



Institut Teknologi Telkom Surabaya
Ketintang Str. No. 156, Surabaya, 60231,
East Java, Indonesia
E-mail: complete@ittelkom-sby.ac.id;
Web: journal.ittelkom-sby.ac.id/complete

COMPLETE | Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication | Vol.3 No.1 July 2022

COMPLETE

**Journal of Computer, Electronic,
and Telecommunication**

Vol.3 No.1 July 2022



JURNAL
KEMAJUAN TEKNIK
KOMPUTER, ELEKTRO, & TELEKOMUNIKASI



ISSN: 2723-4371 E-ISSN: 2723-5912

Website: journal.ittelkom-sby.ac.id/complete | E-mail: complete@ittelkom-sby.ac.id

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief:

Aulia Rahma Annisa, S.ST., M.T., *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Editorial Members:

Dr. Eng. Muhammad Abdillah, S.T., M.T., *Universitas Pertamina*

Dr. Chaironi Latif, ST, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Isa Hafidz., ST., MT, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Billy Montolalu, S.Kom., M.Kom., *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Peer Reviewers:

Dr. Purba Daru Kusuma, ST, MT, *Telkom University*

Dr. Susijanto Tri Rasmana, S.Kom., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Dimas Adiputra, ST., M.Phil, PhD, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Anifatul Faricha, ST., M.Sc, *Tokyo Institute of Technology*

Mohamad Yani, S.ST., M.Phil, *Tokyo Metropolitan University*

Mohamad Ridwan. ST., M.T., *Electronic Engineering Polytechnic Institute of Surabaya*

Muhsin, ST., MT, *Universiti Teknologi Malaysia*

Ardiansyah Al Farouq, S.ST., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Risdillah Mimma Untsa, S.ST., M.T, *Institut Teknologi Telkom Surabaya*

Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication

Faculty of Electrical Engineering - Institut Teknologi Telkom Surabaya

Ketintang Str. No. 156, Surabaya, 60231, East Java, Indonesia

Phone. +6285 234852155; E-mail: complete@ittelkom-sby.ac.id;

Web: journal.ittelkom-sby.ac.id/complete

TABLE OF CONTENTS

COVER PAGE

EDITORIAL TEAM	1
TABLE OF CONTENTS	2
ABOUT THE JOURNAL	3
PREFACE	4

ARTICLES

1. Monitoring dan Controlling PID pada Greenhouse Strawberry Berbasis Internet of Things (IoT)	5-14
2. Parameter Adjustment of EROS Humanoid Robot Soccer using a Motion Visualization	15-24
3. Modified of Mixed Strategy Algorithm for Power Allocation on D2D Underlay Communication.....	25-34
4. Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah	35-48
5. Rancang Bangun Wireless Remote Sandal Berbasis Gerakan Kaki untuk Remote TV Penyandang Disabilitas	49-60
6. Unjuk Kerja Transmisi Data LoRa pada Node yang Bergerak	61-72
7. Implementasi Sensor Cahaya Sebagai Level Bahan Bakar pada Tangki Harian Kapal	73-83

ABOUT THE JOURNAL

COMPLETE : Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication is an official journal of Faculty Electrical Engineering, Institut Teknologi Telkom Surabaya. It publishes research or review articles in the field of Computer, Electronic, and Telecommunication technology. This journal provides platform for research lecturers, the reviewer, practitioners, industry, and observers across Indonesia and overseas to promote, share, and discuss new issues and development of technology. Scope of the journal include :

- Technology utilization of maritime resources
- Strengthening infrastructure maritime
- Technology and management safety transportation
- Industrial strengthening technology transportation
- Supporting infrastructure and transportation system
- Operational efficiency
- Electronics Technology
- Telecommunication Technology
- Computer Technology
- System Security
- Advanced Robotics Technology
- Technology and disaster management
- Advanced Power Electronics
- Application of Power System
- Renewable Energy
- Chips Technology
- Smart IoT Devices
- 5G Technology and Ecosystems
- Technology and management environment

COMPLETE published twice a year. Editors invite research lecturers, the reviewer, practitioners, industry, and observers to contribute to this journal. The language used in the form of Indonesian and English. All accepted manuscripts will receive individual digital object identifier (DOI) and indexed by Google Scholar. The online PDF version of the journal is open access from journal.ittelkom-sby.ac.id/complete. Subscription of the hard copy can be requested by email to complete@ittelkom-sby.ac.id.

PREFACE

Welcome to the Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication, Vol. 3, Issue No. 1. It is my privilege and pleasure to present the fourth volume of this peer-reviewed journal, under Institut Teknologi Telkom Surabaya. The aim of this journal is to accommodate the results of research publications through journals, from national to worldwide, as part of continuous improvement.

As the chairman of COMPLETE, I would like to thank many people who supported to this journal, especially Research and Community Service Units (LPPM). Furthermore, as the editor in chief, I would like to extend my sincere thanks to all members of the editorial and the advisory boards from Institut Teknologi Telkom Surabaya, whose service, dedication, and commitment have made the creation of this journal possible. We work together trying to continuously improve the quality and excellence of articles published.

It is our hope that COMPLETE could deliver valuable and interesting information and stimulate further research to the telecommunications, electrical, and computer engineering communities throughout the world.

Surabaya, July 2022

Editor of Journal

Monitoring dan Kontrolling PID pada Greenhouse Strawberry Berbasis Internet of Things (IoT)

Indra Maya¹, Harianto², Musayyanah^{3*} and Pauladie Susanto⁴

^{1, 2, 3*, 4} Universitas Dinamika; maya@dinamika.ac.id, hari@dinamika.ac.id, pauladie@dinamika.ac.id

Abstract: Buah Strawberry (*Fragaria* sp.) merupakan buah yang bernilai ekonomi tinggi. Strawberry tumbuh pada suhu dan kelembapan tertentu. Sehingga, perlu adanya Greenhouse untuk menanam Strawberry. Greenhouse dapat meningkatkan produktifitas hasil panen buah Strawberry pada lahan dataran rendah agar tanaman tidak terpengaruh oleh unsur dari luar. Untuk memenuhi kebutuhan tumbuh Strawberry, maka perlu memperhatikan kestabilan suhu dan kelembaban udara pada Greenhouse. Pengaturan tersebut dikendalikan dengan menggunakan sistem kontrol Proportional, Integral, dan Derivative (PID). Parameter yang dikontrol adalah kestabilan suhu dan kelembaban pada Greenhouse. Sistem kontrol PIDnya menggunakan metode Ziegler-Nicolas tipe 1 dengan penetapan nilai suhu 26,1°C dan kelembapan 80%. Hasil dari penelitian ini untuk parameter suhu mencapai nilai Kp 5,32; Ki 0,22 dan Kd 21,6. Parameter kelembapan mencapai nilai Kp 9,5; Ki 0,25 Kd 4,75. Overshoot suhu 1,15% dan kelembaban 5,88% dengan *rise time* 90 menit dan 40 menit. *Settling time* 190 menit dan 85 menit.

Keywords: *Strawberry, Greenhouse, suhu, kelembapan, PID, Ziegler Nichols, Open Loop*

1. Introduction

Tanaman Strawberry atau *Fragaria* sp. memiliki banyak manfaat untuk kesehatan dan menarik untuk dikembangkan, yaitu kesehatan jantung, mata, kulit dan menekan resiko mengidap kanker. Pembudidayaan Strawberry harus dilakukan di dataran tinggi dengan suhu iklim 17-26°C dan kelembaban 80-90%. Strawberry membutuhkan sinar matahari selama 8-10 jam per hari [1]-[2]. Pembudidayaan Strawberry dapat dilakukan di lahan yang sempit seperti perkotaan dengan menggunakan Greenhouse. Dengan Greenhouse pertumbuhan Strawberry dapat disesuaikan dengan kondisi suhu, cahaya, dan kelembaban yang dibutuhkan Strawberry. Selain itu, Greenhouse dapat melindungi tanaman dari bahanya hama dan penyakit tanaman yang lain [3].

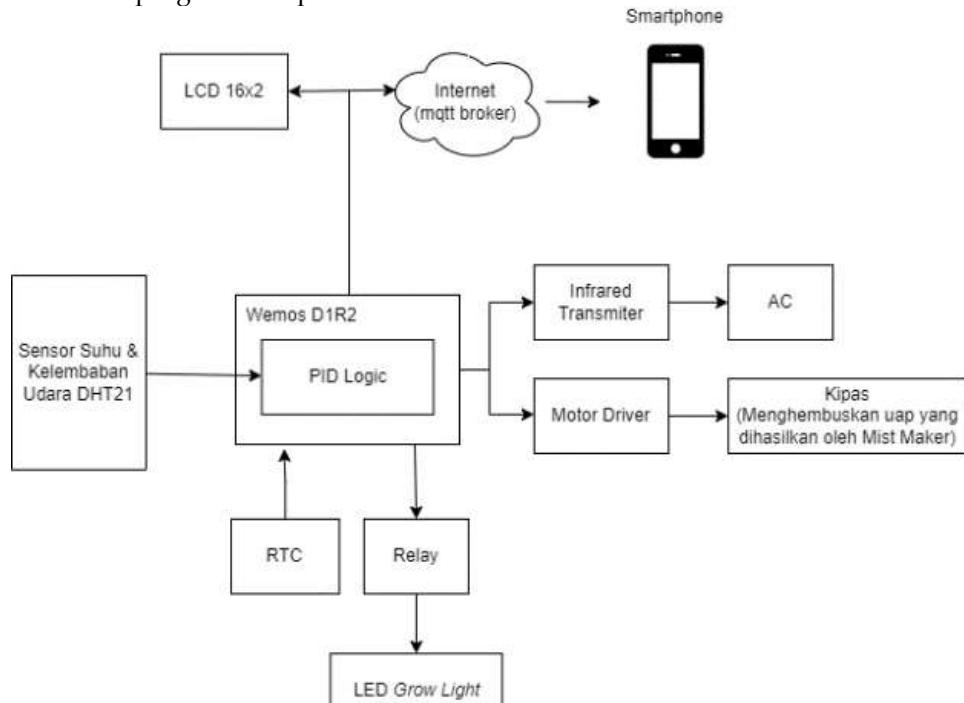
Penelitian mengenai Greenhouse telah banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian pada [4]-[5] menggunakan Fuzzy untuk kontrol suhu dan kelembaban. Namun Fuzzy dianggap kurang stabil dalam mengendalikan suhu dan kelembaban. Sedangkan untuk metode PID dianggap lebih stabil, dengan cara menggunakan nilai *error* dari umpan balik sistem, untuk menentukan nilai kendali berikutnya [6].

Pada makalah ini bertujuan membuat sebuah sistem kontrol PID tipe 1 (Open Loop) untuk mengontrol lingkungan area dalam Greenhouse sesuai dengan ketetapan yang ditentukan. PID dengan Zieger Nichols pernah diterapkan pada [7], [8], [9], [10]. Parameter yang dikontrol adalah suhu dan kelembaban [11]. Instrumen yang digunakan adalah DHT 21 sebagai sensor suhu dan kelembaban area bagian dalam Greenhouse. Suhu didapatkan dari nyalanya AC dan kelembaban didapat dari Humidifier. Instrumen untuk waktu adalah Real Time Clock (RTC) sebagai penjadwalannya LED Growligh. Led ini digunakan sebagai pengganti fotosintesis tanaman Strawberry. Selain itu, makalah ini menerapkan sistem monitoring untuk mengetahui keadaan Greenhouse dan mengirimkan hasil pembacaan sensor secara *real time*, menggunakan Wemos D1 R2.

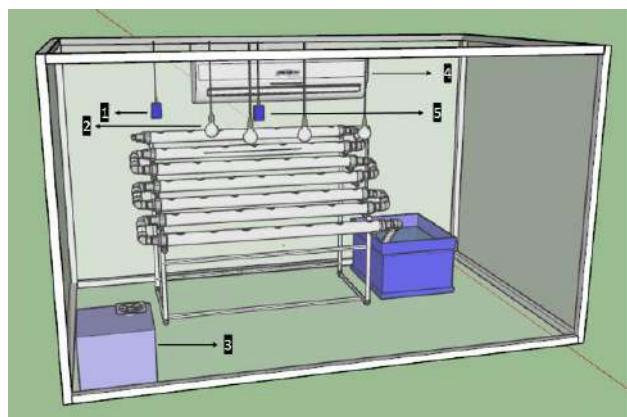
2. Materials and Methods

2.1. Metode Penelitian

Metode penelitian pada makalah ditunjukkan pada Gambar 1 yaitu model rancangan keseluruhan sistem. Sedangkan Gambar 2 adalah desain dari Greenhouse. Bagian ini membahas mengenai proses keseluruhan sistem program dan proses control PID.



Gambar 1. Metode penelitian



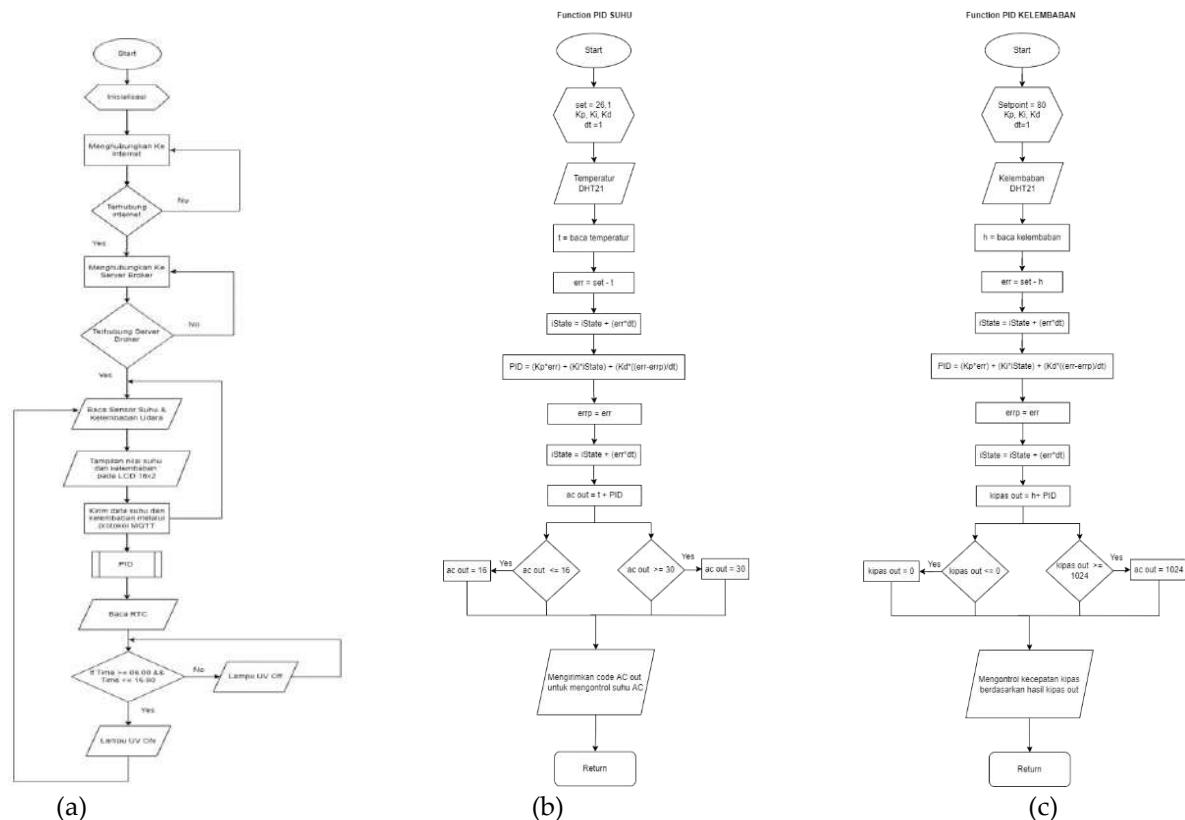
Gambar 2. Desain Greenhouse untuk Tanaman Strawberry

Berdasarkan Gambar 1 terdiri dari input, output dan proses yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Input terdiri dari sensor DHT 21 dan RTC.
 - a. Sensor DHT21: Sensor ini berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban pada ruangan Greenhouse.
 - b. RTC: komponen ini berfungsi mengatur waktu nyala UV.
2. Proses menggunakan mikrokontroller Wemos D1 R2 dilanjutkan dengan proses control PID.
 - a. Wemos D1 R2: Alat ini berfungsi untuk mengontrol input dan output pada sistem Greenhouse.

