

# ULTIMA Computing

## Jurnal Sistem Komputer

**ANANDA KARUNA JAYA, CAESAR ONDOLAN HARAHAP, RAHMI ANDARINI**

Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara menggunakan Metode CLTD

**RIZKY FITRIA HAYA, CHICHA RIZKA GUNAWAN, FAZRI AMIR**

Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller

**JULANDO OMAR, JASON KHO, SAMUEL HUTAGALUNG**

Studi Pendahuluan Perancangan Desain Tangan Mekatronika Untuk Bedah Umum Jarak Jauh

**AMINUDDIN RIZAL**

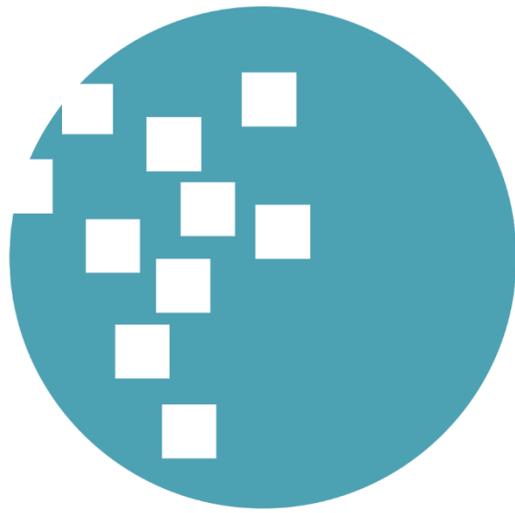
Tahapan Desain dan Implementasi Model Machine Learning untuk Sistem Tertanam

**RIZAL ALFA RIZKI, DISTA YOEL TADEUS, FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO, HERU WINARNO, EKO ARIYANTO**

Metode Estimasi Suhu Minyak pada Transformator Tenaga melalui Pengukuran Suhu Body Berbasis IoT

**FAKHRUDDIN MANGKUSASMITO, DISTA YOEL TADEUS, HERU WINARNO, EKO ARIYANTO**

Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift



**UMN**

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

## SUSUNAN REDAKSI

### Pelindung

Dr. Ninok Leksono

### Penanggungjawab

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

### Pemimpin Umum

Samuel Hutagalung, M.T.I.

### Mitra Bestari

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

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

(Universitas Diponegoro) Fakhruddin

Mangkusamito, S.T., M.T.

(Universitas Jenderal Ahmad Yani) Dede

Furqon Nurjaman, S.T., M.T.

(UMN) Aminuddin Rizal, S.T., M.Sc.

(UMN) Dareen Halim, S.T., M.Sc.

(UMN) Julio Christian Young, S.T., M.T.

### Ketua Dewan Redaksi

Suryasari, S.Kom., M.T.

### Dewan Redaksi

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

Andre Rusli, S.Kom., M.Sc.

Eunike Endahriahna Surbakti, S.Kom., M.T.I.

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

### Desainer dan Layouter

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

### Sirkulasi dan Distribusi

Sularmin

### Keuangan

I Made Gede Suteja, S.E.

## ALAMAT REDAKSI

Universitas Multimedia Nusantara (UMN)

Jl. Scientia Boulevard

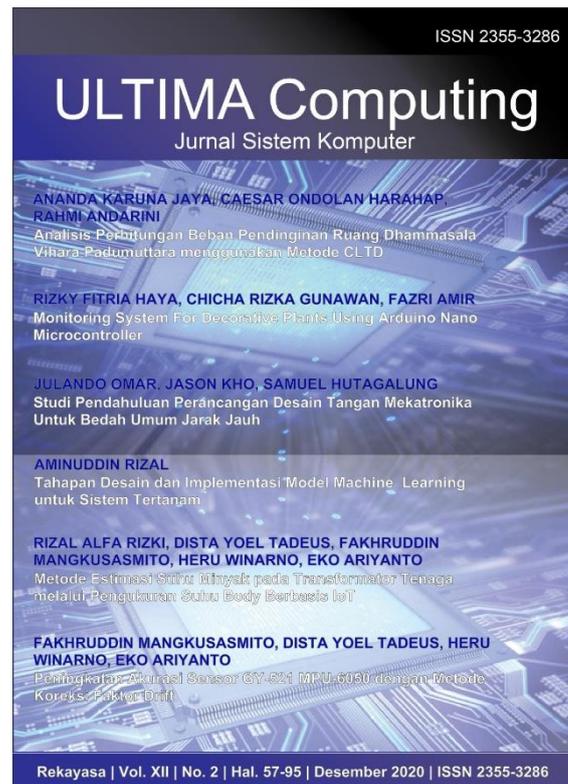
Gading Serpong

Tangerang, Banten - 15811

Telp. (021) 5422 0808

Faks. (021) 5422 0800

Surel. [ultimacomputing@umn.ac.id](mailto:ultimacomputing@umn.ac.id)

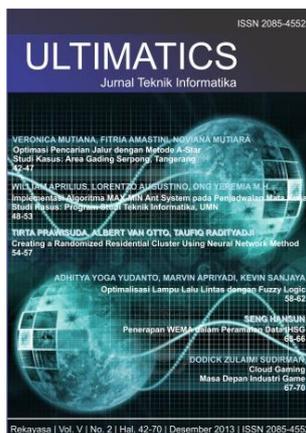


**Jurnal ULTIMA Computing** merupakan Jurnal Program Studi Sistem Komputer Universitas Multimedia Nusantara yang menyajikan artikel-artikel penelitian ilmiah dalam bidang Sistem Komputer serta isu-isu teoritis dan praktis yang terkini, mencakup komputasi, organisasi dan arsitektur komputer, programming, 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 Papers



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



**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 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 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 sistem informasi, *programming*, mobile information system, dan topik lainnya terkait Sistem Informasi.

# DAFTAR ISI

<b>Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara menggunakan Metode CLTD</b>	
Ananda Karuna Jaya, Caesar Ondolan Harahap, Rahmi Andarini	57-64
<b>Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller</b>	
Rizky Fitria Haya, Chicha Rizka Gunawan, Fazri Amir	65-71
<b>Studi Pendahuluan Perancangan Desain Tangan Mekatronika Untuk Bedah Umum Jarak Jauh</b>	
Julando Omar, Jason Kho, Samuel Hutagalung	72-78
<b>Tahapan Desain dan Implementasi Model Machine Learning untuk Sistem Tertanam</b>	
Aminuddin Rizal	79-85
<b>Metode Estimasi Suhu Minyak pada Transformator Tenaga melalui Pengukuran Suhu Body Berbasis IoT</b>	
Rizal Alfa Rizki, Dista Yoel Tadeus, Fakhruddin Mangkusasmito, Heru Winarno, Eko Ariyanto	86-90
<b>Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift</b>	
Fakhruddin Mangkusasmito, Dista Yoel Tadeus, Heru Winarno, Eko Ariyanto	91-95

The logo of Universitas Muhammadiyah Negeri (UMN) is displayed as a large, light blue watermark in the background of the page. It features a circular emblem with a grid pattern and the letters 'UMN' in a bold, sans-serif font below it.

## KATA PENGANTAR

Salam ULTIMA!

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.

Pada edisi Desember 2020 ini, ULTIMA Computing telah memasuki Edisi ke-2 dari Volume XII. Dalam jurnal ini terdapat enam buah karya tulis ilmiah yang berasal dari para peneliti, akademisi dan praktisi di bidang Sistem Komputer. Beberapa topik yang diangkat dalam jurnal ini, antara lain Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara menggunakan Metode CLTD, Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller, Studi Pendahuluan Perancangan Desain Tangan Mekatronika Untuk Bedah Umum Jarak Jauh, Tahapan Desain dan Implementasi Model Machine Learning untuk Sistem Tertanam, Metode Estimasi Suhu Minyak pada Transformator Tenaga melalui Pengukuran Suhu Body Berbasis IoT, Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift.

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 dan 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 2020 ini. Kami berharap artikel-artikel ilmiah hasil penelitian dalam jurnal ini dapat bermanfaat dan memberikan sumbangsih terhadap perkembangan penelitian dan keilmuan di Indonesia.

Desember 2020,

**Suryasari, S.Kom., M.T.**  
Ketua Dewan Redaksi

# Analisis Perhitungan Beban Pendinginan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara menggunakan Metode CLTD

Ananda Karuna Jaya<sup>1</sup>, Caesar Ondolan Harahap<sup>2</sup>, Rahmi Andarini<sup>3</sup>

Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

<sup>1</sup>[ananda.jaya@student.umn.ac.id](mailto:ananda.jaya@student.umn.ac.id), <sup>2</sup>[caesar.harahap@umn.ac.id](mailto:caesar.harahap@umn.ac.id), <sup>3</sup>[rahmi.andarini@lecturer.umn.ac.id](mailto:rahmi.andarini@lecturer.umn.ac.id)

Diterima 19 Juli 2020

Disetujui 10 Oktober 2020

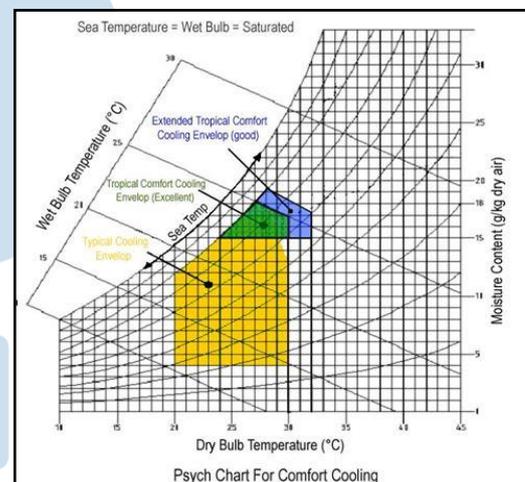
**Abstract**—Dhammasala room of Padumuttara Temple has an indoor temperature of 28,56°C and relative humidity of 80,6%. According to SNI 03-6572-2001 and a previous literature study, this temperature is outside the thermal comfort zone for tropical climate. Aiming to improve thermal comfort of Dhammasala room with an HVAC system efficiently, the cooling load of the room is analyzed using the Cooling Load Temperature Difference (CLTD) method. The results are also compared with results from other cooling load calculation software. The recommended HVAC System for Dhammasala room of Padumuttara Temple is a chiller with a capacity of 30-40TR.

**Keywords:** Cooling Load, CLTD, Dhammasala, Thermal Comfort, HVAC System.

## I. PENDAHULUAN

Konsumsi energi pada sektor bangunan lebih tinggi dibandingkan dengan sektor lainnya. Walaupun persentasenya beragam di setiap negara, bangunan berkontribusi terhadap 30-40% dari kebutuhan energi global [1]. Hal ini disebabkan terutama oleh penggunaan sistem *Heating Ventilation and Air Conditioning* (HVAC) untuk mencapai kenyamanan termal pada sektor tersebut. Kenyamanan termal khususnya di daerah tropis seperti yang ditunjukkan pada *psychrometric chart* pada Gambar 1 berada pada 24-30°C dengan kelembaban relatif 80-65% [2]. Untuk meningkatkan efisiensi energi sebuah bangunan, penggunaan sistem HVAC yang kapasitasnya sesuai dengan beban pendinginan (*cooling load*) bangunan tersebut sangat penting. Peningkatan suhu pada lingkungan sebagai akibat perubahan iklim dapat mempengaruhi suhu pada bangunan. Ruang yang akan dihitung beban pendinginannya pada penelitian ini adalah ruang Dhammasala Vihara Padumuttara yang berlokasi di Jl. Bakti No.14, RT/RW 001/004, Sukasari, Kec. Tangerang, Kota Tangerang. Secara koordinat geografis, lokasi ruangan ini terletak pada 6°10'43.8" lintang selatan dan 106°37'45.9" bujur timur.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi besar beban pendinginan pengkondisi udara yang diperlukan pada bulan dimana nilai rata-rata beban pendinginan memiliki nilai terbesar dan terkecil, menentukan nilai maksimal, minimal dan rata-rata beban pendinginan dalam 1 tahun, dan merekomendasikan besar kapasitas sistem HVAC yang optimum.



Gambar 1. Psychrometric Chart [2]

## II. LANDASAN TEORI

### A. Kenyamanan Termal

Kenyamanan termal tercapai jika 4 kondisi lingkungan berikut ini terpenuhi [3]:

- Suhu Udara

Suhu udara yang nyaman bagi kebanyakan (80%) manusia adalah 20°C pada musim panas dan 25°C pada musim dingin.

- Kelembaban Relatif

Kelembaban relatif udara yang nyaman bagi kebanyakan (80%) manusia adalah 20%-60% di musim panas dan 20%-80% di musim dingin.

- Gerakan Udara

Rentang kenyamanan kecepatan angin bagi kebanyakan (80%) manusia adalah dari 0,1 sampai 0,3 m/s.

- *Mean Radiant Temperature* (MRT)

MRT adalah suhu radiasi rata-rata, biasanya disebabkan oleh radiasi sinar matahari. Secara umum MRT harus di jaga agar mendekati suhu udara lingkungan.

Kombinasi tertentu dari suhu udara, kelembaban relatif (RH), gerakan udara, dan MRT akan menghasilkan kenyamanan termal. Pada sebuah *Psychrometric Chart*, MRT diasumsikan mendekati suhu udara dan gerakan udara diasumsikan rendah. Rentang kombinasi dari suhu udara dan RH yang nyaman ditunjukkan oleh *Psychrometric Chart* di Gambar 1.

#### B. Perhitungan beban pendinginan

Beban pendinginan dihasilkan dari proses perpindahan panas secara konduksi, konveksi, dan radiasi melalui selubung bangunan, sumber internal dan komponen sistem. Komponen bangunan yang dapat memengaruhi beban pendinginan meliputi [4]:

- Eksternal: dinding, atap, jendela, *skylight*, pintu, partisi, *ceiling* dan lantai
- Internal: lampu, penghuni, perlengkapan dan peralatan
- Infiltrasi: kebocoran udara, dan perpindahan kelembaban
- Sistem: Udara luar ruangan, *duct leakage*, *reheat*, *fan* dan *pump energy*, dan *energy recovery*

Variabel yang memengaruhi perhitungan beban pendinginan sangat banyak dan saling terkait. Komponen beban pendinginan bervariasi dalam nilai, arah dan selama periode 24 jam. Karena perubahan dalam komponen ini tidak seragam maka komponen harus dianalisis untuk menetapkan beban pendinginan dari suatu bangunan atau zona. Ada berbagai macam metode perhitungan beban pendinginan antara lain [4] [5] *Transfer Function Method* (TFM), *Total Equivalent Temperature Differential* (TETD), *Heat Balance* (HB), *Radiant Time Series* (RTS), *Cooling load Temperature Difference* (CLTD) / *Solar Cooling Load* (SCL) / *Cooling Load Factor* (CLF).

Acharya, Yewale, Tendolkar, dan Kulkarni mengestimasi dan menganalisis beban pendinginan untuk Subkontinen India. Dari studi ini, dapat disimpulkan bahwa metode TETD lebih cepat tetapi menghasilkan prediksi yang kurang akurat, sedangkan metode CLTD menghabiskan lebih banyak waktu dengan hasil yang akurat [6].

Adref, Elokda, Chikhalsouk, Alebri dan Alhosani [7] menggunakan metode CLTD/SCL/CLF untuk mengukur bangunan residensial di Abu Dhabi, Dubai. Hasil dari penelitian ini mengungkapkan bahwa puncak beban pendinginan sebesar 52 kW yang terjadi pada pukul 16.

Sen, Rana, dan Punia [8] melakukan perbandingan estimasi beban pendinginan dengan menggunakan metode CLTD dan *software* komputer. *Software* komputer yang digunakan adalah Elite CHVAC. Hasilnya menunjukkan bahwa ketika nilai beban pendinginan yang didapatkan dengan metode CLTD cukup mendekati hasil dari Elite CHVAC.

Ijaola, Bello, dan Babalola [9] mengevaluasi performansi energi bangunan pada bangunan kantor yang kompleks di Nigeria. Hasilnya menunjukkan bahwa ketika nilai beban pendinginan yang didapatkan dengan metode CLTD cukup mendekati hasil dari SAVISCAD.

Antima dan Namrata [10] membandingkan 3 metode yaitu CLTD/*Glass Load Factor* (GLF), CLTD/CLF/SCL dan *Residential Load Factor* (RLF). Dari studi perbandingan ketiga metode di atas, dapat diketahui bahwa metode CLTD/GLF memprediksi perolehan panas pada sisi terendah sedangkan nilai metode CLTD/SCL/CLF mengarah pada nilai tertinggi dan nilai RLF berada diantara kedua metode dan lebih mendekati nilai metode CLTD/SCL/CLF.

#### C. Metode *Cooling load Temperature Difference* (CLTD)[5]

Pada penelitian ini digunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) untuk menghitung beban pendinginan bangunan. Perhitungan menggunakan CLTD, *Solar Cooling Load* (SCL), dan *Cooling Load Factor* (CLF) menggunakan prosedur umum yang relatif sama dengan *Transfer Function Method* (TFM) seperti penyatuan data. Demikian pula, konsep dasar perhitungan *heat gain* dari radiasi matahari, total *heat gain* melalui atap dan dinding luar, *heat gain* melalui permukaan interior, *heat gain* melalui infiltrasi dan ventilasi ditangani dengan cara yang sama. Metode CLTD/SCL/CLF adalah prosedur satu tahap perhitungan manual berdasarkan TFM. Ini digunakan untuk memperkirakan beban pendinginan pada 3 cara yaitu *heat gain* (konduksi melalui permukaan seperti jendela, atap, dan dinding, perolehan panas matahari melalui fenetrasi), dan *heat gain* dari lampu, penghuni, dan peralatan serta beban pendinginan dari infiltrasi dan ventilasi.

Persamaan beban pendinginan melalui atap, dinding, pintu dan konduksi kaca dinyatakan pada persamaan (1), (2), dan (3). Persamaan beban pendinginan melalui kaca secara radiasi matahari dinyatakan pada persamaan (4). Persamaan beban

pendinginan melalui partisi, *ceiling* dan lantai dinyatakan pada persamaan (5). Persamaan beban pendinginan melalui pengguna ruangan dinyatakan pada persamaan (6) dan (7). Persamaan beban pendinginan melalui lampu dan peralatan dinyatakan pada persamaan (8) dan (9). Perolehan panas melalui ventilasi dan infiltrasi udara dinyatakan pada persamaan (10), (11), dan (12).

$$Q = U \times A \times CLTD_c \quad (1)$$

$$CLTD_c = CLTD + (78 - TR) + (TM - 85) \quad (2)$$

$$TM = T_{max} - (Daily\ range)/2 \quad (3)$$

$$Q = A \times SC \times SCL \quad (4)$$

$$Q = U \times A \times (T_a - T_{rc}) \quad (5)$$

$$q_{sensible} = N \times (SHG) \times CLF \quad (6)$$

$$q_{latent} = N \times (LHG) \quad (7)$$

$$Q = W \times F_{UI} \times F_{SA} \times CLF \quad (8)$$

$$Q = q_{input} \times F_U \times F_L \times CLF \quad (9)$$

$$q_{sensible} = 1,23 \times Q' \times (t_o - t_i) \quad (10)$$

$$q_{latent} = 3010 \times Q' \times (W_o - W_i) \quad (11)$$

$$q_{total} = 1,2 (h_o - h_i) \quad (12)$$

dengan,

$Q$  = Cooling Load

$U$  = Koefisien perpindahan panas (*U-Value*)

$A$  = Luas permukaan

$78 - TR$  = Koreksi desain suhu dalam ruangan

$TM - 85$  = Koreksi desain suhu luar ruangan

$TR$  = Suhu dalam ruangan

$TM$  = Rata-rata suhu luar ruangan

$T_{max}$  = Suhu maximum luar ruangan

*Daily Range* = perbedaan suhu rata-rata antara maksimum dan minimum suhu harian

$SC$  = *Shading Coefficient*

$SCL$  = *Solar Cooling Load Factor*

$T_a$  = Suhu luar ruangan

$T_{rc}$  = desain suhu dalam ruangan yang dikondisikan

$N$  = Jumlah penghuni dalam ruang

$CLF$  = *Cooling Load Factor*

$SHG$  = *Sensible Heat Gain*

$LHG$  = *Latent Heat Gain*

$W$  = Daya Lampu

$F_{UI}$  = *Lighting use factor*

$F_{SA}$  = *Special balast allowance factor*

$q_{input}$  = Laju energi untuk penggunaan alat

$F_U$  = *Usage Factor*

$F_L$  = *Radiation Factor*

$Q'$  = aliran udara pada ventilasi

$t_o, t_i$  = suhu udara luar, dalam ruangan

$W_o, W_i$  = ratio kelembaban luar, dalam ruangan

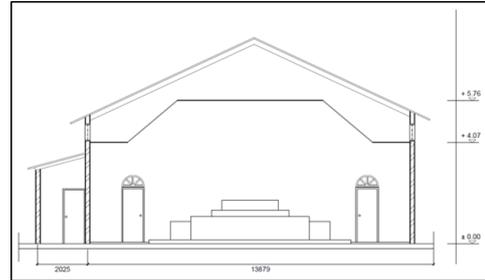
$h_o, h_i$  = entalpi luar, dalam ruangan

### III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

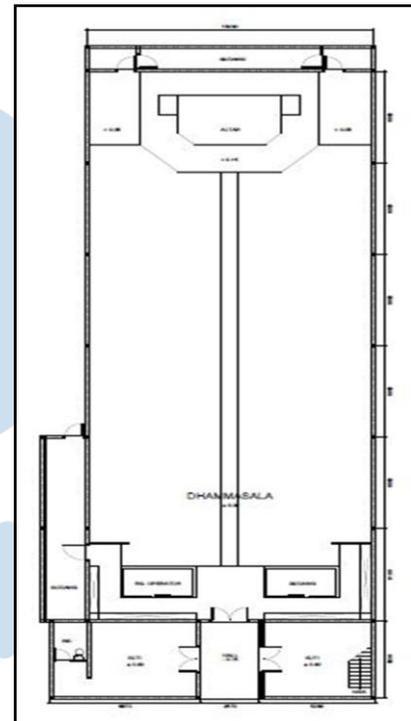
#### A. Spesifikasi Bangunan dan Penggunaannya

Vihara Padumuttara adalah Vihara yang beralamat di Jl. Bakti No.14, RT.001/RW.004, Sukasari, Kec. Tangerang, Kota Tangerang, Banten. Dalam kordinat

geografis Vihara Padumuttara terletak pada  $6^{\circ}10'43.8''$  Lintang Selatan dan  $106^{\circ}37'45.9''$  Bujur Timur. Sketsa ruang Dhammasala ditunjukkan oleh Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Sketsa Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara Tampak Depan



Gambar 3. Sketsa Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara Tampak Atas

Material bahan konstruksi dan luas komponen ruangan didapatkan penulis dari pengukuran dan spesifikasi dari pihak Vihara Padumuttara. Tabel 1 Menunjukkan konstruksi atap, dinding, kaca, *ceiling*, dan lantai ruangan. Selain jenis material dan luasnya, orientasi masing-masing komponen ruangan juga ditunjukkan.

Tabel 1. Konstruksi Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara

Komponen	Material	Luas (m <sup>2</sup> )
Atap	Zincalume, Reflective Aluminium	558,72
Dinding	Common Brick,	4 (Utara) dan

Komponen	Material	Luas (m <sup>2</sup> )
	<i>Cement Plaster</i>	4 (Selatan)
Kaca	<i>Single Glazing 3,2mm, fixed and vertical insullation, window frame aluminium without thermal break</i>	50,88 (Timur) dan 50,88 (Barat)
Pintu	<i>Wood door in wood frame, no glazing</i>	52 (Utara dan Selatan) dan 95,84 (Utara dan Selatan)
Ceiling	<i>Plywood 3,2mm</i>	489,6
Lantai	<i>Cement Plaster cover with Vinyl</i>	288

Jadwal pemakaian ruangan dan daftar peralatan elektronik yang dipakai selama kegiatan juga didapatkan penulis dari pengamatan dan informasi dari pihak Vihara. Tabel 2 menunjukkan jenis kebaktian dan waktu pelaksanaannya di ruangan. Tabel 3 menunjukkan *total internal heat gain* ruangan saat terpakai. Pada tabel tersebut, selain jumlah LCD proyektor, laptop, lampu *flourescent*, dan lampu LED yang nilainya tetap, juga ditunjukkan *heat gain* dari pengguna yang jumlahnya merupakan salah satu variabel bebas penelitian ini.

