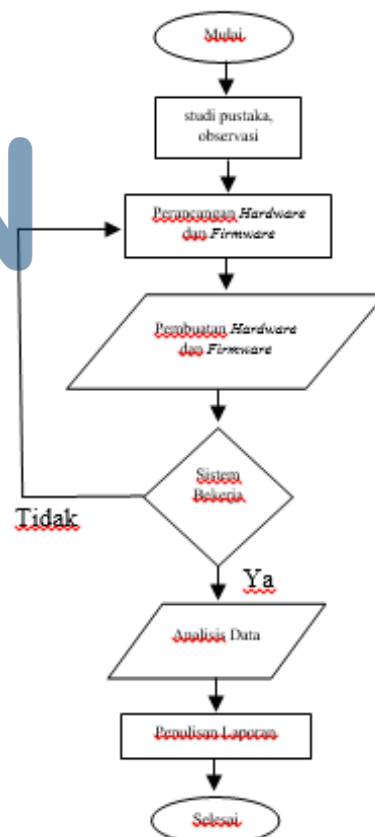
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat alat kontrol otomatis untuk menstabilkan udara di *smoking room* agar tetap dalam keadaan yang bersih, digunakan LM35 sebagai parameter suhu dan DT – SENSE CARBON MONOXIDE SENSOR sebagai parameter gas CO.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan alat ini adalah studi pustaka, observasi, eksperimen, realisasi dan pengujian. Proses observasi dilakukan untuk mengetahui

permasalahan yang terjadi dilapangan. Studi pustaka dilakukan untuk menambah referensi yang berkaitan dengan pembuatan alat yang merupakan pemecahan masalah yang telah teridentifikasi. Pada tahap eksperimen dan realisasi yang dilakukan adalah perancangan dan pembuatan *hardware* dan *firmware*. *Hardware* disini merupakan bentuk fisik dari alat yang dibangun dan *firmware* merupakan otak dari sistem yang dibuat untuk mengontrol sensor dan motor dc. Pada tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian pada alat yang dibuat dilapangan.

Berikut ini adalah langkah – langkah penelitian yang digambarkan dalam diagram alir:

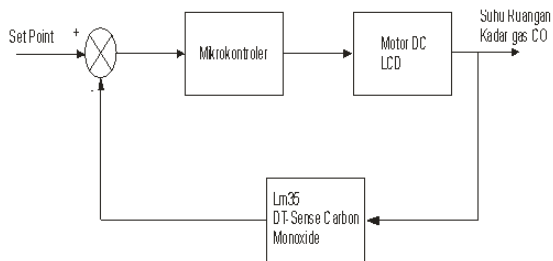


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### III. PERANCANGAN SISTEM

#### A. Diagram Blok Perancangan

Berikut ini adalah diagram blok yang dirancang.



Gambar 2. Diagram Blok Perancangan

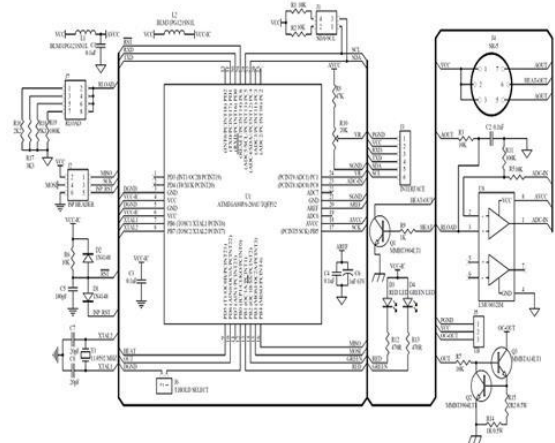
Fungsi dari masing – masing blok adalah sebagai berikut :

1. LM35, berfungsi sebagai sensor suhu. Pemilihan sensor ini karena sensitivitas dan linieritas sensor sangat baik dengan harga yang cukup terjangkau.
2. *DT-Sense Carbon Monoxide*, pemilihan sensor ini karena kompatibel dengan sensor gas MQ-3 (alkohol), MQ-4 (metana), MQ-6 (LPG, iso-butana, dan propana), MQ-7 (CO), MQ-135 (kualitas udara), dan MG-811 (CO<sub>2</sub>). Selain itu, modul sensor cerdas ini dapat berfungsi sebagai kendali mandiri secara ON/OFF mengikuti *set point* konsentrasi gas yang kita tentukan. Modul sensor ini dilengkapi dengan antarmuka UART TTL dan I2C.
3. Mikrokontroler, berfungsi sebagai pemroses data *input* untuk menghasilkan data *output*.
4. Motor DC, berfungsi sebagai *exhaust fan* dan *inlet fan*.
5. LCD, berfungsi untuk menampilkan suhu dan CO.

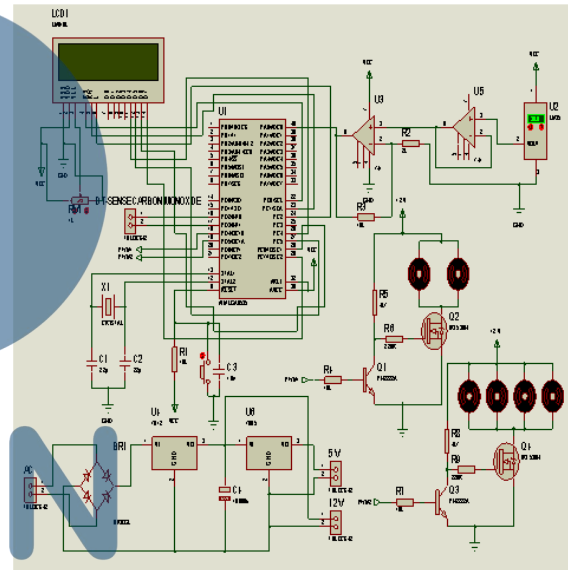
#### B. Perancangan Hardware

Perancangan *hardware* direpresentasikan dalam skematik rangkaian yang digunakan dalam pembuatan sistem ini yang terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian kontroler, rangkaian Penguat LM35, rangkaian *DT-Senses Carbon Monoxide*, rangkaian *driver* motor dan LCD. Berikut merupakan gambar rangkaian rangkaian

tersebut.



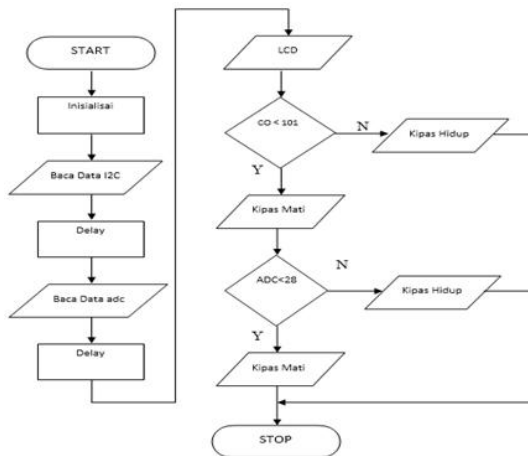
Gambar 3. Skema Rangkaian *DT-Sense Carbon Monoxide*



Gambar 4. Skema Rangkaian Sistem Pengatur Suhu dan Sirkulasi Udara Berbasis Mikrokontroler Atemega8535

#### C. Perancangan Firmware

*Firmware* merupakan sebuah program yang berfungsi untuk mengendalikan *hardware*. Perancangan dan pembuatan *firmware* dari sistem pengatur suhu dan sirkulasi udara berbasis mikrokontroler atemega8535 ini menggunakan *software Code Vision AVR V.2*, dengan bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C [4]. Berikut ini merupakan diagram alir program:



Gambar 5. Diagram Alir Program

D. Spesifikasi Alat

1. Mikrokontroler Atmega8535.
2. DT-Sense Carbon Monoxide
  - Target gas: Karbon monoksida
  - Range: 20 – 2000 ppm
3. LM 35
  - Jangkauan suhu: -55 sampai 150 °C
4. Exhaust fan dan inlet fan menggunakan motor dc dengan daya 7,92 watt.
5. Menampilkan suhu ruangan dan gas CO dengan menggunakan LCD 2x16.
6. Ukuran ruangan yang digunakan untuk pengujian alat yaitu dengan panjang, lebar dan tinggi adalah secara berurut – urut 2 m, 2m dan 2,5 m.
7. Ukuran ruangan yang digunakan untuk simulasi alat yaitu dengan panjang, lebar dan tinggi adalah secara berurut – urut 20 cm, 20 cm dan 25 cm.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian LM35

Pengujian sensor LM35 ini dimaksudkan untuk membandingkan nilai yang ditampilkan pada LCD dengan alat ukur suhu yang sudah berstandar. Berikut ini tabel perbandingan nilai suhu yang dihasilkan oleh LM35 dan alat ukur.

Tabel 1. Data Perbandingan LM35 dan Alat Ukur

No	LM35 (°C)	Alat Ukur (°C)
1	30,3	30,4
2	44	44,2
3	48,1	48,2
4	46	46,2

No	LM35 (°C)	Alat Ukur (°C)
5	59,5	59,9
6	50,3	50
7	52,3	52,3
8	61	60,4
9	65,8	65,3
10	73,1	72,5
Total	530,4	529,4

Untuk menghitung error dari pembacaan sensor LM35 dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{(A-M) \times 100}{A} = \frac{(530,4 - 529,4) \times 100}{530,4} = 0.19 \%$$

Dengan :

E = Error (%)

A = Σ nilai aktual

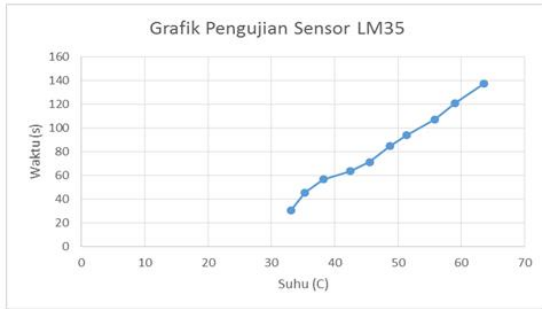
M = Σ nilai pengukuran

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan error pembacaan sensor LM35 adalah sebesar 0,19%. Hal ini dapat dikatakan baik dalam dalam pembacaan suhu karena error < 0.2% [5].