- b. Logika PID: Pengendali PID digunakan untuk menghitung perbandingan nilai dari input yang diterima dengan menggunakan parameter Kp, Ki, dan Kd yang telah ditentukan sehingga mengeluarkan output sesuai apa yang diinginkan.
- 3. Output terdiri beberapa komponen yang mengatur proses input serta pada output terdapat koneksi MQTT untuk monitoring IoT nya.
 - a. Relay: Komponen ini berfungsi sebagai saklar.
 - b. Infrared: Komponen ini untuk mengatur suhu AC.
 - c. AC: Alat ini berfungsi untuk mendinginkan ruangan.
 - d. Motor Driver: Sebagai pengatur PWM kecepatan kipas.
 - e. Kipas DC 12V: Mengeluarkan uap hasil dari Mistmaker.
 - f. LED Grow Light: berfungsi sebagai pengganti sinar matahari untuk proses fotosintesis pada tanaman.
 - g. Smartphone (MQTT): berfungsi untuk monitoring kondisi tanaman Strawberry dari jarak jauh.
 - h. LED 16x2: berfungsi untuk menampilkan kondisi tanaman Strawberry.

Berdasarkan komponen sebagai input dan output diletakkan di dalam Greenhouse, sesuai pada Gambar 2, Gambar tersebut terdapat posisi keberadaan sensor yang digunakan. Desain greenhouse digunakan untuk penanaman dan pembibitan tanaman hidroponik strawberry berbasis NFT. Selain itu, untuk menjaga suhu dari Greenhouse membutuhkan suhu ruang menggunakan AC. Sedangkan untuk kelembabannya menggunakan Humadifier. Kemudian, terdapat lampu UV sebagai pengganti cahaya untuk proses fotosintesi tanaman Strawberry. Peletakan sensor suhu di sebelah kanan kiri dari letak AC.



Gambar 3. (a) Alur keseluruhan sistem (b)-(c) Alur dari proses PID

Flowchart Gambar 3 (a) menunjukkan alur keseluruhan sistem yang diawali dengan inisialisasi variabel. Kemudian dilanjutkan dengan pembacaan sensor DHT21, yang menghasilkan nilai suhu dan kelembaban udara. Nilai tersebut diproses menggunakan metode kontrol PID dan dapat mengatur AC dan kipas agar suhu dan kelembaban udara menjadi stabil. Setelah itu, RTC (Real Time Clock) diatur untuk jam 06.00 -15.00 lampu UV akan nyala. Ketika diluar jam nyala, maka lampu UV akan mati dan kembali ke pembacaan waktu.

Pada Gambar 3 (b)-(c) merupakan flowchart dari sistem PID suhu dan kelembaban udara, dimulai dari awal program melakukan inisialisasi variabel. Perhitungan PID suhu dan kelembaban diawali dengan nilai *error* dari pengurangan *setpoint* (variabel set) dengan pembacaan sensor suhu (variabel t). Kemudian nilai *error* tersebut dihitung menggunakan integral PID dengan proses diskrit seperti pada persamaan (1) menggunakan penamaan variabel iState. iState didapatkan dengan menjumlahkan iState sebelumnya dengan nilai error saat ini yang dikalikan dengan dt.

Proses perhitungan rumus PID dengan cara nilai K_p dikali dengan nilai err, ditambah nilai K_i dikali dengan nilai iState kemudian ditambah dengan nilai K_d dikali dengan selisih error saat ini (variabel err) dengan nilai *error* sebelumnya (variabel errp). Nilai variabel errp diawal diberi nilai 0 karena dianggap bahwa pada saat sistem dimulai tidak ada nilai *error*. Kemudian nilai errp diperbarui dengan nilai sama dengan err. Setelah mendapatkan nilai PID maka nilai suhu (variabel ac out) dan kelembaban (variabel kipas out) dapat diketahui dengan cara nilai suhu (variabel t) dan kelembaban (variabel h) saat ini dijumlahkan dengan nilai hasil PID.

Pada suhu, jika nilai ac out di bawah 16 °C maka nilai ac out sama dengan 16°C karena nilai AC minimum adalah 16°C, jika nilai ac out di atas 30°C maka nilai ac out sama dengan 30°C karena maksimum nilai AC yang digunakan adalah 30°C. Setelah mendapatkan nilai akhir dari ac out, Infrared Transmitter akan mengirimkan kode dari ac out untuk menyetel suhu dari AC pada ruangan Greenhouse. Pada kelembaban, setelah mendapatkan keputusan dari perhitungan PID, hasil tersebut kemudian menjadi nilai yang dapat mengatur kecepatan kipas dengan nilai PWM yang didapatkan dari hasil kipas out dimana putaran kipas paling rendah 0 rpm dan paling tinggi 1024 rpm, jika nilai kipas out lebih kecil dari 0 maka kipas out = 0 dan jika kipas out lebih besar dari 1024 maka nilai kipas out = 1024.

$$u(t_k) = K_p e(t_k) + K_i \Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i) + \frac{K_d}{\Delta t} (e(t_k) - e(t_{k-1})) \quad (1)$$

Keterangan:

$e(t_k)$: *error* sekarang.

$\Delta t \sum_{i=1}^k e(t_i)$: jumlah *error*.

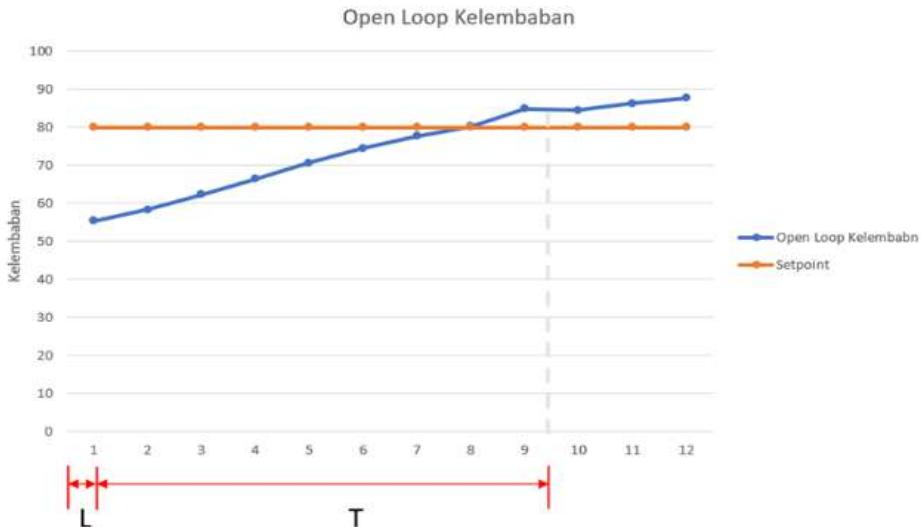
$e(t_{k-1})$: *error* sebelumnya.

2.2. Metode Zieger-Nichols untuk menentuan nilai K_p, K_d, K_i

Metode Zieger-Nichols yang diterapkan adalah tipe 1 Open Loop. Sistem kontrol yang stabil bisa diperoleh, dengan cara mengetahui kestabilan sistem, dengan mendapatkan nilai penguatan. Gambar 4 dan Gambar 5 merupakan kurva uji open loop sistem terhadap input fungsi step dengan garis tangen.



Gambar 4. Uji Loop untuk suhu



Gambar 5. Uji Loop pada Kelembaban

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5 dihasilkan nilai parameter suhu $L = 10$ dan $T = 36,2$ dan kelembaban $L = 1$ & $T = 9,5$. Selanjutnya, nilai tersebut diproses ke dalam rumus Ziegler-Nichols tipe 1 dan akan memperoleh nilai-nilai parameter PID sesuai dengan perhitungan sebagai berikut:

- Perhitungan Parameter suhu

$$K_p = 1,2 \times \frac{T}{L} = 1,2 \times \frac{36,2}{10} = 4,32$$

$$T_i = 2 \times L = 2 \times 10 = 20$$

$$T_d = 0,5 \times L = 0,5 \times 10 = 5$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{4,32}{20} = 0,216$$

$$K_d = K_p \times T_d = 4,32 \times 5 = 21,6$$

- Perhitungan Parameter kelembaban

$$K_p = 1,2 \times \frac{T}{L} = 1,2 \times \frac{9,5}{1} = 9,5$$

$$T_i = 2 \times L = 2 \times 1 = 2$$

$$T_d = 0,5 \times L = 0,5 \times 1 = 0,5$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i} = \frac{9,5}{2} = 0,25$$

$$K_d = K_p \times T_d = 9,5 \times 0,5 = 4,75$$

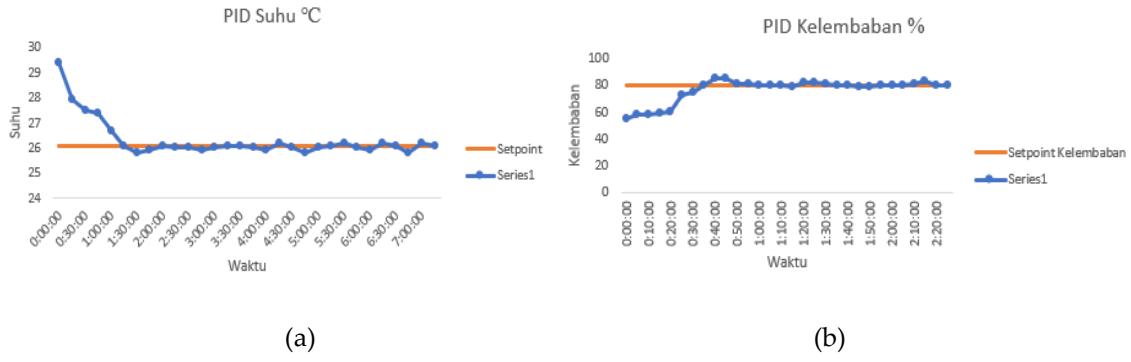
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan pada makalah penelitian meliputi hasil pengujian dengan PID dan hasil monitoring menggunakan MQTT, pengujian sensor, dan pengujian nyala lampu UV. Sistem kendali PID dapat berjalan baik dengan nilai K_p , K_d dan K_i tertentu untuk parameter suhu dan kelembaban. Begitu halnya dengan pengujian MQTT parameter yang dikirimkan lewat MQTT adalah suhu dan kelembaban. Pengujian MQTT hanya menguji keberhasilan pengiriman data. Pengujian sensor hanya keberhasilan pembacaan suhu, dan pengujian UV hanya pengujian nyala matinya lampu UV.

3.1. Pengujian Sistem Otomasi dengan PID

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seluruh komponen berjalan dengan baik dan mengatur suhu, kelembaban, dan lampu UV. Pada pengujian kestabilan diterapkan medel Low Temperature Long Time. Pada model ini, membutuhkan suhu ruang $26,1^\circ\text{C}$ selama 2,5 jam dan kelembaban ruangan 80% selama 11 menit. Berdasarkan data dari nilai suhu dan kelembaban

dihasilkan respon dari AC dan kipas untuk mencapai titik stabil, perlu menerapkan metode Ziegler Nichols tipe 1 untuk nilai K_p, K_i, K_d. Untuk suhu didapatkan K_p = 4,32 K_i = 0,216 dan K_d = 21,6 dan untuk kelembaban didapatkan K_p = 9,5 K_i = 0,25 K_d = 4,75. Teknik pengujian dilakukan dengan cara mengatur nilai suhu dan kelembaban yang berbeda-beda terhadap *setpoint* suhu 6,1°C dan *setpoint* kelembaban 85%.

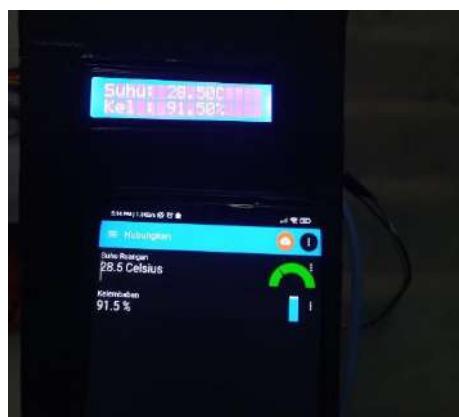


Gambar 6. Grafik PID (a) suhu (b) kelembaban

Berdasarkan hasil percobaan pada Gambar 6, pengujian PID dapat dikatakan stabil menggunakan nilai K_p 4,32 K_i 0,22 K_d 21,6 untuk suhu. K_p 9,5 K_i 0,25 K_d 4,75 untuk kelembaban. Sistem bekerja dengan baik pada suhu mencapai *rise time* 90 menit *overshoot* 1,52% dan *setting time* 180 menit. Sedangkan untuk kelembaban mencapai *rise time* 40 menit *overshoot* 1,77 dan *settling time* 85 menit.

3.2 Pengujian IoT dengan MQTT

Monitoring pada Greenhouse untuk Strawbery pada jarak jauh menggunakan MQTT. Data yang dikirim dan dipantau langsung adalah suhu dan kelembaban. Pada Tabel 1 ditunjukkan hasil berupa keberhasilan pengiriman data sensor ke media penyimpanan broker milik MQTT.



Gambar 7. Perbandingan broker MQTT dengan LCD

Pada Gambar 7 menunjukkan hasil pembacaan sensor dengan LCD dan data yang diterima pada broker MQTT. Tabel 1 memonitoring suhu dan kelembaban udara pada aplikasi broker MQTT, pengujian ini dilakukan selama 13 menit dengan rata-rata *error* suhu dan kelembaban sebesar 0%. Hasil percobaan ini dianggap monitoring menggunakan broker MQTT dapat digunakan karena menghasilkan *error* yang kecil.