Tabel 2. Jadwal Penggunaan Ruang Dhammasala Vihara Padumuttara

Kebaktian	Hari	Jam
Meditasi	Senin	19.30-21.30
Orang Tua	Selasa	19.00-21.00
Liam Keng	Rabu	19.00-21.00
Muda Mudi	Kamis	19.00-21.00
Abhidhamma	Jumat	19.30-21.30
Remaja	Sabtu	18.30-20.30
Anak-anak	Minggu	09.00-11.00
Umum	Minggu	19.00-21.00

Tabel 3. Total *Internal Heat Gain*

Kategori	Jumlah	Total Heat Gain (W)	
Pengguna	100	7630	
	200	15260	
	300	22890	
LCD Proyektor	1	104.43	
Laptop	1	12,98	
Lampu Flourescent	22	704,88	
Lampu LED	24	64.08	
<i>Total Internal Heat Gain (W) setiap variasi pengguna</i>			
Pengguna	100	200	300
<i>Heat Gain (W)</i>	8516	16146	23776

Pengukuran dalam ruangan oleh penulis dengan menggunakan *Multi-Function Environment Meter Model 8820* menunjukkan bahwa ruangan pada keadaan kosong memiliki suhu sebesar 28,56°C dan *relative humidity (RH)* sebesar 80,6%. Berdasarkan

*psychrometric chart* di Gambar 1, kondisi tersebut berada diluar zona kenyamanan termal iklim tropis. Hal ini dapat dilihat juga pada SNI 03-6572-2001[11]. Mempertimbangkan RH yang telah diukur agar kenyamanan termal tercapai, temperatur ruangan harus berada pada rentang 24-27°C [2]. Dalam penelitian ini penulis menghitung beban pendinginan yang diperlukan untuk mencapai hal tersebut.

#### B. Penyesuaian Persamaan

Persamaan yang digunakan disesuaikan dengan keadaan di lokasi penelitian. Persamaan beban pendinginan pada lampu dan peralatan menggunakan persamaan yang diadaptasi, hal ini dilakukan karena nilai daya sudah diukur menggunakan *Volt Craft Energy Check*. Dengan kata lain nilai daya pada pengukuran sudah termasuk *Usage factor, Radiation Factor, Lighting use factor, dan Special ballast allowance factor*. Sehingga persamaannya sebagai berikut:

$$Q = W \times N \times CLF \quad (13)$$

Dimana,

W = daya peralatan

N = Jumlah peralatan

CLF = *Cooling Load Factor*

#### C. Variabel-variabel Penelitian

Mempertimbangkan jadwal pemakaian pada Tabel 1, beban pendinginan yang dihitung pada studi ini adalah beban pendinginan pada pukul 20.00 (ketika ruangan dipakai). Perlu dicatat bahwa yang dihitung di sini adalah beban pendinginan puncak pada pukul 20.00, bukan beban pendinginan yang berubah-ubah dengan waktu. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah beban pendinginan sedangkan variabel independen adalah suhu luar ruangan, suhu yang ingin dicapai dalam ruangan dan jumlah pengguna. Suhu luar ruangan (suhu atmosfer) berubah-ubah dengan hari dalam 1 tahun. Perubahan tersebut diperhitungkan dengan menggunakan data dari *meteorom* [12]. Mempertimbangkan syarat kenyamanan termal, shu yang ingin dicapai dalam ruangan divariasikan 25°C, 24,5°C, atau 24°C. Adapun jumlah pengguna ruangan divariasikan sejumlah 100, 200, atau 300 orang. Jumlah tersebut merupakan jumlah tipikal pengguna saat ruangan terisi sedikit, sedang, atau penuh.

Pada penelitian ini juga ada variabel kontrol yang mempengaruhi beban pendinginan tetapi nilainya ditentukan oleh spesifikasi bangunan dan penggunaannya dan tidak berubah-ubah. Tabel 4 menunjukkan variabel-variabel kontrol dalam penelitian ini. Nilai masing-masing variabel tersebut didapatkan dengan mengolah data spesifikasi bangunan dan penggunaannya berdasarkan referensi yang tertera.

Tabel 4. Variabel kontrol beserta referensinya

Variabel	Referensi
Sensible dan Latent Heat Gain pengguna	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 3
Cooling Load Factor pengguna dan peralatan	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 37
Daya peralatan	Pengukuran
Daya lampu	Spesifikasi merk
Cooling Load Factor lampu	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 38
Luas permukaan ceiling, lantai, atap, pintu, jendela, dinding	Pengukuran
Suhu luar ceiling	Meteonorm [12]
Suhu luar lantai (tanah)	20°C [13]
U-Value Ceiling	ASHRAE 1997 Chapter 24 Table 4
U-Value Vinyl	ASHRAE 1997 Chapter 24 Table 4
U-Value semen plaster (E1)	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 11
U-Value kaca pada jendela	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 5
Shading Coefficient	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 11
Solar Cooling Load	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 36
CLTD jendela, pintu, dinding	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 32
CLTD atap	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 30
U-Value pintu	ASHRAE 1997 Chapter 29 Table 7
U-Value dinding	ASHRAE 1997 Chapter 28 Table 11
U-Value atap	ASHRAE 2017 Chapter 33 Table 3 & ASHRAE 1997 Chapter 24 Table 4
Jangkauan suhu harian	Meteonorm [12]

Dengan menggunakan data spesifikasi bangunan dan penggunaannya yang sudah diolah menjadi variabel-variabel kontrol, penulis menghitung nilai variabel dependen untuk masing-masing kombinasi variabel independen dengan menggunakan metode CLTD. Untuk membantu perhitungan dan visualisasi hasilnya, penulis menggunakan perangkat lunak spreadsheet (*Microsoft Excel*).

#### IV. HASIL PERHITUNGAN

##### A. Beban Pendinginan Hasil CLTD

Beban pendinginan ruang Dhammasala Vihara Padumuttara terdiri dari 2 bagian yaitu *internal heat gain* dan *eksternal heat gain*. Perlu diingat bahwa menggunakan metode CLTD berarti nilai *heat gain* sama dengan *cooling load* artinya *heat gain* yang diterima komponen ruangan memiliki nilai yang sama dengan beban pendinginan (*cooling load*) yang

diberikan. Hal ini memungkinkan karena metode CLTD sudah termasuk *time delay* dan *time lag*.

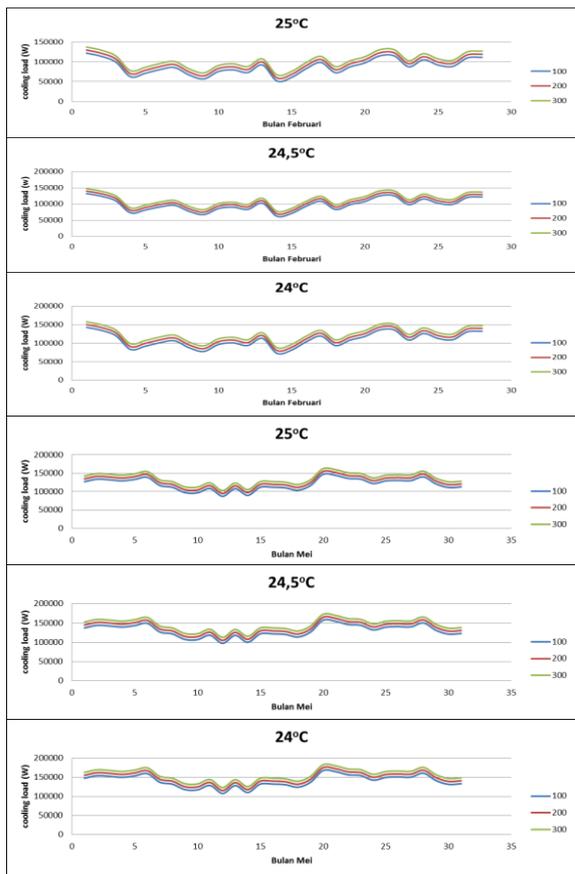
*Internal heat gain* terdiri dari *heat gain* yang dihasilkan pengguna, peralatan (LCD proyektor dan laptop), dan lampu. Untuk menghitungnya, pengguna ruangan diasumsikan duduk selama menggunakan ruangan sehingga nilai *heat gain* dari masing-masing pengguna adalah 70W (*sensible*) dan 35W (*latent*). Selain itu, jenis lampu yang digunakan pada ruangan ini adalah Flourescent dan LED masing masing berjumlah 22 dan 24 buah dengan daya 36W dan 3W. Terakhir, berdasarkan pengukuran, besar daya LCD proyektor dan laptop masing-masing 177W dan 22W. Berdasarkan nilai-nilai tersebut, nilai total internal heat gain untuk masing-masing jumlah pengguna ditunjukkan pada Tabel 3.

*External heat gain* adalah panas yang dihasilkan dari luar ruangan. Pada penelitian ini *external heat gain* meliputi ceiling, lantai, dinding, pintu, atap. Tabel 5 menunjukkan nilai variabel U-Value, CLTD, SCL dan SC pada setiap komponen ruangan. *External heat gain* dihitung pada bulan dengan nilai rata-rata *cooling load* tertinggi (Mei) dan terendah (Februari).

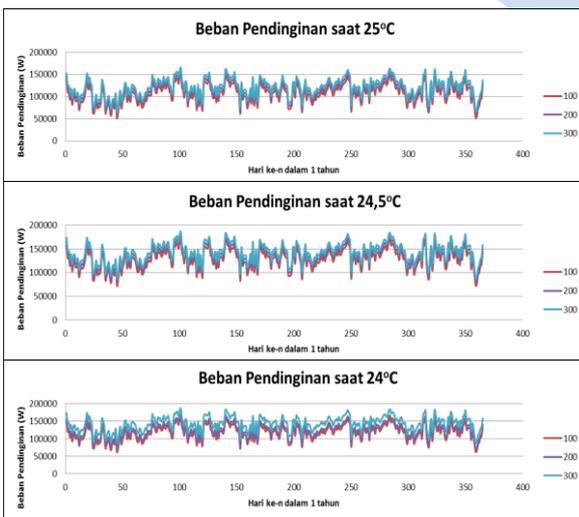
Tabel 5. Nilai variabel pada komponen ruangan

Komponen	U-value W/(m <sup>2</sup> .°C)	CLTD (°C)				SCL (°C)		SC
		U	S	T	B	B	T	
Atap	1,75	14						
Dinding	2,89	13	14	13	30			
Pintu	2,61	13	14					
Kaca	6,42			13	30	110	54	1
Ceiling	35,71							
Lantai	3,48							

Nilai eksternal *heat gain* dan internal *heat gain* dijumlahkan dan hasilnya disajikan pada Gambar 4 untuk masing-masing jumlah pengguna (100, 200, atau 300). Gambar 5 menunjukkan beban pendinginan pada setiap hari selama 1 tahun.

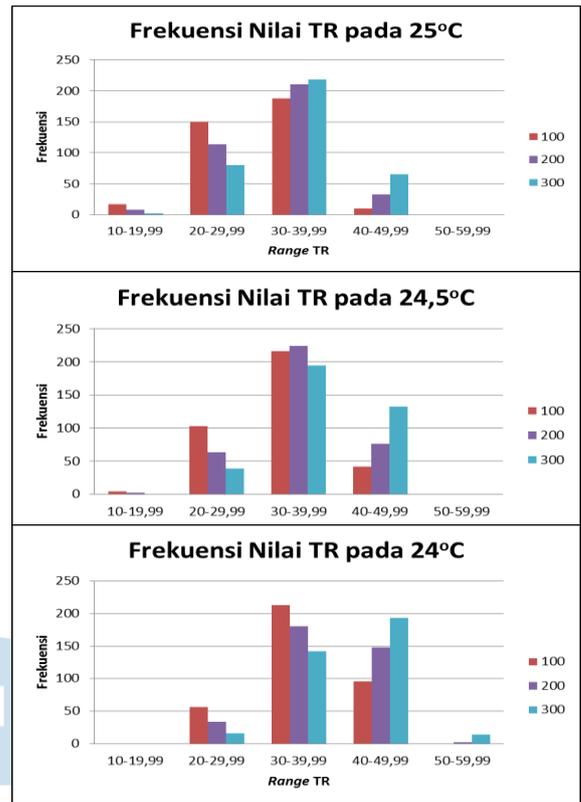


Gambar 4. Profil beban pendinginan pada bulan Februari dan Mei



Gambar 5. Profil beban pendinginan harian selama 1 tahun

Pada Gambar 6 menunjukkan histogram frekuensi (jumlah hari) beban pendinginan (dalam satuan *Ton Refrigerant (TR)* ) pada masing-masing nilai suhu ruangan dalam satu tahun.

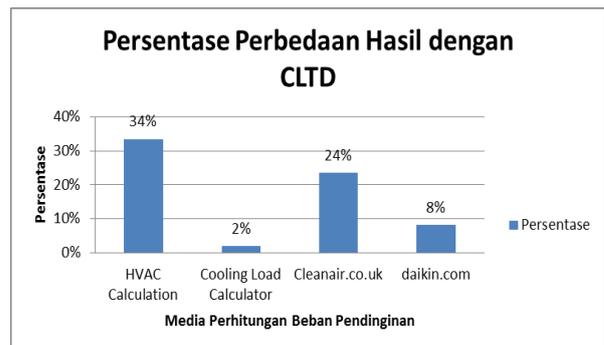


Gambar 6. Frekuensi Nilai TR selama 1 tahun

Ketiga grafik di atas menunjukkan bahwa nilai 30-39,99TR  $\approx$  40TR memiliki frekuensi terbanyak disetiap perbedaan suhu desain dalam ruangan.

**B. Perbandingan Hasil**

Selanjutnya hasil perhitungan penelitian ini dibandingkan dengan hasil perhitungan dari media perhitungan beban pendinginan lainnya. Media perhitungan beban pendinginan yang digunakan untuk perbandingan adalah *HVAC Calculation*, *Cooling Load Calculator*, *Cleanair.co.uk*, *Daikin.com*. Gambar 7 menunjukkan persentase perbedaan hasil ke-4 media perhitungan dengan perhitungan mengguakan CLTD dimana hasil perhitungan sudah mengalami penyesuaian dengan variabel input di setiap media perhitungan.



Gambar 7. Persentase Perbedaan Media Perhitungan Beban Pendinginan dengan CLTD

Perbedaan nilai persentase dipengaruhi oleh variabel yang dapat dimasukkan pada ke-4 media perhitungan dan penyesuaian pada metode CLTD. Hal ini dapat dilihat pada aplikasi HVAC *Calculation* dan Cleanair.co.uk. Variabel masukkan aplikasi ini sangat sedikit, sehingga mempengaruhi penyesuaian variabel dalam perhitungan CLTD. Walaupun sudah disesuaikan dengan variabel yang ada, hasilnya tetap jauh karena memasukkan data yang terbatas di aplikasi tersebut. Selain itu variabel tetap di aplikasi tersebut memiliki kemungkinan berbeda dengan variabel di CLTD. Sebaliknya pada aplikasi *Cooling Load Calculator* dan Daikin.com, kedua aplikasi tersebut memiliki paling sedikit penyesuaian dari perhitungan CLTD. Hal ini terjadi karena data yang dimasukkan pada media perhitungan tersebut dapat disamakan dengan data di CLTD sehingga perbedaan persentasenya semakin sedikit.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendinginan ruang Dhammasala Vihara Padumuttara dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Setiap penurunan 0,5°C pada suhu dalam ruangan, besar beban pendinginan akan bertambah sebesar 10 W. Setiap penambahan jumlah pengguna 100 orang, beban pendinginan akan bertambah sebesar 7,6 kW dengan asumsi pengguna dalam kondisi duduk.
2. Beban pendinginan pada bulan Mei (bulan dengan nilai rata-rata beban pendinginan tertinggi) mengalami peningkatan sebesar 32 kW dibandingkan bulan Februari (bulan dengan nilai rata-rata beban pendinginan terendah). Tabel 6 menunjukkan beban pendinginan yang dibutuhkan pada bulan Februari dan Mei. Tabel 7 menunjukkan nilai maksimal, minimal dan rata-rata beban pendinginan dalam 1 tahun.

Tabel 6. Besar Beban Pendinginan Bulan Februari dan Mei

Cooling Load (kW)		100	200	300
Februari	25°C	87,7	95,3	103
	24,5°C	98,2	105,8	113,4
	24°C	108,7	116,3	123,9
Mei	25°C	119,9	127,5	135,1
	24,5°C	130,4	138	145,6
	24°C	140,9	148,5	156,1

Tabel 7. Nilai Maksimal, Minimal, dan Rata-Rata Beban Pendinginan dalam 1 Tahun

Cooling Load (kW)		100	200	300
25°C	Max	149,9	157,5	165,1
	Min	51,4	59	66,6

Cooling Load (kW)		100	200	300
24,5°C	Mean	106,3	113,9	121,5
	Max	160,4	168	175,6
	Min	61,9	69,5	77,1
	Mean	116,8	124,4	132
25°C	Max	170,9	178,5	186,1
	Min	72,4	80	87,6
	Mean	127,3	134,9	142,5

3. Rekomendasi sistem HVAC adalah pengkondisian udara *Chiller* dengan kapasitas 30 TR sampai dengan 39,99 TR  $\approx$  40 TR.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak dapat diselesaikan jika tanpa adanya bantuan dari orang-orang sekitar. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

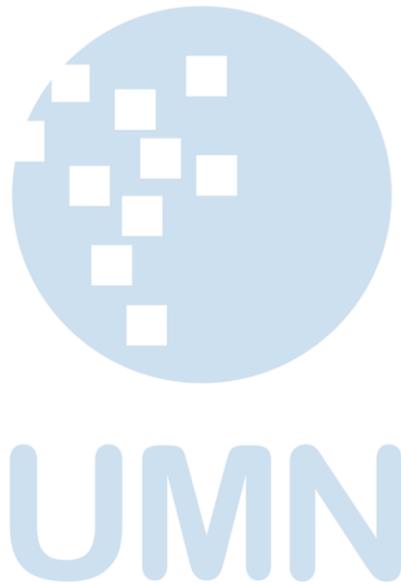
1. Orang tua yang telah memberikan semangat dan doa kepada penulis dalam penyelesaian penelitian ini.
2. Bapak Caesar Ondolan Harahap, Ph.D dan Ibu Dr. Techn. Rahmi Andarini, S.T., M.Eng.Sc yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran yang diberikan kepada penulis selama pengerjaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lei, J., Yang, J., & Yang, E.H., "Energy performance of building envelopes integrated with phase change materials for cooling load reduction in tropical Singapore," *Applied Energy*, no. 162, pp. 207-217, 2016.
- [2] Puride, N., "Passive Design in the pacific environment," Newmarket, Auckland: Connell Wagner Limited, 2016.
- [3] Lechner, N., "Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architects," Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2015.
- [4] *2017 Ashrae handbook: Fundamentals*, Atlanta, GA, 2017, pp. 18.1-18.60.
- [5] *1997 Ashrae handbook: Fundamentals*, Atlanta, GA, 1997, pp. 28.1-28.65.
- [6] Acharya, K. G., Yewale, G. P., Tendolkar, M. V., & Kulkarni, S. H., "Estimation and Analysis of Cooling Load for Indian Subcontinent by CLD/SCL/CLF method at part load conditions," In *Journal of Physics: Conference Series.*, 2019, pp. 1-8.
- [7] Adref, K., Elokda, Y., Chikhalsouk, M., Alebri, A., & Alhosani, H., "Residential Peak Cooling Load and Peak Solar Time for Typical UAE Conditions," In *2019 Advances in Science and Engineering Technology International Conferences.*, 2019, pp. 1-5.
- [8] Sen, U. K., Rana, R., & Punia, A., "Comparison of Cooling Load Estimation by CLTD Method and Computer Software," *IRJET*, vol. 3, no. 7, pp 1378-1380, July. 2016.
- [9] Ijaola, A. O., Bello, I. T., & Babalola, J. B., "Building Energy Performance Evaluation for an Office Complex in Nigeria." *IJSER*, vol. 9, no. 5, pp 316-321, May. 2018.
- [10] Sharma, A., & Sengar, N., "Heat Gain Study of a Residential Building in Hot-Dry Climatic Zone on Basis of Three Cooling Load Methods." *EJERS*, vol. 4, no. 9, pp 186-194. Sept 2019.
- [11] *SNI 03-6572-2001: Tata Cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung*, Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia, 2001, pp. 11.
- [12] *Meteorology Handbook, Manual and Theoretical Background*, Switzerland, 2009.

[13] Wiguna, D., "Identifikasi Suhu Permukaan Tanah Dengan Metode Konversi Digital Number Menggunakan Teknik Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi," Jurnal

Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 6, no. 2, pp 59-69, Dec. 2017.



# Monitoring System For Decorative Plants Using Arduino Nano Microcontroller

Rizky Fitria Haya<sup>1</sup>, Chicha Rizka Gunawan<sup>2</sup>, Fazri Amir<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Samudra. Langsa, Aceh 24416. Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Samudra. Langsa, Aceh 24416. Indonesia

E-mail : [hrizkyfitria@gmail.com](mailto:hrizkyfitria@gmail.com)\*

Diterima 15 September 2020

Disetujui 6 November 2020

**Abstract**— Decorative plants are used to decorate the room or the yard. In the current technology era where everyone has a high level of activity, it sometimes makes them forgot to pay attention to the decorative plants in their homes. Therefore, the purpose of establishing this plants monitoring system is to determine the condition of the plant by displaying smile and sad face images on the LCD. This system uses a microcontroller likes Arduino Nano as the main controller and connected to other sensors such as the LDR sensor, soil moisture, and DHT11. The results of this study indicate that the decorative plant is in good condition if it displays happy face, that is when the results of the lighting, soil moisture, and temperature are obtained accordance the values set in the program. Otherwise, if the system displays a sad face, it shows that the condition of the decorative plants is not good because of the lack of lighting, soil moisture, and low temperatures received by the ornamental plants. The values set on the soil moisture and lighting sensor are in the range of 50% to 95%, while the values set on the temperature sensor are in the range of 15°C to 35°C.

**Index Terms**—Monitoring System, Decorative Plant, Arduino Nano, LDR sensor, DHT11, Soil Moisture

## I. PENDAHULUAN

Tanaman hias ialah salah satu tanaman rumahan yang mampu memberikan kesan keindahan baik di dalam ruangan ataupun di luar ruangan. Tanaman hias bermanfaat untuk menghilangkan kejenuhan maupun *stress* setelah selesai melakukan pekerjaan sehari-hari penuh. Tanaman hias dapat juga dijadikan sebuah usaha bisnis, jika dapat dikelola dengan benar dan serius.

Perkembangan teknologi khususnya pada otomatisasi suatu sistem semakin hari semakin menarik untuk dikembangkan hingga saat ini teknologi tersebut dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memudahkan dan membantu manusia dalam menyelesaikan segala pekerjaan dengan ringan. Sumber daya manusianya juga harus dapat dan mampu memanfaatkan, mengembangkan, dan mengimbangi teknologi tersebut hingga masa yang akan datang.

Pada penelitian ini, dilakukan pemanfaatan teknologi pada tanaman hias untuk memperhatikan

atau memantau tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan sebuah tanaman sehingga dapat mengetahui tumbuhan tersebut tumbuh dalam keadaan baik atau tidak. Selain itu, pada penelitian ini kita dapat mengetahui bagaimana pencahayaan yang diterima oleh tumbuhan, kelembapan tanahnya, dan suhu. Mikrokontroler sebagai pengendali dari keseluruhan sistem, dimana mikrokontroler tersebut dapat mengambil keputusan sesuai dengan masukan (*input*) sensor yang diterima. Salah satu mikrokontroler yang sering digunakan ialah Arduino. Arduino bersifat mudah digunakan dalam bentuk *hardware* maupun *software*-nya. Bagian utama dari Arduino merupakan sebuah mikrokontroler yang memiliki processor berjumlah 8 bit bertipe Atmega.