Kemudian sensor LM35 diuji terhadap ruangan merokok, pengujian ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana waktu yang diperlukan agar mencapai kondisi normal yang diharapkan oleh sistem. Kondisi suhu yang diharapkan dalam sistem ini adalah 24 - 28 °C. Karena suhu tersebut merupakan kondisi ideal untuk suhu ruangan. Berikut ini adalah data hasil pengujian sensor LM35 terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi normal.

Tabel 2. Data Pengujian Sensor LM35

No	LM35 (°C)	Waktu (Sekon)
1	33,1	30,4
2	35,3	45,6
3	38,2	56,6
4	42,4	63,4
5	45,5	71,3
6	48,7	84,6
7	51,3	93,8
8	55,8	107,1
9	59	120,8
10	63,5	137,3



Gambar 6. Grafik Pengujian Sensor LM35

B. Pengujian DT-Sense Carbon Monoxide

Pertama – tama pengujian yang dilakukan adalah mengetahui waktu pemanasan rata – rata yang dibutuhkan oleh sensor agar sensitif. Berikut ini hasil pengujian alat pemanas sensor.

Tabel 3. Pengujian Alat Pemanas DT-Sense Carbon Monoxide

No Pengujian	Waktu pemanasan (s)
Pengujian 1	442
Pengujian 2	47
Pengujian 3	48
Pengujian 4	46
Pengujian 5	47
Pengujian 6	46
Pengujian 7	45
Pengujian 8	46
Pengujian 9	45
Pengujian 10	45
Rata - Rata	85.7

Selanjutnya DT-Sense Carbon Monoxide diuji dengan alat ukur gas CO yang sudah berstandar. Berikut ini tabel perbandingan nilai CO yang dihasilkan DT-Sense Carbon Monoxide dan alat ukur.

Tabel 4. Data Perbandingan DT-Sense Carbon Monoxide dan Alat Ukur

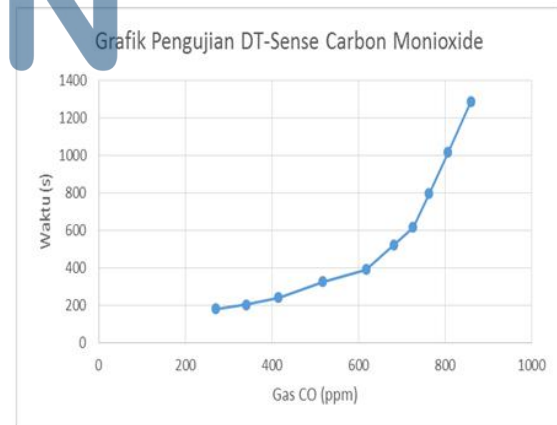
No	DT-Sense Carbon Monoxide (ppm)	Alat Ukur (ppm)
1	29,5	30
2	43,2	43
3	54,8	56
4	68,2	68
5	77,9	80
6	89,4	89
7	112,6	114
8	131,9	132
9	157	158
10	178,2	179
Total	Σ 942,7	Σ 949

Dari data pengujian di atas didapatkan error pembacaan sensor DT-Sense Carbon Monoxide adalah sebesar 0,66%. Hal ini dapat dikatakan cukup baik dalam dalam pembacaan gas CO.

Kemudian DT-Sense Carbon Monoxide diuji terhadap smoking room, pengujian ini dimaksudkan untuk melihat bagaimana waktu yang diperlukan agar mencapai kondisi normal yang diharapkan oleh sistem. Jumlah gas CO yang disarankan dalam ruangan adalah sekitar 100ppm. Nilai ppm tersebut diperoleh dari indeks standar pencemaran udara dengan kategori sedang. Berikut ini adalah data hasil pengujian DT-Sense Carbon Monoxide terhadap waktu yang diperlukan untuk mencapai kondisi normal.

Tabel 5. Data Pengujian DT-Sense Carbon Monoxide

No	DT-Sense Carbon Monoxide (ppm)	Waktu (Sekon)
1	270,9	180
2	340,8	204
3	415,6	240
4	517,9	326
5	618,3	391
6	683,4	524
7	726,3	616
8	763	796
9	807,4	1015
10	859,5	1284



Gambar 7. Grafik Pengujian DT-Sense Carbon Monoxide

V. SIMPULAN

Berdasarkan pengujian alat dapat disimpulkan bahwa pembacaan sensor LM35 terhadap suhu ruangan sudah sangat baik, hanya memiliki error sebesar 0,19%. Begitu pula dengan DT-Sense Carbon Monoxide, pembacaan sensor hanya



memiliki *error* 0,66%. Respon terhadap waktu dari kedua sensor tersebut yang diperlukan untuk mencapai kondisi normal pada *smoking room* sudah menunjukkan grafik yang cukup baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ellyas, A, *Rancang Bangun Pengatur Kecepatan Kipas Pembuangan Menggunakan Sensor Asap AF30 Berbasis Mikrokontroler Atmega8535*. Jurusan Fisika Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- [2] Ganis, R. P. *Pengendalian Putaran Kipas Ventilator pada Smart Smooking Area Menggunakan Mikrokontroler At Mega 8535 dan Sensor Gas MQ7*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, 2010.
- [3] Saputro, G., *Perancangan Sistem Pendeteksi Asap Rokok Gas LPG Berbasis Mikrokontroler AVR ATmega16*. Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer, Yogyakarta, 2011.
- [4] Wardhana, L., *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR Seri Atmega8535 Simulasi Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [5] Cooper, W.D. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Erlangga. 1994.
- [6] Andrianto, H. *Pemograman Mikrokontroler AVR Atmega16 Menggunakan Bahasa C*. Bandung: Informatika. 2013.
- [7] Maryanto, D. *Penurunan Kadar Emisi Gas Buang Karbon Monoksida (CO) Dengan Penambahan Arang Aktif pada Kendaraan Bermotor di Yogyakarta*. Jurnal Ilmiah Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta: Diterbitkan. 2009.
- [8] Rezki, N. *Rancang Bangun Prototipe Pengurangan Bahaya Gas Polutan Dalam Ruangan Dengan Metode Elektrolisis Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Ilmiah Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang: Diterbitkan. 2013.
- [9] Saputra, H. *Rancang Bangun Alat Pendeteksi Ambang Batas dan Pembersih Gas Karbon Monoksida (CO) Didalam Ruangan dengan Sensor TGS 2442 Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Universitas Gunadarma Jakarta: Diterbitkan. 2012.
- [10] Rachmawati, D. *Rancang Bangun Sistem Kontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroller AT89S51*. Semarang. 2009.

# Literature Review: Metode Komputasi Numerik untuk Analisis Gelombang Elektromagnetik

Nabila Husna Shabrina

Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara  
[nabila.husna@umn.ac.id](mailto:nabila.husna@umn.ac.id)

Diterima 19 Desember 2017

Disetujui 30 Desember 2017

**Abstract**—This paper reviews the conceptual background and some application of numerical computational method for electromagnetic waves. In this literature review, our discussion is limited to Finite Element Method (FEM), Finite Difference Time Domain (FDTD) Method, and Method of Moment (MoM). Definition and characteristic of each method is explained, including the theoretical principles along with strength and weakness for every method. The method for solving electromagnetic problems can be selected based on the object's shape, researcher's domain concerned, and Maxwell equation associated with the problem. By reading this paper, readers will not only grasp the theoretical explanation but also gain the big picture of each numerical computational method.

**Indeks Terms**— FEM, FDTD, MoM, Numerical Computational Method

## I. PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang yang secara bersamaan membawa muatan elektrik dan magnetik. Gelombang elektromagnetik memiliki beragam aplikasi dalam kehidupan sehari-hari seperti dalam bidang komunikasi, elektronika, sains atmosfer hingga kedokteran [1].

Dalam dekade terakhir, gelombang elektromagnetik semakin banyak diaplikasikan dalam berbagai teknologi mutakhir. Namun, pemahaman mengenai karakteristik gelombang elektromagnetik dalam setiap aplikasinya cukup kompleks untuk dilakukan dan membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, dibutuhkan metode komputasi elektromagnetik untuk dapat menyelesaikan dan menemukan solusi gelombang elektromagnetik dengan tepat dan cepat.

Gelombang elektromagnetik dijabarkan dalam Persamaan Maxwell baik dalam bentuk diferensial maupun integral. Namun, untuk menemukan solusi dari Persamaan Maxwell cukup rumit untuk dilakukan. Sehingga dibutuhkan suatu pendekatan yang kita kenal sebagai metode komputasi elektromagnetik. Metode komputasi elektromagnetik

merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis gelombang elektromagnetik dengan proses komputasi. [2]. Ada banyak jenis metode komputasi elektromagnetik yang dapat digunakan untuk memecahkan permasalahan gelombang elektromagnetik. Secara umum, metode komputasi elektromagnetik dapat dibagi ke dalam tiga jenis metode yaitu metode numerik, metode frekuensi tinggi, dan metode lainnya [3]. Dari beberapa metode tersebut, metode numerik merupakan metode komputasi yang paling banyak digunakan karena telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi dan telah diimplementasikan dalam beberapa *software* komputer [2]. Oleh karena itu, dalam *literature review* ini akan dibahas mengenai jenis-jenis metode komputasi numerik yaitu MoM, FEM, dan FDTD. Selain itu akan dijelaskan beberapa aplikasi dan penelitian yang telah dilakukan dengan metode-metode tersebut. Hasil dari *literature review* ini diharapkan dapat membantu para peneliti khususnya dalam fokus elektromagnetik untuk dapat memilih metode yang tepat untuk memecahkan permasalahan gelombang elektromagnetik dalam objek penelitiannya.