Tabel 1. Hasil Pengujian MQTT

No	Kelembaban (%)				Error Suhu (%)	Error Kelembaban (%)
	Suhu (°C) LCD	Suhu (°C) Smart phone	Kelembaban (%) LCD	Kelembaban (%) Smart phone		
1	28,9	28,9	94,8	94,8	0	0
2	28,8	28,8	92,1	92,1	0	0
3	28,9	28,9	91,9	91,9	0	0
4	28,7	28,7	91,9	91,9	0	0
5	28,7	28,7	91,9	91,9	0	0
6	28,7	28,7	91,9	91,9	0	0
7	28,6	28,6	91,7	91,7	0	0
8	28,6	28,6	91,7	91,7	0	0
9	28,6	28,6	91,7	91,7	0	0
10	28,5	28,5	91,7	91,7	0	0
Rata-Rata					0	0

3.2 Pengujian Sensor Suhu

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai suhu dan kelembaban dari alat pembanding Argometer dengan nilai suhu dan kelembaban yang dibaca oleh sensor DHT21. Pada pengujian sensor DHT21 diletakan diatas tanaman dengan jarak 100 cm. Adapun hasil pengujian pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Suhu

No.	Kelembaban (%)				Error suhu (%)	Error Kelembaban (%)
	Suhu (°C) DHT21	Suhu (°C) Termometer	Kelembaban (%) DHT21	Kelembaban (%) Hygrometer		
1	28,9	29,3	90	84	1,4	7
2	29,3	29,3	90	84	0	7
3	28,1	28,6	92	86	1,7	7
4	29,1	28,6	90	86	1,7	5
5	28,2	28,7	90	86	1,7	5
6	28,4	28,7	89	86	1	3
7	28,4	28,8	89	86	1,4	3
8	29,3	28,8	89	85	1,7	5
9	28,5	28,8	88	85	1	4
10	29,4	28,8	88	85	2,1	4
Rata - rata					1,0	6

Berdasarkan Tabel 2 terdapat perbedaan pembacaan sensor DHT21 dengan alat ukur Hydrometer. Hasil rata-rata error suhu sebesar 1% dan error kelembaban sebesar 6%. Perbedaan error ini masih dikatakan akurat, karena masih di bawah 10%.

3.3 Pengujian Lampu UV berdasarkan RTC

Sebelum melakukan pengujian lampu UV, maka perlu dipastikan sensor RTC terkalibrasi dengan waktu internet pada *Smartphones*. Gambar 8 menunjukkan waktu pada RTC pada LCD sama dengan waktu yang ada pada *Smartphones*. Pengujian kondisi lampu UV berdasarkan RTC bertujuan mengetahui nyala mati lampu UV sesuai dengan RTC. Skenario pengujian ini dilakukan dengan cara lampu UV akan mati pada angka genap dan akan menyala pada angka menit ganjil.



Gambar 8. Sinkronisasi waktu RTC dengan waktu internet.

Berdasarkan hasil percobaan pada Tabel 3 mengatur kondisi lampu UV berdasarkan RTC (*Real Time Clock*). Pengujian masing-masing dilakukan 1 menit, rata-rata pengujian menghasilkan keberhasilan 100%.

Tabel 3. Pengujian UV berdasarkan RTC

No	RTC	Kondisi Sesungguhnya	Kondisi Lampu UV	Error (%)
1	0:00:00	Mati	Mati	0
2	0:01:00	Menyala	Menyala	0
3	0:02:00	Mati	Mati	0
4	0:03:00	Menyala	Menyala	0
5	0:04:00	Mati	Mati	0
6	0:05:00	Menyala	Menyala	0
7	0:06:00	Mati	Mati	0
8	0:07:00	Menyala	Menyala	0
9	0:08:00	Mati	Mati	0
10	0:09:00	Menyala	Menyala	0
Rata-rata				0

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan hasil percobaan maka dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem kendali PID dengan metode Ziegler-Nichols tipe 1 mendapatkan nilai K_p, K_i, dan K_d untuk suhu K_p 4,32 K_i 0,22 K_d 21,6 kelembaban K_p 9,5 K_i 0,25 K_d 4,75. Pengujian sistem otomasi didapatkan nilai respon sistem terhadap pengaturan temperatur dan kelembaban dengan *overshoot* sebesar 1,15 % dan 5,88%, *rise time* dengan waktu 90 menit dan 40 menit, dan *settling time* selama 180 menit dan 85 menit. Pada pengujian sistem monitoring untuk suhu dan kelembaban udara menggunakan protokol

MQTT berhasil dengan hasil *error* sebesar 0% untuk suhu dan *error* kelembaban 0%. Pengujian kinerja sensor suhu mencapai 1% untuk deteksi suhu, 6% untuk deteksi kelembaban. Selain itu, kinerja dari RTC dan Lampu UV berkerja dengan baik dimana *error*-nya mencapai 0%.

6. Referensi

- [1] Allert Benedicto Ieuau Noya, "Jus Strawberry dan Manfaatnya untuk Kesehatan," *Alodokter*, 2019. <https://www.alodokter.com/jus-strawberry-dan-manfaatnya-untuk-tubuh>.
- [2] F. Giampieri, S. Tulipani, J. M. Alvarez-Suarez, J. L. Quiles, B. Mezzetti, and M. Battino, "The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health," *Nutrition*, vol. 28, no. 1, pp. 9–19, 2012, doi: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
- [3] R. A. J. Pratama, "Tanaman Stroberi : Klasifikasi, Ciri Morfologi, Manfaat, dan Cara Budidaya," 2020. <https://dosenpertanian.com/tanaman-stroberi/>.
- [4] F. Lafont and J. F. Balmat, "Optimized fuzzy control of a greenhouse," *Fuzzy Sets Syst.*, vol. 128, no. 1, pp. 47–59, 2002, doi: 10.1016/S0165-0114(01)00182-8.
- [5] M. C. Subin, A. Singh, V. Kalaichelvi, R. Karthikeyan, and C. Periasamy, "Design and Robustness Analysis of Intelligent Controllers for Commercial Greenhouse," *Mech. Sci.*, vol. 11, no. 2, pp. 299–316, 2020, doi: 10.5194/ms-11-299-2020.
- [6] I. Puspasari, Y. Triwidayastuti, and H. Harianto, "Otomasi Sistem Hidroponik Wick Terintegrasi pada Pembibitan Tomat Ceri," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 7, no. 1, 2018, doi: 10.22146/jnteti.v7i1.406.
- [7] K. J. Åström and T. Hägglund, "Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control," *J. Process Control*, vol. 14, no. 6, pp. 635–650, 2004, doi: 10.1016/j.jprocont.2004.01.002.
- [8] Handy Wicaksono and Josaphat Pramudijanto, "Kontrol PID Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC Dengan Metode Tuning Direct Synthesis," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 10–17, 2004, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/elk/article/view/15881>.
- [9] Z. Jamal, "Implementasi Kendali Pid Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler," *J. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015.
- [10] F. Suryatini and A. Firasanti, "Kendali P, PI, dan PID analog pada pengaturan kecepatan motor dc dengan penalaan ziegler-nichols," *JREC J. Electr. Electron.*, vol. 6, no. 1, pp. 65–80, 2018.
- [11] N. Allu and S. Salu, "Aplikasi Penalaan Dengan Metode Ziegler Nichols di Perancangan Pengendali PID pada Putaran Motor DC," *Pros. Semin. Nas. Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 1, no. April, pp. 9–10, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.yapri.ac.id/index.php/semnassmipt/article/view/31>.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Parameter Adjustment of EROS Humanoid Robot Soccer using a Motion Visualization

Anhar Risnumawan^{1,*}, Rokhmat Febrianto², Indra Adji Sulistijono³, and Eny Kusumawati⁴

^{1,2,3,4}Mechatronic Engineering Division, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS)

[1anhar@pens.ac.id](mailto:anhar@pens.ac.id), [2rokhmat@me.student.pens.ac.id](mailto:rokhmat@me.student.pens.ac.id), [3indra@pens.ac.id](mailto:indra@pens.ac.id), and [4eny-k@pens.ac.id](mailto:eny-k@pens.ac.id),

Abstract: Humanoid robot is a robot whose overall appearance is formed based on the human body and can interact with equipment and the environment created by humans. The robot's balance becomes fundamental in carrying out various tasks in designing humanoid robots. To deal with this, the adjustment of the humanoid robot movement is crucial in this work, research related to the virtual visualization of robots. Virtual robot visualization can be done by creating a simulator that contains dynamic parameters, including the physics of the robot. With the simulation containing dynamic parameters, the humanoid robot movement can be tried many times until the robot movement is robust. Applying the URDF (Unified Robot Description Format) model to the Gazebo simulator, which is supported by the ROS (Robot Operating System) framework, can make a simulator with dynamic parameters mimicking a real environment. In order to make a robust robot motion, feedback is needed in position and torque to find out the difference between simulation and reality. On the other hand, simulations can be done without cost or risk and, most importantly, mimic the actual robot soccer environment.

Keywords: Humanoid Soccer Robot; Motion Visualization; ROS; URDF; Gazebo Simulator

1. Introduction

Today, the application of humanoid robots in daily activities is no longer considered unusual and has been frequently used by researchers and users to complete a given task. The development of humanoid robots has attracted much interest for researchers in robotics. These can be observed by educational institutions and technology companies that have competed to show the results of research on humanoid robots such as ASIMO robots by Honda [1], Valkyrie robots by NASA [2], T-HR3 robots by Toyota [3], DLR-TORO robots [4], and the NimbRo-OP2X robot [5].

One of the organizations highly engaged in humanoid robots, Robocup, has predicted and aims to develop a humanoid robot team that can win against the world championship team in 2050 with the rules of FIFA. In Indonesia itself, the trend of humanoid robots is still developing. The Indonesian Higher Education deeply supports the Kontes Robot Indonesia (KRI) held annually. Humanoid robots are in the division of the Kontes Robot Sepak Bola Indonesia (KRSBI), which tests the team robot performance from several universities.

Each year the robot soccer game rules are continuously revised to mimic the actual FIFA soccer rules. The new rule of a soccer field that previously used carpet changes into synthetic grass, affecting robot stability and balance significantly. Types of synthetic grass are bumpy and not always flat, making the robot's movements weave or unstable, which can cause the robot to lose balance and fall quickly. Teams often employ enormous hand-tuning of robot parameters to overcome these problems before the match starts. Correct parameter adjustment of the humanoid robot movement is essential so that the robot can at least perform fundamental soccer skills, such as walking, kicking, and robustly. However, this method is less effective in practice because it requires much time to try the adjustments' results while potentially breaking the robot.

Designing a new humanoid robot would not be trivial without a sophisticated simulation (visualization), especially when designing a walking gait. A sophisticated visualization such as designing a new motion, new kicking motion, and get-up motion from falling, and testing those motions in a 3d simulator that considers the physics of a real environment, such as gravity and mass, are crucial for humanoid robots soccer. Previously, much trial and error had been performed until a more reasonable performance was achieved. Although the trial-and-error process is common and simple in practice, the age of the robot motor servos can degrade significantly. With the help of visualization in a 3d simulation, a nearly actual robot model, through a commonly URDF (Unified Robot Description Format) model, can be deployed in the simulation, and all the required parameters can be adjusted before actual deployment and without degrading robot motor servos.

In connection with these problems, it is necessary to make a virtual visualization in simulation [6], which contains dynamic parameters. With the simulation that contains dynamic parameters, the Humanoid robot movement can be tried many times until the robot movement is robust or follows what we want. However, the simulator still has some challenges, namely comparing simulation results and reality. By applying the URDF Model to the Gazebo simulator and supported by the ROS (Robot Operating System) framework, a simulator can be made with dynamic parameters. In order to make a robust robot motion, feedback is needed in position and torque to find out the difference between simulation and reality. On the other hand, simulations can be done without cost, risk, and, most importantly, fast. An example of a virtual humanoid robot visualization, along with its kinematic diagram, is shown in **Figure 1**.

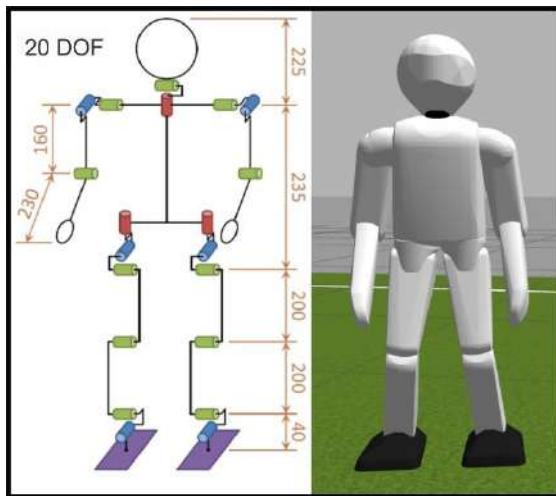


Figure 1. Kinematic diagrams and virtual visualizations of EROS humanoid robots sourced from NimbRo.

2. Related Work

The humanoid robot is a branch of a robot with a body shape built to resemble a human body. In general, humanoid robots have a torso, head, two arms, and two legs, although some humanoid robots may only model parts of the body, for example, from the waist up. One of the advantages of creating humanoid robots is that they can interact with the human environment. Some assignments can be completed with wheeled-type mobile robots by giving a little touch of human behaviour, such as the robot arm. However, to interact with humans and be confused with many obstacles, humanoid robots have a distinct advantage in terms of creation. Below are examples of humanoid robots that have been developed in various technology industries and educational institutions.

One example of humanoid robots that are often used is DARWIN-OP. DARWIN-OP (Dynamic Anthropomorphic Robot with Intelligence - Open Platform) is an open-sourced miniature humanoid robot platform with a sophisticated high computational power, sensors, and dynamic motion capabilities developed and produced by robotics manufacturers Robotis in collaboration with Virginia Tech, Perdue University, and the University of Pennsylvania. This robot has 20 Degree of

Freedom (DoF), which is thought to be enough to do mobility in playing football. The primary purpose of DARWIN-OP is for research and programming in the scope of humanoid robots, artificial intelligence, vision, inverse kinematics, walking algorithms, and linguistics. Recently, DARWIN-OP has developed a third robot called ROBOTIS OP3. A striking difference from the previous series is to replace the actuator that previously used Dynamixel MX-28 with Dynamixel XM-430.

Other related work comes from the NimbRo team "NimbRo-OP2: Grown-up 3D Printed Open Humanoid Platform for Research," on the 17th IEEE-RAS Int. Conference on Humanoid robots (Humanoids) [7]. This research aims to introduce the NimbRo robot to the public. He stands 135 cm tall and weighs up to 18 kg, which aims like a predecessor robot that can interact with the surrounding environment. This robot is also equipped with features that can adjust the robot's movements as desired by simulating the ROS. The advantage of this robot compared to the Igus Humanoid-OP robot is a better robot leg structure. The robot may cause severe damage if it falls due to its height and weight. Thus, it is crucial to perform tuning and testing while in simulation at first before testing on the real robot.

3. Materials and Methods

3.1. System Overview

EROS humanoid robot is designed to play soccer. This EROS robot has a height of 90cm and a total weight of around 7 kg. It uses power from a 4-cell Lithium Polymer (LiPo) battery of 2 pieces to cover the electrical parts of this humanoid robot. A monocular camera used has 720p HD specifications using 110° wide angles. The camera is located in one of the humanoid robot's eyes. The robot main hardware is NUC Core i7 as a primary processor and uses 4GB DDR3 memory and SSD as storage. The system runs on the Indigo and Ubuntu 14.04 ROS (Robot Operating System) platform.

Designing the circuitry is inseparable from the electronic components used. The overall block diagram can be seen in **Figure 2**. Electronic components are needed to power the robot, starting from making power boards, controller circuits, and wiring schemes. Electronic components are also useful for accessing data from sensors and igniting actuators. A block diagram of the electrical subsystem of the robot design is shown in **Figure 2**. At the heart of the electrical design is the Robotis OpenCR 1.0 sub-controller board, which is equipped with U2D2 as a low-level control to access sensors and servo motors.