Ada beberapa penelitian terkait tentang topik ini. Seperti penelitian yang dilakukan oleh (Yuyu Wahyudin, dkk. 2017). Pada penelitian ini telah dilakukan rancang bangun sistem monitoring dan otomasi kelembapan media tanam untuk tanaman hidroponik berbasis web. Dari hasil pengujian respon sistem menunjukkan bahwa pada nilai setpoint rendah, sistem dapat memberikan nilai akhir kelembapan yang cukup mendekati nilai setpoint yang diberikan, namun semakin besar nilai setpoint yang diberikan, sistem memberikan nilai error yang semakin besar.[1]

Topik terkait lainnya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Daifitria, dkk. 2019). Pada penelitian ini telah dibuat alat monitoring tanaman anggrek menggunakan iot berbasis Raspberry Pi agar monitoring dapat tampil dalam bentuk web. Dan dari hasil penelitian telah diperoleh bahwa Tingkat keakuratan sensor LM35 yaitu 98,658% dan sensor SoilMoisture 99,447%. [2]

Penelitian yang dilakukan oleh Rahmat Oktavianus, dkk. pada tahun 2017 adalah penerapan *system monitoring yang digunakan* hanya pada tanaman kaktus, karena diketahui bahwa tanaman kaktus dapat tetap hidup pada tingkat kelembapan tanah yang paling rendah dan akan mati pada tingkat kelembapan tanah yang terlalu tinggi. Dalam penelitian tersebut, Arduino Uno juga digunakan sebagai pengendali utama untuk mengetahui

kelembaban tanah tanaman melalui *soil Moisture Sensor* yang ditanam pada tanah [3].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini adalah untuk diterapkan pada setiap tanaman dan dilengkapi dengan sensor untuk mengukur kelembaban tanah, pencahayaan, dan suhu yang diterima oleh tanaman tersebut. Penelitian ini menggunakan Arduino Nano karena ukurannya yang lebih kecil dari jenis Arduino yang lain dan juga praktis serta mudah saat digunakan.

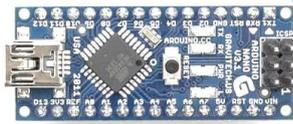
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanaman Hias

Tanaman hias atau yang dalam bahasa ilmiahnya *Ornamental Plant* ialah tanaman bunga atau daun yang memiliki warna dan bentuk yang indah. Tanaman hias identik dengan tanaman yang memiliki daun, tangkai, akar, bunga, dan wangi yang menarik serta mempunyai nilai keindahan yang tinggi. Tanaman hias memiliki berbagai variasi atau jenis-jenisnya [4]

### B. Arduino Nano

Papan Arduino Nano merupakan papan yang mirip dengan Arduino Uno. Arduino Nano bentuknya kecil, lengkap dan sangat praktis dengan ukuran papannya berdasarkan Atmega328 (Arduino Nano 3x). Papan ini memiliki fungsional kurang lebih seperti Arduino Duemilanove, tetapi berbeda paket [5]



Gambar 1. Papan Arduino Nano

Berikut ini adalah spesifikasi (perincian) dari papan Arduino Nano :

- Mikrokontroler bertipe Atmega328
- Operasi Tegangan sekitar 5V
- *Flash memory*-nya yaitu 32KB dimana 2KB digunakan untuk *bootloader*
- SRAM yang digunakan yaitu 2KB
- Kecepatan waktu yang dihasilkan yaitu 16 MHz
- Analog dalam 8 Pin
- EEPROM berjumlah 1KB
- DC *current per I/O pins* yaitu 40 mA (I/O pins)
- Tegangan Masukan 7-12 volt
- *Digital I/O pin* nya yaitu 22 (6 pin digunakan sebagai *output PWM*)
- Konsumsi Daya 19mA
- Ukuran PCB 18 x 45mm.

### C. Sensor DHT11

DHT11 merupakan modul sensor kelembaban dan sensor suhu dalam satu alat. Sensor ini hanya menggunakan konsumsi daya yang minimal rendah sehingga sesuai dalam aplikasi perekaman data yang menggunakan catu daya berupa baterai [6].

DHT11 menggunakan NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yang dapat digunakan untuk mengukur suhu 0-50 °C serta mengukur 20% sampai 90% sensor kelembaban yang menggunakan tipe resistif. Sensor DHT11 memiliki respon perubahan suhu sekitar 6-30 detik. Sehingga ketika perubahan suhu ketika di deteksi masih dalam rentang angka tersebut, maka masih dianggap wajar [7].

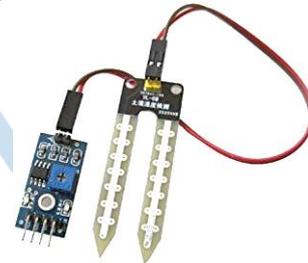
Sensor DHT11 memiliki mutu terbaik yang dinilai dari pembacaan data yang cepat, respon, serta kemampuan yang *anti-interface*. DHT11 memiliki ukuran yang kecil serta transmisi sinyal yang dihasilkan sampai 20 membuat alat ini bisa untuk diaplikasikan ke mengukur suhu dan kelembaban [8].



Gambar 2. Sensor DHT11

### D. Sensor Soil Moisture (Kelembaban Tanah)

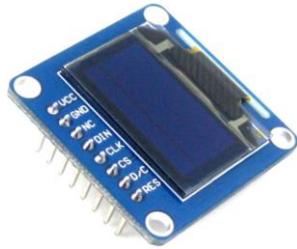
Sensor *soil moisture* merupakan sebuah sensor sederhana yang digunakan untuk mengukur kelembaban tanah menggunakan perubahan *resistance*. Semakin keringnya tanah, maka akan semakin rendahnya tegangan dihasilkan. Sedangkan semakin lembab tanahnya, maka akan semakin besarnya tegangan yang didapat. Sensor ini digunakan dengan cara ditancapkan ke dalam tanah, maka kelembaban tanah akan dapat terdeteksi dengan otomatis [9].



Gambar 3. Sensor Kelembaban Tanah

### E. Modul LCD OLED Display 128x64

*LCD Oled Display* merupakan media keluaran *display* pada modul Arduino atau mikrokontroler lainnya. *Oled LCD* memiliki kelebihan yaitu kontras pada piksel tajam dan tidak memerlukan cahaya *background*, sehingga akan menghemat dalam konsumsi daya. Sedangkan, kekurangannya yaitu ukurannya yang relatif kecil daripada *LCD Graphic* lainnya [10].



Gambar 4. LCD OLED Display 128x64

#### F. Sensor Photoresistor (LDR)

Sensor *photoresistor* merupakan sensor yang bereaksi terhadap level dari cahaya. Tingkat resistor akan berkurang ketika intensitas cahaya dan lingkungannya meningkat. Sensor ini terhubung ke pin analog, sehingga akan mempunyai nilai antara 0 sampai 1023. Semakin tinggi tingkat cahaya, semakin mendekati dengan nilai 0 dari outputnya [11].

*Photoresistor* juga disebut sebagai *Light Dependent Resistor (LDR)*. Resistansi dari sebuah LDR sangat bervariasi terhadap keadaan cahaya. Resistansi dari sebuah LDR berkurang ketika intensitas dari cahaya sangat tinggi. Jadi, ketika di sekitar kita mempunyai cahaya yang sangat terang, maka resistansi dari LDR akan berada pada level terendah. Sedangkan, ketika cahaya mati atau gelap, maka resistansi dari LDR akan berada pada level maksimum. Dengan menggunakan LDR kita dapat mengukur kesesuaian tegangan ketika mengubah resistansi menggunakan analog pin dari Arduino [12].



Gambar 5. Sensor Photoresistor 150V

### III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan, yaitu:

#### A. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan sebuah pengumpulan data yang digunakan dalam membangun rancangan sistem alat yang dibuat. Pada tahap ini membutuhkan beberapa *hardware* dan *software*. Data yang diperoleh berasal dari beberapa studi literatur berupa buku, artikel, dan jurnal dengan tema yang memiliki bidang yang sama dengan penelitian.

Kebutuhan *software* (perangkat lunak) yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- Arduino IDE.
- Mesin pencarian seperti Google Chrome, Firefox, dan lain-lain.
- Aplikasi Fritzing yang akan digunakan untuk aplikasi perancangan dari skema alat.

Sedangkan kebutuhan perangkat keras yang digunakan sebagai berikut :

PC atau Laptop

- 1 buah mikrokontroler berupa Arduino Nano.
- 1 buah sensor suhu dan kelembaban.
- 1 buah sensor *soil moisture* (kelembaban tanah).
- 1 buah sensor *photoresistor* 150V.
- Dll.

#### B. Pembuatan Sistem

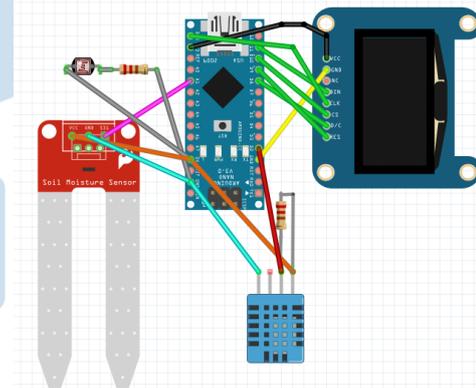
Tahapan ini merupakan tahapan dalam sistem *monitoring* tanaman hias. Pembuatan sistem *monitoring* ini berdasarkan pada desain dan rancangan alat yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

#### C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem *monitoring* tanaman hias ini dilakukan setelah pembuatan alat selesai dibuat, yang dimana akan dilakukan beberapa uji coba untuk mengetahui hasil kinerja dari sistem yang telah dibuat.

#### D. Rancangan Penelitian

Pada Gambar 6, terdapat sebuah tahapan untuk membuat perancangan skematik sistem yang akan dibangun. Ini dilakukan agar memudahkan memahami skematik antara hubungan dari seluruh sensor yang terhubung dengan *hardware* (perangkat keras) yang digunakan.

Gambar 6. Rancangan Skematik Sistem *Monitoring* Tanaman Hias

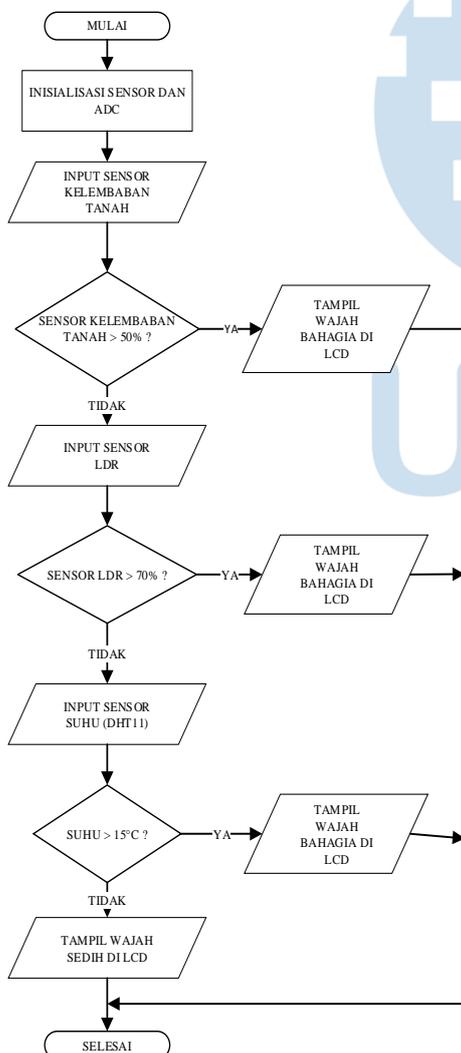
Koneksi pin dari setiap perangkat keras pada Gambar 6 dapat ditunjukkan pada Tabel 1, dimana nantinya ketika perangkat keras terhubung ke Arduino Nano dan dihidupkan, akan muncul setiap pembacaan dari masing-masing sensor yang terhubung tersebut pada LCD.

Tabel 1. Koneksi antar pin pada *hardware* dari sistem

PIN ARDUINO NANO	PIN LCD	PIN SENSOR KELEMBABAN TANAH	PIN DHT11	PIN LDR
D13	CLK			

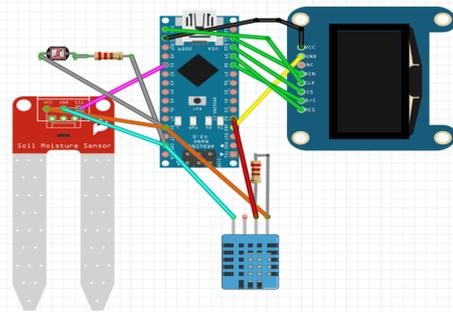
3V3	5V			
GND	GND			
D11	DIN			
D10	CS			
D8	D/C			
D9	RST			
5V		VCC	Pin 1 VCC	Pin 1
D2			Pin 2 DATA	
GND		GND	Pin 4 GND	Pin 2
A1		SIG		

Selain pembuatan rancangan skematik, terdapat juga rancangan diagram alir (*flowchart*) dari sistem yang dibuat seperti pada gambar 7. Diagram alir (*flowchart*) tersebut dimulai ketika alat menginisialisasi dari setiap sensor dan adc untuk menghidupkan sensor lainnya berdasarkan kondisi keadaan yang sudah terprogram dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD.



Gambar 7. *Flowchart* Sistem Monitoring Tanaman Hias

Pada kondisi pertama yaitu nilai dari pembacaan sensor *soil moisture* berada lebih dari 50% maka akan menampilkan wajah bahagia di LCD, jika tidak maka akan berlanjut ke pembacaan sensor LDR. Kemudian jika nilai dari pembacaan sensor LDR lebih dari 70%, maka akan menampilkan wajah bahagia di LCD, jika tidak maka akan berlanjut ke kondisi berikutnya yaitu pembacaan nilai suhu. Setelah itu, jika nilai suhu lebih dari 15°C, maka akan menampilkan wajah bahagia di LCD, tetapi jika nilai pembacaan suhu kurang dari 15°C, maka akan menampilkan wajah sedih.



Gambar 8. Blok Diagram Sistem

Program tersebut dapat berfungsi ketika perangkat keras terhubung ke Arduino Nano dan dihidupkan, setelah itu akan muncul setiap pembacaan dari masing-masing sensor yang terhubung pada LCD.

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

Telah dilakukan pengujian dari sistem untuk mengetahui alat dari *monitoring* tanaman yang telah dibuat dapat bekerja dan berfungsi dengan baik atau tidak. Berikut ini beberapa tampilan ketika sistem *monitoring* yang terdiri dari beberapa sensor seperti LDR, Kelembaban tanah, dan sensor DHT11 dihidupkan.



Gambar 9. Tampilan hasil Cahaya pada layar LCD

Pada gambar 9, menunjukkan hasil cahaya yang diperoleh dari alat *monitoring* yang telah dibuat. Untuk menunjukkan hasil tingkatan cahaya adalah dengan menggunakan sensor *Photoresistor* (LDR) yang terhubung dengan papan utama yaitu Arduino Nano dan kemudian ditampilkan hasilnya pada layar LCD.



Gambar 10. Tampilan hasil Kelembaban Tanah pada layar LCD

Pada Gambar 10, menunjukkan hasil pengukuran tingkat kelembaban tanah menggunakan sensor *soil moisture* yang dihubungkan pada papan utama yaitu Arduino Nano serta ditampilkan hasilnya pada layar LCD.



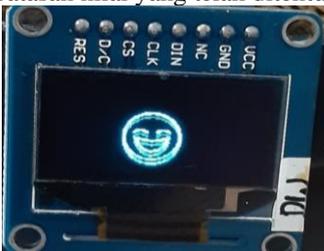
Gambar 11. Tampilan hasil Suhu pada LCD

Pada Gambar 11, menunjukkan hasil pengukuran tingkatan suhu udara dengan menggunakan sensor DHT11 yang kemudian dihubungkan pada papan utama yaitu Arduino Nano serta ditampilkan hasilnya ke dalam derajat celsius pada layar LCD.



Gambar 12. Tampilan Gambar Sedih pada Layar LCD

Pada Gambar 12, menampilkan gambar wajah sedih ketika hasil pembacaan tanaman berupa intensitas cahaya, kelembaban tanah dan suhu tidak memenuhi batasan nilai yang telah ditentukan.



Gambar 13. Tampilan Gambar Bahagia pada Layar LCD

Pada Gambar 13, menampilkan gambar bahagia ketika hasil pembacaan tanaman berupa intensitas cahaya, kelembaban tanah dan suhu memenuhi batasan

nilai yang telah ditentukan. Selanjutnya dilakukan pengujian untuk mendapatkan hasil pembacaan pencahayaan, kelembaban tanah, dan suhu dengan menggunakan masing-masing sensor yaitu sensor LDR, sensor *soil moisture*, dan DHT11.

Pada pengujian pertama, dilakukan pengujian perolehan data dengan menggunakan sensor LDR untuk membaca nilai pencahayaan dari tanaman yang dimana hasil keluaran dari sensor LDR telah diinterpretasikan batas nilai terhadap intensitas cahaya tanaman hias yaitu 80%. Hasil keluaran dari pembacaan sensor tersebut dapat dilihat di aplikasi Arduino IDE dan layar LCD. Berdasarkan pengujian, didapatkan hasil berupa nilai dari pembacaan sensor seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian menggunakan sensor LDR berdasarkan waktu sebenarnya

Nilai Pembacaan Sensor (dalam persen (%))	Batas Nilai 50% Untuk Memunculkan Gambar Bahagia Pada LCD Ketika Kondisi Tanaman Baik	Kondisi
0	Belum mencukupi nilai, muncul gambar sedih	Ruangan Tertutup dengan tidak ada pencahayaan
10	Belum mencukupi nilai, muncul gambar sedih	Ruangan tertutup dengan pencahayaan lampu sedang
70	Sudah mencukupi nilai, muncul gambar bahagia	Ruang terbuka dengan sinar matahari dan tidak terlalu panas
86	Sudah Mencukupi nilai, muncul gambar bahagia	Berada di Ruang terbuka yang disinari oleh cahaya matahari secara langsung

Pada tabel 2, ketika sensor LDR diletakkan pada ruangan yang tertutup dengan tidak adanya intensitas cahaya, maka terdapat pembacaan pada sensor LDR bernilai 0% dan akan muncul gambar sedih pada LCD, hal ini dikarenakan kondisi peletakan tanaman tersebut di ruangan tertutup, yaitu tidak terdapat atau terdeteksi adanya intensitas cahaya sehingga tidak memenuhi batasan nilai baik yang telah diatur untuk tanaman. Kemudian, ketika tanaman diletakkan pada kondisi ruangan tertutup dengan pencahayaan lampu sedang, sensor LDR bernilai akan membaca nilai 10% dan akan muncul gambar sedih juga pada LCD, itu berarti sensor belum mendeteksi pencahayaan yang cukup.

Pengujian ketika menempatkan sensor di ruangan yang terbuka pada saat siang hari yang cerah, sensor LDR akan membaca nilai 70% dan kemudian di layar LCD menunjukkan gambar bahagia, hal ini dikarenakan sudah memenuhi batas nilai yang ditetapkan. Berikutnya ketika sensor membaca nilai 86% maka muncul gambar bahagia. Ini merupakan nilai yang sudah memenuhi target dari batas nilai untuk sistem *monitoring* tanaman yang baik. Dari pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil mendeteksi intensitas cahaya yang dijalankan pada waktu sebenarnya (*real time*). Kemudian akan muncul gambar sedih maupun bahagia karena berjalan sesuai batas nilai yang telah ditentukan.

Pada pengujian kedua, dilakukan pengujian dalam perolehan data dengan menggunakan sensor *soil moisture*. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk menguji dan mengetahui tingkat sensitivitas dari sensor dalam membaca kelembaban tanah pada tanaman. Dimana hasil keluaran dari pembacaan sensor tersebut sudah diinterpretasikan batas nilai kelembaban tanah untuk tanaman yang baik yaitu 70%. Hasil keluaran dari pembacaan sensor dapat dilihat melalui di aplikasi Arduino IDE dan layar LCD. Hasil pengujian dari pembacaan sensor *soil moisture* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian menggunakan sensor *soil moisture* berdasarkan waktu sebenarnya

Nilai Pembacaan Sensor (dalam persen (%))	Batas Nilai 70% Untuk Memunculkan Gambar Bahagia pada LCD Ketika Kondisi Tanaman Baik	Kondisi
0	Belum mencukupi nilai, muncul gambar sedih	Kondisi awal ketika sensor belum ditancapkan ke dalam tanah
20	Belum mencukupi nilai, muncul gambar sedih	Setelah sensor ditancapkan ke tanah dan kondisi tanah dalam keadaan kering
71	Sudah mencukupi nilai, muncul gambar bahagia	Ketika tanah dari tanaman pot disiram air sebanyak 150 ml
93	Sudah Melebihi batasan nilai, muncul gambar bahagia	Ketika tanah dari tanaman pot disiram air 500 ml

Berdasarkan tabel 3, saat sensor *soil moisture* belum tertancap di tanah, pembacaan sensor akan bernilai 0% yang kemudian muncul gambar sedih pada LCD dikarenakan kondisi dari tanah tersebut tidak memenuhi batas nilai untuk kondisi tanaman baik. Kemudian ketika sensor telah ditancapkan ke dalam tanah pembacaan sensor akan menjadi 20%. Tahap selanjutnya, ketika menuang air sebanyak 150ml ke dalam pot dan tanah menjadi basah, maka pembacaan sensor langsung naik menjadi 71% sehingga memenuhi batasan nilai untuk muncul gambar bahagia pada LCD tersebut. Setelah menunggu sekitar 40 menit sampai 60 menit, kelembaban tanah di pot kembali menjadi 15-20%, kemudian setelah menyiram air sebanyak 500ml ke dalam pot, nilai pembacaan sensor akan naik menjadi 87-93% dan akan muncul gambar bahagia pada LCD. Hal ini dikarenakan nilai tersebut sudah memenuhi syarat batas nilai dari kelembaban tanah yaitu 70%. Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil mendeteksi kadar air yang telah disiramkan ke dalam tanah kemudian diteliti dan dijalankan secara menggunakan waktu sebenarnya (*real time*) dan kemudian munculnya gambar sedih maupun bahagia sesuai dengan batas nilai yang diatur dalam program.

Pada pengujian ketiga atau terakhir, dilakukan pengujian dalam perolehan data menggunakan sensor DHT11 dengan bertujuan untuk menguji seberapa sensitivitasnya sensor DHT11 ketika membaca suhu lingkungan sekitar tanaman hias, dimana hasil keluaran dari pembacaan sensor DHT11 sudah diinterpretasikan batas nilai suhu yang baik yaitu 15°C. Hasil keluaran dari pembacaan sensor dilihat melalui aplikasi Arduino IDE dan layar LCD. Hasil pembacaan sensor yang telah diuji dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian menggunakan Sensor DHT11 berdasarkan waktu sebenarnya.

Nilai Hasil Pembacaan Sensor (Celcius)	Batas Nilai 15°C untuk Memunculkan Gambar Bahagia Pada LCD Ketika Kondisi Tanaman Baik	Kondisi
22	Sudah melebihi batasan nilai, muncul gambar bahagia	Kondisi Normal
33	Sudah melebihi batasan nilai, muncul gambar bahagia	Kondisi ketika Sensor berada pada suhu panas

Berdasarkan Tabel 4 ketika alat *monitoring* dihidupkan, nilai dari pembacaan sensor suhu langsung menunjukkan nilai 22°C dan kemudian muncul gambar bahagia pada layar LCD, itu berarti sudah memenuhi

batasan nilai yang telah ditentukan yaitu  $+15^{\circ}\text{C}$ . Begitu pula saat sensor didekatkan uap air panas, sensor akan langsung menunjukkan nilai  $\pm 33^{\circ}\text{C}$  dan akan munculnya gambar bahagia di LCD. Munculnya gambar bahagia tersebut, disebabkan ketika sensor membaca uap panas pada air sudah memenuhi batas nilai yang telah ditentukan. Berdasarkan pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sensor berhasil mendeteksi suhu di sekitar pot tanaman hias yang dijalankan secara real time serta munculnya gambar sedih maupun bahagia disebabkan sesuai dengan batas nilai yang diatur dalam program.

## V. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan mengenai penelitian system *monitoring* tanaman hias tersebut, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan menggunakan sensor LDR dan *soil moisture*, diperoleh bahwa untuk menampilkan gambar wajah bahagia pada LCD, nilai dari pembacaan sensor LDR dan *soil moisture* tersebut harus berada pada rentang 50% sampai 95%. Sedangkan, ketika nilai pembacaan sensor berada dibawah dari batasan nilai yang telah ditentukan yaitu 50%, maka LCD akan menampilkan wajah sedih.
2. Ketika sensor Suhu berada pada rentang  $15^{\circ}\text{C}$  sampai  $35^{\circ}\text{C}$  akan menampilkan gambar wajah bahagia pada LCD. Sedangkan, ketika nilai pembacaan sensor suhu berada dibawah nilai yang telah ditentukan yaitu  $15^{\circ}\text{C}$ , maka akan menampilkan wajah sedih pada LCD.
3. Dengan menggunakan sistem *monitoring* tanaman hias ini dapat memudahkan kita mengetahui bagaimana kondisi tanaman hias yang baik ataupun dalam kondisi tidak baik dengan ditampalnya wajah sedih maupun bahagia pada LCD.