## II. METODE KOMPUTASI NUMERIK

Metode komputasi numerik pada dasarnya digunakan sebagai solusi dari Persamaan Maxwell untuk medan listrik dan medan magnetik, khususnya dalam Hukum Faraday dan Ampere baik bentuk integral maupun diferensial seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (1) sampai (4).

$$\oint_1 E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int_s B \cdot ds \quad (1)$$

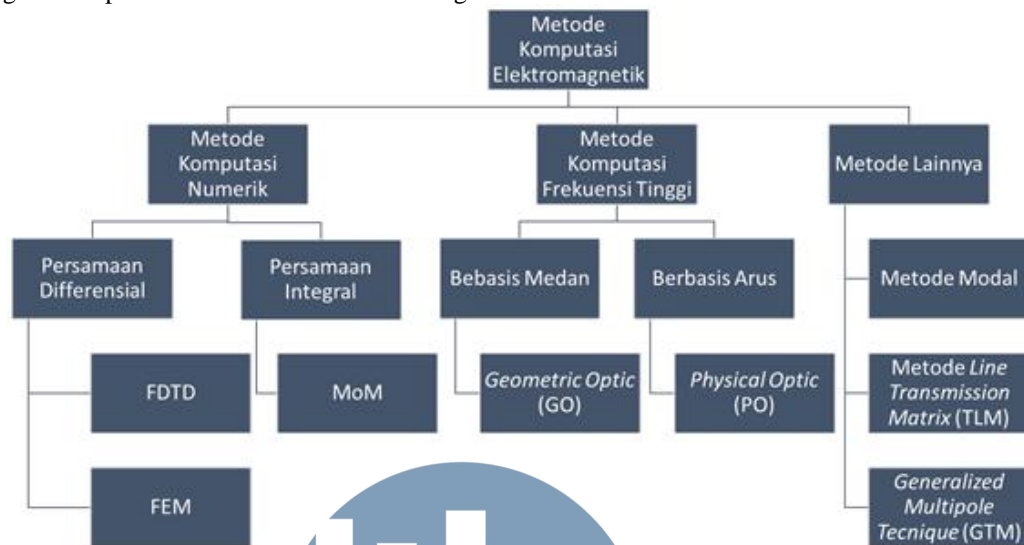
$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (2)$$

$$\oint_c \frac{B}{\mu_0} \cdot dl = \int_s J \cdot ds + \frac{d}{dt} \int_s \epsilon_0 \cdot E \cdot ds \quad (3)$$

$$\nabla \times \frac{B}{\mu_n} = J + \frac{\partial \epsilon_0 E}{\partial t} \quad (4)$$

Secara garis besar, metode komputasi elektromagnetik dapat diklasifikasikan ke dalam tiga

jenis metode yaitu metode komputasi numerik, metode komputasi untuk frekuensi tinggi dan metode lainnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Klasifikasi Metode Komputasi Elektromagnetik.

Dalam *literature review* ini, pembahasan akan dibatasi untuk metode komputasi numerik karena metode ini memiliki aplikasi yang cukup luas dan merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menganalisis karakteristik gelombang elektromagnetik. Penjelasan untuk masing-masing metode beserta kelebihan dan kekurangannya akan dibahas secara lengkap pada setiap sub bab berikut.

#### A. Finite Elemen Method (FEM)

Metode *Finite Elemen Method* pada awalnya dikembangkan untuk aplikasi dalam teknik sipil maupun teknik mesin, namun kemudian metode ini juga digunakan untuk analisis gelombang elektromagnetik. Dalam elektromagnetik, FEM dapat digunakan untuk memodelkan antena Yagi-Uda, bumbung gelombang, dan antena *horn* [4] Pada dasarnya, metode FEM membagi objek analisis yang besar menjadi bagian-bagian kecil yang jumlahnya berhingga yang disebut sebagai *finite element* [5]. Bagian-bagian kecil yang sudah dianalisis tersebut kemudian digabungkan kembali untuk membentuk hasil analisis secara keseluruhan.

Metode FEM memiliki beberapa keunggulan diantaranya sebagai berikut [2].

1. Metode FEM cukup mudah digunakan dalam menganalisis dan menentukan solusi untuk objek yang kompleks dengan material non homogen.

2. Metode FEM memungkinkan untuk dianalisis dalam *multi-problem*, artinya, metode ini bisa digunakan untuk menganalisis masalah elektromagnetik dan mekanik secara bersamaan.

3. Metode FEM memiliki potensi *frequency scaling* yang lebih baik jika dibandingkan dengan metode MoM.

Selain kelebihan di atas, metode FEM juga memiliki kekurangan yang dijabarkan sebagai berikut.

1. Metode FEM cukup kompleks jika digunakan untuk menganalisis objek 3D dengan ukuran yang besar.
2. Metode FEM lebih sulit untuk diimplementasikan jika dibandingkan dengan metode FDTD.

Metode FEM dapat diturunkan dengan dua metode yaitu *variational method* dan *weighed-residual method*. Pendekatan *variational method* menggunakan konstruksi fungsional dari objek yang akan diamati sedangkan *weighed-residual method* yang sering juga disebut sebagai *Galekin method* adalah metode yang dilakukan dengan membentuk *residual* dari persamaan diferensial parsial yang terasosiasi dengan objek yang akan dianalisis [6].

Penurunan metode FEM secara prosedural dapat dijelaskan sebagai berikut [7]

1. Identifikasi persamaan matematis dari sistem yang akan dianalisis.

2. Buat bentuk integral untuk persamaan tersebut dengan memilih salah satu dari *variational method* maupun *weighed-residual method*.
3. Lakukan diskritisasi pada objek yang akan diamati.
4. Buat persamaan untuk setiap elemen yang telah didiskritisasi.
5. Evaluasi bentuk persamaan integral untuk setiap elemen.
6. Buat persamaan matrik untuk setiap elemen objek yang telah dibuat.
7. Selesaikan persamaan matrik yang telah dibuat.
8. Lakukan perhitungan untuk setiap solusi yang ditemukan.

#### B. Finite Difference Time Domain (FDTD)

Metode FDTD mulai dikembangkan oleh Kane Yee pada tahun 1966. Metode FDTD bisa disimulasikan baik untuk satu dimensi, dua dimensi, maupun tiga dimensi. Metode ini cukup mudah untuk dilakukan penurunannya untuk tiga sistem koordinat standar yaitu kartesian, silinder, dan bola. Metode ini digunakan untuk menganalisis permasalahan gelombang elektromagnetik karena memiliki beberapa kelebihan yaitu sebagai berikut [8].

1. FDTD merupakan metode yang sederhana karena penurunan persamaan yang digunakan dalam metode ini cukup mudah.
2. FDTD mudah dipahami karena mengikuti bentuk diferensial Persamaan Maxwell dan pengembangan prosedurnya mudah untuk dimengerti.
3. FDTD memiliki waktu pengembangan yang singkat karena proses diskritisasinya sederhana.
4. FDTD memberikan penjelasan yang eksplisit.

Selain memiliki beberapa kelebihan yang telah disebutkan di atas, FDTD juga memiliki beberapa kekurangan yang dijelaskan sebagai berikut.

1. FDTD membutuhkan waktu simulasi yang cukup lama. Semakin besar ruang yang akan disimulasikan, maka waktu yang dibutuhkan akan semakin lama.
2. FDTD memiliki struktur ujung yang berundak. Hal tersebut dapat menjadi masalah untuk bentuk permukaan melengkung maupun bentuk lain yang lebih kompleks.

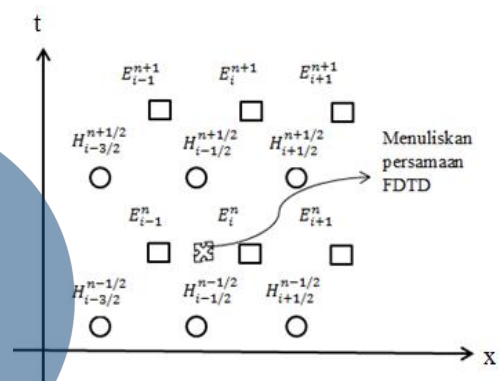
Untuk dapat memodelkan fenomena elektromagnetik dengan metode FDTD, digunakan persamaan Diferensial Maxwell untuk medan listrik dan medan magnetik seperti yang ditunjukkan pada Persamaan (5) dan (6) [9]. Medan listrik dan medan

magnetik diasumsikan merambat ke arah  $z +$  sebagai  $e(j\omega t - j\beta z)$ . Dari konsep operasi *curl*, dua pasang medan listrik dan magnetik di setiap sistem koordinat dapat diperoleh. Unit dasar pada metode FDTD disebut sebagai *Yee cell*.

$$\nabla \times E = -\mu_0 \frac{\partial H}{\partial t} \quad (5)$$

$$\nabla \times H = \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (6)$$

Dasar dari penggunaan metode FDTD adalah metode *leapfrog* [10]. Penentuan medan listrik dan medan magnetik dengan menggunakan metode *leapfrog* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan medan listrik dan medan magnetik menggunakan metode *leapfrog*.

Persamaan pembaruan medan magnetik dan medan listrik diturunkan dari persamaan diferensial Maxwell [11]-[12]. Proses penurunan persamaan untuk metode FDTD dijelaskan sebagai berikut [8].

1. Gunakan persamaan Ampere dan Faraday dalam bentuk turunan terbatas.
2. Dengan operasi *curl*, turunkan Persamaan Ampere dan Faraday sehingga didapatkan persamaan Maxwell untuk sistem koordinat yang dibutuhkan.
3. Tentukan persamaan medan magnetik dan medan listrik dengan mendiskritkan hasil dari prosedur kedua terhadap ruang dan waktu.
4. Selesaikan persamaan turunan yang didapatkan sebelumnya sehingga didapat persamaan medan listrik dan medan magnetik baru yang bergantung dengan medan sebelumnya.

#### C. Method of Moment (MoM)

Method of Moment (MoM) merupakan metode komputasi numerik yang paling banyak digunakan untuk menganalisis gelombang elektromagnetik, khususnya untuk menangani permasalahan *scattering* dan radiasi [2]. Metode ini digunakan untuk

menyelesaikan persamaan Maxwell dalam bentuk integral di domain frekuensi [13]

MoM memiliki beberapa keunggulan yaitu sebagai berikut.

1. MoM secara otomatis terhubung dengan kondisi radiasi, hal ini akan sangat membantu saat menganalisis permasalahan *scattering* maupun radiasi.
2. Dapat diturunkan formula yang cukup efisien untuk objek yang berbentuk strata atau bertingkat.
3. Memiliki ketersediaan NEC-2 yang berfungsi sebagai dasar untuk banyak desain antena.
4. Variabel kerjanya merupakan rapat arus sehingga sangat mudah untuk mengintegrasikan dalam numerik.

MoM juga memiliki kekurangan yang dijabarkan sebagai berikut.

1. MoM tidak dapat menyelesaikan permasalahan elektromagnetik dalam bentuk diferensial.
2. MoM tidak dapat melakukan *scaling* yang cukup baik dengan domain frekuensi.
3. Beberapa formula MoM diturunkan berdasarkan persamaan medan magnetik dalam bentuk integral dengan permukaan tertutup. Hal tersebut cukup sulit untuk diimplementasikan.