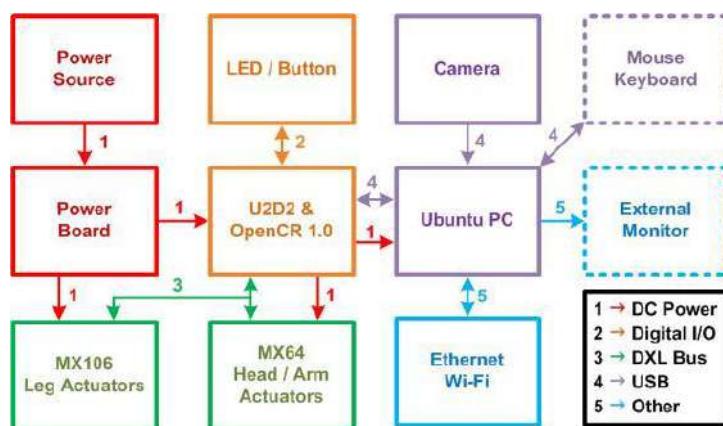


Figure 2. An overall diagram of the system block of electronic components and their connections to the EROS humanoid robot.

Robotis OpenCR 1.0, as the core of a sub-controller, can get real-time data with feedback input as much as 20 degrees of freedom in humanoid robots. Compared to the Robotis CM740 used by the NimbRo Platform, Robotis OpenCR 1.0 performance is improved because of the difference in chips between the two modules made by Robotis. The Robotis OpenCR 1.0 allows the EROS platform to implement closed-loop control faster, which, previously on the NimbRo platform, employs the older Robotis sub-controller CM740.

3.2. Movement Visualization

The overall system design is explained in this section. Making a simulator that can visualize humanoid robot movements requires motion control, which will process the URDF Model. The trajectory editor will create a pose called motion files, and a set of motion files will create movements called motion modules. URDF models that already contain information from motion modules will produce dynamic motion in the robot control block [8]. The motion control system design can be seen in **Figure 3**. Hence dynamic motion will enter the hardware interface block, which can later be realized directly on humanoid robots through Robotis OpenCR 1.0 & U2D2 or into the Gazebo simulator to be visualized virtually for simulations.

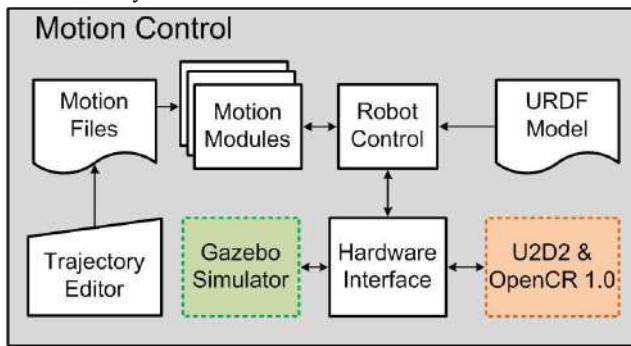


Figure 3. The architecture of motion control in the EROS humanoid robot software.

The chart of motion control will be embedded in the ROS framework to manage the overall work of this humanoid robot platform. Motion control certainly gets help from several other components as an input and a place to distribute the output that has been processed therein. In general, these components can be divided into three parts—first, the URDF model as a virtual humanoid robot visualization. Second, gait generation is a process of making various humanoid robot movements, supported by the GUI (Graphical User Interface) to simplify the adjustment process. The third is the data collection design as the process of exiting and entering all data from motion control to the actuator or sensor.

3.2.1. URDF Model

An essential part of the simulation is forming a virtual humanoid robot model with several parameters owned by real humanoid robots. Examples of these parameters are the inertia and mechanical parts of the robot. It is necessary to change to URDF format so that it can be read on ROS. The URDF package contains several XML specifications, for example, building robot models, sensors, and scenes. Each XML specification has an appropriate parser in one or more languages.

Each URDF package has specific things for each robot model. The specifics are the joints or joint points of two or more parts. Joints owned by humanoid robots, in general, are like joints owned by humans. The URDF model is built by paying attention to all components related to the robot model that will be built in it because the URDF model represents the original robot model in the virtual world that will be built for future development.

In changing to a URDF package, it is necessary to divide it into several parts for its definition. Each part must be defined as position, rotation, and other information. It is intended that each section can have information such that a real humanoid robot owns it. With this, a program that includes all parts that already have that information can be made into one EROS humanoid robot that can be read on ROS [9], [10].

3.2.2. Gait Generation

In making humanoid robot movements, several formulas must be considered, especially the kinematic part of the humanoid robot. On this platform, the EROS humanoid robot uses the RBDL

library, which helps form movements. RBDL contains a very efficient code for forwarding and reversing dynamics for kinematic chains and branching models.

Also, it contains code for forwarding and reversing kinematics and closed-loop models. Models can be loaded from Lua scripts or URDF files [11]. Using RBDL, matters relating to forward and reverse dynamics will be resolved quickly. The movement configuration used by EROS must be broadly modified to match the same walking algorithm as the TeenSize robot initially by NimbRo. The chosen parameters are given in Table 1.

Table 1. Gait configuration parameters that we selected.

Variable	Value	Index
C1	0.02	Halt Position Leg Extension
C2	0.1	Halt Position Leg Roll Angle
C3	0.02	Halt Position Leg Pitch Angle
C4	0.03	Halt Position Foot Roll Angle
C5	0	Halt Position Foot Pitch Angle
C6	0.02	Constant Ground Push
C7	0	Proportional Ground Push
C8	0.3	Constant Step Height
C9	0.12	Proportional Step Height
C _τ 0	0	Swing Start Timing
C _τ 1	2.3876	Swing Stop Timing
C10	0.17	Sagittal Swing Amplitude Fwd
C11	0.12	Sagittal Swing Amplitude Bwd
C12	0.1	Lateral Swing Amplitude
C13	0.05	Lateral Swing Amplitude Offset
C14	0.015	Turning Lateral Swing Amplitude
C15	0.2	Offset
C16	0.05	Rotational Swing Amplitude
		Rotational Swing Amplitude Offset
C17	0.035	Lateral Hip Swing Amplitude
C18	0	Forward Lean
C19	0	Backward Lean
C20	-0.07	Forward and Turning Lean
C21	3.5	Gait Velocity Limiting Norm p
C22	0.0085	Sagittal Acceleration
C23	0.01	Lateral Acceleration
C24	0.009	Rotational Acceleration
C25	0.09	Constant Step Frequency
C26	0.008	Sagittal Proportional Step Frequency
C27	0	Lateral Proportional Step Frequency

The process of adjusting humanoid robot movements through several stages can generally be represented in **Figure 4**. The initial stage is to design a new motion from the GUI and performs motion parameters adjustment according to what we want. The results of these movements can be tried on a gazebo simulator located on ROS. This process will be repeated until the movement is appropriate and robust. This can be done by setting the time and position of each movement of the GUI [12].



Figure 4. The appearance of the implementation of the whole gait generation. Starting from the rightmost picture that is making robot movements from the GUI (Graphical User Interface) that has been provided, switch to the image in the middle to simulate it on the ROS framework. The last step is the leftmost picture to practice directly on humanoid robots.

The next step is to practice the movement with real humanoid robots. This stage will get a big challenge because some of the movements will be slightly different from the simulations that have been done. Several mechanical factors affect humanoid robots, but the effect is not too significant because the help of GUI and simulation can reduce the length of the adjustment process using a real humanoid robot. The duration of this whole process depends on the user experience to adjust the motion of the humanoid robot.

3.2.3. Data Collection Design

The data needed in this system is the moment of inertia, weight, and origin of each joint in the humanoid robot; the data will be obtained from the URDF Model. The URDF Model gets all the data from the CAD humanoid robot design that has been made by estimating the moment inertia value and weight from the CAD humanoid robot design. Determining the area of origin of each joint refers to the CAD design humanoid robot in a default state that is standing.

The following data needed is feedback from the servo to find out the real situation in the robot [13]. The feedback data from the servo will be compared with the URDF Model to determine the error between the virtual visualization and the actual situation. The following is a block diagram of how hardware works in **Figure 5**.

Block diagram in **Figure 5** shows the workflow of communication to get feedback carried out between Servo – Control board – Hardware Interface (on Mini PC). Feedback from the servo can be used as input for the Motion Control system, which will influence the determination of Dynamic Motion.

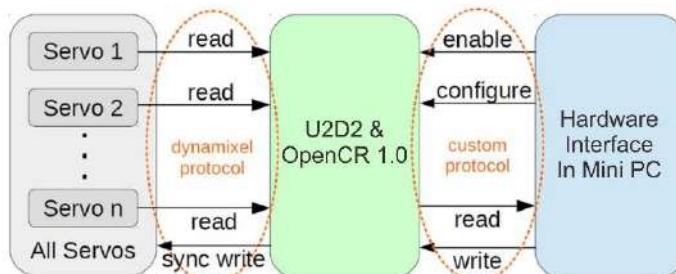


Figure 5. Block diagram of how data flows.

5. Results

Experiments were carried out using robots with the specifications described in the system review. Following the movement adjustment process described in the gait generation will move. To evaluate the performance of these movements needed, data can be a reference for the success of humanoid robots working well. The position data of humanoid robot parts are taken after the adjustment process, as in **Figure 6**, before being given feedback from the servo compared with position data of humanoid robot parts that have been given feedback from the servo.

For example, the position data of the humanoid robot section taken is at the ankle pitch. Experiments were carried out by making humanoid robots move forward and then taking 10 seconds to compare material between movements that are not given feedback from the servo (open-loop control) with movements that are given feedback from the servo (closed-loop control). The whole process of motion adjustment refers to the gait generation, which is generally represented in **Figure 6**.

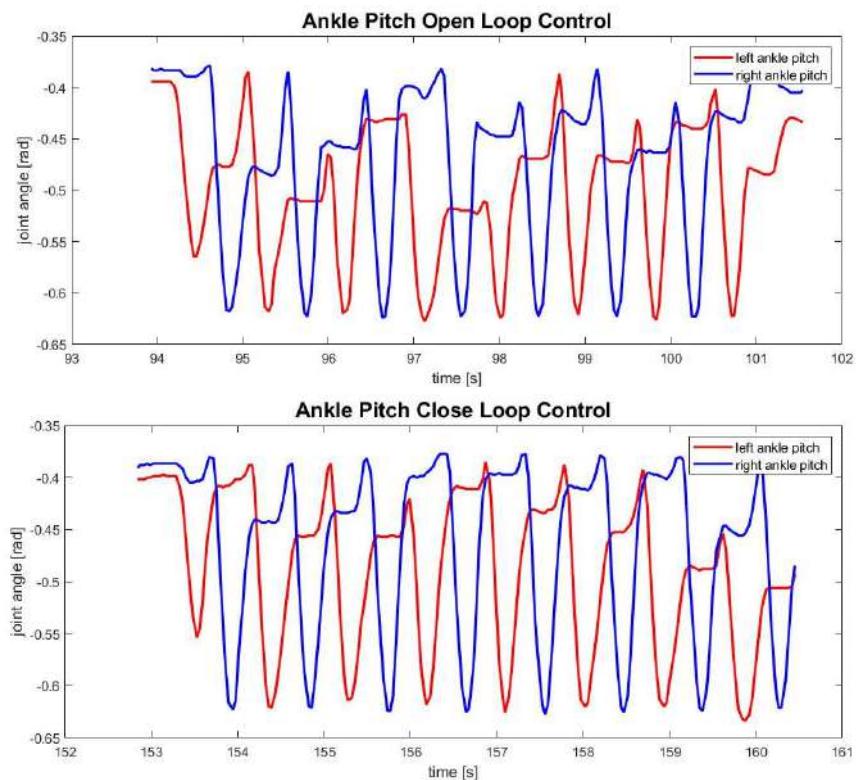


Figure 6. Comparison of the position chart of the humanoid robot's ankle pitch between movements that are not given feedback (open-loop control) to movements that are given feedback (close loop control). This shows that using a close loop can improve the stability of the motion of humanoid robots.

The graph provided by the motion given feedback from the servo (closed-loop control) is better than the movement that is not given feedback from the servo (open-loop control). This can be seen in **Figure 6**. The closed-loop position data from each part of the ankle pitch gives a steady trend.

Following the example, the position data of the humanoid robot section is at the knee pitch. Experiments were carried out by making humanoid robots move forward and then taking 10 seconds to compare material between movements that are not given feedback from the servo (open-loop control) with movements that are given feedback from the servo (closed-loop control). The whole process of motion adjustment refers to the gait generation, which is generally represented in **Figure 7**.

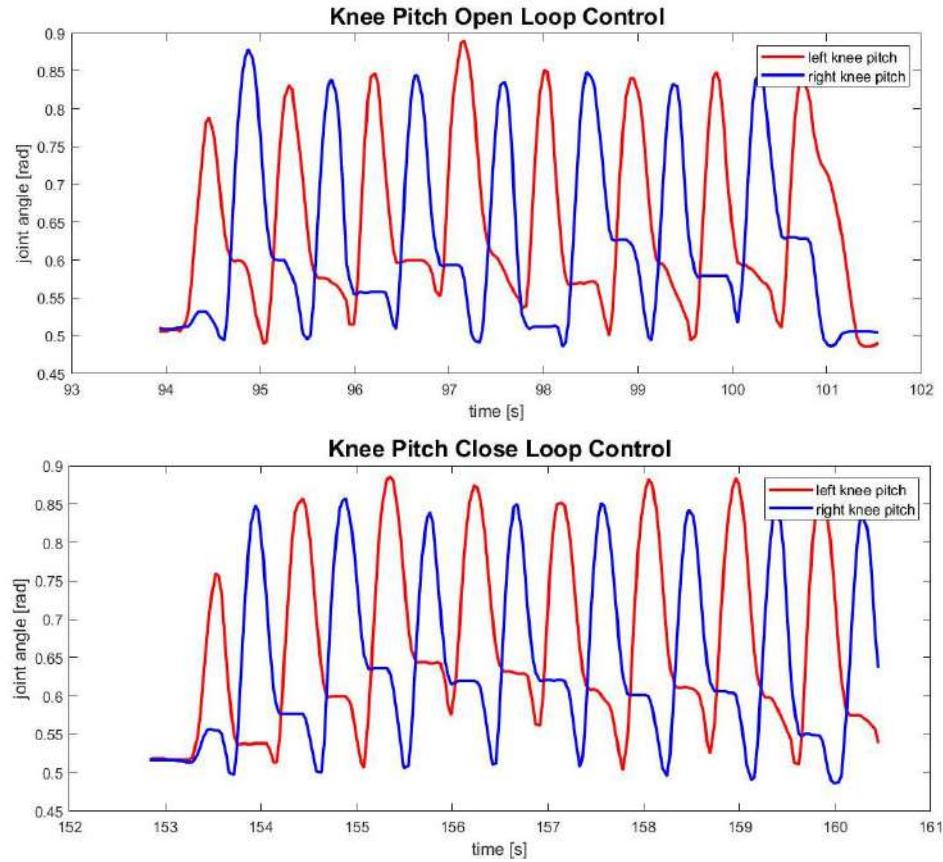


Figure 7. Comparison of the position chart of the humanoid robot's ankle pitch between movements that are not given feedback (open-loop control) to movements that are given feedback (close loop control). This shows that using a close loop can improve the stability of the motion of humanoid robots.