Untuk tahap pengembangan selanjutnya, diharapkan bahwa sistem *monitoring* ini dapat

ditambahkan berbagai macam sensor atau alat lainnya seperti jam pada layar untuk mengukur waktu kondisi yang berbeda dan memprediksi waktu kondisi yang membutuhkan air atau lebih banyak cahaya, serta dapat dengan menambahkan bel, kita juga dapat mengatur beberapa alarm yang memperingatkan kita tentang kondisi tanaman. misalnya ketika tanah sangat kering, dapat berdering 1 kali per jam. Kita juga dapat menambahkan lebih banyak macam bentuk wajah untuk kondisi apa pun.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wahyudin, Yuyu., Suryono., dan Jatmiko Endro Suseno. 2017. *Sistem Monitoring dan Otomasi Pengontrolan Kelembaban Media Tanam (Soil Moisture) pada Tanaman Hidroponik berbasis Web*. Youngster Physics Journal, Vol.6, No.3, Juli 2017, pp. 213-220.
- [2] Daifitria., E.N Domloboy., dan Denanto Heryawan. 2019. *Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu pada Tanaman Hias berbasis IoT (Internet of Things) menggunakan Raspberry Pi*. iT Journal, Vol.7, No.2, Oktober 2019, pp. 82-90.
- [3] Oktavianus, Rahmat., Isnawaty., dan Fajriah, Nur Muchlis. 2017. *Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Android*. semanTIK, Vol.3, No.2, Jul-Des 2017, pp. 259-268.
- [4] Evinola. *Mengenal Ruang Lingkup Tanaman Hias*. Ponorogo : Uwais Inspirasi Indonesia, 2019.
- [5] A. Kurniawan, *Arduino Nano A Hands-On Guide for Beginner*. 2019.
- [6] P. Tani, *Arduino Uno Alat Penetas Telur Berbasis Arduino Uno*. PutraTani, 2018.
- [7] H. Santoso, *Monster Arduino 2 : Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. ELANGSAKTI.com, 2017.
- [8] I. Parinduri, H. F. Siregar, and Iskandar. *Pengontrolan Suhu Kelembaban Lumbung Jamur Tiram Putih*. Kisaran : Royal Asahan Press, 2017.
- [9] M. R. Thakur. *Measurement Made Simple with Arduino : 21 different Measurements covers all physical and electrical parameter with code and circuit*. 2015.
- [10] D. Ardan. "LCD OLED Display 0.96" 128x32 to arduino. 2016.
- [11] I. knight. *Connecting Arduino to the Web : Front End Development using JavaScript*. London : Apress, 2018.
- [12] K. B. R. Choudhuri, *Learn Arduino Prototyping in 10 days*. Mumbai : Packt Publishing, 2017.

# Studi Pendahuluan Perancangan Desain Tangan Mekanika Untuk Bedah Umum Jarak Jauh

Julando Omar<sup>1</sup>, Jason Kho<sup>2</sup>, Samuel Hutagalung<sup>3</sup>

Teknik Komputer, Universitas Multimedia Nusantara, Indonesia

[julando.omar@student.umn.ac.id](mailto:julando.omar@student.umn.ac.id), [jason.kho@student.umn.ac.id](mailto:jason.kho@student.umn.ac.id), [samuel.hutagalung@umn.ac.id](mailto:samuel.hutagalung@umn.ac.id)

Diterima 9 Oktober 2020

Disetujui 10 November 2020

**Abstract**— During the current situation, the availability of surgeons in remote areas is limited. There is a need to be still able to perform general operations without the doctor being physically present in the operating room. This research is a preliminary study of designing a remotely controlled mechatronic hand to perform general surgery. With this design, it is hoped that in the future, the physical presence of doctors will no longer be an obstacle in achieving general surgery in locations that are difficult to reach.

**Index Terms**—Mechatronic, Anthropomorphic, Biomimetic, Mechatronic Hand, General Operation

## I. PENDAHULUAN

Adanya pandemi Corona Virus Disease 19 (COVID-19) ini, membuat banyak rumah sakit untuk membatalkan jadwal operasi demi mengurangi resiko dari penularan COVID-19. Menurut riset yang dilakukan oleh CovidSurg kepada 510 rumah sakit di 50 negara, sebanyak 24.8 juta atau 72% operasi dibatalkan karena adanya pandemi COVID-19 ini [1]. Hal ini juga ditekan kembali melalui pembatalan operasi yang dilakukan oleh Rumah Sakit Massachusetts General Hospital dan New York Presbyterian [2]. Selain pembatalan operasi, COVID-19 juga membuat adanya kebutuhan dokter yang melebihi dari jumlah dokter yang tersedia. Salah satu negara yang memiliki kebutuhan dokter yang melebihi jumlah dokter yang tersedia adalah India. Menurut *The Economic Times*, Mumbai yang berada di India sendiri memiliki kekurangan sebanyak kurang lebih 400 dokter dan tenaga medis dalam menghadapi COVID-19 [3]. Adanya COVID-19 juga menambah resiko para dokter bedah untuk terjangkit COVID-19. Hal ini dapat disebabkan karena dengan adanya COVID-19 penggunaan *Personal Protective Equipment* atau PPE semakin meningkat namun jumlah yang tersedia tidak mampu untuk memenuhi jumlah yang dibutuhkan. Kekurangan dari PPE ini terjadi di beberapa negara seperti Indonesia [4], Jepang [5], Spanyol [6], dsb.

Menurut *American Medical Association*, bedah umum adalah prosedur bedah yang dilakukan pada perut, saluran pencernaan, sistem endokrin, dada, kulit,

dan pembuluh darah [7]. Kondisi umum yang dirawat oleh ahli bedah umum termasuk hernia, batu empedu, radang usus buntu, tumor payudara, gangguan tiroid, pankreatitis, penyumbatan usus, radang usus besar, dan kanker usus besar. Terdapat beberapa alat yang umum digunakan oleh dokter bedah umum saat melakukan tindakan bedah, diantaranya, yaitu:

- *Scalpel* (Pisau Bedah);
- *Scissors* (Gunting Bedah);
- *Dissecting Forceps*;
- *Artery Forceps*;
- *Tissue Forceps* yang kemudian terbagi menjadi *Allis*, *Lane*, *C Ring*, *Babcock*, *Duval* dan *Kocher*;
- *Needle-holders* yang terdiri dari *Mayo*, *Gillies* dan *ophthalmic needle holder*;
- *Retractors* yang dapat dibagi menjadi tipe *hook*, *malleable cooper*, *Czerny*, *Deaver*, *Self-retaining dan Gosset*;
- *Clamps*;
- *Cutting Saw*, yang dibagi menjadi *Hand Saw*, *Gigli Saw*, dan *Powered Saw*;
- *Chisel*, *Osteome* dan *Gouge*;
- *Rongeurs*;
- *Drill* yang dibagi menjadi *Hand Drill* dan *Powered Drill*;
- *Haemostatic Clips*;
- *Stapler*;
- dsb. [8]

Dalam menggunakan alat-alat operasi tersebut, juga dibutuhkan beberapa cara-cara khusus, cara-cara yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

- Dalam menggunakan *Scalpel* (Pisau Bedah) untuk memotong kulit ataupun bagian lain yang memiliki struktur yang mirip, pisau bedah digunakan dengan gaya yang mirip dengan penggunaan pisau biasa, dimana pisau terdapat dibawah tangan, dan digenggam di antara jari ibu dan jari tengah. Jari telunjuk terdapat pada ujung belakang pisau dan digunakan untuk mengatur seberapa banyak tekanan yang digunakan. Jari manis dan Jari kelingking digunakan untuk menambah keseimbangan pisau.

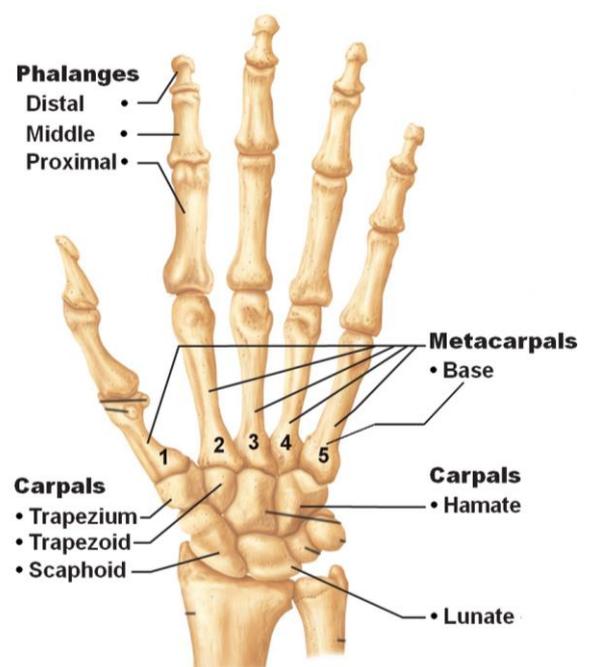
- Dalam menggunakan *Scalpel* (Pisau Bedah) untuk memotong sebuah potongan kecil ataupun potongan yang tipis dan halus, pisau bedah digunakan dengan cara yang mirip dengan cara memegang pulpen, yaitu dengan cara ibu jari dan jari telunjuk digunakan untuk menggenggam pisau, sedangkan jari yang lain digunakan untuk menambah kestabilan dari penggunaan pisau bedah tersebut.
- Dalam menggunakan *Scissors* (Gunting Bedah), cara memegang yang dipakai oleh para dokter adalah dengan memasukan ruas pertama jari telunjuk kedalam lubang cincin dari gunting yang biasa dinamakan dengan 'bow' yang digunakan untuk mengontrol sisi yang bergerak, sedangkan sisi yang lainnya dikontrol oleh ruas pertama dari jari manis. Jari-jari yang lainnya digunakan untuk menstabilkan gunting tersebut.
- Dalam menggunakan *Forceps* cara memegang yang digunakan hampir sama seperti cara memegang pulpen.
- Cara memegang dari *Artery Forceps* dan *Tissue Forceps* sama dengan cara memegang gunting bedah, dimana ruas pertama jari telunjuk dimasukan kedalam ring pertama, dan ruas pertama jari manis dimasukan kedalam ring kedua, dan jari telunjuk digunakan untuk menstabilkan dengan ari *Forceps* tersebut.
- Cara penggunaan *Retractors*, *Clamps* dan *Stapler*, sangat tergantung dengan tiap tipe dari alat-alat tersebut, namun umumnya penggunaan alat-alat tersebut sama seperti menggunakan alat-alat yang lainnya. [8]

Ide dari penelitian ini adalah membuat suatu tangan mekatronik yang dapat membantu dokter bedah umum saat melakukan operasi secara jarak jauh. Tangan tersebut akan bersifat biomimetik dan *Anthropomorphic* dengan 27 derajat kebebasan. Hal tersebut berarti tangan mekatronik yang diciptakan akan sangat mirip dengan manusia, baik dari segi pergerakan dan mekanis nya. Tangan mekatronik ini dapat menggunakan alat bedah yang digunakan oleh para dokter bedah. Tangan mekatronik ini dibuat untuk dapat membantu rumah sakit yang kekurangan tenaga dokter dalam melakukan bedah umum tanpa harus mendatangkan dokter dari tempat yang jauh.

## II. KAJIAN LITERATUR

Tangan manusia mempunyai 27 *Degree Of Freedom* (DOF). 27 DOF tersebut terbagi disetiap jari dan juga pergelangan tangan. Setiap Jari selain jari ibu mempunyai DOF sebanyak 4 DOF, dimana 2 DOF berasal dari sendi interfalang yang terdapat diantara falang distal, tengah dan proksimal dan digunakan untuk pergerakan abduksi dan adduksi; 2 DOF lainnya yang berasal dari sendi metakarpofalang yang terdapat pada metakarpal dan falang proksimal serta digunakan untuk gerakan fleksi dan ekstensi serta gerakan abduksi dan adduksi; Ibu jari mempunyai DOF

sebanyak 5 DOF yang terdiri dari sendi interfalang yang terdapat diantara falang distal dan falang proksimal dan menghasilkan gerakan fleksi dan ekstensi 1 DOF, sendi metakarpofalang yang terdapat diantara falang proksimal dan metakarpal dan menghasilkan gerakan 2 DOF yaitu abduksi dan adduksi serta fleksi dan ekstensi, sendi karpometakarpal yang terdapat pada metakarpal dan trapesium yang juga menghasilkan 2 DOF gerakan yaitu abduksi dan adduksi serta ekstensi dan fleksi; 6 DOF terakhir terdapat di pergelangan tangan, yang dapat melakukan gerakan bebas ke seluruh arah dan disertai fleksi/ekstensi, abduksi/adduksi dan Supinasi/pronasi.



Gambar 2.1 Struktur Tulang

Penelitian mengenai tangan mekatronik sendiri sudah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti dan dengan mempunyai teknologi yang berbeda-beda dan dengan kelebihan dan kelemahannya sendiri.

### A. HRI Hand [9]

HRI hand merupakan teknologi tangan mekatronik yang memiliki fitur jari yang modular, dengan setiap jari memiliki tiga motor sesuai dengan jumlah sendi yang ada di tangan manusia. HRI hand memiliki DOF sebanyak 15 DOF. HRI hand memiliki cara kerja antara lain adalah sebagai berikut: User mengirimkan perintah untuk HRI hand melakukan gerakan tertentu, komputer kemudian memproses perintah tersebut dan memberikan output berupa perintah yang dikenali oleh HRI hand, HRI hand melakukan gerakan sesuai perintah yang telah diberikan oleh user dan yang diproses oleh komputer.

Kelebihan dari teknologi HRI antara lain adalah:

- Biaya pembuatan yang cukup terjangkau; menurut penelitian yang dilakukan, pembuatan MRI Hand menggunakan biaya sebanyak \$500, sehingga dapat digunakan untuk produksi secara massal namun dengan harga yang cukup terjangkau.
- Jari yang modular, sehingga dapat digunakan sesuai dengan keperluan.
- pergelangan tangan yang dengan standar ISO 9409-1-50-4-M6, sehingga dapat digunakan dengan berbagai lengan robotik.
- *Software* dan desain *hardware open source*; sehingga dapat digunakan secara gratis dan dapat dikembangkan secara bebas sesuai dengan keperluan yang ada.

Sedangkan kekurangan dari HRI Hand antara lain adalah:

- Memiliki DOF yang masih kurang; HRI hand memiliki 15 DOF, sedangkan tangan manusia memiliki 27 DOF, sehingga bisa dibilang HRI hand hanya dapat memenuhi setengah DOF dari tangan manusia.
- Karena DOF yang kurang, sehingga hanya memungkinkan HRI untuk digunakan pada *retractors*, *clamps* dan *stapler* dalam operasi dan tidak sesuai untuk digunakan dengan *Scalpel* ataupun gunting bedah
- *Software* yang ada belum dapat mengikuti *input* dari tangan *user* secara langsung;

#### B. Leap Motion, SpatialVISION dan HandCommander [10]

Leap Motion merupakan teknologi sensor yang dapat mendeteksi berbagai macam bentuk dari tangan manusia. sedangkan SpatialVISION adalah teknologi *object Recognition* yang menggunakan gambar untuk membuat sebuah objek 3D. HandCommander merupakan komponen simulasi yang menerima input dari Leap Motion, memproses data dari inputan tersebut dan mengirimkan data untuk melakukan gerakan di lingkungan *virtual*.

Ketiga teknologi ini kemudian digabungkan untuk membuat sebuah sistem kontrol dari tangan mekatronik, dimana Leap Motion akan menerima bentuk dan gerakan tangan dari user, memproses data tersebut dan kemudian mengirimkan data yang sudah diproses ke HandCommander yang kemudian melakukan gerakan tersebut di dalam lingkungan *virtual* dan disaat yang bersamaan SpatialVISION akan membuat model 3D dari objek yang mungkin akan digunakan oleh tangan mekatronik dan membantu agar tangan mekatronik dapat digunakan dengan lebih presisi dan mengirimkannya kedalam lingkungan *virtual* untuk kemudian digabungkan dengan gerakan tangan yang diproses oleh HandCommander.

Kelebihan dari penggunaan teknologi dari Leap Motion, SpatialVISION dan HandCommander ini adalah:

- *Sensor Leap Motion* sama sekali tidak melakukan kontak dengan *user*, sehingga memudahkan dalam penggunaannya; hal ini sangat diperlukan ketika dalam masa pandemi seperti ini dimana dibutuhkan kontak yang minim sehingga tidak memudahkan adanya penyebaran virus yang ada
- *Sensor Leap Motion* memiliki persisi sampai 0.01mm, tidak tergantung terhadap cahaya, dapat mengenali sebanyak 27 DOF pergerakan tangan serta dapat mengenali setiap jari yang ada sehingga data yang didapatkan dari *Sensor Leap Motion* ini dapat digunakan dengan presisi dan mengurangi error yang mungkin terdapat pada *sensor-sensor* lain yang digunakan dalam menkontrol mekatronik, selain itu dalam bidang operasi, sangat dibutuhkan presisi sehingga dapat membuat *sensor leap motion* ini cocok digunakan sebagai penkontrol dari tangan mekatronik
- Dengan adanya SpatialVISION maka tangan mekatronik akan lebih presisi; Dengan adanya presisi dalam tangan mekatronik terhadap penggunaan alat-alat yang ada, sehingga memungkinkan untuk digunakan dalam penggunaan pisau bedah yang membutuhkan presisi yang tinggi

Kekurangan dari teknologi ini adalah:

- Sistem SpatialVISION masih menggunakan kamera sehingga hasil dari sistem tersebut masih dipengaruhi banyak oleh besarnya intensitas cahaya yang masuk kedalam sistem.

#### C. UTHM Hand [11]

UTHM merupakan teknologi tangan mekatronik Anthormorphic dengan konfigurasi master dan slave, dimana sarung tangan yang dipasang dengan BendSensors merupakan *master* dan tangan robotik merupakan *slave*.

*Master* dari UTHM hand yang merupakan sarung tangan sendiri yang ditanamkan dengan beberapa BendSensors yang dapat mendeteksi pergerakan dari semua sendi yang dapat di tangan, yang dimana termasuk gerakan jari menyamping. BendSensor sendiri merupakan jenis potentiometer yang nilai resistansinya akan berubah ketika dilekukan. sudut maksimal yang dapat dihitung oleh BendSensors adalah 120°. Hasil dari perubahan nilai dari BendSensors kemudian akan diubah menjadi *signal digital* oleh ADC yang kemudian diteruskan ke mikrokontroler untuk diproses dari besaran tegangan menjadi besaran sudut. hasil pemrosesan ini kemudian dikirimkan kepada *slave* UTHM melalui bluetooth.

*Slave* dari UTHM hand adalah tangan mekatronik Anthropomorphic yang memiliki bentuk yang sama dengan tangan manusia. Tangan mekatronik ini terdiri dari 5 jari dengan struktur yang sama satu dengan yang lain. Tangan mekatronik ini memiliki DOF sebanyak 20 DOF. Dimana setiap jari memiliki 4 DOF. Setiap segmen jari terdiri dari aktuator pneumatic dan pegas, dimana aktuator *pneumatic* digunakan untuk gerakan melengkung jari dan pegas digunakan untuk gerakan pemanjangan jari. Dengan penggabungan pegas dan aktuator *pneumatic*, tangan mekatronik ini dapat dibuat menjadi lebih sederhana dan tidak memakan tempat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil pergerakan yang dilakukan oleh setiap sendi dari UTHM hand sendiri hampir mirip pergerakan yang dilakukan oleh sendi manusia, sehingga UTHM hand dapat dikatakan dapat mengganti fungsi dari tangan manusia.

Kelebihan dari teknologi ini antara lain adalah:

- UTHM Hand telah mendukung DOF sebanyak 20 DOF sehingga gerakan yang ada dapat disamakan dengan gerakan yang ada pada tangan manusia; dengan adanya gerakan yang sama dengan tangan manusia, UTHM hand dapat digunakan sebagai substitusi tangan dokter bedah dalam operasi yang memerlukan banyak pergerakan tangan yang presisi dan spesifik.
- Hasil perbandingan sudut dari setiap sendi yang ada di dalam UTHM hand hampir mirip dengan sudut yang dimiliki oleh jari manusia; dengan adanya kemiripan ini, UTHM hand dapat digunakan untuk substitusi dari tangan dokter bedah yang ada

Kekurangan dari teknologi ini adalah:

- Sarung tangan Master dari UTHM sendiri masih menggunakan sistem kontak dan memiliki sistem yang rumit; sistem rumit dan sistem kontak ini dapat membuat dokter yang memakai sarung tangan tersebut menjadi merasa tidak natural serta tidak leluasa dalam memakai sarung tangan tersebut sehingga dapat berpengaruh terhadap kepresisian dari penggunaan alat-alat bedah yang digunakan dokter-dokter bedah

#### D. Adaptive Backstepping Position Control of Pneumatic Anthropomorphic Hand [12]

Dalam desain ini, didesain robot tiga jari dengan 3 derajat kebebasan. Aktuator pneumatika yang digunakan adalah *Pneumatic Artificial Muscles* (PAM). Untuk mengurangi *delay* waktu dalam mencapai posisi atau tekanan yang diinginkan, dan mengurangi osilasi saat *tracking* signal, serta sifat *hysteresis* PAM, maka diciptakan sebuah *control algorithm*. Sebuah *pressure control loop* ditambahkan sebagai *cascade control system* guna meningkatkan kinerja dari *controller* dengan cara memberikan

aktuator PAM udara bertekanan yang sesuai tekanannya.

Kelebihan desain ini antara lain:

- PAM memiliki kinerja yang efisien
- Desain dan cara kerja yang simpel
- Implementasi yang mudah

Kekurangan desain ini antara lain:

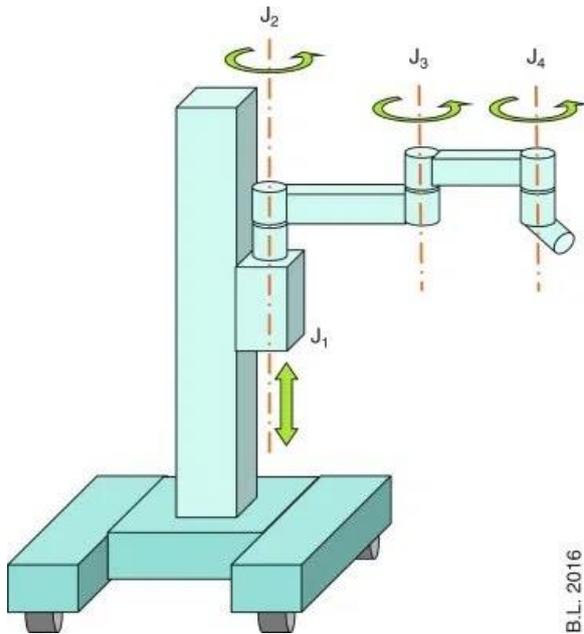
- Dinamika PAM yang *non linier*. Hal ini disebabkan oleh faktor kompresibilitas dari udara dan hubungan yang non linier antara gaya yang dihasilkan oleh aktuator dan perpindahannya
- Adanya sifat histeresis pada PAM, disebabkan oleh *dry friction* yang menghasilkan *system uncertainties*.

#### E. Da Vinci Systems [13]

Da Vinci Systems terdiri atas 3 komponen, yakni Surgeon Control, Patient Cart, dan Vision Cart. Surgeon Control berfungsi untuk membantu dokter bedah mengontrol lengan *robot* sambil melihat anatomi pasien dalam bentuk *high definition*. *Patient cart* diletakkan di sebelah meja bedah dan terdapat lengan-lengan yang sudah dilengkapi instrumen bedah dan kamera. Yang terakhir *Vision Cart*, yang digunakan untuk mendukung 3D *high definition vision systems* serta membantu dalam komunikasi antar komponen.