MoM pertama kali dipopulerkan oleh Harrington pada saat melakukan penelitian mengenai elektromagnetik [14]. Metode ini pada dasarnya memiliki kemiripan dengan metode FEM. MoM mengubah persamaan Maxwell bentuk integral ke dalam sistem persamaan linier yang lebih sederhana. Persamaan yang merupakan solusi dari MoM merupakan persamaan medan listrik dalam bentuk integral (WIEE) atau persamaan medan magnetik dalam bentuk integral seperti yang ditunjukkan dalam Persamaan (7) dan (8).

$$\begin{aligned} \text{EFIE} & \quad (7) \\ \mathbf{E} = f_e(\mathbf{J}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MFIE} & \quad (8) \\ \mathbf{H} = f_m(\mathbf{J}) \end{aligned}$$

Performansi dari MoM didasarkan pada kecepatan, keakuratan, dan penggunaan memori. Kesalahan dalam penggunaan MoM dapat ditekan dengan mengatur amplitudo hamburan, kondisi batas dan arus. Dalam MoM, kesalahan dalam proyeksi bertindak sebagai kesalahan referensi [15].

### III. APLIKASI METODE KOMPUTASI NUMERIK DALAM MENYELESAIKAN PERMASALAHAN ELEKTROMAGNETIK

Metode komputasi numerik untuk medan elektromagnetik telah banyak digunakan untuk berbagai aplikasi. A. Kost dan H. Igarashi menggunakan metode FEM untuk memodelkan pengamatan dan pengontrolan sensitivitas gangguan elektromagnetik pada berbagai perangkat elektronik dengan menggunakan lapisan perisai tipis [16]. M. Solal, M. Gallagher dan A. Tajik juga menyimulasikan resonator *Surface Acoustic Wave (SAW)* dalam 3D menggunakan FEM. [17] V. Plessky et all seperti dalam [18] memanfaatkan metode FEM untuk memodelkan Filter 5-IDT CRF/DMS. Dalam penelitiannya, V. Plessky melakukan simulasi untuk mencari resonansi dalam struktur filter, radiasi energi pada *interface* IDT dan lekukan pada filter *passband* pada mode akustik parasit.

Metode FDTD juga cukup banyak digunakan untuk menyimulasikan fenomena elektromagnetik dalam domain waktu. FDTD dapat digunakan untuk mensimulasikan fenomena *seismo-elektromagnetik*, yaitu fenomena seismik yang berhubungan dengan perambatan gelombang elektromagnetik. Pemodelan baik dalam 2D maupun 3D telah dilakukan dalam penelitian [19]-[20] Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa FDTD cukup mudah diimplementasikan dan digunakan untuk memodelkan gelombang elektromagnetik dalam domain waktu. FDTD juga dapat digunakan untuk menghitung frekuensi resonansi dalam *coaxial cavity* maupun dalam bumbung gelombang silinder seperti yang telah dilakukan pada penelitian [21]-[22].

MoM sebagai salah satu metode komputasi numerik yang diturunkan menggunakan Persamaan Maxwell bentuk integral digunakan oleh F.M. Abdussalam et all untuk memodelkan dan menghitung resonansi dari antena *microstrip* [23]. A Schroder et all menggunakan MoM untuk melihat efek gelombang elektromagnetik yang terbentuk dari *High Intensity Radiated Fields (HIRF)* pada struktur pesawat terbang [24]. Dalam penelitiannya, A Schroder melihat hubungan dari hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan dengan hasil pengukuran sebenarnya. MoM cocok digunakan untuk mengamati gelombang elektromagnetik dalam domain frekuensi seperti penelitian yang telah dilakukan oleh M.E. Gruber dan T.F. Eibert dalam memodelkan *rectangular cavity* dengan pendekatan fungsi Green [25].

Secara umum, berbagai permasalahan gelombang elektromagnetik dapat diselesaikan dengan metode komputasi numerik yang sesuai. Kategori jenis permasalahan gelombang elektromagnetik yang sesuai untuk dicari solusinya oleh masing-masing metode komputasi numerik dapat dilihat pada Tabel 1 [26].

Tabel 1. Kategori Permasalahan yang Sesuai untuk Setiap Metode Komputasi Numerik

Metode	Kategori Permasalahan
FEM	Gelombang EM dalam domain frekuensi, medium non-homogen, objek berbentuk kompleks
FDTD	Gelombang EM dalam domain waktu, gelombang EM yang membutuhkan analisis <i>transient</i> , ruang dengan perbatasan planar, medium non-homogen, medium anisotropis
MoM	Gelombang EM dalam domain frekuensi, gelombang EM yang membutuhkan analisis <i>transient</i> , medium konduktif dengan dielektrik terbatas, medium homogen, medium isotropis.

#### IV. KESIMPULAN

Metode Komputasi Numerik telah banyak digunakan untuk memodelkan fenomena elektromagnetik baik dalam perangkat elektronik, perangkat komunikasi maupun untuk memodelkan fenomena alam yang berkaitan dengan gelombang elektromagnetik. Dari penjelasan di atas terlihat bahwa setiap permasalahan gelombang elektromagnetik dapat dicari solusinya menggunakan metode komputasi numerik yang sesuai dengan kasus yang akan diamati. Metode yang akan digunakan bisa dipilih berdasarkan bentuk objek, domain yang akan dianalisis dan Persamaan Maxwell yang akan terasosiasi dengan objek tersebut. Metode FEM cocok digunakan untuk mengamati gelombang elektromagnetik dalam domain frekuensi dengan objek pemodelan kompleks dan non-homogen. Metode FDTD akan memberikan hasil yang lebih baik jika digunakan untuk menganalisis gelombang elektromagnetik dalam domain waktu dengan medium homogen yang memiliki perbatasan planar. Sedangkan metode MoM sesuai untuk permasalahan gelombang elektromagnetik dalam domain frekuensi yang memiliki medium homogen dan konduktif dengan dielektrik terbatas. Dengan adanya *literature review* ini diharapkan pembaca khususnya peneliti di bidang elektromagnetik dapat memperoleh gambaran mengenai metode komputasi numerik untuk gelombang elektromagnetik dan dapat menentukan metode yang sesuai untuk objek penelitiannya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.F Iskander, *Electromagnetics Fields and Waves*, Illinois : Waveland Press Inc. 2000.
- [2] D.B. Davidson, *Computational Electromagnetik for RF and Microwave Engineering*, New York : Cambridge University Press. 2005
- [3] P. Sumithra and D. Thiripurasundari, "A Review on Computational Electromagnetics Methods," in *Advanced Electromagnetics Vol. 6. No 1*, 2017.
- [4] www.feko.info
- [5] R.C. Booton, *Computational Method for Electromagnetics and Microwaves*, Canada: John Wiley and Sons, Inc. 1992
- [6] A.C. Polycarpon, "Introduction to Finite Element Method in Electromagnetics," in *Synthesis Lectures on Computational Electromagnetics Lecture 4*, 2006
- [7] T.H. Kwon, *Introduction to Finite Element Method*, Pohang University of Science and Technology. 2005
- [8] U. S. Inan and R. A. Marshall, *Numerical Electromagnetics: The FDTD Method*, New York: Cambridge University Press. 2011.
- [9] R. E. Collin, *Field Theory of Guided Waves*, 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1991.
- [10] Kane S. Yee and Jei S. Chen, "The Finite Difference Time-Domain (FDTD) and the Finite-Volume Time-Domain (FVTD) Methods in Solving Maxwell's Equations", *IEEE Transaction on Antenna and Propagation*, vol 45, no 3, March 1997.
- [11] A. Taflove, S. C. Hagness, "Computational Electrodynamics, The Finite Difference Time Domain Method 3<sup>rd</sup> Edition", Artech House, Norwood, 2005.
- [12] D. M. Sullivan, "Electromagnetic Simulation Using The FDTD Method," IEEE Press, 2000.
- [13] W.C. Gibson, *The Method of Moment*, Florida: Taylor & Francis Group, LLC. 2008.
- [14] R.F. Harrington, *Field Computation by Moment Methods*, New York: The Macmillan Co. 1968.
- [15] Fu-Gang Hu, *Errors in Projection of Plane Waves Using Various Basis Functions*, *IEEE Antennas and Propagation Magazine* 51(2): 86-98, 2009.
- [16] A. Kost and H. Igarashi, "Different Numerical Methods for Electromagnetic Field Computation with Thin Shielding Sheets", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility*, 1997.
- [17] M. Solal, M. Gallagher, and A. Tajik, "Full 3D Simulation of SAW Resonators Using Hierarchical Cascading FEM", *IEEE International Ultrasonics Symposium*, 2017.
- [18] V. Plessky et al, "FEM Modelling of Entire 50IDT CRF/DMS Filter", *IEEE International Ultrasonics Symposium*, 2017.
- [19] H. Santosa, Y. Hobara, and A. Munir, "Modeling and numerical analysis of seismo-electromagnetics perturbation using FDTD method," *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, Vol. 6, No. 2, pp. 225–236, Jun. 2014.
- [20] N. H. Shabrina and A. Munir, "Modelling and Analyzing of Seismo-electromagnetics Disturbance on Crust of Earth Using FDTD Method" *Proceeding of International Electronic Symposium (IES)*, Denpasar, Indonesia, September 2016, pp. 516-519.
- [21] A. D. Setiawan, H. Nusantara, and A. Munir, "Resonant frequency computation of dielectric material loaded circular waveguide using cylindrical coordinate system-based FDTD method," in *Proceeding of International Conference of Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, Denpasar, Indonesia, Aug. 2015, pp. 314–317.
- [22] A. Munir and Edwar, "Computational approach for resonant frequency calculation of coaxial cavity resonator using cylindrical coordinate system-based FDTD method," in *Proceeding of International Conference on Quality in Research (QiR)*, Lombok, Indonesia, Aug. 2015, pp. 73–76.
- [23] F.M. Abdussalam et al, "The Computation of Complex Resonance of Microstrip Antenna Using Method of Moment and Firefly Algorithms", *Loughborough Antenna & Propagation Conference (LAPC)*, 2016.
- [24] A. Schroder et al, "Analysis of High Intensity Radiated Field Coupling into Aircraft Using Method of Moment", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility Volume: 56, Issue: 1, Feb.* 2014.
- [25] M.E. Gruber and T.F. Eibert, "Simulation of Reverberation Chambers Using Method of Moments with Cavity Green's Function and Spectral Domain Factorization", *IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC)*, 2013
- [26] V. Jithesh and D.C.Pande, "A Review on Computational EMI Modeling Techniques", *Proceeding of INCEMIC*, 2003.