The data flow from all servos can be shown in **Figure 5**. The mini PC connects directly to the servos using U2D2 hardware to increase the data streams, providing real-time commands and position feedback from all servos. Sensor IMU (Inertial Measurement Unit) provides the robot's acceleration and orientation, and buttons are provided by the OpenCR board using the same bus of U2D2.

6. Conclusion

In this paper, automatic motion visualization based on ROS has been developed on the EROS humanoid robot platform to accelerate the process of adjusting humanoid robot movements when changing terrain, as stated in the RoboCup rules, also minimizing damage to humanoid robots when adjusting movements. Combining URDF models and gazebo simulators on ROS helps adjust the movement virtually. The existing GUI on the ROS makes it easy to change the position of each servo on humanoid robots and speed up knowing whether or not the movement. Experiments show satisfactory results for adjusting humanoid robot movements can be done virtually. The movement that is set virtually results in movements that tend to be stable in real humanoid robots; this has been proven in experiments that have been carried out. Our work has been successfully implemented in practice and achieved remarkable results in the actual application of humanoid robots.

7. References

- [1] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, and K. Fujimura, 'The intelligent ASIMO: System overview and integration', in *IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems*, 2002, vol. 3, pp. 2478–2483.
- [2] N. A. Radford *et al.*, 'Valkyrie: Nasa's first bipedal humanoid robot', *Journal of Field Robotics*, vol. 32, no. 3, pp. 397–419, 2015.
- [3] T. G. Newsroom, 'Toyota Unveils Third Generation Humanoid Robot T-HR3.(21 November 2017)', *Retrieved March*, vol. 21, p. 2018, 2017.
- [4] J. Englsberger *et al.*, 'Overview of the torque-controlled humanoid robot TORO', in *2014 IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, 2014, pp. 916–923.
- [5] G. Ficht *et al.*, 'NimbRo-OP2X: Adult-sized open-source 3D printed humanoid robot', in *2018 IEEE-RAS 18th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, 2018, pp. 1–9.
- [6] A. Farchy, S. Barrett, P. MacAlpine, and P. Stone, 'Humanoid robots learning to walk faster: From the real world to simulation and back', in *Proceedings of the 2013 international conference on Autonomous agents and multi-agent systems*, 2013, pp. 39–46.
- [7] G. Ficht, P. Allgeuer, H. Farazi, and S. Behnke, 'NimbRo-OP2: Grown-up 3D printed open humanoid platform for research', in *2017 IEEE-RAS 17th International Conference on Humanoid Robotics (Humanoids)*, 2017, pp. 669–675.
- [8] P. Allgeuer, H. Farazi, M. Schreiber, and S. Behnke, 'Child-sized 3D printed igus humanoid open platform', in *2015 IEEE-RAS 15th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, 2015, pp. 33–40.
- [9] R. W. Contributors, 'ROS/Introduction-ROS Wiki'. Aug, 2022.
- [10] R. O. S. Wiki, 'URDF', URL: <http://wiki.ros.org/urdf>. (Accessed 10 April 2022), 2022.
- [11] 'Rigid Body Dynamics Library: Mainpage'. <https://rbdl.github.io/> (accessed Mar. 23, 2022).
- [12] M. Missura and S. Behnke, 'Self-stable omnidirectional walking with compliant joints', 2013.
- [13] H. Farazi *et al.*, 'RoboCup 2016 Humanoid TeenSize Winner NimbRo: Robust Visual Perception and Soccer Behaviors', *arXiv preprint arXiv:1809.11127*, 2018.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Modified of Mixed Strategy Algorithm for Power Allocation on D2D Underlay Communication

I Suparta¹, Nur Rahma², Nachwan Adriansyah³, Vinsensius Prabowo^{4*}

¹ Universitas Telkom, Indonesia; yowansuparta@gmail.com

² Universitas Telkom, Indonesia; nurizza.rahma41@gmail.com

³ Universitas Telkom, Indonesia; nachwanma@telkomuniversity.ac.id

^{4*} Universitas Telkom, Indonesia; vinsensiusvsw@telkomuniversity.ac.id

Abstract: As time passes by, the need for telecommunication services will increase along with increasement of human's population. To anticipate the flooding requests of telecommunication services, one of the solutions offered is by implementing D2D communication, especially in 5G architecture. In D2D 5G, focusing on underlay communication D2D uses the same frequency spectrum, so that opportunity of interference may happen, but the value of spectral efficiency (SE) may increase as a result of the effectiveness of the spectral that occurs. In terms of financing and its development, underlay D2D communication is considered more profitable for service providers. Based on this point, the authors propose a novel algorithm of modified mixed strategy algorithm for power allocation to make the power transmission cost be more effective in terms of total power used for transmitting data and power efficiency. After the experiment conducted, the result shows that modified mixed strategy outperform baseline model which uses no power allocation algorithm by having a power efficiency 5x bigger compared to based model and also for the total power used, the proposed mixed strategy algorithm has up to 57.86% lesser total power used compared to baseline model.

Keywords: keyword 1; 5G 2; D2D 3; Underlay communication 4; Mixed strategy algorithm 5; Power allocation.

1. Introduction

As time passes by, human needs for the use of telecommunications technology is increasing. The growth of users of telecommunication services can be seen in data from the Indonesian Internet Service Providers Association (APJII). Based on the results of a survey conducted by this institution, there was an increase in internet users by 73.7% from 2019 to 2020, based on surveyed data, almost 266.9 million people in Indonesia use telecommunications technology services and this is predicted to continue to increase [1]. The problem between limited network bandwidth and the need for increasing resources is a challenge in increasing the capacity of a cellular network in a base station (BS).

One kind of way to overcome traffic congestion that occurs in BS is to implement Device to Device (D2D) communication system. D2D communication is communication that allows between mobile devices to communicate in a direct way without going through BS or evolved Node B (eNB) [2][3]. The advantages of using D2D communication in addition to being able to carry out data exchange without going through eNB are that it has low latency, increases the value of throughput, and reduces power usage in the delivery process data due to the characteristics of D2D communication that is able to provide access to users to carry out direct link communication if they

are in an adjacent position [4]. D2D communication can work on both the outband and inband spectrum. In inband spectrum allocation schemes, D2D communication can take place in overlays or underlays. In D2D overlay communication, there is no overlapping of the frequencies used, so this technique focuses on utilizing existing resources so that it is expected that no resources are wasted, on the other hand, the D2D underlay uses the same frequency spectrum, so that opportunities the occurrence of interference may happen, but the value of spectral efficiency (SE) may increase as a result of the effectiveness of the spectral that occurs. In terms of financing and its development, underlay D2D communication is considered more profitable for service providers [5].

Related studies on the use of underlay D2D communication have been carried out to minimize the effects of interference that occur as a result of the use of the same RB. In the study [6], Yucheng Wu et al conducted a trial to improve energy efficiency in D2D communication by separating power control and channel allocation into sub-problems to be solved. For power control problems, the category based on the Lambert W function is used to improve energy efficiency in the D2D pair, while for the channel allocation problem, the Gale-Shapley algorithm is used to generate channel preferences that can be used for increasing the signal to interference plus noise ratio (SINR) in mobile users and energy efficiency in the D2D pair, the results obtained that the algorithm used succeeded in improving energy efficiency and improving the quality of transmission rate. Other research [7], utilizing deep learning model reinforcement learning, this model works through trial and error to be able to produce optimal decisions in the context of D2D communication in order to improve power allocation, while still maintaining good quality. The results of this study successfully showed that the non-cooperative deep learning reinforcement algorithm method can improve performance in real-time scenarios and provide optimal QoS values. Another study [8] promoted the benefits of heuristic-based greedy and mean greedy algorithms for allocating RB in D2D communication which aims to improve system data rates. The use of these two heuristic-based algorithms has succeeded in increasing the overall system data rate.

Different from previous studies, the authors take an initiative to utilize the game theory mixed strategy algorithm on the power allocation used, combined with the greedy algorithm for the allocation of resource blocks in underlay D2D communication. The results of the designed simulation will then be compared with underlay D2D communication which only uses algorithm greedy for allocating the resource blocks used.

2. Materials and Methods

2.1 Greedy Algorithm

Greedy algorithm is an algorithm that is generally used to perform scheduling by allocating RB by selecting the maximum channel quality condition, so that the user will get the best channel. Once the RB is properly allocated to the user, the RB that has been used cannot be reused for the next user, this process occurs iteratively until all D2D pairs obtain the mobile user resource [9].

2.2 Mixed Strategy Approach

Mixed strategy is one part of game theory that allows mobile devices to not only choose one action to be performed, but can choose several actions depending on the circumstances, per-lift forms a probability of the action to be performed to achieve a condition called the Nash Equilibrium Point [7]. In its implementation, the mix strategy algorithm is an algorithm that can be used for power

allocation in an underlay uplink communication scheme that allows the device to use optimal power according to the needs of the user, the process of obtaining calculations from optimal power usage is called the term Nash Equilibrium Point [10]. This condition plays a role in making power usage decisions in CUE communication and D2D pairs.

2.3 Proposed Model

The scenario proposed is by variating the number of D2D pairs starting from 10 to 20 pairs of D2D pairs within a cell radius of 500 m. Each CUE can only share one of the same RB with a D2D pair. The study begins with the initialization of the pair of D2D and CUE, then spread randomly. After the user spread is carried out, then SINR calculations are carried out on BS and on D2D recipients. For RB allocation, allocation is done using an iterative greedy algorithm so that all D2D pairs are allocated. After greedy algorithm successfully deployed, the next step is by allocating power for transmitting data, but before that, there are three schemes in the resource allocation that is implemented, first, the maximum capacity value is obtained from summing the total capacity of the CUE and the D2D pair then allocated using a greedy algorithm to process it as input for power allocation.

Table 1. Proposed scheme parameter

Parameter	Value
Radius Cell	500m
Radius D2D	50m
D2D Pairs	10:20:1
Total CUE	20
Transmit Power CUE	0,2 W
Transmit Power D2D	0,1 W
Noise Energy Thermal	10^{-7} W
Transmit Frequency	2,3 GHz
Bandwidth Channel	5 MHz
Model Pathloss	$\log \text{distance model pathloss}$
Pathloss exponent value	3

The second variation is done by calculating the allocation of resources using the total capacity of the CUE, then the results are projected to the total results of the D2D pairs, so that they become different inputs for the next process and the last one by utilizing the total capacity of the D2D pairs which are then processed for resource allocation, after obtaining the results, then projected at the total capacity of the CUE, so the authors have three inputs for the next process. Once the RB is allocated, the result

will be an input for the modified mixed strategy algorithm. The modified mix strategy algorithm has a power value range of 20-200 mw per pair, so in its realization, this algorithm will help in allocating the most efficient power that can be used to transmit data. The results obtained are then tested with performance parameters and compared with conditions before using the mixed strategy algorithm. The parameters of the proposed scenario can be seen in Table 1.

2.4 Performance Parameters

2.4.1 Sum Data Rate

Sum data rate is total data rate that is given by adding data rate on both of CUE of this D2D communication, they are D2D pairs and CUE. Sum data rate having impact on other performance parameters, thus sum data rate value must be the best value possible in order giving any best for this simulation. Sum data rate is given by:

$$SR = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (x_{i,j} \mu C_{i,j}) + (x_{i,j} \mu D_{i,j}) \quad (1)$$

2.4.2 Power Efficiency

Power efficiency is a data rate value that is sent divided by total power (bps/mWatt). Power efficiency shows how efficient power that is used. Power efficiency formula can be seen in:

$$PE_{i,j} = \frac{SR}{P_C + P_D} \quad (2)$$

SR is sum data rate value, P_C is transmitted power from CUE and P_D is transmit power from D2D.

2.4.3 Spectral Efficiency

Spectral efficiency (SE) is performance parameters which use to know the use of resource blocks (RB) allocation [11]. Spectral efficiency shows how many bits are transmitted every second toward bandwidth that is given (bps/Hz). SE equation can be seen in:

$$SE_{i,j} = \sum_{k=1}^C \log_2 \left(1 + \frac{p_C^k g_C^k}{\sum_{i=1, j \neq i}^N \gamma_{j,c} p_j^c g_j^c + N_0} \right) \quad (3)$$

$$SE_{i,j} = \frac{SR}{rb \cdot B} \quad (4)$$

2.4.4 Total Power Used

Total power used is a performance parameter that is used for evaluating the power used when transmitting information which transmitted in form of Watt/mWatt. The equation of total power used can be seen in:

$$TE_{i,j} = P_C \cdot N + P_D \cdot M \quad (5)$$

P_C is transmit power of CUE times by N, which is total of CUE used and P_D is transmit power D2D times by M which is total of D2D pairs.

3. Results

This section will show about the result of proposed work compared to traditional method in form of graphic information for every result of performance parameters that being tested.