Pada bagian *slave*, atau patient cart, terbagi atas 2 bagian yakni *passive arms* dan *actuated arms*. Untuk bagian *passive arms* memiliki 4 derajat kebebasan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2. Derajat kebebasan pertama terletak pada J1, yang digunakan untuk mengatur ketinggian dari lengan dan merupakan *prismatic joint*. Derajat kebebasan lainnya terletak pada J2, J3, dan J4 dan bersifat planar. Jika *prismatic joint* dikendalikan secara elektrik, maka *joint* hanya memiliki *brake* dan *push-button* yang dapat melepas *brake*.

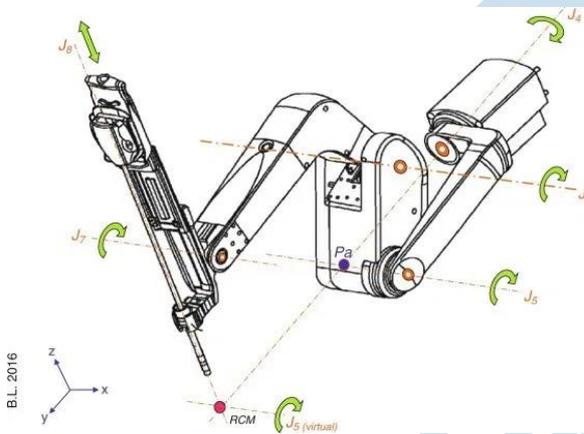
Untuk bagian *actuated arms*, terdapat 2 *sub-units*, *manipulator arms* dengan 3 derajat kebebasan, dan *end-effector instrument*, dengan 3 derajat kebebasan juga. Dapat dilihat pada gambar 2.3 *joint* J4 dan J5 berada pada *axis* yang sama



Gambar 2.2 DoF Arm [14]



Gambar 3.1 Tangan Mekantronik 27 DOF



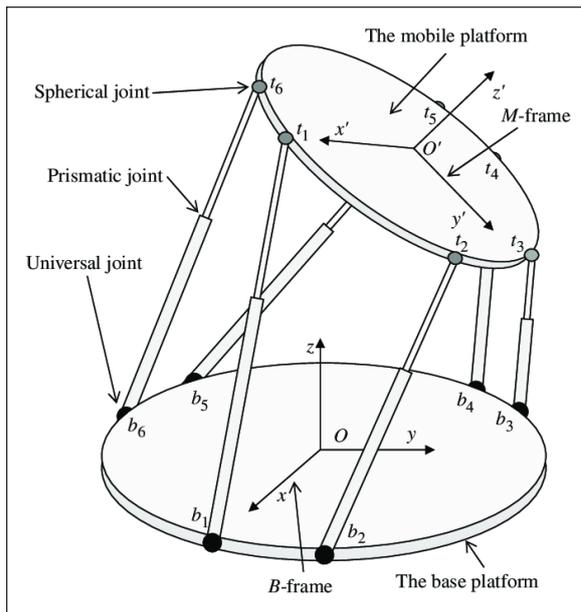
Gambar 2.3 DoF Hand [15]

### III. PEMBAHASAN

Berdasarkan kajian literatur yang terdapat pada bab II, maka kami merancang tangan *anamorphic* dengan 27 DOF sebagai berikut

Tangan mekatronik akan mempunyai 27 DOF sesuai dengan jumlah DOF yang terdapat pada tangan manusia. Setiap sendi yang menggunakan gerakan fleksi dan ekstensi akan digantikan dengan sendi buatan yang menggunakan teknologi PAM dan pegas seperti yang terdapat pada UTHM hand.

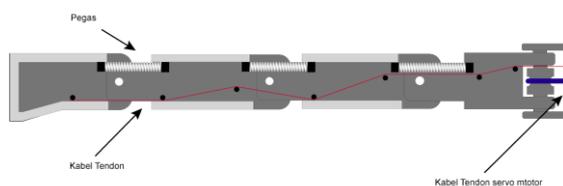
Penggunaan PAM dan pegas diharapkan dapat membuat pergerakan fleksi dan ekstensi menjadi lebih mirip dengan pergerakan sendi manusia, dimana PAM sendiri dibentuk sedemikian rupa sehingga menyamai dengan kinerja otot manusia. Kombinasi sendi buatan PAM dan pegas ini akan menggantikan sendi interfalang dan metakarpofalang. Untuk sendi yang melakukan gerakan abduksi dan adduksi, sendi yang terdapat pada tangan manusia akan digantikan dengan *motor servo*. Penggunaan *motor servo* didasarkan atas pertimbangan bahwa gerakan abduksi dan adduksi memerlukan gerakan yang presisi dan penggunaan *motor servo* pada gerakan abduksi dan adduksi tidak akan menggunakan banyak ruang dibandingkan menggunakan PAM dan pegas seperti yang terdapat pada gerakan fleksi dan ekstensi. Penggunaan *motor servo* ini akan digabungkan pada sendi yang juga menggunakan PAM, sehingga dihasilkan 2 DOF gerakan. Gabungan PAM dan *motor servo* sendiri menggantikan sendi metakarpofalang dan sebagian sendi metafalang. 6 DOF terakhir akan berada menggantikan sendi yang ada di pergelangan tangan, dimana sendi ini berfungsi untuk pergerakan pergelangan tangan ke semua arah, sendi buatan yang akan digunakan adalah sendi dengan 6 DOF seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Sendi 6 DOF [16]

Gabungan dari PAM dan pegas sendiri bekerja dengan cara: ketika PAM berelaksasi maka tegangan kabel tendon yang terdapat didalam jari mekatronik akan mengecil sehingga jari mekatronik pun akan melakukan gerakan fleksi. ketika PAM berkontraksi, maka tegangan kabel tendon akan semakin besar maka jari pun akan kembali ke gerakan ekstensi. pegas sendiri membantu PAM dalam pergerakan tangan.

Menimbang *sensor Leap Motion* yang dapat mendeteksi 27 DOF, maka sistem kontrol tangan mekatronik ini akan menggunakan sistem Leap Motion dan Spatial Vision serta Hand Commander. Penggunaan Leap Motion, Spatial Vision dan Hand Commander ini diharapkan dapat membuat sistem kontrol menjadi lebih presisi, serta akan membuat dokter bedah lebih merasa nyaman karena tidak diperlukannya kontak fisik antara sistem input dan output. Selain itu, Tangan anamorphic 27 DOF ini juga akan mengimplementasikan sistem *Adaptive Backstepping Position Control*. Sistem ini diharapkan dapat bekerja dengan baik dengan sendi-sendi yang terdapat pada *anamorphic hand* agar gerakan yang dihasilkan akan menjadi lebih presisi serta efisien.



Gambar 3.3 Mekanisme Kerja Tangan Mekatronik 27 DOF

#### IV. SIMPULAN

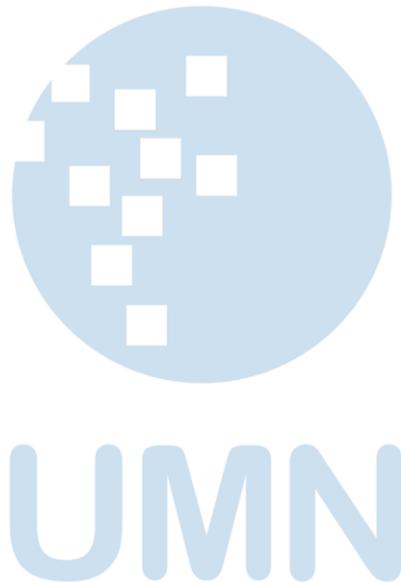
Adapun beberapa kendala yang dihadapi dalam desain tangan mekatronik ini, salah satunya adalah penggunaan sistem SpatialVISION, dimana untuk sumber inputnya masih mengandalkan kamera. Hal tersebut kemudian membuat gambar yg diterima oleh sistem menjadi tergantung pada intensitas pencahayaan yang ada. Jika lingkungan di mana dokter bedah melakukan bedah jarak jauh tidak terang, maka akan sulit untuk sistem dapat mengenal gerakan tangan yang dilakukan dokter bedah tersebut. Resolusi dari kamera yang digunakan juga berpengaruh terhadap kualitas input yang diterima. Maka dari itu, bedah harus dilakukan di lingkungan yang intensitas cahayanya memadai dan kamera yang digunakan pun juga harus beresolusi tinggi.

Penggunaan PAM dapat menyebabkan fenomena histerisis. Untuk mengatasinya, maka diperlukan *Proportional-Integral-Derivative (PID) Controller* yang nantinya akan memberikan *input* pada *control valve* berdasarkan besar nilai *error*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] COVIDSurg Collaborative, Elective surgery cancellations due to the COVID-19 pandemic: Global predictive modelling to inform surgical recovery plans. (2020). *British Journal of Surgery*. doi:10.1002/bjs.11746
- [2] Sathya, C. (2020, March 16). Perspective | Your elective surgery will be canceled. It's for everyone's good. Diakses pada August 22, 2020, dari <https://www.washingtonpost.com/outlook/2020/03/16/your-elective-surgery-will-be-canceled-its-everyones-good>
- [3] Kumar, K. (2020, May 07). Mumbai staring at a huge shortage of doctors and health professionals. Retrieved September 02, 2020, from <https://economictimes.indiatimes.com/news/politics-and-nation/mumbai-staring-at-a-huge-shortage-of-doctors-and-health-professionals/articleshow/75563053.cms>
- [4] Muthiariny, D. (2020, March 27). Indonesian Doctors Threaten to Go on Strike over Lack of PPE. Retrieved September 02, 2020, from <https://en.tempo.co/read/1324800/indonesian-doctors-threaten-to-go-on-strike-over-lack-of-ppe>
- [5] Submission, I. (n.d.). Japan's medical workers facing worsening shortages of protective gear, survey says. Retrieved September 02, 2020, from <https://www.japantimes.co.jp/news/2020/05/02/national/japan-medical-workers-severe-shortages-protective-gear-survey/>.
- [6] Spanish health workers protest over PPE shortages. (n.d.). Retrieved September 02, 2020, from <https://news.cgtn.com/news/2020-05-26/Spanish-health-workers-protest-over-PPE-shortages-QN15QZuCcw/index.html>
- [7] Surgery - General. (n.d.). Retrieved September 02, 2020, from <https://www.ama-assn.org/specialty/surgery-general>
- [8] Myint, F. (2018). 2. Handling instruments. In *Kirk's Basic surgical techniques* (7th ed., pp. 10-24). Edinburgh: Elsevier.
- [9] Park, H. (2020, March 4). An Open-source Anthropomorphic Robot Hand System: HRI Hand. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/SFPB2>.
- [10] Moldovan, C. C., & Staretu, I. (2017). An Anthropomorphic Hand with Five Fingers Controlled by a Motion Leap Device. *Procedia Engineering*, 181, 575-582. doi:10.1016/j.proeng.2017.02.436
- [11] Zaid, A. M., & Yaqub, M. A. (2012). UTHM HAND: Performance of Complete System of Dexterous

- Anthropomorphic Robotic Hand. *Procedia Engineering*, 41, 777-783. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.243
- [12] Farag, M., & Azlan, N. Z. (2015). Adaptive Backstepping Position Control of Pneumatic Anthropomorphic Robotic Hand. *Procedia Computer Science*, 76, 161-167. doi:10.1016/j.procs.2015.12.334
- [13] D. (2019, June 09). The da Vinci® system: Technology and surgical analysis. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [14] D. (2019, June 09). Figure 6.2 [Digital image]. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [15] D. (2019, June 09). Figure 6.3 [Digital image]. Retrieved September 02, 2020, from <https://entokey.com/the-da-vinci-system-technology-and-surgical-analysis/>
- [16] He, Jianjun & Gu, Hong & Wang, ZHELONG. (2013). Solving the forward kinematics problem of six-DOF Stewart platform using multi-task Gaussian process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 227. 161-169. 10.1177/0954406212444508
- [17] ELKOURA, G., AND SINGH, K. 2003. Handrix: Animating the Human Hand. *Proc. SCA*, 110--119.
- [18] Ahmad, Arslan & Ibraheem, Muhammad & Ahsen, Mohsin & Shah, Khawar & Shahid, Umer. (2017). Design and Implementation of Robotic Arm that Copies the Human Arm.



# Tahapan Desain dan Implementasi Model *Machine Learning* untuk Sistem Tertanam

Aminuddin Rizal

Teknik Komputer, Universitas Komputer Indonesia, Bandung, Indonesia  
Email: aminuddin.rizal@umn.ac.id

Diterima 12 Oktober 2020  
Disetujui 11 November 2020

**Abstract**—Machine learning and edge computing currently becomes popular technology used in any discipline. Flexibility and adapt to the problem are the main advantages of its technology. In this paper, we explain step-by-step way to make a lightweight machine learning model especially intended for embedded system application. We use open source machine learning tool called as Weka to design the model. Moreover, we performed a simple stress recognition experiment to make our own dataset for evaluation. We evaluate algorithm complexity and accuracy for different well-known classifier such as support vector machine, simple logistic and hoeffding tree.

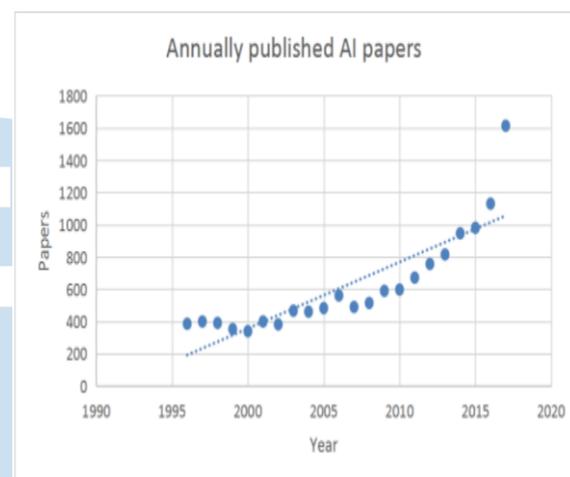
**Index Terms**—edge computing, embedded system, machine learning, weka

## I. PENDAHULUAN

An intelligence system atau sebuah sistem cerdas merupakan idaman bagi manusia di mana sistem tersebut dapat menganalisa permasalahan yang ada (*perception*) dan memberikan *feedback* secara natural (*decision making*). Penggunaan sistem cerdas saat ini meliputi banyak sektor seperti transportasi [1], ekonomi [2], pelayanan umum [3], pendidikan [4] hingga dunia medis [5].

Secara teknis untuk mewujudkan sebuah sistem cerdas beberapa metode dapat diimplementasikan. Saat ini terdapat 2 teknik yang populer untuk digunakan yakni *machine learning* (ML) dan *deep learning* (DL). Gambar 1 [6] memperlihatkan peningkatan jumlah publikasi ilmiah yang membahas kedua metode tersebut, hal ini menunjukkan kredibilitas metode yang disebutkan. Perbedaan mendasar dari *machine learning* dan *deep learning* ialah cara ekstraksi fitur. ML mengandalkan sebuah tahapan *preprocessing* untuk mendapatkan fitur yang diinginkan selanjutnya kita proses pada sebuah model. Sedangkan DL merupakan metode yang bersifat "*featureless extraction*" di mana fitur diproses di dalam sebuah model. Pada dasarnya, teori fundamental yang digunakan pada kedua metode tersebut meliputi probabilitas, statistika, kalkulus, dan aljabar linear. Sehingga sebuah model tidak lain hanyalah beberapa persamaan matematis yang dapat direalisasikan. Kedua metode tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing [7] dan

secara khusus untuk ML yang memiliki kelebihan yakni ukuran modelnya yang relatif lebih kecil dan tidak kompleks.



Gambar 1. Tren jumlah publikasi ilmiah *machine learning* dan *deep learning* [6]

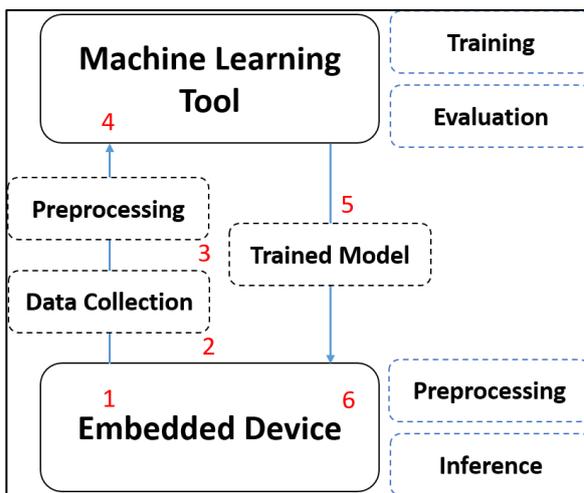
Penggunaan sistem cerdas idealnya dapat dilakukan secara *real time*. Biasanya untuk sistem yang kompleks dan menggunakan model yang berukuran besar spesifikasi komponen komputasi harus mengikuti. Sedangkan, tren saat ini telah dikenal dan sering digunakan sebuah teknologi yang disebut *edge computing*, di mana semua proses komputasi dilakukan di tempat sehingga menyediakan informasi dengan cepat. Hanya saja, komponen pemroses yang digunakan terbatas pada beberapa parameter spesifikasi. Sehingga saat menggunakan sebuah model sistem cerdas sebaiknya dengan kompleksitas dan ukuran yang kecil. Padahal, implementasi sistem cerdas pada *edge computing* memiliki prospek aplikasi yang luas salah satunya digunakan untuk penerjemah Bahasa isyarat [8]

Berdasarkan urgensi masalah di atas dan karena juga sedikitnya literatur mengenai implementasi ML untuk *edge computing* dalam Bahasa Indonesia, pada tulisan ilmiah ini kami menjabarkan langkah-langkah dalam mendesain dan mengimplementasikan algoritma ML untuk aplikasi *edge computing* dalam hal ini kami menggunakan sistem tertanam. *Tools* yang kami gunakan pada penelitian ini bersifat *open source*

sehingga dapat digunakan oleh semua pihak. Terlebih, kami berikan contoh sederhana implementasi ML model pada *stress recognition* berdasarkan langkah-langkah yang kami jabarkan. Sebagai evaluasi, kami akan menguji kompleksitas dari model ML ketika ditanamkan pada sistem embedded yang digunakan.

## II. MACHINE LEARNING PADA EMBEDDED SYSTEM

Secara sederhana proses desain dan implementasi algoritma *machine learning* (ML) pada sistem *embedded* dapat diilustrasikan pada Gambar 2. Pada dasarnya, 2 perangkat keras dibutuhkan untuk merealisasikan sistem ini, yakni *embedded device* (sistem yang akan kita implementasikan) dan *host computer* (digunakan untuk menjalankan *machine learning tool* untuk training dan evaluasi model).



Gambar 2. Implementasi model *machine learning* untuk sistem tertanam

*Workflow* dari implementasi model ML, secara berurutan ialah secara berikut,

1. Desain perangkat keras (*hardware*) dari sistem tertanam sesuai dengan tujuan dan spesifikasi yang dibutuhkan
2. Kumpulkan data dengan baik dan benar dan merepresentasikan penggunaan sebenarnya
3. Mendapatkan fitur dari data yang terkumpul (*features extraction*) dan memberi label atau *class* pada kumpulan data tersebut (*labelling*)
4. *Train* model pada *host computer* dengan menggunakan *ML tool*, pilih *classifier* yang cocok digunakan
5. Test model yang didapat dengan beberapa metrik pengujian (misal *K-fold validation*)
6. Lakukan optimasi dengan memilih fitur mana yang dibutuhkan dan memiliki korelasi dengan permasalahan yang dihadapi
7. Implementasikan model yang sudah dilatih ke dalam sistem *embedded* yang telah dibuat
8. Dalam penggunaan secara *real time* data *stream* harus diproses terlebih dahulu untuk

mendapatkan fitur yang sama fitur yang digunakan untuk *training* model

9. Terakhir untuk memprediksi *class* yang sesuai, proses *inference* dapat dilakukan

Berikut detail dari Gambar 2 mengenai cara implementasi model ML ke dalam sistem tertanam.

### A. *Embedded Devices*

Saat ini komponen komputasi yang digunakan pada sistem tertanam memiliki banyak pilihan, dari berbagai macam tipe mikrokontroler hingga beberapa tipe mikrokomputer yang populer digunakan di Indonesia antara lain ialah,

1. Arduino berbasis ATmega328 – RISC 8 bit mikrokontroler berjalan pada kecepatan 16 MHz
2. ESP32 – 32 bit Xtensa LX6 SoC dengan *clock source* 160 MHz
3. ARM seri M – RISC 32 bit mikrokontroler dengan basis clock 72 MHz
4. ARM seri A – arm64 arch mikrokomputer yang berjalan dengan menggunakan sistem operasi (misal Raspberry Pi)

Dari beberapa contoh di atas, pertimbangan pemilihan komponen komputasi tergantung kepada permasalahan yang ingin di atasi, karena komponen tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Parameter yang dapat menjadi pertimbangan seperti interface I/O, kecepatan (*clock speed* semata bukan menjadi *benchmark*), kapasitas memori, tipe data yang dapat digunakan (penting untuk ML) dan konsumsi daya (penting untuk *edge computing*)

### B. *Data Collection and Preprocessing*

Melatih sebuah model ML membutuhkan data yang cukup banyak untuk mendapatkan hasil yang lebih terpercaya. Oleh sebab itu pengumpulan data dengan baik dan benar perlu dilakukan. Data yang dikumpulkan merupakan data dari sensor, contoh: suhu, kelembapan, *inertial motion unit*, elektrokardiograf, dan banyak lainnya. Pengumpulan data harus dilakukan sesuai dengan kriteria sinyal dan sistem yang diinginkan contoh yang menjadi konstrain adalah frekuensi *sampling* dan tipe data yang didapat (*signed, unsigned, fixed point, floating point*). Terlebih, data tersebut mewakili beberapa atribut dan *class* yang akan diprediksi.

Setelah data yang diinginkan terkumpul, proses selanjutnya yaitu memproses data tersebut untuk mendapatkan fitur ML yang baik. *Preprocessing* akan berbeda sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan masing-masing sinyal. Salah satu parameter yang perlu diperhatikan ialah panjang sebuah segmen atau *window* dari sebuah sinyal. Membuat fitur dari satu data *stream* tidaklah direkomendasi karena apabila sinyal tersebut sebuah noise akan membuat fitur yang kurang bagus. Dengan demikian biasanya sebuah segmen (kumpulan

dari beberapa poin sinyal, *buffer*) sinyal dibuat. Ukuran segmen akan berpengaruh dengan respon dan akurasi prediksi. Semakin panjang segmen maka akan kurang responsif, namun memiliki banyak informasi di dalamnya. Segmen tidak hanya dalam bentuk *time domain*, namun bisa juga dalam bentuk *frequency domain*. Terlebih lagi bisa dalam bentuk dari gabungan kedua domain tersebut, seperti yang dilakukan pada karya ilmiah [9].

Selanjutnya salah satu proses yang paling penting ialah mengekstraksi sebuah segmen sinyal menjadi fitur ML. Fitur yang paling umum digunakan ialah statistika fitur seperti rata-rata, median, modus, maksimum, minimum, standar deviasi, kuartil dan banyak lainnya [10]. Fitur-fitur tersebut dikombinasikan agar mendapatkan keunikan yang lebih terlihat pada sebuah sinyal.

Setelah perhitungan fitur selesai, kita dapat memberi label pada fitur tersebut dan membuat sebuah database fitur beserta labelnya yang biasa disebut dataset. Format dataset bermacam, yang umum digunakan kolom merepresentasikan beberapa fitur, dan juga label dari fitur tersebut.

### C. Model Training and Evaluation

Dari dataset yang sudah dibuat, selanjutnya kita dapat melakukan proses *training* model dengan menggunakan ML tool pada *host* komputer kita, spesifikasi *host* komputer kita berpengaruh terhadap lamanya proses training. Terdapat beberapa pilihan yang dapat digunakan dari yang gratis hingga berbayar, diantaranya yang populer ialah,

1. TensorFlow – *free*, berbasis python, *script interface*
2. PyTorch – *free*, berbasis python, *script interface*
3. Caffe – *free*, berbasis C++, *script interface*
4. Weka – *free*, berbasis Java, *GUI interface*
5. Rapid Miner – *paid*, berbasis Java, *GUI interface*
6. Matlab – *paid*, berbasis Java, *GUI interface*

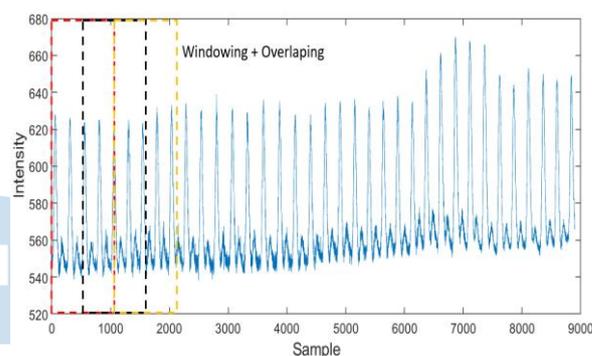
ML dapat dibagi menjadi 2 kategori *learning*, yakni *supervised* dan *unsupervised learning*. Penggunaannya tergantung dari aplikasi yang diimplementasikan. Jenis kategori tersebut berpengaruh pada tipe *classifier* yang harus digunakan, dan juga konfigurasi parameter pada *classifier* tersebut juga harus diperhatikan.