# Maximum Power Point Tracking pada Sel Surya menggunakan Extreme Learning Machine

Wolfgang X.D Jalma N

Electrical Engineering, UMN, Tangerang Regency, Indonesia  
wolfgang.jalma@umn.ac.id

Diterima 20 Desember 2017

Disetujui 30 Desember 2017

**Abstract**—Maximum Power Point Tracking is a method to obtain maximum harvest of PV solar cell. Due to PV nonlinearity, a lot of novel approach has been. One of the most prominence is neural network, that usually can solve this nonlinearity formulation, although needs relatively longer time in order to train, making it unfeasible for real implementation. This research tried to accelerate the training of the neural network based MPPT, using Extreme Learning Machine, with quite promising results.

**Index Terms**—Maximum Power Point Tracking, Neural Network, PV Solar Cell, Extreme Learning machine.

## I. PENGANTAR

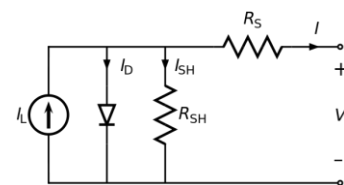
*Maximum power point transfer* merupakan teknik optimasi untuk mencapai transfer daya maksimum dari sel surya menuju ke beban listrik. Sistem ini menjadi sangat penting bagi masa depan penggunaan sel surya, mengingat intermimtensi dan biaya sel surya yang relatif mahal. Jaringan saraf tiruan cukup banyak digunakan dalam *Maximum Power Point tracking* karena kemampuannya untuk mengoptimasi sel surya yang memiliki karakteristik *non-linear*. Tetapi, metode ini memiliki beberapa kelemahan, yang terutama adalah lamanya waktu untuk *men-training* jaringan saraf tiruan. Penelitian ini menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan *extreme learning machine* sebagai metode pembentukan jaringan saraf tiruan.

## II. DASAR TEORI

Penelitian ini berusaha untuk meningkatkan kemampuan MPPT untuk mencapai titik optimal dari Sel surya, yang masih jauh dari harapan [1].

### A. Model Matematis Sel Surya.

Sel surya dapat dimodelkan sebagai dioda yang mampu mengeksitasi elektron ke arah kutub n, dan *hole* menuju ke kutub p (yang merupakan kebalikan dari arah eksitasi pada LED)[17].



Gambar 1. Rangkaian pengganti Sel Surya

Dari gambar diatas, menggunakan persamaan dioda Shockley

$$I = n_p I_L - n_p I_{rs} \left\{ \exp^{\frac{q V_{pv}}{p k T}} - 1 \right\} \quad (2.1)$$

Dimana  $q$  adalah muatan elektron,  $k$  konstanta Boltzmann,  $p$  adalah faktor idealistis p-n,  $n_p$  adalah jumlah sel yang diparalel,  $n_s$  adalah jumlah sel yang diseri,  $T$  adalah temperatur sel surya dalam Kelvin dan  $I_{rs}$  merupakan Arus saat saturasi. Sebagai tambahan,  $I_{rs}$  dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini.

$$I_{rs} = I_r \left( \frac{T}{T_{ref}} \right)^2 \exp^{\frac{q E_g}{p k} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right)} \quad (2.2)$$

Dengan  $I_r$

$$I_r = \frac{I_{sc}}{\exp^{\left( \frac{V_m V_{pv}}{p n_s I_r T} \right)} - 1} \quad (2.3)$$

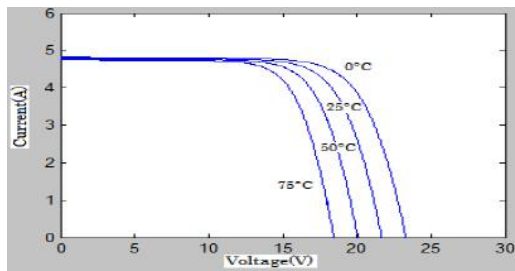
Dimana  $T_{ref}$  adalah suhu referensi,  $I_r$  adalah arus saturasi saat  $T_{ref}$ ,  $E_g$  adalah *band energy* dan  $V_r$  adalah potensi termal bilamana  $T_{ref}$ .

Sumber arus pada sel surya,  $I_L$ , bergantung pada suhu sel surya dan radiasi seperti di bawah ini:

$$I_L = \left( I_{sc} + K(T - T_{ref}) \right) \left( \frac{E}{E_{ref}} \right) \quad (2.4)$$

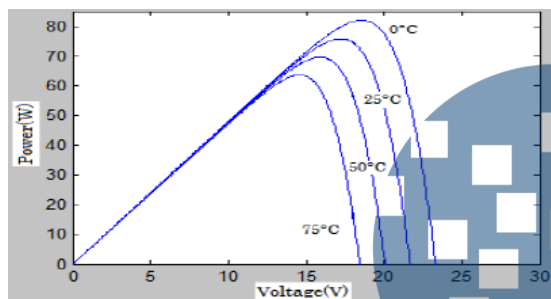
Dari keempat persamaan di atas, kita dapat memodelkan sel surya, seperti pada [17]. Dimana  $I_{sc}$  adalah arus rangkaian terhubung pada referensi suhu  $K$  dan radiasi  $E$ .

Dari *datasheet*, hubungan antara suhu dengan tegangan dan arus dapat dilihat pada gambar (3.1)



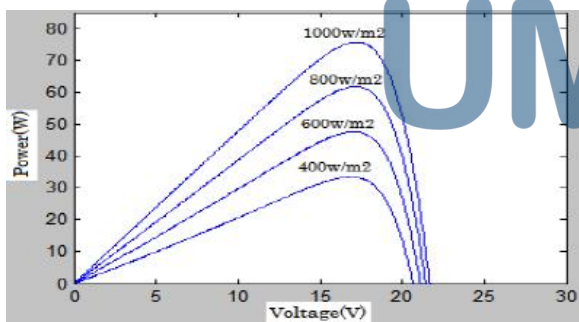
Gambar 2. Hubungan antara arus dan tegangan dari Sel surya Shell 75

Serta hubungan antara suhu dan daya dapat dilihat pada gambar (3.2)



Gambar 3. Hubungan antara daya, tegangan dan suhu dari Sel surya Shell 75

Sedangkan hubungan antara daya dan tingkat radiasi matahari dapat dilihat pada gambar (2.4)



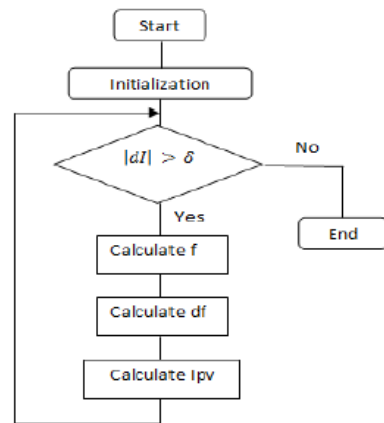
Gambar 4. Hubungan antara daya, tegangan dan tingkat radiasi dari Sel surya Shell 75

Dari hubungan pada gambar di atas, kita dapat melihat bahwa Daya berbanding lurus dengan tingkat radiasi dan berbanding terbalik dengan suhu sel surya.

#### B. Metode Newton-Rapson

Newton-Rapson merupakan metode yang banyak digunakan dalam menentukan titik operasional dari rangkaian *non linear*. Secara sederhana, metode ini merupakan penyelesaian numerik dari linearisasi

fungsi menggunakan ekspansi Taylor. Sistem yang digunakan identik dengan [17].



Gambar 5. Flow chart dari Back-Propogation Neural Network MPPT

#### C. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

MPPT merupakan metode untuk mencari nilai daya optimum dari sel surya pada temperatur dan tingkat radiasi tertentu. Secara umum, terdapat dua metode untuk meraih MPPT [11].

##### 1. Kendali Tak langsung.

Metode ini mengandalkan model dan data *priori* dari sel surya. Metode ini meliputi *curve fitting*, *look-up table*, *open-voltage PV generator*, *short circuit PV generator* dan *open circuit cell*.

##### 2. Kendali Langsung

Metode ini mengandalkan pengukuran langsung parameter-parameter yang ada. Setelah diukur, mppt akan secara perlahan mengubah parameter hingga perpindahan daya yang terjadi tidak dapat dioptimalkan lagi. Metode ini lebih akurat dibandingkan dengan metode kendali tak langsung, tetapi membutuhkan perangkat keras yang memiliki kemampuan komputasi yang tinggi. Metode ini meliputi: *differentiation*, *feedback voltage (current)*, *pertubasi* dan *osilasi*, *inkrementasi konduktansi*, serta *osilasi mandiri*.

Penelitian ini menggunakan metode pertama, karena fokusnya adalah pengembangan model yang bersifat umum pada semua jenis sel surya, bukan implementasi pada satu jenis sel surya.

#### D. Extreme Learning Machine (ELM)

Extreme learning machine (ELM) merupakan suatu paradigma baru dalam proses *training* rangkaian saraf tiruan.[19] Pada rangkaian saraf tiruan tradisional (*Hebbian*, *backprop*, *Rosenbalrd*, dll) setiap *nodes (neural)* pada rangkaian harus di *training* bobotnya. Tetapi, seperti terlihat dalam [19],



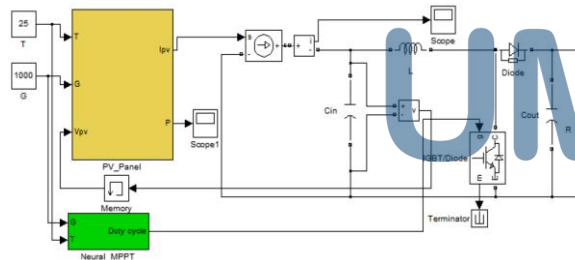
pembobotan dan *training* yang berlebihan sering kali tidak berguna dalam penyelesaian berbagai macam permasalahan jaringan saraf tiruan. Oleh karena itu, ELM dibangun dengan sistem kepercayaan (*believe*)[18] bahwa untuk setiap fungsi kontinu terbatas (bounded) dapat didekati dengan sel jaringan syaraf tiruan dengan probabilitas 1 jika bobot pada jaringan syaraf tiruan tersebut mampu meminimalisasi kesalahan kuadrat pada fungsi tersebut. Dengan memanfaatkan sistem kepercayaan ini, proses *Training ELM* dilakukan dalam 3 langkah [20]:

1. Memberikan pembobotan pada sel *input* dan bias secara acak.
2. Menghitung matriks keluaran lapisan tersembunyi H
3. Menghitung bobot sel keluaran  $\beta: \beta = H^+T$

Walaupun metode ini masih kontroversial, tetapi sistem ini terbukti efektif, terutama pada sistem jaringan syaraf tiruan dengan lapisan tersembunyi tunggal (*Single Hidden Layer Network*).