3.1. Sum Data Rate Result

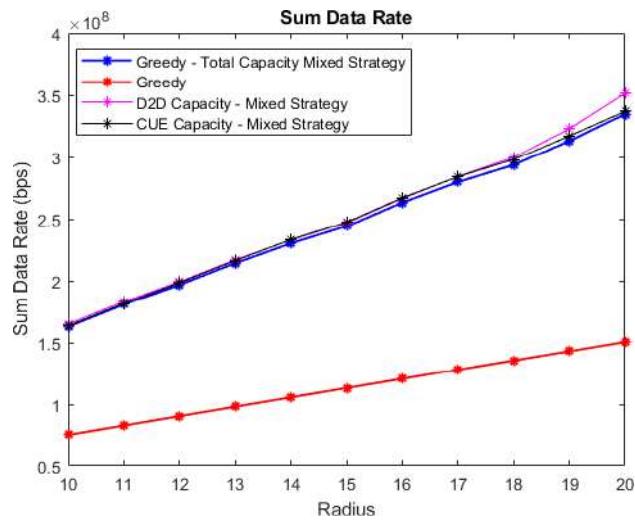


Figure 1. Sum Data Rate Result

3.2. Power Efficiency Result

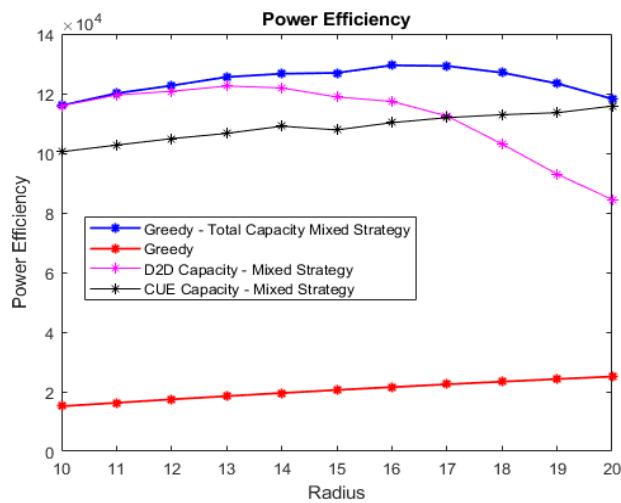


Figure 2. Power Efficiency Result

3.3 Spectral Efficiency Result

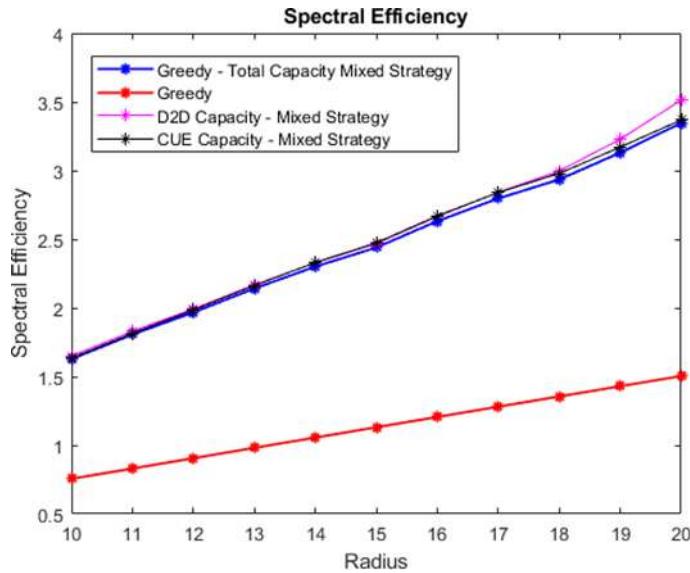


Figure 3. Spectral Efficiency Result

3.4 Total Power Used

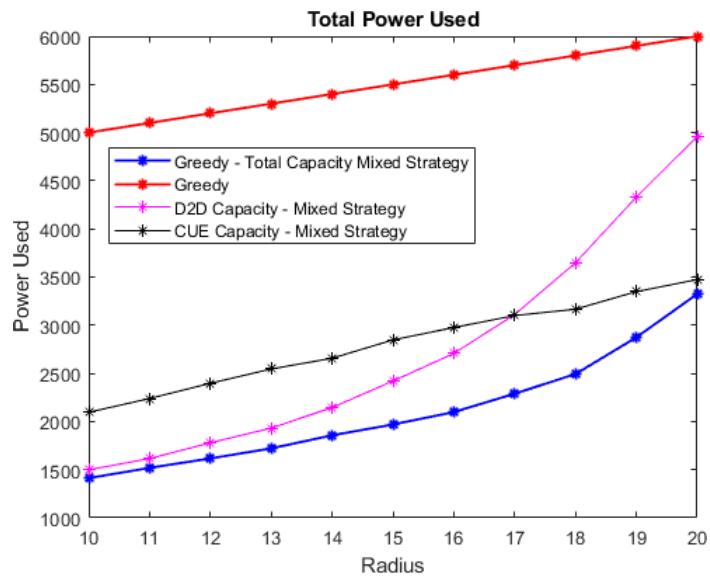


Figure 4. Total Power Used Result

4. Discussion

Based on graphic chart that shown in chapter 3, we can conclude that proposed mixed strategy algorithm successfully outperforms based model which only uses greedy algorithm for RB allocation. The result in term of value shown in **Table 2.**, **Table 3.**, **Table 4.**, and **Table 5.**

Table 2. Sum Data Rate Result

Algorithm	Sumrate (bps)	Percentage
<i>Total Capacity Mixed Strategy</i>	2.470×10^8	120.53%
<i>D2D Capacity Mixed Strategy</i>	2.490×10^8	122.32%
<i>CUE Capacity Mixed Strategy</i>	2.472×10^8	120.71%
<i>Greedy</i>	1.12×10^8	-

Table 3. Power Efficiency Result

Algorithm	Power Efficiency (bps/mWatt)	Percentage
<i>Total Capacity Mixed Strategy</i>	12.37×10^4	509.35%
<i>D2D Capacity Mixed Strategy</i>	11.15×10^4	449.26%
<i>CUE Capacity Mixed Strategy</i>	10.86×10^4	434.97%
<i>Greedy</i>	2.03×10^4	-

Table 4. Spectral Efficiency Result

Algoritma	Spectral Efficiency (bps/Hz)	Percentage
<i>Total Capacity Mixed Strategy</i>	2.321	107.04%
<i>D2D Capacity Mixed Strategy</i>	2.51	123.90%
<i>CUE Capacity Mixed Strategy</i>	2.326	107.49%
<i>Greedy</i>	1.121	-

Table 5. Total Power Used

Algoritma	Total Power Used (mWatt)	Percentage
<i>Total Capacity Mixed Strategy</i>	2106.61	-57.86%
<i>D2D Capacity Mixed Strategy</i>	2739.48	-45.21%
<i>CUE Capacity Mixed Strategy</i>	2804.23	-43.91%
<i>Greedy</i>	5000	-

5. Conclusions

The existence of 5G Underlay communication arises a hope of future communication which allows users communicate each other directly without passing eNB. The aim of this propose to make sure all RB are allocated along with the use of transmit power to transmit the data from Tx to Rx transmit well. The propose model successfully outperform baseline model in every performance parameters. For the sum data rate, our proposed model successfully outperforms baseline model up to 120.71%, for power efficiency result, our proposed model successfully has a higher result, up to 12.37×10^4 bps/mWatt. In term of spectral efficiency, out proposed model successfully outperforms baseline model by having up to 123.90% spectral efficiency, for total power sued, our proposed model successfully uses lesser power, up to 57.86% compared to baseline odel. Hopefully in future this model can be used also for deploying 5G conventional communication along with additional system to make sure the interference can be avoided.

6. References

1. Nurya P., "Pengaruh Kualitas Layanan Internet Service Provider Seluler Pada Kepuasan Mahasiswa Terhadap Perkuliahan Daring Masa Pandemi Covid-19". Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Surabaya, 2021.
2. R. I. Ansari et al., "5G D2D Networks: Techniques, Challenges, and Future Prospects," IEEE Systems Journal, vol. 12, no. 4, pp. 3970–3984, Dec. 2018.
3. U. N. Kar and D. K. Sanyal, "An overview of device-to-device communication in cellular networks," ICT Express, vol. 4, no. 4. Korean Institute of Communications Information Sciences, pp. 203–208, Dec. 01, 2018.
4. X. Song, X. Han, Y. Ni, L. Dong, and L. Qin, "Joint uplink and downlink resource allocation for D2D communications system," Future Internet, vol. 11, no. 1, Jan. 2019.
5. O. Hayat, R. Ngah, and Y. Zahedi, "In-Band Device to Device (D2D) Communication and Device Discovery: A Survey," Wireless Personal Communications, vol. 106, no. 2, pp. 451–472, May 2019.
6. S. Liu, Y. Wu, L. Li, X. Liu, and W. Xu, "A Two-Stage Energy-Efficient Approach for Joint Power Control and Channel Allocation in D2D Communication," IEEE Access, vol. 7, pp. 16940–19951, 2019.
7. K. K. Nguyen, T. Q. Duong, N. A. Vien, N. A. Le-Khac, and M. N. Nguyen, "Non-cooperative energy efficient power allocation game in D2D communication: A multi-agent deep reinforcement learning approach," IEEE Access, vol. 7, pp. 100480–100490, 2019.
8. M. Erza, F. Putrafasa, A. Fahmi, V. Sigit, and W. Prabowo, "eProceedings of Engineering, 2020.
9. Universitas Telkom. IoT Center, IEEE Communications Society. Indonesia Chapter, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, Proceedings, 2019 IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob), 2019.
10. S. Selmi and R. Bouallegue, "Interference Aware Algorithm For D2D Communications Underlay Cellular Network A Mixed Strategy Approach." IEEE International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2019.

11. F. Haider, C. X. Wang, H. Haas, E. Hepsaydir, X. Ge, and D. Yuan, "Spectral and energy efficiency analysis for cognitive radio networks," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 6, pp. 2969–2980, Jun. 2015.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah

Anggara Trisna Nugraha^{1*} and Reza Fardiyani As'ad²

^{1*} Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; anggaranugraha@ppns.ac.id

² Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; rezafardiyani@student.ppns.ac.id

Abstrak: Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir kebeban. Salah satu permasalahan permasalahan pada Panel Hubung Bagi (PHB) adalah terjadinya perubahan tegangan yang fluktuatif serta gangguan yang ditimbulkan akibat pengembunan karena nilai kelembapan yang tinggi. Berdasarkan penelitian terdahulu, solusi untuk meminimalisir permasalahan tersebut adalah dengan adanya pengoptimalan suhu dan kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB). Sehingga pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh kontrol fan dan heater terhadap suhu dan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB). Berdasarkan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki rata-rata eror persentase pembacaan yang relatif kecil yaitu sensor MLX90614 adalah 3,22%; dan sensor SHT20 untuk pembacaan suhu ruang dan kelembapan secara berurutan adalah 2,30% dan 1,59%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pengstabil suhu dan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB) yang dikembangkan mampu mengontrol suhu awal untuk mencapai set point dengan rentang waktu rata-rata selama 6 menit 04 detik. Alat tersebut juga dapat menurunkan kelembapan dari nilai setpoint high pada 90%RH menjadi setpoint low pada 50%RH dengan rentang waktu relatif cepat yaitu selama 5 menit. Untuk dapat lebih mengoptimalkan waktu penurunan suhu dan kelembapan, saran untuk kelanjutan penelitian ini adalah dengan memberi metode pengontrolan. Metode pengontrolan yang diberikan pada kontrol fan dapat membuat kinerja putaran fan dapat lebih optimal, sehingga suhu dalam panel dapat stabil. Lalu, metode pengontrolan pada heater dapat diharapkan membuat heater dapat mencapai setpoint nilai kelembapan dengan cepat, sehingga kelembapan panel dapat terjaga.

Kata Kunci: Panel Hubung Bagi (PHB), Suhu, Kelembapan, Kontrol Fan dan Heater.

1. Pendahuluan

Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkuit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkuit akhir kebeban yang berupa beberapa titik lampu dan kotak-kontak keperalatan listrik yang berada dalam bangunan [1]. Perangkat Hubung Bagi sendiri terdiri dari berbagai komponen seperti pemutus arus, kabel penghantar, dan alat ukur. Sumber panas pada Perangkat Hubung Bagi biasanya berasal dari komponen yang melebihi kapasitas beban. Panas yang terjadi dapat menghasilkan percikan api pada komponen. Selain suhu panas, kelembapan panel dapat menimbulkan bahaya, kelembapan yang

tinggi dapat menyebabkan pengembunan. Jika air embun tersebut mengenai komponen elektrikal dapat menyebabkan konslet.

Menurut data pada penelitian yang dilakukan oleh (Suherman and Riky, 2018) yang melakukan pengecekan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah, didapatkan bahwa terjadi perubahan nilai tahanan kontak saat suhu naik. Dimana pada saat 28°C nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah $130\mu\Omega$; $169\mu\Omega$; $151\mu\Omega$ dan pada saat 29°C nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah $127,3\mu\Omega$; $163,9\mu\Omega$; $164,5\mu\Omega$ [2]. Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things. Berdasarkan penelitian dari Rahman dan Broto dalam jurnal yang berjudul "Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things", salah satu cara untuk mengoptimalkan nilai suhu dan kelembapan pada sebuah panel adalah dengan menggunakan fan dan heater [3].

Penelitian ini menggunakan penelitian sebelumnya sebagai acuan dan melakukan pengembangan dari penelitian tersebut. Pada tahun 2018 dilakukan penelitian oleh Muzakki yang meneliti alat pendekksi debu pada panel [4]. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor debu untuk mendekksi debu pada ruang panel dan menggunakan kipas untuk membersihkan ruang panel dari debu. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sanaji dan Azhari menggunakan kipas untuk mengontrol suhu ruangan pada panel [5]. Lalu, penelitian lain yang berfokus pada kubikel tegangan menengah yang dilakukan oleh Lestari dkk. menggunakan heater yang dikontrol untuk mengontrol nilai kelembapan kubikel tegangan menengah [6].

1. Dari permasalahan yang ada, penulis ingin membuat tugas akhir prototype penstabil kinerja panel hubung bagi berbasis PLC. Sistem tersebut dapat melakukan pengontrolan suhu dan kelembapan, sehingga suhu dan kelembapan pada panel hubung bagi dapat optimal. Pengoptimalan suhu dan kelembapan tersebut dapat mengurangi terjadinya perubahan tegangan yang fluktuatif yang disebabkan menurunnya nilai tahanan kontak serta gangguan yang ditimbulkan akibat pengembunan karena nilai kelembapan. **Metode dan Material**

A. Material

1) Perlengkapan Hubungi Bagi

Perlengkapan Hubung Bagi istilah umum yang mencakup gawai saklar dan kombinasinya dengan perlengkapan kendali, ukur, proteksi dan pengatur terkait, juga rakitan gawai dan perlengkapan tersebut dengan interkoneksi, lengkapan, selungkup dan struktur penyangga terkait, yang dimaksudkan secara prinsip untuk penggunaan dalam pembangkitan, transmisi, distribusi dan konversi energi listrik [7]. Sedangkan Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali merupakan perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran switchgear and controlgear [7].

Perlengkapan hubung bagi salah satunya adalah panel hubung bagi. Panel hubung bagi merupakan perlengkapan hubung bagi yang pada tempat pelayanannya berbentuk suatu panel atau kombinasi panel-panel, terbuat dari bahan konduktif atau tidak konduktif yang dipasang pada suatu rangka yang dilengkapi dengan perlengkapan listrik seperti saklar, kabel dan rel serta peralatan proteksi [8].

2) Standar Suhu dan Kelembapan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)

Berdasarkan SPLN D3.020-1:2019 pada bagian nomor tentang kondisi pelayanan bahwa kondisi pelayanan normal adalah sebagai berikut [9]:

1. Pasangan dalam;
2. Suhu udara sekitar tidak melebihi 40°C dan suhu rata-ratanya sepanjang 24 jam tidak melebihi 35°C ;

3. Kelembapan relatif rata-rata diukur selama 24 jam tidak melebihi 95% dan kelembapan relatif rata-rata diukur selama satu bulan tidak melebihi 90%;
4. Ketinggian tempat pemasangan tidak melebihi 1000 meter dari permukaan air laut.

Berdasarkan PUIL 2011 arus yang dihantarkan oleh setiap konduktor untuk periode berkesinambungan selama operasi normal harus sedemikian sehingga batas suhu yang sesuai yang ditentukan dalam Tabel 1 [7].

Tabel 1. Suhu operasi maksimum untuk jenis insulasi

No.	Jenis Insulasi	Batas Suhu (°C)
1.	Polivinil klorida (PVC)	70
2.	Polietilen ikat silang (XLPE) dan karet propilen etilen (EPR)	90
3.	Mineral (ditutup PVC atau polos dapat disentuh)	70
4.	Mineral (polos tidak dapat disentuh dan tidak kontak dengan bahan yang mudah terbakar)	105

3) PLC

PLC merupakan suatu perangkat electronic digital dengan memori yang diproduksi oleh Schneider dan dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifikasi seperti: logika, sekuen, timing, aritmatika dan counting untuk mengontrol suatu mesin di industri. Dalam mengeksekusi program, memerlukan waktu scan untuk siklus eksekusi. Waktu scan ini terdiri dari beberapa proses, yakni pembacaan masukan, proses program dan pengeluaran keluaran. Proses pemasukan masukan merupakan proses membaca modul *input* yang digunakan. Proses program merupakan proses PLC dalam mengolah data *input* sesuai dengan program yang dibuat. Proses pengeluaran keluaran dalam proses PLC dalam mengeluarkan data yang akan dikeluarkan pada PLC. Dan semua proses ini dikeluarkan berurutan dan akan selalu berulang [10].