Setelah model kita *train*, selanjutnya kita dapat mengevaluasi kinerja dari model tersebut secara offline. Yakni dengan cara split data ataupun cara umum yang digunakan yakni *K-fold cross validation* (K adalah angka bulat menandakan pembagian data, misal 5, 10, 20). Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah model yang dihasilkan memiliki performa yang bagus. Apabila tidak, maka kita dapat melakukan optimasi dengan cara memilih *classifier* yang lain, mengganti konfigurasi parameter pada *classifier* tersebut, ataupun

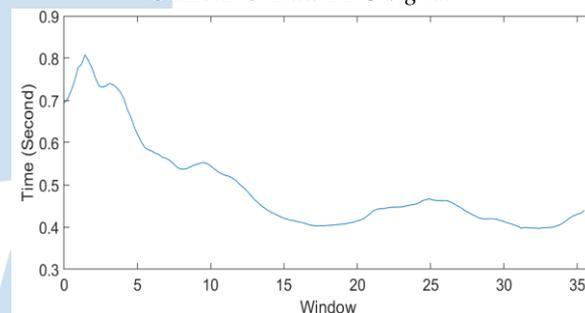
dapat dilakukan dengan cara mencari fitur yang sesuai dan dibutuhkan untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi.

### D. Model Implementation on Embedded Device

Apabila model yang didapat sudah memiliki performa yang baik, maka model tersebut dapat kita implementasikan ke sistem tertanam kita. Cara implementasi dapat dilakukan dengan cara mencari persamaan atau model matematika yang terdapat di dalam model tersebut. Selanjutnya model tersebut dapat dijalankan secara *real time*. Sebelum melakukan proses *inference*, *raw* data harus di proses dengan proses yang sama saat membuat dataset.



Gambar 3. Raw PPG signal



Gambar 4. Fitur: mean RR

## III. CONTOH IMPLEMENTASI

Pada contoh implementasi kali ini kami menggunakan sinyal photoplethysmography (PPG) yang kami rekam untuk mengetahui tingkat stress yang dialami oleh pengguna. Implementasi menggunakan mouse PPG dan sebuah stress test game yang dapat dilihat detailnya pada referensi ilmiah [11]. Terdapat 3 kelas yang diukur yakni, “no stress”, “time pressure”, dan “interruption”. Machine learning tool yang digunakan pada tahap evaluasi ialah Weka dengan bantuan Matlab untuk tahap pengolahan sinyalnya. Berikut detail dari masing-masing tahapan yang kami ilustrasikan seperti Gambar 2,

### A. Embedded Device

Mikrokontroler yang digunakan yakni NUC120 berbasis ARM@Cortex™-M0. Mouse tersebut dilengkapi dengan Bluetooth modul dan 4 sensor PPG dengan *analog front end* (AFE) meliputi filter dan

programmable-gain amplifier (PGA117). Sensor menggunakan frekuensi sampling 250 Hz.

### B. Data Collection and Preprocessing

Data diambil dari beberapa subjek, tetapi untuk penelitian ini kami hanya mengambil satu sebagai contoh. Subjek diminta untuk meletakkan telapak tangan di mouse (seperti menggunakan mouse) sembari melakukan aktivitas sesuai dengan aplikasi yang kami buat. Di dalam eksperimen kita dapatkan 4 sinyal PPG dari 4 sensor berbeda, tetapi untuk tujuan kali ini kami gunakan salah satu sensor yang memiliki *signal-to-noise ratio* (SNR) paling besar yakni pada sensor yang terletak pada jari.

Selanjutnya sinyal kami analisa dan kita proses untuk membuat fitur ML-nya. Pada tahap ini yang kita miliki ialah *raw signal* yang dapat dilihat pada Gambar 3. Pada sinyal 1 dimensi seperti sinyal PPG sinyal setiap fitur diambil dari sinyal yang sudah melalui proses *windowing* dan *overlapping*. Proses *windowing* yakni mengambil beberapa sample dari sinyal secara *real-time* untuk mendapatkan resolusi yang tinggi pada fitur-fitur yang dibuat. Panjang *window* berbeda antara karakteristik sinyal dan sistem yang digunakan. Kami menggunakan 3 detik *window* (750 *samples*) dengan panjang *overlapping* 1 detik (250 *samples*). Lalu kita dapat mengekstrak fitur dari setiap *window* sinyal. Untuk penelitian ini kami memberi contoh penggunaan 4 *statistical features* yang sering digunakan dalam *stress recognition* yakni “Mean RR”, “RMSSD”, “LF”, dan “HF”. Dengan mengaplikasikan operasi pada persamaan (1) sampai (4) secara berturut-turut. Di mana, PR ialah *pulse rate* yang merupakan nilai denyut jantung dalam satu menit, RR ialah *peak-to-peak interval* dari sinyal PPG yang memberikan informasi periode pada sinyal, RMSSD ialah *root-mean square* dari RR interval, LF ialah total dari *power spectrum* di frekuensi 0.04 sampai 0.15 Hz, HF ialah total *power spectrum* di frekuensi 0.15 sampai 0.4 Hz. Contoh gambaran fitur pada fungsi waktu dapat dilihat pada Gambar 4 yang merupakan nilai fitur dari “Mean RR”.

$$RR(\text{second}) = \frac{60}{PR} \quad (1)$$

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{r-1} \sum_{k=1}^{r-1} (RR_{k+1} - PR)^2} \quad (2)$$

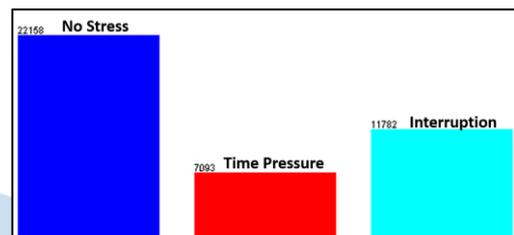
$$LF = \frac{\sum_{f1=0.04}^{0.15} P_{NN}(f1)}{\sum_{f2=0}^{f2/2} P_{NN}(f2)} \cdot 100 \quad (3)$$

$$HF = \frac{\sum_{f1=0.15}^{0.4} P_{NN}(f1)}{\sum_{f2=0}^{f2/2} P_{NN}(f2)} \cdot 100 \quad (4)$$

Fitur yang sudah dikalkulasi dan diekstrak lalu dibentuk menjadi sebuah dataset untuk dapat digunakan di dalam *machine learning tool*.

### C. Model Training and Evaluation

Dataset yang dibuat bisa kita *import* ke dalam Weka. Sebaiknya dalam membuat dataset seharusnya dalam jumlah yang sama (*balanced*) sehingga dapat meningkatkan akurasi dari model yang akan dibuat. Sedangkan pada penelitian ini kami menggunakan *imbalanced dataset* dengan distribusi *instance* dapat dilihat pada Gambar 5, di mana kelas “No Stress” memiliki jumlah yang paling banyak diikuti dengan kelas “Interruption” dan kelas “Time Pressure”. Tiga *classifier* kami gunakan sebagai contoh, yakni support vector machine, simple logistic, dan hoeffding tree, dengan konfigurasi masing-masing *classifier* sebagai berikut,



Gambar 5. Distribusi Dataset

- Hoeffding tree
  - *decimal number* = 2
  - *batch size* = 100
  - *grace period* = 200
  - *hoeffding tie threshold* = 0.05

Setelah dilakukan proses *training* model yang dihasilkan terlihat seperti pada Gambar 6. Model hoeffding membentuk pohon logika.

```

LF <= 1521.861:
| LF <= 227.334: no stress (414.500) NB1 NB adaptive1
| LF > 227.334:
| | MEAN_RR <= 948.797:
| | | MEAN_RR <= 587.016: time pressure (121.000) NB2 NB adaptive2
| | | MEAN_RR > 587.016:
| | | | MEAN_RR <= 784.427: no stress (4619.401) NB3 NB adaptive3
| | | | MEAN_RR > 784.427:
| | | | | MEAN_RR <= 799.741: no stress (474.500) NB4 NB adaptive4
| | | | | MEAN_RR > 799.741: no stress (2045.500) NB5 NB adaptive5
| | | MEAN_RR > 948.797: time pressure (2201.207) NB6 NB adaptive6
LF > 1521.861: interruption (3515.001) NB7 NB adaptive7

```

Gambar 6. Model Hoeffding Tree

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances      22587      55.0459 %
Incorrectly Classified Instances    18446      44.9541 %
Kappa statistic                    0.0508
Mean absolute error                 0.3561
Root mean squared error             0.456
Relative absolute error             89.6178 %
Root relative squared error         102.291 %
Total Number of Instances          41033

```

Gambar 7. Hasil *Testing* Hoeffding

- Support vector machine (SVM):
  - *one-versus-one* SVM
  - *decimal number* = 2
  - *seed number* = 1
  - *batch size* = 100.

Setelah dilakukan proses *training* model yang dihasilkan terlihat seperti pada Gambar 8. Pada gambar terdapat 3 persamaan berbeda yakni (dari atas ke bawah) persamaan untuk “no stress” vs “time pressure”; “no stress” vs “interruption”; “time pressure” vs “interruption”. Pada model ini semua persamaan dioperasikan dan dicari nilai maksimum sehingga didapatkan kelas yang diprediksi

```

2.3807 * (normalized) MEAN_RR
+ 2.5474 * (normalized) RMSSD
+ -3.7529 * (normalized) LF
+ 0.0106 * (normalized) HF
- 2.1626
0.002 * (normalized) MEAN_RR
+ -0.0042 * (normalized) RMSSD
+ 0.0057 * (normalized) LF
+ 0.0004 * (normalized) HF
- 1.0001
-5.6278 * (normalized) MEAN_RR
+ 2.3668 * (normalized) RMSSD
+ 0.5107 * (normalized) LF
+ -2.6365 * (normalized) HF
+ 2.1102

```

Gambar 8. Model SVM

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances    25147    61.2848 %
Incorrectly Classified Instances  15886    38.7152 %
Kappa statistic                   0.2518
Mean absolute error               0.3644
Root mean squared error          0.4247
Relative absolute error           91.7018 %
Root relative squared error       95.2832 %
Total Number of Instances        41033

```

Gambar 9. Hasil *Testing* SVM

- Simple Logistic
  - *batch size* = 100.
  - *heuristic stop* = 50
  - *max boosting iterations* = 500
  - *decimal number* = 2

Setelah dilakukan proses *training* model yang dihasilkan terlihat seperti pada Gambar 10. Pada model ini pula semua persamaan yang ada di model dioperasikan sehingga mendapatkan nilai maksimum yang berkorelasi dengan kelas yang diprediksi.

```

Class no stress :
3.74 +
[MEAN_RR] * -0 +
[RMSSD] * -0.01

Class time pressure :
-2.66 +
[MEAN_RR] * 0 +
[LF] * -0

Class interruption :
-0.75 +
[LF] * 0

```

Gambar 10. Model Simple Logistic

```

=== Stratified cross-validation ===
=== Summary ===
Correctly Classified Instances    25297    61.6504 %
Incorrectly Classified Instances  15736    38.3496 %
Kappa statistic                   0.3094
Mean absolute error               0.3213
Root mean squared error          0.4137
Relative absolute error           80.8592 %
Root relative squared error       92.8007 %
Total Number of Instances        41033

```

Gambar 11. Hasil *Testing* Simple Logistic

Setelah model di *training*, model tersebut dievaluasi sehingga kita dapat mengetahui performa dari model tersebut. Pada penelitian ini kami menggunakan *10-Fold Cross Validation* untuk melakukan evaluasi model. Hasil dari masing-masing model terlihat pada Gambar 7, 9, dan 11 untuk model *hoeffding tree*, SVM, dan simple logistic secara berurutan. Rata-rata hasil yang didapatkan keseluruhan model menunjukkan akurasi di bawah 70 %, yang berarti kurang baik untuk diimplementasikan. Peningkatan akurasi dari sebuah model dapat dilakukan dengan beberapa cara, yakni salah satunya dengan menyeleksi fitur mana yang berdampak besar pada performa prediksi dan dapat menghilangkan fitur yang sifatnya redundan. *Feature selection* dapat dilakukan di dalam *weka*, *rule-of-thumb* dari seleksi fitur ialah melihat korelasi fitur tersebut dengan fitur yang lain sehingga dapat mempersempit dimensi fitur pada model. Ilustrasi pemilihan fitur pada *weka* terlihat pada Gambar 12. Kami memberi contoh penggunaan *principle component analysis* (PCA) yang difungsikan sebagai penyeleksi fitur dengan mencari korelasi antara fiturnya. Setelah model dievaluasi dan berfungsi dengan baik. Maka bisa diimplementasikan ke dalam *embedded device*.

Correlation matrix			
1	0.33	0.08	-0.55
0.33	1	0.89	0.33
0.08	0.89	1	0.32
-0.55	0.33	0.32	1

eigenvalue	proportion	cumulative	
2.08711	0.52178	0.52178	-0.664RMSSD-0.653LF-0.355HF-0.072MEAN_RR
1.54486	0.38622	0.90799	-0.758MEAN_RR+0.621HF-0.19RMSSD-0.062LF
0.33176	0.08294	0.99093	0.644HF+0.541MEAN_RR-0.528LF+0.116RMSSD

Eigenvectors			
V1	V2	V3	
-0.072	-0.7579	0.5414	MEAN_RR
-0.6645	-0.1896	0.1164	RMSSD
-0.6534	-0.0617	-0.5282	LF
-0.3555	0.6212	0.6437	HF

Ranked attributes:			
0.47822	1	-0.664RMSSD-0.653LF-0.355HF-0.072MEAN_RR	
0.09201	2	-0.758MEAN_RR+0.621HF-0.19RMSSD-0.062LF	
0.00507	3	0.644HF+0.541MEAN_RR-0.528LF+0.116RMSSD	

Gambar 12. Feature Selection

#### D. Model Implementation

Cara paling sederhana menanamkan model ke dalam *end device* dengan cara membuat program persamaan dari model tersebut. Sebagai contoh seperti Gambar 13 yang merupakan bentuk *snippet* program (Bahasa C++) dari model simple logistic. Adapun cara lain yakni dengan menggunakan API dari *machine learning tools* yang dipakai, karena pada contoh kali ini kami menggunakan weka, maka dapat menggunakan API yang weka miliki yang berbasis Java.

#### IV. DISKUSI

Dari tahapan yang kami jabarkan seperti Gambar 2, masing-masing proses memang sangat penting. Dari pemilihan jenis device yang digunakan hingga bagaimana cara mengimplementasikan model ke dalam sebuah program. Di dalam menggunakan *machine learning* memang tujuan utamanya ialah performa dari model tersebut bukan kompleksitasnya. Tetapi dalam *end device* kita memiliki limitasi pada sumber komputasinya. Pada contoh kali ini kami melakukan eksperimen dengan menggunakan 3 *classifier*, dan salah satu implementasi model terlihat pada Gambar 13 (simple logistic *classifier*). Dalam model tersebut dapat direpresentasikan menjadi 3 baris *snippet* program, yang mana sangat memungkinkan untuk dijalankan pada *end device* yang memiliki kemampuan komputasi yang rendah sekalipun. Sedangkan model yang kompleksitasnya agak tinggi (berbasis *tree*) dapat direpresentasikan menjadi sebuah program dengan menggunakan *syntax if-else* atau *case* bercabang. Kompleksitas model yang kami contohkan memiliki O(1) kompleksitas sehingga dapat mudah untuk dijalankan.

```
void predict (double mean_rr, double rmssd, double lf, double, hf)
{
    double *temp[3];
    int *pos;

    temp[0] = 3.4 + mean_rr * -0 + rmssd * -0.01;
    temp[1] = -2.66 + mean_rr * 0 + lf * -0;
    temp[2] = -0.75 + lf * 0;

    const int N = sizeof(temp) / sizeof(int);

    pos = distance(temp, max_element(temp, temp + N));
    return pos;
}
```

Gambar 13. Embedding to device

Hasil yang didapatkan akan berbeda setiap *resource* dan aplikasi yang dibuat. Contoh aplikasi-aplikasi yang memiliki *workload* yang besar seperti *natural language processing* (NLP). Maka prosesor yang digunakan untuk aplikasi tersebut memerlukan proses komputasi yang lebih tinggi contohnya menggunakan *single board PC* (SBC). Serta metode *machine learning* yang digunakan akan lebih kompleks dibanding dengan aplikasi yang sederhana.

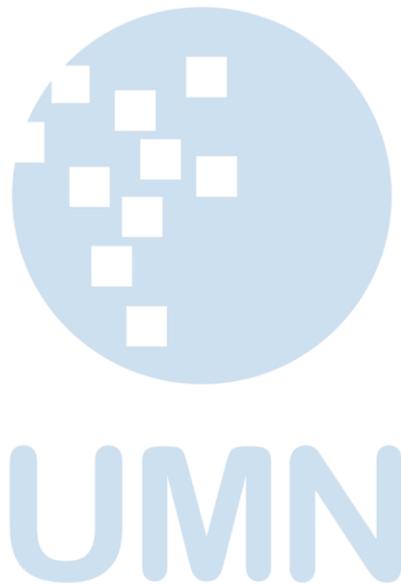
#### V. SIMPULAN

*Machine learning* merupakan sebuah metode yang sangat populer untuk digunakan di dalam beberapa disiplin ilmu yang ada. Hanya saja terkadang kompleksitas model dari ML menjadi limitasi bagi beberapa *processing unit* dengan kemampuan yang rendah seperti untuk sistem tertanam. Kami memberikan contoh alternatif bagaimana cara membangun model ML yang dapat digunakan di perangkat komputasi rendah. Dari beberapa model yang kami buat kompleksitas model ML kami berada di kisaran O(1) untuk persamaan langsung dan O(n) untuk model *tree*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Xia, D. Zhou, Q. Xia and L. Zhang, "Design and implementation path of intelligent transportation information system based on artificial intelligence technology," in The Journal of Engineering, vol. 2020, no. 13, pp. 482-485, 7 2020.
- [2] Y. Chen, W. Lin and J. Z. Wang, "A Dual-Attention-Based Stock Price Trend Prediction Model With Dual Features," in IEEE Access, vol. 7, pp. 148047-148058, 2019.
- [3] O. S. Al-Mushayt, "Automating E-Government Services With Artificial Intelligence," in IEEE Access, vol. 7, pp. 146821-146829, 2019.
- [4] L. Chen, P. Chen and Z. Lin, "Artificial Intelligence in Education: A Review," in IEEE Access, vol. 8, pp. 75264-75278, 2020.
- [5] Y. Wei et al., "A Review of Algorithm & Hardware Design for AI-Based Biomedical Applications," in IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, vol. 14, no. 2, pp. 145-163, April 2020.
- [6] L. Yang and M. Zhu, "Review on the Status and Development Trend of AI Industry," 2019 IEEE 4th International Conference

- on Cloud Computing and Big Data Analysis (ICCCBDA), Chengdu, China.
- [7] M. Sewak, S. K. Sahay and H. Rathore, "Comparison of Deep Learning and the Classical Machine Learning Algorithm for the Malware Detection," 2018 19th IEEE/ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing (SNPD), Busan, 2018, pp. 293-296
- [8] B. G. Lee and S. M. Lee, "Smart Wearable Hand Device for Sign Language Interpretation System With Sensors Fusion," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 3, pp. 1224-1232.
- [9] E. W. Sinuraya, A. Rizal, Y. A. A. Soetrisno and Denis, "Performance Improvement of Human Activity Recognition based on Ensemble Empirical Mode Decomposition (EEMD)," 2018 5th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE), Semarang, 2018, pp. 359-364.
- [10] A. Kamal and M. Abulaish, "Statistical Features Identification for Sentiment Analysis Using Machine Learning Techniques," 2013 International Symposium on Computational and Business Intelligence, New Delhi, 2013, pp. 178-181.
- [11] Lin, Shu-Tyng et al. "A Pulse Rate Detection Method for Mouse Application Based on Multi-PPG Sensors." *Sensors* (Basel, Switzerland) vol. 17,7 1628. 14 Jul. 2017, doi:10.3390/s17071628.



# Metode Estimasi Suhu Minyak pada Transformator Tenaga melalui Pengukuran Suhu Body Berbasis IoT

Rizal Alfa Rizki<sup>1</sup>, Dista Yoel Tadeus<sup>2</sup>, Fakhrudin Mangkusasmito<sup>2</sup>, Heru Winarno<sup>1</sup>, Eko Ariyanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> STr. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Undip, Semarang, Indonesia

<sup>2</sup> STr. Teknologi Rekayasa Otomasi, Sekolah Vokasi Undip, Semarang, Indonesia  
[distayoel@gmail.com](mailto:distayoel@gmail.com), [fakhm17@lecturer.undip.ac.id](mailto:fakhm17@lecturer.undip.ac.id)

Diterima 14 Oktober 2020  
Disetujui 11 November 2020

**Abstract**—Oil cooled power transformer has important role in the electricity distribution system. Its windings were immersed in oil as an insulating medium and also as a cooler. This oil would be heated up due to several things, the most significant was heat generated by winding's power loss. The monitoring of oil temperature on the transformer was always done routinely every day to maintain its performance and health condition. IoT based measurements could improved efficiency and minimized manpower resources. To realize this the indirect non-destructive measurement method was proposed to estimate transformer's temperature oil. It will correlate the oil temperature and body temperature through a constant calibration factor derived from calculations. Conducted experiment applied to specific existing transformer and followed by calculations resulted a calibration factor = 1.7749. The smallest average of estimated temperature error was lied in the range of 40 - 90 degrees Celcius.

**Index Terms**— Oil Temperature, Transformer, Non-destructive Measurement

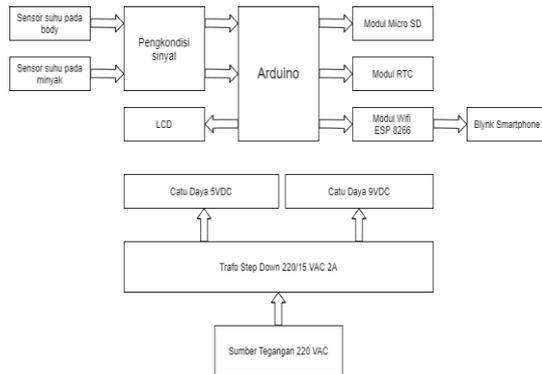
## I. PENDAHULUAN

Dalam sistem transmisi, gardu induk merupakan komponen pokok dalam proses penyaluran tenaga listrik. Salah satu alat yang penting dalam gardu induk adalah transformator tenaga [1]. Pada sistem tegangan ekstra tinggi (500kV) di Indonesia menggunakan Interbus Transformer (IBT) untuk menyalurkan listrik ke sistem tegangan tinggi (150kV) yang kemudian ditransmisikan atau ditransformasikan lagi untuk didistribusikan ke pelanggan [2], [3]. Salah satu bagian utama dalam transformator tenaga adalah minyak transformator. Seluruh bagian belitan-belitan dan inti transformator tenaga direndam dalam minyak transformator, terutama transformator tenaga yang berkapasitas besar. Hal itu dikarenakan minyak transformator mempunyai sifat sebagai isolasi dan media pemindah panas, sehingga minyak transformator tersebut berfungsi sebagai media pendingin dan isolasi, juga sebagai penahan korosi. Minyak pada transformator sering kali memanas dikarenakan beberapa hal salah satunya yang paling signifikan

adalah karena panasnya belitan [4], [5]. Oleh karena itu pengawasan atau pemantauan suhu minyak pada transformator selalu dilakukan rutin setiap harinya. Pemantauan suhu minyak dilakukan pada semua transformator di gardu induk, artinya akan sangat banyak transformator yang perlu dipantau pada GITET (Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi) karena 1 bay IBT saja terdiri dari 3 transformator. Ini mengakibatkan pembacaan suhu minyak kurang efisien dan tidak dapat terpantau setiap waktu dengan mudah. Untuk mengatasi persoalan tersebut, diperlukan suatu sistem pengukuran suhu minyak trafo berbasis IoT yang dapat diakses dari ruang kontrol sehingga pekerjaan pemeliharaan transformator dapat menjadi lebih efektif dan efisien dalam hal waktu dan tenaga. Namun sistem pengukuran suhu minyak trafo berbasis IoT tersebut menimbulkan persoalan lain, yaitu sulitnya menempatkan sensor suhu di dalam minyak transformator *existing* yang akan mengarah pada *destructive measurement* [6],[7] karena dibutuhkan modifikasi mekanis pada badan transformator untuk memasukkan sensor. Hal ini tentu tidak dapat dilakukan dengan mudah dan berisiko tinggi. Artikel ini memaparkan suatu metode estimasi suhu minyak transformator dengan cara non-destructive yang lebih mudah dan aman yaitu melalui pengukuran suhu badan trafo. Data akuisisi suhu badan trafo digunakan untuk menyusun model termal matematis lalu dilanjutkan dengan perhitungan faktor kalibrasi, sehingga suhu minyak transformator dapat ditentukan secara langsung melalui suhu badan transformator.