E.. DC to DC CONVERTER

DC to DC converter pada umumnya digunakan untuk mentransfer daya dari sel surya ke beban untuk menjamin hasil [17]. Hal ini biasanya dilakukan menggunakan MOSFET ataupun IGBT dengan metode PWM. Daya maksimum akan dicapai saat algoritma MPPT mengubah dan menyelaraskan *duty cycle* dari *dc to dc converter* dengan nilai optimum dari sel surya pada suhu dan radiasi tertentu



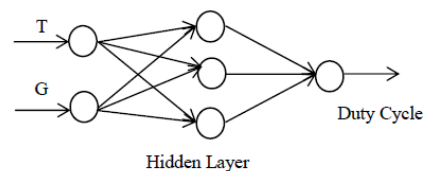
Gambar 6. Implementasi dari MPPT pada sistem sel surya.

III. METODE PENELITIAN

Pada sistem ini, sel surya akan dimodelkan menggunakan persamaan 2.1 sampai dengan 2.4. Model ini akan di linearisasi menggunakan Newton Rhapsod, lalu dicari nilai optimalnya menggunakan jaringan syaraf tiruan. Pada proses ini, jaringan syaraf tiruan (seperti pada gambar sebelumnya) ini akan di-*training* menggunakan metode yang dikenal sebagai ELM. Proses ini akan dilakukan menggunakan perangkat lunak numerik Scilab/Octave, untuk kemudian hasilnya akan di *benchmark* dengan hasil penelitian sebelumnya. Parameter yang digunakan adalah hasil dari sel surya Shell 75 sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter SelSurya Shell 75

Parameters	Values
Open Circuit Voltage(Voc)	21.7Volt
Short Circuit Current(Isc)	4.8Amp
Voltage at Pmax(Vmpp)	17Volt
Current at Pmax(Impp)	4.41Amp
Maximum Power (Pmpp)	75Watt
Number of Cell	36



Gambar 7. Jaringan syaraf tiruan.

Perbedaan utama antara metode ini dengan [17] adalah, bobot input di *assign* secara acak (menggunakan distribusi normal), dan bobot pada *output* dilakukan menggunakan optimasi *Hermitian*[18]. Sedangkan arsitektur dan bagian lainnya tidak diubah. Hal ini akan menghemat waktu *training* dari sistem jaringan syaraf tiruan tersebut.

IV. HASIL SIMULASI DAN DISKUSI

Simulasi dan dilakukan pada komputer Inspiron 12 3000 series, menggunakan Octave versi 4.30, dengan menggunakan sel surya Shell 75 sebagai model.

Tabel 2. Perbandingan antara BP MPPT dan ELM MPPT I (Tingkat radiasi antara 200 samapai dengan 600 W/m2)

	I=200		I=400		I=600		ELM-MPPT	
	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT
	Accuration	Time	Accuration	Time	Accuration	Time	Accuration	Time
T=25	87%	85 min	83%	12 Sec	90%	67 min	88%	35 sec
T=50	83%	100 min	82%	14 sec	88%	89 min	89%	20 sec
T=75	75%	96 min	77%	15 sec	80%	78 min	81%	31 sec

Tabel 3. Perbandingan antara BP MPPT dan ELM MPPT 2 (Tingkat radiasi antara 800 samapai dengan 1000 W/m2)

	I=800		I=1000		ELM-MPPT		ELM-MPPT	
	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT	BP-MPPT	ELM-MPPT
	Accuration	Time	Accuration	Time	Accuration	Time	Accuration	Time
T=25	98%	67 min	90%	40 sec	96%	120 min	94%	1.5 min
T=50	96%	87 min	92%	48 sec	95%	78 min	91%	2 min
T=75	94%	105 min	96%	35 sec	97.50%	64 min	93%	3 min

Dari hasil simulasi di atas, dapat dilihat, secara umum, MPPT berbasis ELM masih belum dapat

menyaingi akurasi dari jaringan saraf tiruan menggunakan *backpropagation* (dibawah 5%). Meski demikian, akurasi ini masih jauh di atas kebanyakan produk komersial yang ada dipasarkan (efisiensi maksimal sekitar 50%), sehingga masih dapat diterima. Hal ini mungkin disebabkan oleh struktur ELM yang masih relatif misterius.

Tetapi, dari segi waktu *training* jaringan saraf tiruan, dapat terlihat bahwa ELM membutuhkan waktu yang jauh lebih sedikit dengan menggunakan sumber daya yang sama. Hal ini sering kali menjadi amat penting dalam implementasi di lapangan, karena perubahan cuaca yang cepat menjadi halangan dari implementasi MPPT. Selain itu, harga modul MPPT yang relatif murah (secara umum dibawah \$300) mengharuskan MPPT menggunakan peranti keras yang sederhana.

Ke depannya, metode ini dapat dikembangkan seiring dengan meningkatnya pengetahuan akan struktur ELM itu sendiri (yang hingga saat ini, masih belum diketahui secara menyeluruh, penyebab efektivitasnya).

#### V. SIMPULAN

Implementasi MPPT berbasis ELM menghasilkan sistem yang lebih cepat dan sederhana, dengan ketelitian yang masih dapat ditoleransi. Hal ini diharapkan mampu masalah tingkat radiasi matahari yang cepat berubah (karena faktor meteorologis, polusi, dll), yang membuat MPPT berbasis *Backpropagation Neural Network* menjadi tidak efektif, karena terlalu lambat.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada LPPM dan sumber dana internal UMN yang telah mendukung proses penelitian ini

#### REFERENCES

- [1] R. M. Hilloowala and A. M. Sharaf, "A rule-based fuzzy logic controller for a PWM inverter in photo-voltaic energy conversion scheme," in Proc. IEEE Ind. Appl. Soc. Annu. Meet., 1992, pp. 762–769.
- [2] C.-Y. Won, D.-H. Kim, S.-C. Kim, W.-S. Kim, and H.-S. Kim, "A new maximum power point tracker of photovoltaic arrays using fuzzy controller," in Proc. 25th Annu. IEEE Power Electron. Spec. Conf., 1994, pp. 396–403.
- [3] T. Senjyu and K. Uezato, "Maximum power point tracker using fuzzy control for photovoltaic arrays," in Proc. IEEE Int. Conf. Ind. Technol., 1994, pp. 143–147.
- [4] G.-J. Yu, M.-W. Jung, J. Song, I.-S. Cha, and I.-H. Hwang, "Maximum power point tracking with temperature compensation of photovoltaic for air conditioning system with fuzzy controller," in Proc. IEEE Photovoltaic Spec. Conf., 1996, pp. 1429–1432.
- [5] M. G. Simoes, N. N. Franceschetti, and M. Friedhofer, "A fuzzy logic based photovoltaic peak power tracking control," in Proc. IEEE Int. Symp. Ind. Electron., 1998, pp. 300–305.
- [6] A. M. A. Mahmoud, H. M. Mashaly, S. A. Kandil, H. El Khashab, and M. N. F. Nashed, "Fuzzy logic implementation for photovoltaic maximum power tracking," in Proc. 9th IEEE Int. Workshop Robot Human Interactive Commun., 2000, pp. 155–160.
- [7] N. Patcharaprakiti and S. Premrudeepreechacharn, "Maximum power point tracking using adaptive fuzzy logic control for grid-connected photovoltaic system," in IEEE Power Eng. Soc. Winter Meet., 2002, pp. 372–377.
- [8] B. M. Wilamowski and X. Li, "Fuzzy system based maximum power point tracking for PV system," in Proc. 28th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc., 2002, pp. 3280–3284.
- [9] M. Veerachary, T. Senjyu, and K. Uezato, "Neural-network-based maximum-power-point tracking of coupled-inductor interleaved-boost-converter-supplied PV system using fuzzy controller," IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 50, no. 4, pp. 749–758, Aug. 2003.
- [10] N. Khaehintung, K. Pramotung, B. Tuvirat, and P. Sirisuk, "RISC microcontroller built-in fuzzy logic controller of maximum power point tracking for solar-powered light-flasher applications," in Proc. 30th Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc., 2004, pp. 2673–2678.
- [11] V. Salas, E. Ohas, A. Barrado, and A. Lazzaro, "Review of the maximum power point tracking algorithms for stand-alone photovoltaic," Solar Energy Materials & Solar Cells, vol. 90, 2006.
- [12] Hatem Diab, "Intelligent Maximum Power Tracking and Inverter Hysteresis Current Control of Grid-connected PV Systems" International Conference on Advances in Power Conversion and Energy Technologies, APCET- 2012, IEEE, INDIA, 2012.
- [13] Kalpana Chaudhary, "Artificial Neural Network Implementation for Maximum Power Point Tracking of Optimized Solar Panel" International Journal of Computer Applications, 2013
- [14] T. Hiyama, S. Kouzuma, and T. Imakubo, "Identification of optimal operating point of PV modules using neural network for real time maximum power tracking control," IEEE Trans. Energy Convers., vol. 10, no. 2, pp. 360–367, Jun. 1995.
- [15] X. Sun, W. Wu, X. Li, and Q. Zhao, "A research on photovoltaic energy controlling system with maximum power point tracking," in Proc. Power Convers. Conf., 2002, pp. 822–826.
- [16] L. Zhang, Y. Bai, and A. Al-Amoudi, "GA-RBF neural network based maximum power point tracking for grid-connected photovoltaic systems," in Proc. Int. Conf. Power Electron., Machines and Drives, 2002, pp. 18–23.
- [17] NAOUFEL KHALDI, HASSAN MAHMOUDI, MALIKA ZAZI, YOUSSEF BARRADI, "Implementation of a MPPT Neural Controller for Photovoltaic Systems on FPGA Circuit", WSEAS TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, vol. 9. 2014.
- [18] Guang-Bin, Huang, "What are Extreme Learning Machines? Filling the Gap Between Frank Rosenblatt's Dream and John von Neumann's Puzzle" Cognitive Computing 2015.
- [19] Guang-Bin Huang, Hongming Zhou, Xiaojiang Ding, and Rui Zhang, "Extreme Learning Machine for Regression and Multiclass Classification," IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS—PART B: CYBERNETICS, VOL. 42, NO. 2, APRIL 2012 513
- [20] Guang-Bin, Huang, "Introduction to Extreme Learning Machines," Hands-on Workshop on Machine Learning for BioMedical Informatics 2006, National University of Singapore, 21 Nov 2006.