4) Sensor SHT20

Sensor kelembapan dan suhu SHT20 dari Sensirion telah menjadi standar industri dalam hal faktor bentuk dan kecerdasan. Sensor SHT20 berisi sensor kelembapan tipe kapasitif, sensor suhu tipe celah pita, dan sirkuit terintegrasi analog dan digital khusus – semuanya dalam satu chip CMOSens® [11]. Pembacaan sensor SHT20 dalam pembacaan tingkat kelembapan adalah pada range 0 – 100 %RH dengan tingkat akurasi $\pm 3.0\text{ %RH}$ [11].. Sedangkan dalam pembacaan nilai temperatur adalah pada range -40 – 125 °C dengan tingkat akurasi $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ [11].

5) Sensor MLX90614

Sensor suhu MLX90614 merupakan termometer inframerah untuk pengukuran suhu tanpa bersentuhan objek. Sensor ini terdiri chip detector yang peka terhadap suhu berbasis inframerah dan pengondisian sinyal ASSP yang mana terintegrasi dengan TO-39. Sensor ini didukung dengan penguat berderau rendah, ADC 17 bit, unit DSP dan thermometer yang memiliki akurasi dan resolusi tinggi [12]. Termometernya terkalibrasi dengan *output* digital dari PWM dan SMBus [12]. Sebagai PWM 10 bit akan menunjukkan perubahan suhu yang akan diukur secara terus menerus dengan jangkauan suhu pada sensor -40°C sampai dengan 120°C dan jangkauan objek dari - 70°C sampai dengan -380°C [12].

6) Heater

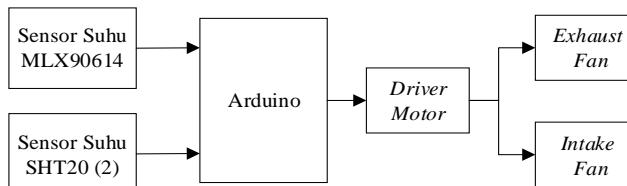
Elemen pemanas adalah elemen yang memiliki resistansi tinggi, kemudian dialiri listrik dan menghasilkan panas. Elemen panas yang digunakan dibedakan menjadi dua yaitu elemen pemanas bentuk awal dan elemen pemanas bentuk lanjutan. Elemen pemanas bentuk lanjutan sudah mengalami pengembangan, seperti penambahan lapisan logam pipa ataupun lembaran plat pada badan elemen pemanas [13].

7) Motor Driver L298N

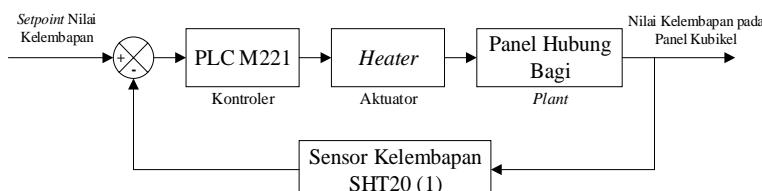
Motor Driver L298N merupakan modul motor driver ganda atau memiliki 2 *output*. Sehingga motor driver jenis dapat mengontrol 2 motor sekaligus hingga 2A. Motor driver L298N juga dapat dihubungkan dengan saklar manual sederhana, gerbang logika TTL, relay, dll. Modul ini juga dilengkapi dengan indikator LED daya, regulator +5V on-board, dan dioda perlindungan [14].

2. Metode

Metode kontrol yang digunakan dalam sistem pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi tegangan rendah dibagi menjadi 2 yaitu metode pengontrolan pada *fan* dan metode pengontrolan pada *heater*. *Input* dari sistem kontrol tersebut adalah sensor MLX90614 dan sensor SHT20. Sedangkan *Output* dari sistem kontrol adalah Exhaust Fan, Intake Fan, dan Heater.



Gambar 1. Diagram Blok Kontrol Fan



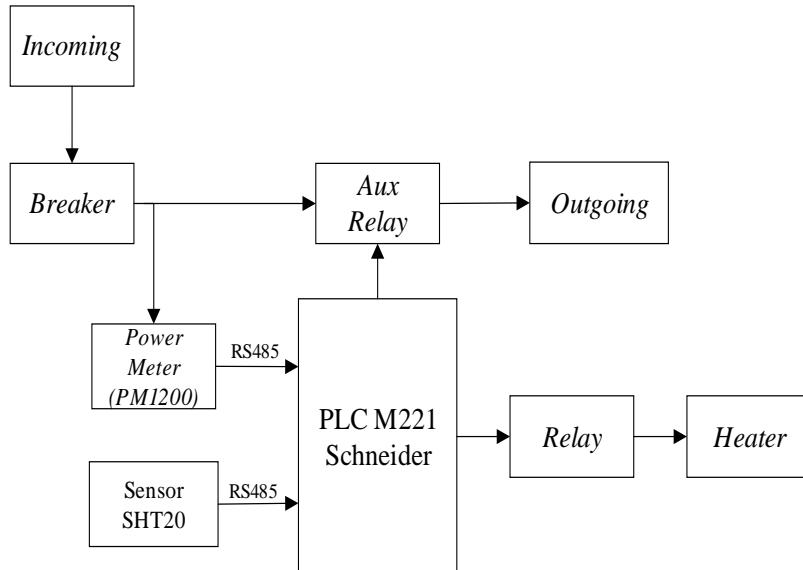
Gambar 2. Diagram Blok Kontrol Heater

Pengontrolan *fan* menggunakan metode LOGIKA 'IF' sederhana dalam mengontrol kecepatan kipas. Akan ada beberapa nilai suhu yang akan menjadi setpoint acuan pengontrolan kecepatan kipas. Setpoint acuan pada pengontrolan kipas diambil berdasarkan PUUL 2011 yakni 30°C, 35°C, dan 40°C [7]. Sehingga kipas akan terus beroperasi namun dengan kecepatan yang bervariasi tergantung pada nilai suhu dalam panel. Pengontrolan *heater* dilakukan dengan menggunakan metode on/off otomatis. Sehingga, hanya ada 2 nilai setpoint yakni setpoint low senilai 60%RH dan setpoint high senilai 95%RH yang mengontrol kerja *heater*.

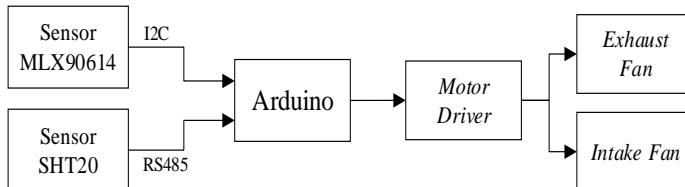
Tabel 2. Kondisi *Input* dan *Output* saat pengontrolan

Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>
Suhu $\leq 30^{\circ}\text{C}$	Kecepatan <i>Fan</i> = 600 RPM
$30^{\circ}\text{C} < \text{Suhu} < 35^{\circ}\text{C}$	Kecepatan <i>Fan</i> = 1200 RPM
$35^{\circ}\text{C} < \text{Suhu} < 40^{\circ}\text{C}$	Kecepatan <i>Fan</i> = 1800 RPM
$\text{Suhu} \geq 40^{\circ}\text{C}$	Kecepatan <i>Fan</i> = 2300 RPM
Kelembapan $> 95\%\text{RH}$	<i>Heater</i> ON
Kelembapan $< 60\%\text{RH}$	<i>Heater</i> OFF

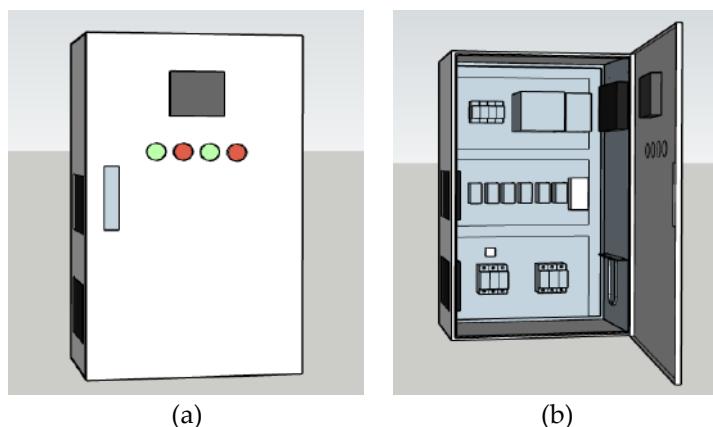
Dengan mengacu pada diagram blok pada Gambar 1 dan Gambar 2, maka diagram blok perencanaan sistem dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Dikarenakan sistem pengontrolan dalam alat ini menggunakan 2 sistem, maka sistem pengontrolannya juga dibagi menjadi 2 sistem.



Gambar 3. Perancangan dan Desain Sistem pada PLC



Gambar 4. Perancangan dan Desain Sistem pada Arduino



Gambar 5. Perancangan Mekanik: (a) Tampak Luar ; (b) Tampak Dalam

Pada perancangan alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) ini terdiri dari sensor MLX90614, sensor SHT20, PLC, mikrokontroler arduino, relay, motor driver L298N dan exhaust fan serta intake fan. Adapun desain sistem alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) pada sistem PLC dapat dilihat pada Gambar 3 dan desain sistem alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) pada sistem Arduino dapat dilihat pada Gambar 4. Serta komponen pada Gambar 5 (a) dan Gambar 5 (b) adalah Power Meter, Push Button ON, Push

Button OFF, Lampu OFF, Lampu ON, PLC, Power Supply, Exhaust *Fan*, MCB 1 Phase, Relai, Intake *Fan*, Sensor MLX90614, Sensor SHT20, Heater, MCB 3 Phase.

3. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tingkat kehandalan sistem pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB). Pengujian dilakukan menjadi 2 bagian yaitu pengujian kalibrasi pada tiap sensor dan aktuator yang digunakan dan pengujian sistem yang telah terintegrasi semua komponennya. Pengujian dilakukan pada laboratorium instrumentasi dan laboratorium mesin listrik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

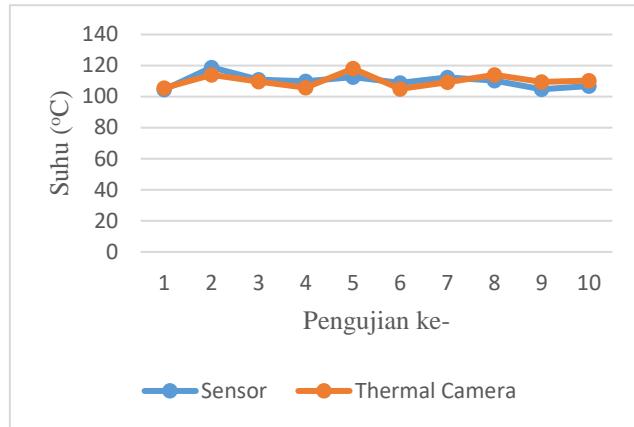
3.1. Kalibrasi Sensor MLX90614

Pengujian sensor suhu objek MLX90614 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan MLX90614 pada suhu suatu objek. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan MLX90614 dengan pembacaan Camera Thermal Krisbow. Data yang didapatkan dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Pembacaan Suhu Objek MLX90614

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Alat Ukur (°C)	Error (%)
1	104,48	105,6	1,06
2	118,83	114,1	4,15
3	110,89	109,7	1,08
4	109,83	105,7	3,91
5	112,61	118,1	4,65
6	108,97	105	3,78
7	112,46	109,3	2,89
8	110,38	114,1	3,26
9	104,72	109,5	4,37
10	106,9	110,3	3,08
Rata-rata	110,01	110,14	3,22

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 110,01 °C dan rata-rata pembacaan multimeter 110,14 °C. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 3,22%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor MLX90614 dapat beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 6. Grafik Pembacaan Suhu Objek oleh Sensor dan Thermal Camera

3.2. Kalibrasi Sensor SHT20

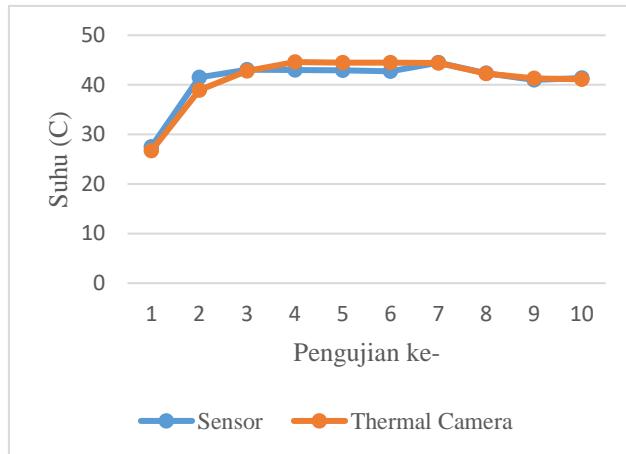
Sensor SHT20 dalam tugas akhir ini digunakan sebagai pembaca suhu ruangan dan kelembapan pada panel hubung bagi. Pengujian yang dilakukan terdiri dari kalibrasi pembacaan suhu ruangan dan pembacaan kelembapan. Berikut merupakan hasil kalibrasi sensor SHT20.

A. Kalibrasi Nilai Suhu Ruangan Pembacaan Sensor

Pengujian sensor suhu ruangan SHT20 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan SHT20 pada suhu ruangan. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan MLX90614 dengan pembacaan Camera Thermal Krisbow. Alat yang digunakan untuk menaikkan suhu ruang panel pada saat pengujian adalah *hair dryer*. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Pembacaan Suhu Ruangan SHT20

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Alat Ukur (°C)	Error (%)
1	27,52	26,7	3,07
2	41,51	38,9	6,71
3	43,03	42,8	0,54
4	42,96	44,6	3,68
5	42,95	44,5	3,48
6	42,73	44,5	3,98
7	44,47	44,4	0,16
8	42,33	42,3	0,07
9	41,02	41,3	0,68
10	41,37	41,1	0,66
Rata-rata	41,37	41,11	2,30



Gambar 7. Grafik Pembacaan Suhu Ruang oleh Sensor dan Thermal Camera

Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 38,36 °C dan rata-rata pembacaan multimeter 40,57 °C. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 5,23%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor SHT20 dalam membaca suhu ruang panel beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.