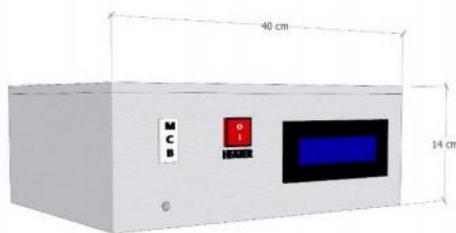
II. METODOLOGI

A. Blok Diagram

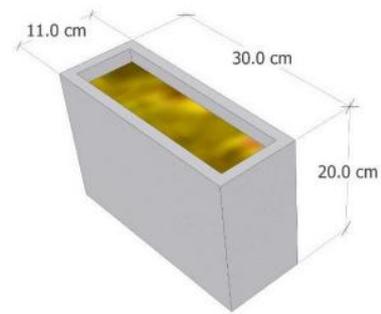


Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian

Gambar 1 menunjukkan diagram blok perangkat keras alat. Sumber tegangan PLN 220 VAC digunakan sebagai masukan transformator step down diturunkan menjadi 15 VAC. Tegangan 15 VAC diparalel untuk digunakan sebagai masukan untuk catu daya 9 V dan 5 V. Catu daya 9 VDC digunakan sebagai suplai arduino yang kemudian arduino akan mensuplai modul RTC DS3231, modul Micro SD dan modul wifi ESP8266 melalui tegangan keluaran 3,3 V dari arduino. Catu daya 5 VDC digunakan sebagai suplai kedua sensor thermocouple dan LCD I2C. Sensor thermocouple digunakan untuk mengukur suhu pada body dan minyak transformator. Untuk pengukuran suhu pada minyak transformator digunakan sensor thermocouple jenis waterproof dan anti korosi. Modul wifi ESP8266 digunakan untuk menghubungkan arduino dengan jaringan internet serta sebagai modul transfer data ke Blynk [8][9][10]. Module RTC DS3231 digunakan sebagai pencatat waktu pada proses data logging. Module Micro SD digunakan untuk mengakses Micro SD sebagai penyimpan data pada proses data logging. Smartphone digunakan untuk memonitor suhu pada minyak transformator dan menampilkan trendline suhu melalui aplikasi Blynk seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5. Adapaun bentuk desain body alat ditunjukkan oleh Gambar 2.



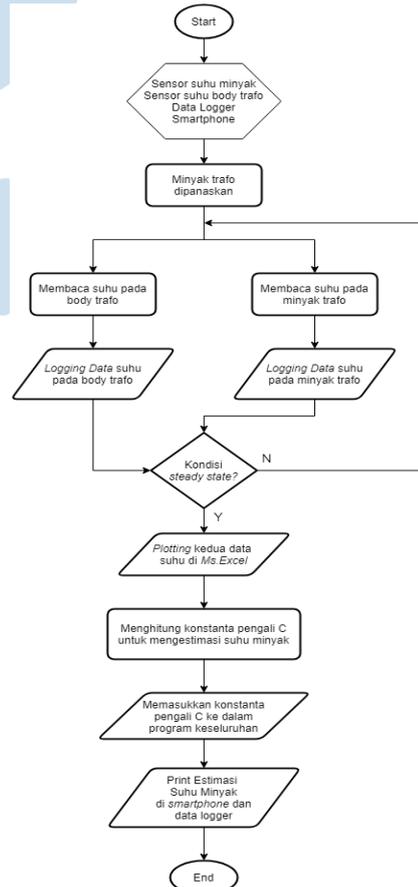
Gambar 2. Desain tampak depan alat



Gambar 3. Bentuk wadah minyak trafo

Gambar 4 menunjukkan diagram alir cara kerja alat. Sensor suhu pada minyak akan membaca suhu awal minyak dan juga sensor suhu pada body akan membaca suhu awal wadah (body trafo) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Heater elektrik akan memanaskan minyak pada wadah sampai kedua suhu steady (tidak berubah). Suhu body dan suhu minyak transformator selama proses pemanasan dari awal sampai steady state akan termuat pada data logger dalam interval 1 detik. Menghitung konstanta pengali untuk mengestimasi suhu minyak melalui suhu body. Didapatkan konstanta pengali dari data kedua suhu dan memasukkan konstanta pengali ke dalam program arduino. Estimasi suhu minyak akan ditampilkan secara real time di aplikasi Blynk.

B. Diagram Alir



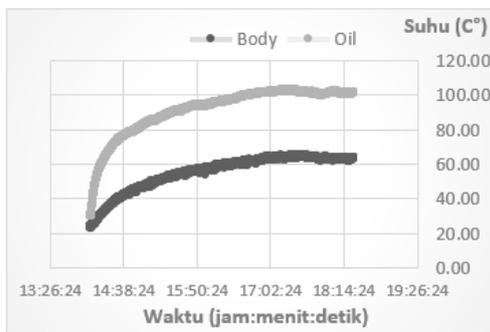
Gambar 4. Diagram Alir



Gambar 5. Bentuk tampilan akuisisi temperature minyak pada aplikasi Blynk

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dilakukan dengan cara memanaskan minyak pada wadah kemudian mengambil data suhu body dan suhu minyak menggunakan data logger. Minyak dipanaskan sampai suhu minyak dan suhu body steady (tidak lagi terjadi kenaikan suhu). Gambar 6 menunjukkan grafik hasil eksperimen.



Gambar 6. Grafik kondisi steady suhu body dan oil

Langkah-langkah mengidentifikasi model orde 1 dengan metode ini adalah sebagai berikut [11]:

1. Sistem orde 1

$$\frac{C(s)}{R(s)} = G(s) = \frac{K}{Ts+1} \tag{1}$$

Transformasi balik Laplace memberikan hasil keluaran dalam fungsi waktu [11]:

$$C(t) = K (R(t) - e^{-t/T}) \tag{2}$$

2. Mencari response dengan mengetahui besar *input step* (dalam kasus ini *input step* berupa *power heater* yaitu 90 Watt).

3. Menghitung parameter K (*gain*)

$$\begin{aligned} \Delta \text{ oil} &= \text{Suhu saat steady state} - \text{Suhu terendah} \\ &= 101 - 30 \\ &= 71 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ body} &= \text{Suhu saat steady state} - \text{Suhu terendah} \\ &= 63 - 23 \\ &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \text{Perubahan magnitude steady state pada input} \\ &= 90 - 0 \\ &= 90 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K \text{ oil} &= \frac{\Delta}{\delta} \\ &= \frac{71}{90} \\ &= 0.78888 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K \text{ body} &= \frac{\Delta}{\delta} \\ &= \frac{40}{90} \\ &= 0.44444 \end{aligned}$$

4. Menghitung nilai 63%Δ

$$\begin{aligned} 63\% \Delta \text{ oil} &= \text{Suhu terendah} + 0.63 \Delta \\ &= 30 + 44.73 \\ &= 74.73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 63\% \Delta \text{ body} &= \text{Suhu terendah} + 0.63 \Delta \\ &= 23 + 25.2 = 47.2 \end{aligned}$$

5. Menghitung T (*time constant*) yaitu t saat 63%Δ

$$\begin{aligned} T \text{ oil} &= t \text{ saat suhu oil } 74.73 \\ &= 1376 \text{ s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T \text{ body} &= t \text{ saat suhu body } 47.2 \\ &= 2638 \text{ s} \end{aligned}$$

6. Didapatkan solusi untuk model oil dan body

- Solusi model suhu *oil*  
Suhu *oil* (t) = 0.788 (90 - e<sup>-t/1376</sup>) (3)

- Solusi model suhu *body*  
Suhu *body* (t) = 0.444 (90 - e<sup>-t/2638</sup>) (4)

Memeriksa suhu body dan oil terhadap waktu menggunakan model yang didapat. Mencari konstanta pengali C yang didapat dari hubungan

$$\begin{aligned} C &= \frac{\text{Suhu body}}{\text{Suhu oil}} \\ &= \frac{0.788 (90 - e^{-t/1376})}{0.444 (90 - e^{-t/2638})} \end{aligned} \tag{5}$$

Pada kondisi *steady state* maka e<sup>-t/T</sup> menjadi ≈ 0. Maka didapatkan :

$$C = \frac{0.788}{0.444} = 1.7749 \tag{6}$$

Dikarenakan terlalu banyak data yang termuat dalam proses pengambilan data (12697 detik), berikut beberapa sampel data hasil estimasi suhu minyak melalui pengukuran suhu *body* menggunakan konstanta pengali C dalam rentang suhu minyak 40 – 90 derajat celcius seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Estimasi Suhu Minyak

Suhu Body (°C)	Suhu Oil (°C)	Estimasi Suhu Oil (°C)	Selisih (°C) (Estimasi - Suhu Oil)	Error % (Selisih / Suhu Oil)
25.00	41	44.36	3.36	8.20
25.50	43.25	45.25	2.00	4.62
26.00	45	46.14	1.14	2.53
26.50	47	47.03	0.03	0.06
26.50	48	47.03	1.03	2.15
26.75	49.5	47.47	2.03	4.10
27.25	50.25	48.36	1.89	3.76
28.00	51.75	49.69	2.06	3.98
28.25	52.75	50.13	2.65	5.02
29.50	55.75	52.35	3.4	6.10
30.00	57	53.24	3.76	6.60
30.75	58.25	54.57	3.68	6.32
31.00	59.25	55.02	4.23	7.14
31.50	60	55.91	4.09	6.82
32.50	61.5	57.68	3.82	6.21

32.75	62.25	58.12	4.13	6.63
33.25	62.75	59.01	3.74	5.96
34.25	64.75	60.79	3.96	6.12
34.00	64.5	60.34	4.16	6.45
34.50	65	61.23	3.77	5.80
35.00	66	62.12	3.88	5.88
35.75	67.25	63.45	3.80	5.65
37.00	68.25	65.67	2.58	3.78
37.50	69.5	66.55	2.95	4.24
37.75	70.25	67.00	3.25	4.63
38.25	71	67.89	3.11	4.38
39.25	72.25	69.66	2.59	3.58
40.25	73	71.43	1.57	2.15
41.25	74.25	73.21	1.04	1.40
41.50	74.5	73.65	0.85	1.14
41.00	75.25	72.77	2.48	3.30
42.00	76	74.54	1.46	1.92
42.50	77	75.43	1.57	2.04
43.25	77	76.76	0.24	0.31
43.25	77.25	76.76	0.49	0.63
43.00	78	76.32	1.68	2.15
43.50	78	77.20	0.80	1.03
44.00	78.25	78.09	0.16	0.20
44.25	78.5	78.53	0.03	0.04
44.50	79	78.98	0.02	0.03
44.50	79.75	78.98	0.77	0.97
45.00	80	79.86	0.14	0.18
45.50	80.75	80.75	0.00	0.00
45.75	81	81.20	0.20	0.25
46.00	81.75	81.64	0.11	0.13
46.25	82.25	82.08	0.17	0.21
47.00	83	83.41	0.41	0.49
47.50	84	84.30	0.30	0.36
47.75	84.75	84.75	0.00	0.00
48.00	85	85.19	0.19	0.22
49.50	86	87.85	1.85	2.15
50.00	87.25	88.74	1.49	1.71
50.75	88.25	90.07	1.82	2.06
51.75	90.25	91.84	1.59	1.76
Rata – Rata Error			1.89	3.03

Setelah didapatkan hasil pengujian pada rentang suhu minyak 40 – 90 derajat, dapat dijabarkan rata-rata *error* pada rentang suhu tertentu seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata *error* pada rentang suhu tertentu

Rentang Suhu	Rata-rata <i>error</i> (%)
40 – 50	3.51
50 – 60	6.00
60 – 70	5.58
70 – 80	1.50
80 – 90	0.85

Diketahui bahwa pengukuran suhu minyak menggunakan metode ini memiliki hasil pengukuran yang terbaik pada rentang suhu 80 – 90 derajat celsius

dengan rata-rata *error* 0,85 persen. Hal tersebut dikarenakan perhitungan menggunakan konstanta pengali (C) pada kondisi *steady state* sehingga yang paling mendekati kondisi *steady state* adalah suhu minyak pada rentang suhu 80 – 90 derajat.

Dari analisa di atas, metode yang telah dijabarkan dalam artikel ini dapat dengan mudah diaplikasikan di lapangan pada transformator *existing*. Konstanta pengali (C) dapat ditentukan langsung dengan membandingkan suhu *steady state* minyak pada transformator (indikator *oil* pada relay thermal) dan suhu pada *body* transformator. Bilamana konstanta pengali (C) diketahui maka secara praktis suhu minyak dapat diestimasi dari suhu *body* transformator dengan cara mengalikan langsung konstanta pengali (C) dengan suhu *body*.

#### IV. SIMPULAN

Setelah dilakukan uji kenaikan suhu *body* dan *oil* sampai dengan kondisi *steady state* pada kedua suhu, didapatkan konstanta pengali (C) = 1.7749. Adapun berdasarkan hasil perhitungan, estimasi suhu minyak efektif/optimal pada rentang suhu 40 – 90 derajat celsius karena kesalahan yg didapat cenderung kecil yaitu dengan rata-rata selisih suhu minyak dengan hasil estimasinya adalah 1.89 derajat celsius. Pada pengujian minyak diatas digunakan wadah yang terbuka yang mana kurang sesuai dengan kondisi aslinya maka dari itu disarankan untuk melakukan pengujian di transformator tenaga pada gardu induk untuk mengetahui hasil secara langsung (*real*). Kemudian disarankan juga untuk melakukan pengujian dengan menggunakan minyak trafo baru untuk dapat membandingkan hasilnya.

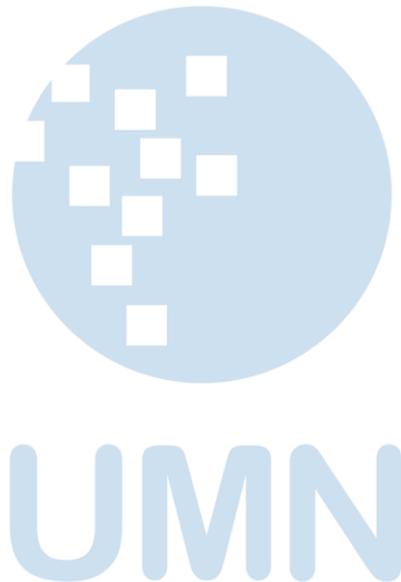
#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Sistem Kontrol, Departemen Teknologi Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. F. Fahmani, and M. Karnoto ST, "Transformator daya," *Anal. PENGUKURAN DAN PEMELIHARAAN Transform. DAYA PADA*, 2011.
- [2] I. A. Prastowo, W. Winarso, and A. J. Taufiq, "Analisis Kinerja Sistem Proteksi Transformator Tenaga Berdasarkan Frekuensi Gangguan Di Gardu Induk 150KV Kalibakal," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, 2020, doi: 10.30595/jre.v1i2.5258.
- [3] J. B. Haryanto and Karnoto, "Pemeliharaan Trafo Arus (CT) pada Gardu Induk 150kV PT. PLN (Persero) P3B JB Region Jawa Tengah dan DIY," *J. Tek. Elektro*, 2011.
- [4] D. Nugroho, "Kegagalan Isolasi Minyak Trafo," *Media Elektr. ISSN 1979-7451*, 2010.
- [5] H. Sayogi, "Analisis Mekanisme Kegagalan Isolasi Pada Minyak Trafo Menggunakan Elektroda Berpolaritas Berbeda Pada Jarum – Bidang," *Diponegoro Univ.*, 2011.
- [6] S. N. Jha *et al.*, "Measurement techniques and application of electrical properties for nondestructive quality evaluation of foods-a review," *Journal of Food Science and Technology*. 2011, doi: 10.1007/s13197-011-0263-x.

- [7] W. Y. Kunto Wibowo and A. Syakur, "Analisis karakteristik breakdown voltage pada dielektrik minyak shell diala b pada suhu 30 0 C-130 0 C," *Dipenogoro Univ.*, 2011.
- [8] Blynk, "Blynk," *Startups - IEEE Internet Things*, 2015.
- [9] Arafat. S.Kom. M.Kom, "Sistem Pengaman Pintu Rumah berbasis Internet of Things ( IoT ) Dengan ESP8266," *J. Ilm. Fak. Tek. "Technologia,"* 2016.
- [10] O. Chieochan, A. Saokaew, and E. Boonchieng, "Internet of things (IOT) for smart solar energy: A case study of the smart farm at Maejo University," 2017, doi: 10.1109/ICCAIS.2017.8217588.
- [11] K. H. Ang, G. Chong, and Y. Li, "PID control system analysis, design, and technology," *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, 2005, doi: 10.1109/TCST.2005.847331.



# Peningkatan Akurasi Sensor GY-521 MPU-6050 dengan Metode Koreksi Faktor Drift

Fakhrudin Mangkusamito<sup>1</sup>, Dista Yoel Tadeus<sup>1</sup>, Heru Winarno<sup>2</sup>, Eko Ariyanto<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> STr. Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi Undip, Semarang, Indonesia

[fakhm17@lecturer.undip.ac.id](mailto:fakhm17@lecturer.undip.ac.id)

Diterima 14 Oktober 2020

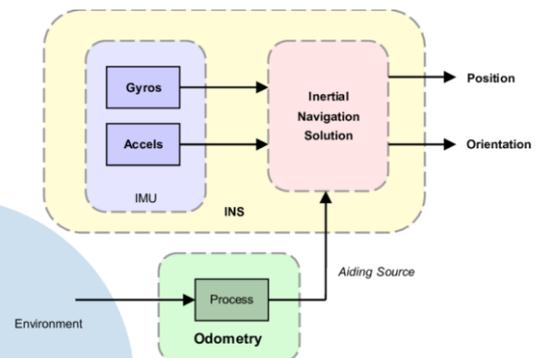
Disetujui 11 November 2020

**Abstract**— GY-521 MPU-6050 Module is a core module MPU-6050, which is a 6 axis Motion Processing Unit. This sensor can be categorized as an Inertial Measurement Unit (IMU) sensor, which utilizes measurement systems such as gyroscopes and accelerometers to estimate the relative position, velocity, and acceleration of an object. A common accuracy problem in using IMU sensors, including the GY-521 MPU-6050, is the drifting phenomenon. This phenomenon results in a deviation between the actual conditions (position, angular velocity) and the sensor readings. Drift is caused by the accumulation of errors that arise from calculating the drift error correction method at the sensor output using the calibration of the calculation of the average offset error sensor and the sensor fusion method between the information obtained from the gyroscope and accelerometer in the module, the tests were carried out using the Arduino Uno microcontroller. From the test results, it is found that the combination of the initial system calibration implementation and the use of the fusion sensor concept can provide better performance with the MSE analysis results for the roll position of 0.0029° and the pitch position of 0.0047° and the drifting error rate at the yaw angle position of 0.0082° / second or down 62.72%.

**Index Terms**— IMU, MPU-6050, drifting, calibration, sensor fusion, Arduino

## I. PENDAHULUAN

*Inertial Measurement Unit* (IMU) merupakan alat yang memanfaatkan sistem pengukuran seperti gyroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, kecepatan, dan akselerasi dari suatu benda. Secara umum IMU digunakan untuk keperluan sistem navigasi [1]. Untuk keperluan sistem navigasi diperlukan informasi kecepatan sudut dan posisi sudut [2], dan seringkali digunakan sensor tambahan seperti magnetometer dan sensor temperatur [3]. Sensor IMU dapat pula diintegrasikan dengan sistem odometri untuk menghasilkan informasi posisi dan referensi untuk sistem autonomus di robot pertambangan seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 1 berikut [4].



Gambar 1. Integrasi IMU-Odometri untuk menghasilkan informasi navigasi

Sensor jenis *microelectromechanical systems* (MEMS), merupakan jenis sensor yang dibangun berdasarkan teknologi mikrosistem yang didefinisikan sebagai elemen mekanik dan elektromekanik dalam bentuk mikro dibuat dengan dengan teknik pabrikan mikro. Selain sifatnya yang *compact* dan berdimensi relative rendah, tipe sensor MEMS memiliki konsumsi daya yang rendah, sehingga cocok digunakan untuk keperluan sistem navigasi [5]. GY-521 MPU-6050 Module adalah sebuah modul berinti MPU-6050 yang merupakan 6 axis Motion Processing Unit dengan penambahan regulator tegangan dan beberapa komponen pelengkap lainnya yang membuat modul ini siap dipakai dengan tegangan supply sebesar 3-5VDC. Sensor MPU-6050 berisi sebuah MEMS Accelerometer dan sebuah MEMS Gyro yang saling terintegrasi (<https://invensense.tdk.com/products/moti-on-tracking/6-axis/mpu-6050/>). Selain dimensi yang tepat diperlukan pula performa dan akurasi yang baik dari sensor IMU agar dapat menghasilkan performa navigasi yang optimal untuk berbagai keperluan navigasi [6][7][8][9]. Sensor GY-521 MPU-6050 banyak digunakan untuk berbagai aplikasi karena mudah digunakan, dapat menghasilkan performa yang baik dan memiliki harga yang murah [10].

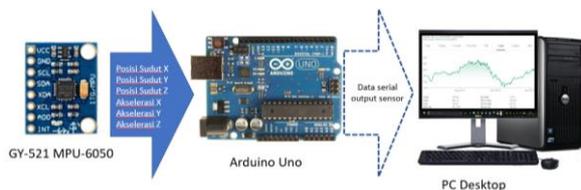
Permasalahan akurasi yang umum dalam penggunaan sensor IMU termasuk GY-521 MPU-6050 adalah fenomena *drifting*. Fenomena ini mengakibatkan adanya deviasi antara kondisi aktual (posisi, kecepatan sudut) dan hasil pembacaan sensor.

*Drift* disebabkan oleh akumulasi kesalahan yang muncul dari perhitungan integral dari akselerasi[11]. Bias error yang terkecil yang pernah dilaporkan akibat perubahan temperatur untuk sensor ini ialah sebesar  $62.71^\circ/\text{jam}$  untuk penggunaan pada range temperatur  $-40^\circ\text{C}-85^\circ\text{C}$ [12]. Untuk mengetahui bentuk *error* tersebut seringkali desainer dapat membuat model matematisnya[13]. Dan untuk mengkompensasi maupun mengkoreksi kesalahan dapat digunakan beberapa filter seperti filter Kalman [14], atau filter dengan algoritma cerdas berbasis *fuzzy* [15], atau dengan mengkombinasikan sensor IMU dengan sensor lain seperti GPS dalam skema sensor *fusion* [16]. Implementasi filter tersebut dapat memperbaiki performa sensor namun terdapat kompleksitas dalam implementasinya dalam bentuk program dan tambahan beban komputasi, khususnya bila diimplementasikan dengan menggunakan mikrokontroler biasa [17]. Penelitian ini mengajukan metode koreksi kesalahan *drift* pada output sensor GY-521 MPU-6050 yang mudah dalam implementasi serta memiliki beban komputasi yang ringan menggunakan kalibrasi hasil perhitungan rata-rata *offset error* sensor dan metode sensor fusion antara informasi yang diperoleh dari gyroscope dan accelerometer di dalam modul. Output sensor yang akan diperbaiki performanya ialah posisi sudut pada aksis x, y serta z. Pengujian ini dibangun dalam sebuah sistem yang berbasis mikrokontroler Arduino uno.