# PEDOMAN PENULISAN JURNAL ULTIMATICS, ULTIMA INFOSYS, DAN ULTIMA COMPUTING

## 1. Kriteria Naskah

- Naskah belum pernah dipublikasikan atau tidak dalam proses penyuntingan di jurnal berkala lainnya.
- Naskah yang dikirimkan dapat berupa naskah hasil penelitian atau konseptual.

## 2. Pengetikan Naskah

- Naskah diketik dengan jarak spasi antar baris 1 pada halaman ukuran A4 (21 cm x 29,7 cm), margin kiri-atas 3 cm dan kanan-bawah 2 cm, dengan jenis tulisan Times New Roman.
- Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris.
- Jumlah halaman untuk tiap naskah dibatasi dengan jumlah minimal 4 halaman dan maksimal 8 halaman.

## 3. Format Naskah

- Komposisi naskah terdiri dari Judul, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metode, Hasil Penelitian dan Pembahasan, Simpulan, Lampiran, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka.
- Judul memiliki jumlah kata maksimal 15 kata dalam Bahasa Indonesia atau maksimal 12 kata dalam Bahasa Inggris (termasuk subjudul bila ada).
- Abstrak ditulis dengan Bahasa Inggris paling banyak 200 kata, meskipun bahasa yang digunakan dalam penyusunan naskah adalah Bahasa Indonesia. Isi abstrak sebaiknya mengandung argumentasi logis, pendekatan pemecahan masalah, hasil yang dicapai, dan simpulan singkat.
- Kata Kunci ditulis dengan Bahasa Inggris dalam satu baris, dengan jumlah kata antara 4 sampai 6 kata.
- Pendahuluan berisi latar belakang dan tujuan penelitian.
- Metode dapat diuraikan secara terperinci dan dibedakan menjadi beberapa bab maupun subbab yang terpisah.
- Hasil dan Pembahasan disajikan secara sistematis sesuai dengan tujuan penelitian.
- Simpulan menyajikan intisari hasil penelitian yang telah dilaksanakan. Saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya juga dapat diberikan di sini.

- Lampiran dan Ucapan Terima Kasih dapat dijabarkan setelah Simpulan secara singkat dan jelas.
- Daftar Pustaka yang dirujuk dalam naskah harus dituliskan di bagian ini secara kronologis berdasarkan urutan kemunculannya. Cara penulisannya mengikuti cara penulisan jurnal dan transaction IEEE.
- Template naskah telah disediakan dan dapat diminta dengan menghubungi surel redaksi.

## 4. Penulisan Daftar Pustaka

- Artikel Ilmiah:  
N. Penulis, "Judul artikel ilmiah," *Singkatan Nama Jurnal*, vol. x, no. x, hal. xxx-xxx, Sept. 2013.
- Buku  
N. Penulis, "Judul bab di dalam buku," di dalam *Judul dari Buku*, edisi x. Kota atau Negara Penerbit: Singkatan Nama Penerbit, tahun, bab x, subbab x, hal. xxx-xxx.
- Laporan  
N. Penulis, "Judul laporan," *Singkatan Nama Perusahaan, Kota Perusahaan, Singkatan Nama Negara, Laporan xxx, tahun*.
- Buku Manual/ *handbook*  
*Nama dari Buku Manual*, edisi x, Singkatan Nama Perusahaan, Kota Perusahaan, Singkatan Nama Negara, tahun, hal. xxx-xxx.
- Prosiding  
N. Penulis, "Judul artikel," di dalam *Nama Konferensi Ilmiah*, Kota Konferensi, Singkatan Nama Negara (jika ada), tahun, hal. xxx-xxx.
- Artikel yang Disajikan dalam Konferensi  
N. Penulis, "Judul artikel," disajikan di *Nama Konferensi, Kota Konferensi, Singkatan Nama Negara, tahun*.
- Paten  
N. Penulis, "Judul paten," HKI xxxxxx, 01 Januari 2014.
- Tesis dan Disertasi  
N. Penulis, "Judul tesis," M.Sc. thesis, Singkatan Departemen, Singkatan

Universitas, Kota Universitas, Singkatan Nama Negara, tahun.

N. Penulis, "Judul disertasi," Ph.D. dissertation, Singkatan Departemen, Singkatan Universitas, Kota Universitas, Singkatan Nama Negara, tahun.

- Belum Terbit  
N. Penulis, "Judul artikel," belum terbit.

N. Penulis, "Judul artikel," Singkatan Nama Jurnal, proses cetak.

- Sumber online  
N. Penulis. (tahun, bulan tanggal). Judul (edisi) [Media perantara]. Alamat situs: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))

N. Penulis. (tahun, bulan). Judul. Jurnal [Media perantara]. *volume(issue)*, halaman jika ada. Alamat situs: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))

Catatan: media perantara dapat berupa media online, CD-ROM, USB, dan sebagainya.

## 5. Pengiriman Naskah Awal

- Para penulis dapat mengirimkan naskah hasil penelitiannya dalam bentuk .doc atau .pdf melalui surel ke [umnjurnal@gmail.com](mailto:umnjurnal@gmail.com) dengan subjek sesuai Jurnal yang dipilih.
- Seluruh isi naskah yang dikirimkan harus memenuhi syarat dan ketentuan yang ditentukan.
- Kami akan menjaga segala kerahasiaan dan Hak Cipta karya Anda.
- Sertakan biodata penulis pertama yang lengkap, meliputi nama, alamat kantor, alamat penulis, telpon kantor/ rumah dan hp, serta No NPWP (bagi yang memiliki NPWP).

## 6. Penilaian Naskah

- Seluruh naskah yang diterima akan melalui serangkaian tahap penilaian yang melibatkan mitra bestari.
- Setiap naskah akan direview oleh minimal 2 orang mitra bestari.
- Rekomendasi dari mitra bestari yang akan menentukan apakah sebuah naskah diterima, diterima dengan revisi minor, diterima dengan revisi major, atau ditolak.

## 7. Pengiriman Naskah Final

- Naskah yang diterima untuk diterbitkan akan diinformasikan melalui surel redaksi.
- Penulis berkewajiban memperbaiki setiap kesalahan yang ditemukan sesuai saran dari mitra bestari.
- Naskah final yang telah direvisi dapat dikirimkan kembali ke surel redaksi beserta hasil scan Copyright Transfer Form yang telah ditandatangani.

## 8. Copyright dan Honorarium

- Penulis yang naskahnya dimuat harus membaca dan menyetujui isi Copyright Transfer Form kepada redaksi.
- Copyright Transfer Form harus ditandatangani oleh penulis pertama naskah.
- Naskah yang dimuat akan mendapatkan honorarium sebesar Rp 1.000.000,- per naskah, setelah dipotong pajak 2.5% (bila penulis pertama yang memiliki NPWP) dan 3% (tanpa NPWP).
- Honorarium akan ditransfer ke rekening penulis pertama (tidak dapat diwakilkan) paling lambat 2 minggu setelah jurnal naik cetak dan siap didistribusikan.
- Penulis yang naskahnya dimuat akan mendapatkan copy jurnal sebanyak 2 eksemplar.

## 9. Biaya Tambahan

- Permintaan tambahan copy jurnal harus dibeli seharga Rp 50.000,- per copy.
- Permintaan penambahan jumlah halaman dalam naskah (maksimal 8 halaman) akan dikenai biaya sebesar Rp 25.000,- per halaman.

## 10. Alamat Redaksi

d.a. Koordinator Riset  
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi  
Universitas Multimedia Nusantara  
Gedung Rektorat Lt.6  
Scientia Garden, Jl. Boulevard Gading Serpong,  
Tangerang, Banten -15333  
Surel: [umnjurnal@gmail.com](mailto:umnjurnal@gmail.com)

# Judul Paper

Sub Judul (jika diperlukan)

Nama Penulis A<sup>1</sup>, Nama Penulis B<sup>2</sup>, Nama Penulis C<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Baris pertama (dari afiliasi): nama departemen organisasi, nama organisasi, kota, negara  
Baris kedua: alamat surel jika diinginkan

<sup>2</sup> Baris pertama (dari afiliasi): nama departemen organisasi, nama organisasi, kota, negara  
Baris kedua: alamat surel jika diinginkan

Diterima dd mmmmm yyyy

Disetujui dd mmmmm yyyy

**Abstract**—This electronic document is a “live” template which you can use on preparing your IJNMT 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 commas

## I. PENDAHULUAN

Dokumen ini, dimodifikasi dalam MS Word 2007 dan disimpan sebagai dokumen Word 97-2003, memberikan panduan yang diperlukan oleh penulis untuk mempersiapkan dokumen elektroniknya. Margin, lebar kolom, jarak antar baris, dan jenis-jenis format lainnya telah disisipkan di sini. Penulis berkewajiban untuk memastikan dokumen yang dipersiapkannya telah memenuhi format yang disediakan.

Isi Pendahuluan mengandung latar belakang, tujuan, identifikasi masalah dan metode penelitian yang dipaparkan secara tersirat (implisit). Kecuali bab Pendahuluan dan Simpulan, penulisan judul bab sebaiknya eksplisit sesuai dengan isi yang dijelaskan, tidak harus implisit dinyatakan sebagai Dasar Teori, Perancangan, dan sebagainya.

## II. PENGGUNAAN YANG TEPAT

### A. Memilih Template

Pertama, pastikan Anda memiliki *template* yang tepat untuk artikel Anda. *Template* ini ditujukan untuk Jurnal ULTIMATICS, ULTIMA InfoSys, dan ULTIMA Computing. *Template* ini menggunakan ukuran kertas A4.

### B. Mempertahankan Keutuhan Format

*Template* ini digunakan untuk mem-format artikel dan *style* isi artikel Anda. Seluruh margin, lebar kolom, jarak antar baris, dan jenis tulisan telah diberikan, jangan diubah.

## III. PERSIAPKAN ARTIKEL ANDA

Sebelum Anda mulai mem-format artikel Anda, tulislah terlebih dahulu artikel Anda dan simpan sebagai *text file* lainnya. Setelah selesai baru lakukan pencocokkan *style* dokumen. Jangan tambahkan nomor halaman di bagian manapun dari dokumen ini. Perhatikan pula beberapa hal berikut saat melakukan pengecekan tulisan.

### A. Singkatan

Definisikan singkatan pada saat pertama kali digunakan di dalam isi tulisan, walaupun singkatan tersebut telah didefinisikan di dalam abstrak. Singkatan seperti IEEE, SI, MKS, CGS, sc, dc, dan rms tidak harus didefinisikan. Singkatan yang menggunakan tanda titik tidak boleh diberi spasi, seperti “C.N.R.S.”, bukan “C. N. R. S.” Jangan gunakan singkatan di dalam Judul Artikel atau Judul Bab, kecuali tidak dapat dihindari.

### B. Unit

- Gunakan baik SI (MKS) atau CGS sebagai unit primer.
- Jangan menggabungkan kepanjangan dan singkatan dari unit, yang tepat seperti “Wb/m<sup>2</sup>” atau “webers per meter persegi,” bukan “webers/m<sup>2</sup>.”
- Gunakan angka nol di depan suatu bilangan desimal, seperti “0,25” bukan “.25.”

### C. Persamaan

Format persamaan merupakan suatu pengecualian di dalam spesifikasi *template* ini. Anda harus menentukan apakah akan menggunakan jenis tulisan Times New Roman atau Symbol (jangan jenis tulisan yang lain). Bila Anda membuat beberapa persamaan berbeda, akan lebih baik bila Anda mempersiapkan persamaan tersebut sebagai gambar dan menyisipkannya ke dalam artikel Anda setelah diberi *style*.

Beri penomoran untuk persamaan Anda secara berurutan. Nomor persamaan berada dalam tanda kurung seperti (1), dan diletakkan pada bagian kanan dengan menggunakan suatu *right tab stop*.

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

Perhatikan bahwa persamaan di atas diposisikan di bagian tengah dengan menggunakan suatu *center tab stop*. Pastikan bahwa simbol-simbol yang digunakan dalam persamaan Anda didefinisikan sebelum atau sesudah persamaan. Gunakan "(1)," bukan "Persamaan (1)," kecuali pada awal sebuah kalimat, seperti "Persamaan (1) merupakan ...."

#### D. Beberapa Kesalahan Umum

- Perhatikan tata cara penulisan Bahasa Indonesia yang benar, perhatikan penggunaan kata depan dan kata sambung yang tepat, seperti "di depan" dan "disampaikan".
- Kata-kata asing yang belum diserap ke dalam Bahasa Indonesia dapat dicetak miring, atau diberi garis bawah, atau dicetak tebal (pilih salah satu), seperti "*italic*", "underlined", "**bold**".
- Prefiks seperti "non", "sub", "micro", "multi", dan "ultra" bukan kata yang berdiri sendiri, oleh karenanya harus digabung dengan kata yang mengikutinya, biasanya tanpa tanda hubung, seperti "subsistem".

#### IV. MENGGUNAKAN TEMPLATE

Setelah naskah artikel Anda selesai di-*edit*, artikel Anda dapat dipersiapkan untuk *template*. Gandakan template ini dengan menggunakan perintah Save As dan simpan dengan penamaan berikut:

- ULTIMATICS\_namaPenulis1\_judulArtikel.
- ULTIMAInfoSys\_namaPenulis1\_judulArtikel.
- ULTIMAComputing\_namaPenulis1\_judulArtikel.

Selanjutnya Anda dapat meng-*import* artikel Anda dan mempersiapkannya sesuai *template* yang diberikan. Perhatikan beberapa hal berikut pada saat melakukan pengecekan.

##### A. Penulis dan Afiliasi

*Template* ini didesain untuk tiga penulis dengan dua afiliasi yang berbeda. Penamaan afiliasi yang sama tidak perlu berulang, cukup afiliasi yang berbeda yang ditambahkan. Berikan alamat surel resmi afiliasi atau penulis jika diinginkan.

##### B. Penamaan Judul Bab dan Subbab

Bab merupakan suatu perangkat organisatorial yang memandu pembaca untuk membaca isi artikel

Anda. Terdapat dua jenis bab: bab utama (bab) dan subbab.

Bab utama mengidentifikasi komponen-komponen yang berbeda dalam artikel Anda dan tidak memiliki hubungan isi yang erat satu sama lainnya. Sebagai contoh PENDAHULUAN, DAFTAR PUSTAKA, dan UCAPAN TERIMA KASIH. Penulisan judul bab utama menggunakan huruf kapital dan penomoran angka Romawi.

Subbab merupakan isi yang dijabarkan lebih terstruktur dan memiliki relasi yang kuat. Penamaan subbab ditulis dengan menggunakan cara penulisan judul kalimat utama (*Capitalize Each Word*) dan penomorannya menggunakan huruf alfabet kapital secara berurutan. Untuk subsubbab, penamaan dan penomorannya mengikuti cara penamaan dan penomoran subbab diikuti angka Arab, seperti "A.1 Penulis", "A.1.1 Afiliasi Penulis".

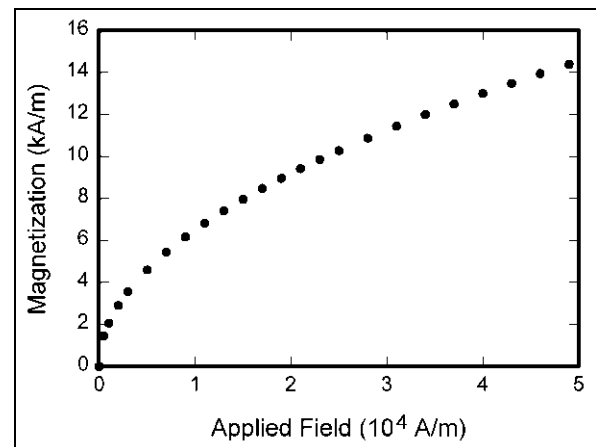
##### C. Gambar dan Tabel

Letakkan gambar dan tabel di atas atau di bawah kolom. Hindari posisi di tengah kolom. Gambar dan tabel yang besar dapat mengambil area dua kolom menjadi satu kolom. Judul gambar harus diletakkan di bawah gambar, sedangkan judul tabel harus diletakkan di atas tabel. Masukkan gambar dan tabel setelah mereka dirujuk di dalam isi artikel.

Tabel 1. Contoh tabel

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

Penamaan judul gambar dan tabel menggunakan cara penulisan kalimat biasa (*Sentence case*). Berikan jarak baris sebelum dan sesudah gambar atau tabel dengan kalimat penyertanya.



Gambar 1. Contoh gambar

## V. SIMPULAN

Bagian simpulan bukan merupakan keharusan. Meskipun suatu simpulan dapat memberikan gambaran mengenai intisari artikel Anda, jangan menduplikasi abstrak sebagai simpulan Anda. Sebuah simpulan dapat menekankan pada pentingnya penelitian yang Anda lakukan atau saran pengembangan penelitian selanjutnya yang dapat dikerjakan.

## LAMPIRAN

Jika diperlukan, Anda dapat menyisipkan lampiran-lampiran yang digunakan dalam artikel Anda sebelum UCAPAN TERIMA KASIH.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Di bagian ini Anda dapat memberikan pernyataan atau ungkapan terima kasih pada pihak-pihak yang telah membantu Anda dalam pelaksanaan penelitian yang Anda lakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

Untuk penamaan daftar pustaka, gunakan tanda kurung siku, seperti [1], secara berurutan dari awal rujukan dilakukan. Untuk merujuknya dalam kalimat, cukup gunakan [2], bukan “Rujukan [3]”, kecuali di awal sebuah kalimat, seperti “Rujukan [3] menggambarkan ....”

Penomoran catatan kaki dilakukan secara terpisah dengan *superscripts*. Letakkan catatan kaki tersebut di

bawah kolom dimana catatan kaki tersebut dirujuk. Jangan letakkan catatan kaki di dalam daftar pustaka.

Kecuali terdapat enam atau lebih penulis, jabarkan nama penulis tersebut satu-satu, jangan gunakan “dkk”. Artikel yang belum diterbitkan, meskipun sudah dikirim untuk diterbitkan, harus ditulis “belum terbit” [4]. Artikel yang sudah dikonfirmasi untuk diterbitkan, namun belum terbit, harus ditulis “proses cetak” [5]. Gunakan cara penulisan kalimat (*Sentence case*) untuk penulisan judul artikel.

Untuk artikel yang diterbitkan dalam jurnal terjemahan, tuliskan terlebih dahulu rujukan hasil terjemahannya, diikuti dengan jurnal aslinya [6].

- [1] G. Eason, B. Noble, dan I.N. Sneddon, “On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions,” *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, hal. 529-551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, hal.68-73.
- [3] I.S. Jacobs dan 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, hal. 271-350.
- [4] K. Elissa, “Title of paper if known,” belum terbit.
- [5] R. Nicole, “Title of paper with only first word capitalized,” *J. Name Stand. Abbrev.*, proses cetak.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, dan Y. Tagawa, “Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface,” *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, hal. 740-741, Agustus 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, hal. 301, 1982].
- [7] M. Young, *The Technical Writer’s Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

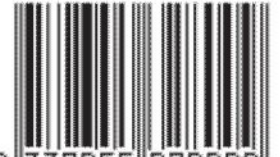
The logo for Universitas Muhammadiyah Negeri (UMN) is displayed in a large, blue, sans-serif font. The letters 'U', 'M', and 'N' are bold and connected, with the 'M' being the largest and most prominent. The logo is centered at the bottom of the page.



**UMN**



ISSN 2355-3286



9 772355 328009



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