## II. METODOLOGI

### A. Sistem Pengukuran Sudut

Sistem pengukuran sudut pada penelitian ini terdiri dari sebuah sensor GY-521 MPU-6050, Arduino Uno untuk sistem akuisisi data, komputasi dan komunikasi data, serta sebuah PC untuk menampilkan data dalam bentuk grafik. Diagram dari sistem tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. berikut



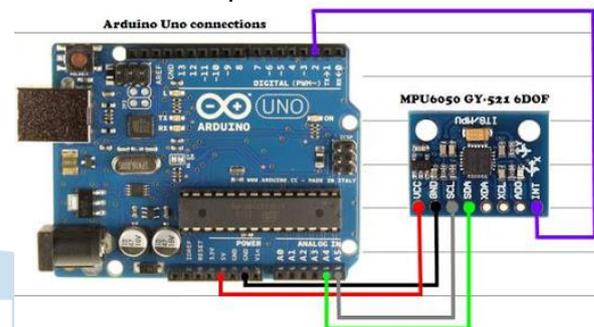
Gambar 1. Diagram Sistem

Sesuai Gambar 1. data mentah yang dihasilkan oleh sensor akan diolah oleh Arduino Uno, untuk kemudian dikirim ke PC melalui koneksi serial, dan hasilnya akan ditampilkan dalam bentuk grafik serta tabel dalam Ms. Excel. Spesifikasi sensor GY-521 MPU-6050 secara umum ialah sebagai berikut[18]:

- Tegangan kerja 2,375 V- 3,46 V
- Terdiri dari 3 sumbu MEMS Gyroscope dan MEMS Accelerometer dengan masing-masing spesifikasi :
  - ✓ MEMS Gyroscope :

- Output digital dengan bentang skala  $\pm 250$ ,  $\pm 500$ ,  $\pm 1000$ , dan  $\pm 2000$   $^\circ/\text{detik}$
- 16 bit ADC
- Arus operasi 3,6 mA
- Arus *standby* 5  $\mu\text{A}$
- ✓ MEMS Accelerometer
  - Output digital dengan bentang skala  $\pm 2g$ ,  $\pm 4g$ ,  $\pm 8g$  dan  $\pm 16g$ .
  - 16 bit ADC
  - Arus operasi 500 $\mu\text{A}$

Sedangkan koneksi *wiring* antara sensor MPU 6050 dan Arduino Uno diperlihatkan oleh Gambar 2 berikut



Gambar 2. Diagram *wiring* antara Arduino Uno dan MPU 6050

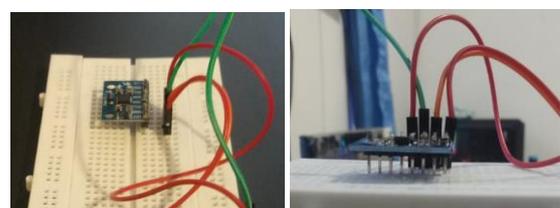
### B. Pengambilan Data Sensor

Pada pengujian ini digunakan nilai *full scale range* (FSR) untuk masing-masing accelerometer dan gyroscope sesuai *default* sistem yaitu  $+2g$  dan 250 derajat/sekon. Adapun desainer dapat memilih nilai FSR yang diinginkan dengan menggunakan konfigurasi register sesuai dengan datasheet seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. berikut

AFS_SEL	Full Scale Range	LSB Sensitivity
0	$\pm 2g$	16384 LSB/g
1	$\pm 4g$	8192 LSB/g
2	$\pm 8g$	4096 LSB/g
3	$\pm 16g$	2048 LSB/g

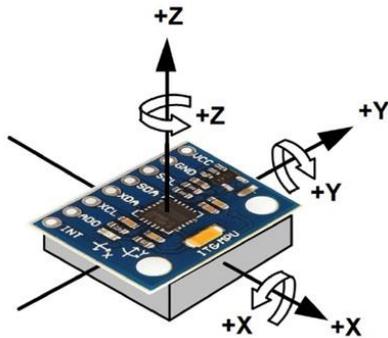
Gambar 3. Konfigurasi register untuk FSR sensor

Pengujian dilakukan dengan menempatkan sistem sensor pada platform datar yang diasumsikan sebagai posisi sudut  $0^\circ$  untuk masing-masing aksis x, y dan z. Data akan diambil selama 300 detik dengan periode sampling 0,5 detik untuk melihat fenomena *drifting* yang terjadi serta efek metode eliminasi yang diimplementasikan.



Gambar 3. Penempatan sistem sensor untuk pengujian

Orientasi aksis dari modul sensor MPU-6050 diperlihatkan pada Gambar 4. berikut



Gambar 4. Orientasi aksis pada sensor MPU-6050

Selanjutnya akan dilakukan beberapa skenario pengujian untuk melihat performa sistem yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Akuisisi data posisi sudut dari hasil pembacaan gyroscope secara langsung.
2. Akuisisi data posisi sudut dengan menggunakan konsep sensor *fusion* antara pembacaan gyroscope dan pembacaan accelerometer.
3. Akuisisi data posisi sudut dengan menggunakan kalibrasi awal sistem pembacaan gyroscope.
4. Akuisisi data posisi sudut dengan menggunakan kalibrasi awal sistem dan konsep sensor *fusion*.

### III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sesuai skenario pengujian yang dijelaskan pada bab sebelumnya maka didapat hasil pengujian sebagai berikut

#### A. Akuisisi Data Posisi Sudut dari Hasil Pembacaan Gyroscope Secara Langsung

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapat grafik sebagai berikut



Gambar 5. Hasil pengujian Skenario 1

Gambar 5. memperlihatkan bahwa fenomena *drifting* terjadi untuk pembacaan ketiga posisi sudut, baik untuk sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Dari hasil pengujian dapat diketahui dengan nilai pembacaan awal *roll* =  $0,05^\circ$ , *pitch* =  $-0,01^\circ$ , dan *yaw* =  $0,00^\circ$ , dan nilai akhir pembacaan *roll* =  $25,19^\circ$ , *pitch* =  $18,10^\circ$ , dan *yaw* =  $-6,73^\circ$  maka dapat diketahui dalam kurun waktu 300

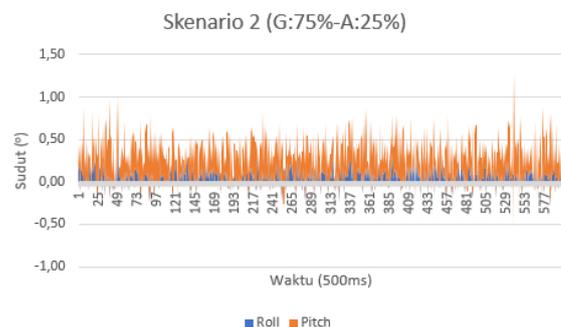
detik laju kesalahan *drifting* untuk *roll* ialah sebesar  $0,084\%$  detik, sedangkan untuk *pitch* ialah sebesar  $0,06\%$  detik, dan *yaw* sebesar  $0,022\%$  detik.

#### B. Akuisisi Data Posisi Sudut Dengan Menggunakan Konsep Sensor Fusion Antara Pembacaan Gyroscope dan Pembacaan Accelerometer.

Pada skenario 2 ini hanya dilakukan pengambilan data pada sudut *roll* dan *pitch*, karena kita tidak dapat mengambil informasi sudut *yaw* dari accelerometer[19]. Pada skenario kedua ini akan dilakukan beberapa pengujian dengan melakukan tingkat kepercayaan sensor, yaitu

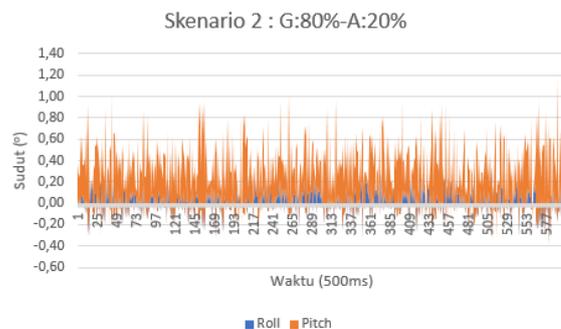
- gyroscope 75% - accelerometer 25%
- gyroscope 80% - accelerometer 20%
- gyroscope 96% - accelerometer 4%.

Hasil pengujian yang telah dilakukan pada skenario 2 ini dibuat dalam bentuk grafik sebagai berikut



Gambar 6. Hasil pengujian Skenario 2 : gyroscope 75% - accelerometer 25%

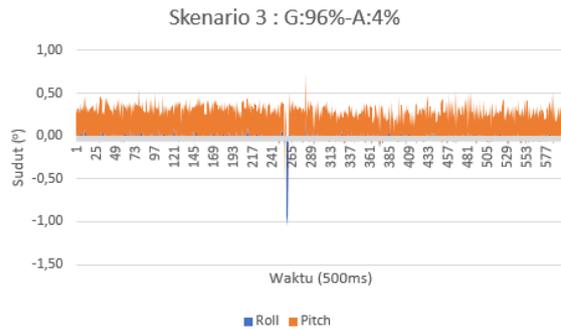
Gambar 6 memperlihatkan bahwa hasil fusion dengan penambahan accelerometer dapat membantu mengoreksi fenomena *drifting* yang terjadi pada gyroscope, dan dari hasil analisis *mean squared error* (MSE) untuk melihat performa sensor fusion pada skenario ini didapat nilai MSE untuk posisi *roll* sebesar  $0,01^\circ$  dan posisi *pitch* sebesar  $0,14^\circ$ . Kemudian dari hasil pengujian selanjutnya dari skenario 2 didapatkan grafik sebagai berikut



Gambar 7. Hasil pengujian Skenario 2 : gyroscope 80% - accelerometer 20%

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 7, diperoleh analisis MSE untuk posisi *roll* sebesar  $0,01^\circ$  dan posisi *pitch* sebesar  $0,21^\circ$ . Sedangkan untuk

pengujian skenario 2 dengan set ketiga didapat hasil sebagai berikut



Gambar 8. Hasil pengujian Skenario 2 : gyroscope 96% - accelerometer 4%

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan oleh Gambar 8, diperoleh analisis MSE untuk posisi *roll* sebesar  $0,00^\circ$  dan posisi *pitch* sebesar  $0,11^\circ$ .

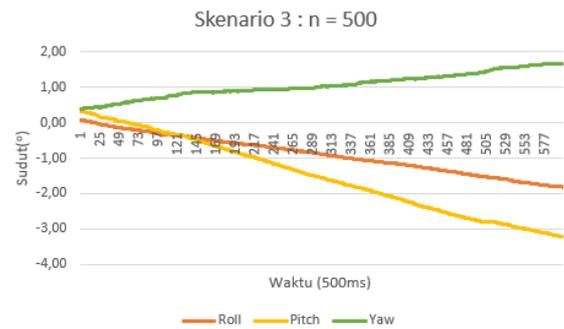
C. Akuisisi Data Posisi Sudut dengan Menggunakan Kalibrasi Awal Sistem Pembacaan Gyroscope.

Pada skenario 3 ini akan dilakukan koreksi factor *drifting* dengan melakukan kalibrasi pengukuran, yaitu dengan mengambil data pengukuran dalam jumlah n-tertentu dan menghitung rata-rata kesalahannya. Karena sistem ditempatkan pada platform rata dan tidak bergerak, maka nilai keluaran seharusnya bernilai 0, dari situ kita dapat menghitung rata-rata kesalahan. Dari hasil pengujian kalibrasi dengan n-tertentu didapat rata-rata kesalahan perhitungan yang diperlihatkan oleh Tabel 1 berikut

Tabel 1 Rata-rata *offset* dari keluaran MPU-6050

No	n	Accelerometer		Gyroscope		
		x	y	x	y	z
1	100	-0.05	0.29	0.12	0.10	-0.05
2	200	0.00	0.28	0.12	0.09	-0.05
3	500	-0.04	0.30	0.12	0.10	-0.05

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa dengan melakukan n (100,200,500) pengambilan data untuk melakukan kalibrasi didapatkan bahwa nilai *offset* dari keluaran sensor relatif sama. Dengan menggunakan nilai n = 500 sebagai faktor koreksi, didapat hasil sebagai berikut

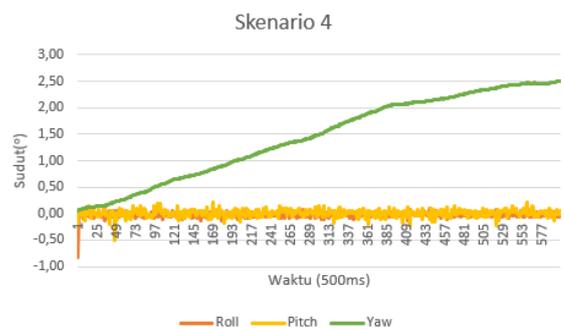


Gambar 9. Hasil pengujian Skenario 3 dengan n =500

Gambar 9. memperlihatkan bahwa kalibrasi awal yang dilakukan dengan menghitung nilai *offset* dari pembacaan sensor, dapat mengurangi fenomena *drifting* yang terjadi untuk pembacaan ketiga posisi sudut, baik untuk sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw*. Dari hasil pengujian dapat diketahui dengan nilai pembacaan awal *roll* =  $0,07^\circ$ , *pitch* =  $-0,25^\circ$ , dan *yaw* =  $0,06^\circ$ , dan nilai akhir pembacaan *roll* =  $-1,82^\circ$ , *pitch* =  $-1,41^\circ$ , dan *yaw* =  $4.88^\circ$  maka dapat diketahui dalam kurun waktu 300 detik laju kesalahan *drifting* untuk *roll* ialah sebesar  $-0,0063^\circ$ / detik, sedangkan untuk *pitch* ialah sebesar  $-0,0038^\circ$ / detik, dan *yaw* sebesar  $0.0161^\circ$ / detik. Hasil tersebut memeperlihatkan secara umum proses kalibrasi yang dilakukan dapat memperbaiki performa sistem.

D. Akuisisi Data Posisi Sudut Dengan Menggunakan Kalibrasi Awal Sistem dan Konsep Sensor Fusion

Pada skenario 4, dilakukan kombinasi implementasi kalibrasi awal untuk menghilangkan nilai *offset* dengan nilai n= 500 dengan konsep sensor *fusion* informasi antara sensor gyroscope dan accelerometer untuk penentuan posisi sudut *roll* dan *pitch* dengan tingkat kepercayaan sensor gyroscope sebesar 96% dan accelerometer sebesar 4%. Sedangkan pada penentuan posisi sudut *yaw* hanya digunakan metode kalibrasi awal sensor dengan nilai n = 500. Hasil dari pengujian yang dilakukan pada skenario 4 ini ditunjukkan oleh Gambar 10.



Gambar 10. Hasil pengujian Skenario 4

Dari Gambar 10 terlihat bahwa kombinasi antara kalibrasi awal dan metode *sensor fusion* dapat memperbaiki pembacaan posisi sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw* pada sensor GY-521 MPU-6050. Analisis data

menunjukkan dengan nilai awal pembacaan sudut *roll* =  $-0,82^\circ$ , *pitch* =  $-0,22^\circ$ , dan *yaw* =  $0,06^\circ$ , dan nilai akhir pembacaan *roll* =  $0,02^\circ$ , *pitch* =  $0,06^\circ$ , dan *yaw* =  $2,51^\circ$ , maka dapat diketahui dalam kurun waktu 300 detik hasil analisis MSE untuk posisi *roll* sebesar  $0,0029^\circ$  dan posisi *pitch* sebesar  $0,0047^\circ$  dan laju kesalahan *drifting* pada posisi sudut *yaw* sebesar  $0,0082^\circ/\text{detik}$ .

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, modul sensor GY-521 MPU-6050 dapat dikoneksikan dengan mikrokontroler Arduino Uno secara mudah dengan protokol komunikasi serial I2C dan memberikan informasi berupa posisi sudut. Namun pada metode pembacaan dengan nilai *full scale range* secara *default*, seperti pada sistem IMU umumnya terjadi fenomena *drifting* dengan laju *error* per detik untuk posisi sudut *roll* sebesar  $0,084^\circ/\text{detik}$ , sedangkan untuk *pitch* sebesar  $0,06^\circ/\text{detik}$ , dan *yaw* sebesar  $0,022^\circ/\text{detik}$ . Dari implementasi metode koreksi yang dilakukan, kalibrasi awal sistem mampu memperbaiki performa pembacaan sensor dalam 300 detik dengan menurunkan laju *error* per detik untuk sudut *roll* sebesar  $92,5\%$ , untuk posisi sudut *pitch* sebesar  $93,67\%$  dan untuk posisi sudut *yaw* sebesar  $26,81\%$ . Metode *sensor fusion* yang dilakukan dengan mengkombinasikan informasi dari gyroscope dan accelerometer pada pembacaan posisi sudut *roll* dan *pitch* juga dapat melakukan koreksi data dan membuat pembacaan lebih stabil. Dengan beberapa metode koreksi kesalahan yang telah dilakukan pada pengujian ini didapat bahwa pada skenario 4 yaitu dengan kombinasi implementasi kalibrasi awal sistem dan penggunaan konsep *fusion sensor* mampu memberikan performa yang lebih baik dengan hasil analisis MSE untuk posisi *roll* sebesar  $0,0029^\circ$  dan posisi *pitch* sebesar  $0,0047^\circ$  dan laju kesalahan *drifting* pada posisi sudut *yaw* sebesar  $0,0082^\circ/\text{detik}$  atau turun  $62,72\%$ .

Terdapat beberapa catatan yang perlu diperhatikan dari pengujian yang dilakukan, metode koreksi ini dapat memberikan hasil yang baik dalam pembacaan sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw* dengan menggunakan sensor IMU berbasis gyroscope dan accelerometer seperti modul GY-521 MPU-6050. Namun faktor *uncertainty* dari sensor tersebut perlu tetap diperhatikan, hal ini dapat kita lihat pada performa pengujian skenario 3 dan skenario 4. Dengan faktor koreksi *offset* yang sama, performa pembacaan sudut *yaw* dapat menjadi berbeda, walaupun cenderung lebih baik, juga dapat dilihat dari pembacaan nilai awal yang berbeda pada penempatan sensor yang sama selama pengujian. Catatan kecil pengujian ini perlu diperhatikan terutama dalam implementasi untuk sistem yang membutuhkan ketepatan tinggi dan rentang operasional yang relatif lama.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Ahmad, R. A. R. Ghazilla, N. M. Khairi, and V. Kasi, "Reviews on Various Inertial Measurement Unit (IMU) Sensor Applications," *Int. J. Signal Process. Syst.*, 2013, doi: 10.12720/ijsp.1.2.256-262.
- [2] G. M. Siouris, "Missile Guidance and Control Systems," *Appl. Mech. Rev.*, 2004, doi: 10.1115/1.1849174.
- [3] C. F. Lin, *Modern Navigation, Guidance, and Control Processing*, no. v. 2. Prentice Hall, 1991.
- [4] D. Reid, J. Ralston, M. Dunn, and C. Hargrave, "A major step forward in continuous miner automation," Jan. 2011.
- [5] H. Sheng and T. Zhang, "MEMS-based low-cost strap-down AHRs research," *Meas. J. Int. Meas. Confed.*, 2015, doi: 10.1016/j.measurement.2014.09.041.
- [6] W. H. Baird, "An introduction to inertial navigation," *Am. J. Phys.*, 2009, doi: 10.1119/1.3081061.
- [7] B. Finney, "Navigation," in *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences: Second Edition*, 2015.
- [8] E. H. C. Harik, F. Guerin, F. Guinand, J. F. Brethe, and H. Pelvillain, "UAV-UGV cooperation for objects transportation in an industrial area," 2015, doi: 10.1109/ICIT.2015.7125156.
- [9] C. Laoudias, A. Moreira, S. Kim, S. Lee, L. Wirola, and C. Fischione, "A survey of enabling technologies for network localization, tracking, and navigation," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*. 2018, doi: 10.1109/COMST.2018.2855063.
- [10] O. B. Kharisma, A. Wildan, Auliaullah, and F. E. Laumal, "Implementasi Sensor MPU 6050 untuk Mengukur Kesetimbangan Self Balancing Robot Menggunakan Kontrol PID," *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind.*, 2018.
- [11] B. Siciliano and O. Khatib, *Springer handbook of robotics*. 2016.
- [12] D. Yang, J. K. Woo, S. Lee, J. Mitchell, A. D. Challoner, and K. Najafi, "A Micro Oven-Control System for Inertial Sensors," *J. Microelectromechanical Syst.*, 2017, doi: 10.1109/JMEMS.2017.2692770.
- [13] H. Haiying, "Modeling inertial sensors errors using Allan variance," *UCEGE reports number 20201, Master's thesis, Univ. Calgary, Sept.*, 2004.
- [14] A. I. Mourikis and S. I. Roumeliotis, "A multi-state constraint Kalman filter for vision-aided inertial navigation," 2007, doi: 10.1109/ROBOT.2007.364024.
- [15] H. Nourmohammadi and J. Keighobadi, "Fuzzy adaptive integration scheme for low-cost SINS/GPS navigation system," *Mech. Syst. Signal Process.*, 2018, doi: 10.1016/j.ymsp.2017.06.030.
- [16] F. Caron, E. Duflos, D. Pomorski, and P. Vanheeghe, "GPS/IMU data fusion using multisensor Kalman filtering: Introduction of contextual aspects," *Inf. Fusion*, 2006, doi: 10.1016/j.inffus.2004.07.002.
- [17] B. Mccarron, "Low-Cost IMU Implementation via Sensor Fusion Algorithms in the Arduino Environment," *Calif. Polytech. State Univ.*, 2013.
- [18] D. Anggaraeni, R. Ranto, P. Estu Broto, and A. Marta, "PERFORMANSI KARAKTERISTIK SENSOR PENGUKUR KECEPATAN SUDUT BERBASIS MEMS MPU 6050 DAN ADXL 335," 2019, pp. 27–33.
- [19] M. Pedley, "Tilt Sensing Using a Three-Axis Accelerometer," 2013.

# 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: [ftijurnal@umn.ac.id](mailto:ftijurnal@umn.ac.id)

# 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 penomoran mengikuti cara penamaan dan penomoran subbab diikuti angka Arab, seperti “A.1 Penulis”, “A.1.1 Afiliasi Penulis”.

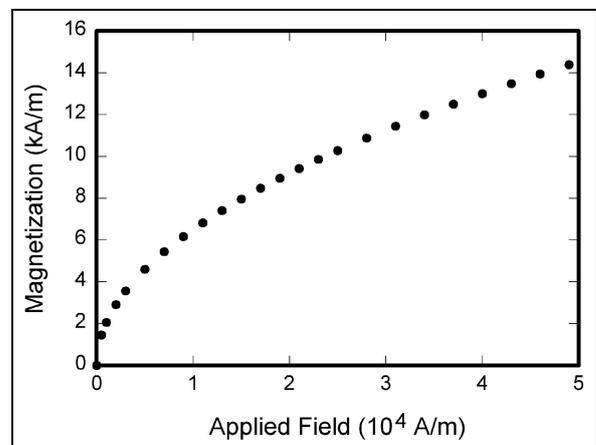
##### C. Gambar dan Tabel

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 ...."

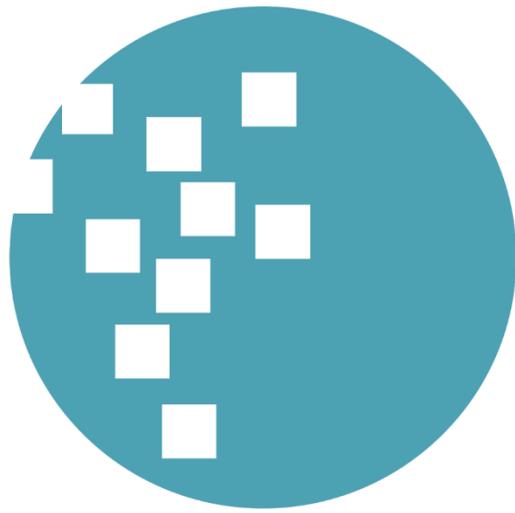
Penomoran catatan kaki dilakukan secara terpisah dengan *superscripts*. Letakkan catatan kaki tersebut di

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.



**UMN**

UNIVERSITAS  
MULTIMEDIA  
NUSANTARA

ISSN 2355-3286



9 772355 328009



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