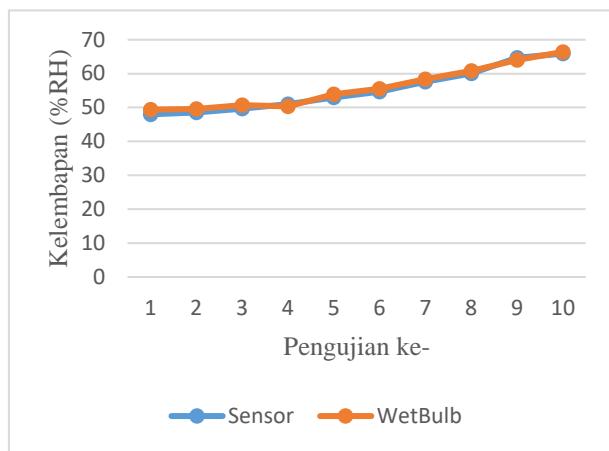
B. Kalibrasi Nilai Kelembapan Pembacaan Sensor

Pengujian sensor kelembapan SHT20 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan SHT20 pada kelembapan ruangan. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan SHT20 dengan pembacaan WetBulb. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Pembacaan Kelembapan SHT20

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (%RH)	Pembacaan Alat Ukur (%RH)	Error (%)
1	48	49,4	2,83
2	48,5	49,6	2,22
3	49,7	50,7	1,97
4	51	50,3	1,39
5	53	53,9	1,67
6	54,7	55,5	1,44
7	57,6	58,4	1,37
8	60,1	60,8	1,15
9	64,7	64	1,09
10	65,9	66,4	0,75
Rata-rata	55,32	55,9	1,59

Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 55,32%RH dan rata-rata pembacaan WetBulb adalah 55,9%RH. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 1,59%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor SHT20 dalam membaca kelembapan panel dapat beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 8. Grafik Pembacaan Suhu Ruang oleh Sensor dan Thermal Camera

3.3. Kalibrasi Motor Driver L298N

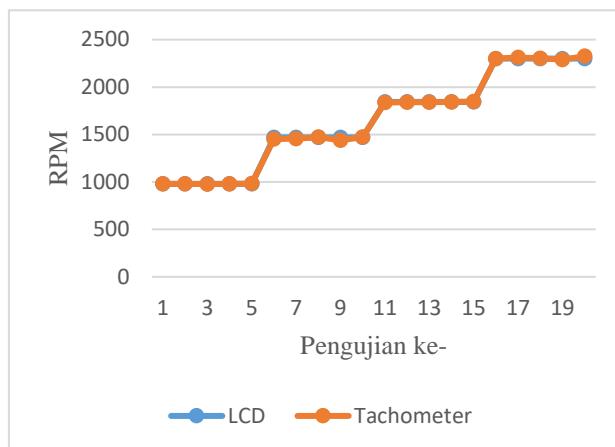
Tabel 6. Hasil Pengujian Motor Driver L298N

No.	Tampilan LCD (PWM)	Pembacaan LCD (RPM)	Pembacaan Alat Ukur (RPM)	Persentase Error (%)
1.	100	980	979,1	0,09
2.		980	981,3	0,13
3.		980	977,3	0,28
4.		980	981,1	0,11
5.		980	984,6	0,47
6.	150	1470	1452	1,24
7.		1470	1455	1,03
8.		1470	1471	0,07
9.		1470	1440	2,08
10.		1470	1471	0,07
11.	200	1843	1837	0,33
12.		1843	1840	0,16
13.		1843	1839	0,22
14.		1843	1842	0,05
15.		1843	1847	0,22
16.	255	2300	2298	0,09
17.		2300	2314	0,61
18.		2300	2301	0,04
19.		2300	2290	0,44
20.		2300	2325	1,08
Rata-rata persetase error (%)				0,44

Motor Driver L298N dalam tugas akhir ini digunakan sebagai pengontrol kecepatan intake *fan* dan exhaust *fan*. Pengontrolan dilakukan berdasarkan sinyal PWM yang dikirimkan Motor Driver

L298N. Pengujian yang dilakukan adalah kalibrasi pembacaan PWM yang dikirimkan pada Motor Driver L298N dengan *output* tegangan yang dihasilkan Motor Driver L298N. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 6.

Berdasarkan data pada Tabel 4,11 dapat diketahui bahwa Motor Driver L298N dapat melakukan kontrol kecepatan motor berdasarkan PWM dari microcontroller Arduino. Perbandingan RPM yang diperoleh dari mapping PWM pada Arduino dengan RPM hasil pembacaan tachometer menghasilkan rata-rata -error persentase adalah senilai 0,44%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aktuator Motor *Driver* L298N beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 9. Grafik Pemberian PWM dan Pembacaan RPM oleh Alat Ukur

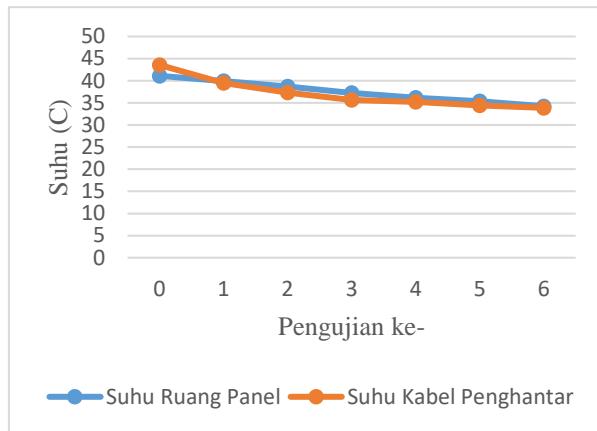
3.4. Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Pengujian pertama ini dilakukan dengan memodifikasi suhu panel sehingga panel dalam kondisi panas dengan nilai suhu $41,11^{\circ}\text{C}$. Sedangkan nilai suhu kabel penghantar dari *incoming* yaitu $43,57^{\circ}\text{C}$. Pada saat pengujian nilai suhu sekitar panel yaitu 34°C . Berikut adalah data yang diperoleh saat pengujian yang akan ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Suhu Awal Ruang Panel ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Awal Kabel Penghantar ($^{\circ}\text{C}$)	Menit ke-	Suhu Akhir Ruang Panel ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Akhir Kabel Penghantar ($^{\circ}\text{C}$)
41,11	43,57	0	41,11	43,57
		1	39,89	39,47
		2	38,68	37,33
		3	37,27	35,63
		4	36,16	35,22
		5	35,35	34,43
		6	34,23	33,87

Berdasarkan Tabel 7, hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 10. Hal ini bertujuan untuk melihat lebih jelas perbandingan penurunan suhu panel pada saat pengujian dengan pengontrolan kecepatan *fan*.



Gambar 9. Grafik Penurunan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Selain dilakukan pengujian untuk melihat penurunan suhu tiap menitnya. Dilakukan juga beberapa pengujian untuk mendapatkan perbandingan berapa waktu yang dibutuhkan untuk *fan* menurunkan suhu hingga setpoint suhu, Setpoint suhu panel yang diinginkan yaitu 34°C.

Tabel 8. Hasil Pengujian Waktu Mencapai Setpoint Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Suhu Awal Panel (C)	Set Point Suhu Panel (C)	Waktu yang Dibutuhkan
41,11	34	6 menit 12 detik
40,95		5 menit 49 detik
41,03		6 menit 05 detik
41,21		6 menit 23 detik
41,01		5 menit 53 detik
Rata-rata		6 menit 04 detik

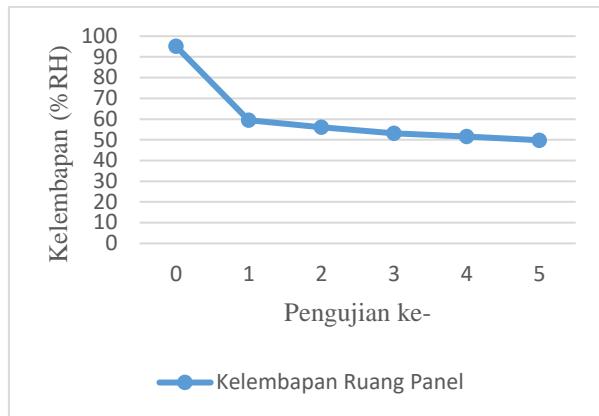
3.5. Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Pada alat ini *heater* dikontrol dengan relai dan akan beroperasi jika kelembapan diatas kelembapan normal yaitu 95%RH. *Heater* akan off ketika kelembapan normal kembali atau dibawah setpoint dengan nilai 60%RH. Pengujian ini dilakukan dengan memodifikasi nilai kelembaban panel hingga mencapai nilai diatas set point, lalu melihat kondisi *heater*.

Tabel 9. Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Kelembapan Awal Ruang Panel (%RH)	Kondisi Heater	Menit ke-	Kelembapan Akhir Ruang Panel (%RH)
95,14	ON	0	95,14
	ON	1	59,49
	ON	2	56,05
	ON	3	53,15
	ON	4	51,63
	OFF	5	49,79

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 11. Hal ini bertujuan untuk melihat lebih jelas perbandingan penurunan kelembapan panel pada saat pengujian dengan pengontrolan *heater*.



Gambar 10. Grafik Penurunan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi terhadap *input* dan *output*, didapatkan hasil perbandingan pembacaan semua sensor *input* yakni sensor MLX90614 dan sensor SHT20 untuk membaca suhu dan kelembapan menghasilkan eror persentase secara berurutan adalah 3,22%; 2,30%; 1,59%. Sedangkan *output* berupa aktuator *motor driver* menghasilkan eror presentase senilai 0,44% saat uji coba kalibrasi. Hal ini membuktikan bahwa komponen *input* dan *output* yang digunakan masih layak dipakai karena hasil eror presentase yang dihasilkan masih dibawah nilai toleransi yang diberikan yaitu sebesar 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 7, pada pengujian terjadi penurunan suhu panel yang signifikan dari 41,11°C hingga menjadi 34,23°C dalam waktu 6 menit, hal itu dikarenakan adanya kontrol *fan* pada panel yang digunakan sebagai sirkulasi udara pada ruang panel. Sehingga sirkulasi tersebut dapat menurunkan suhu pada ruang panel hingga mencapai suhu sekitar panel ataupun dibawah suhu suku sekitar panel. Sedangkan untuk suhu kabel pengantar juga terlihat penurunan yang signifikan dari 43,57°C hingga menjadi 33,87°C dalam waktu 6 menit. Hal ini disebabkan pada saat awal mula pengujian, suhu ruang panel sangat panas dan menyebabkan suhu kabel pengantar juga ikut memanas. Namun dengan adanya sirkulasi udara yang disebabkan oleh *fan* yang telah dikontrol kecepatannya, maka suhu kabel pengantar juga menurun. Data-data tersebut membuktikan bahwa dengan adanya pengontrolan *fan* pada panel, dapat mengontrol suhu pada panel. Lalu, dengan adanya pengontrolan *fan* secara *continue* maka dapat mengstabilisasi suhu pada ruang Panel Hubung Bagi (PHB). Keefektifan *fan* sebagai media pencipta sirkulasi pada panel dibuktikan pada Tabel 8 dengan rata-rata hasil waktu untuk mengubah suhu awal panel mencapai set point 34°C adalah selama 6 menit 04 detik.

Berdasarkan data pada Tabel 9 didapatkan bahwa *heater* akan beroperasi saat melebihi set point yakni 90%RH. *Heater* akan terus aktif sampai set point low senilai 50%RH telah tercapai. Penurunan kelembapan terjadi saat kelembapan awal panel adalah 95,14%RH sampai kelembapan akhir panel adalah 49,79%RH. Dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kelembapan 49,79%RH dari yang awalnya 95,14% adalah selama 5 menit. Berdasarkan grafik pada Gambar 10, penurunan kelembapan sangat signifikan terjadi saat menit ke 0 sampai 1. Sedangkan pada menit 1-5 penurunan kelembapan panel terlihat kecil, itu dikarenakan kelembapan sekitar panel berada di nilai 65%RH, sehingga kelembapan panel dan suhu busbar ketika terjadi pemanasan oleh *heater* tidak akan jauh berbeda dengan kelembapan sekitar.

5. Kesimpulan

Nilai suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB) dapat dikontrol dengan menggunakan *fan* yang akan membuat sirkulasi udara pada Panel Hubung Bagi (PHB). Sedangkan dalam mengontrol tingkat kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB) adalah dengan kontrol *heater*. Berdasarkan dari hasil pengujian kalibrasi menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki rata-rata eror persentase

pembacaan yang relatif kecil yaitu sensor MLX90614 adalah 3,22%; dan sensor SHT20 untuk pembacaan suhu ruang dan kelembapan secara berurutan adalah 2,30% dan 1,59%. Dan motor driver yang digunakan juga dapat memberikan kontrol RPM yang sesuai *fan* dengan rata-rata eror persentase senilai 0,44%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pengstabil suhu dan kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB) yang dikembangkan mampu mengontrol suhu awal untuk mencapai set point dengan rentang waktu yang relatif cepat yaitu rata-rata selama 6 menit 04 detik. Lalu, dalam melakukan pengontrolan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB), alat tersebut dapat menurunkan kelembapan dari nilai setpoint high pada 90%RH menjadi setpoint low pada 50%RH dengan rentang waktu relatif cepat yaitu selama 5 menit.

Saran yang dapat dilakukan untuk kelanjutan penelitian (*future study*) adalah dengan menambahkan metode pengontrolan pada kontrol *fan* dan kontrol *heater*. Metode pengontrolan yang diberikan pada kontrol *fan* dapat membuat kinerja putaran *fan* dapat lebih optimal, sehingga suhu dalam panel dapat stabil. Lalu, metode pengontrolan pada *heater* dapat diharapkan membuat *heater* dapat mencapai *setpoint* nilai kelembapan dengan cepat, sehingga kelembapan panel dapat terjaga.

6. Referensi

- [1] I. G. S. Sudaryana, "Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 12, no. 2, 2015.
- [2] E. Suherman and B. Riky, "Pengujian Kenaikan Suhu Pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah Di Lembaga Masalah Kelistrikan," vol. VIII, no. 1, pp. 1–14, 2018.
- [3] M. G. A. Rahman and S. Broto, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20KV Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Maest.*, vol. 3, no. 2, pp. 440–450, 2020.
- [4] D. S. Muzakki, "Rancang Bangun Monitoring Temperatur Pendekripsi Debu pada Panel Berbasis Arduino Uno," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2018.
- [5] R. Sanaji and R. D. Azhari, "Perancangan Monitoring dan Kontrol Temperatur dan Kelembaban Udara Ruang Kontrol Panel Menggunakan Raspberry Pi 2 Berbasis IoT," *J. Media Elektr.*, vol. 11, no. 2, pp. 85–96, 2018.
- [6] M. Y. Pratama and N. Fithri, "Prototype Sensor Suhu pada Sistem Monitoring Kubikel Berbasis Arduino," *Bina Darma Conf. Eng. Sci.*, vol. 2, pp. 176–185, 2020.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [9] PT. PLN, *Perangkat Hubung Bagi Tegangan Menengah*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero), 2019.
- [10] A. M. Burhanuddin, "Rancang Monitoring Automatic Transfer Switch (ATS) Automatic Main Failure (AMF) Berbasis PLC dan HMI," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [11] Sensirion AG, "Digital Humidity Sensor SHT2x (RH/T)," *Online*, 2014. [Online]. Available: http://www.sensirion.com/en/01_humidity_sensors/05_humidity_sensor_sht21/00_humidity_sensor_sht21.html. [Accessed: 27-Nov-2021].
- [12] I. Inayah, "Analisis Akurasi Sistem Sensor IR MLX90614 dan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino terhadap Termometer Standar," *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 428–434, 2021.
- [13] A. H. Prasetyo, "Sistem Peringatan Dini dan Perawatan pada Kubikel Tegangan Menengah," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [14] Handson Technology, "L298N Dual H-Bridge Motor Driver," *Handson Technology*, 2019. [Online]. Available: <https://handsontec.com/index.php/product/l298n-dual-h-bridge-dc-motor-driver-module/>.

[Accessed: 03-Dec-2021].



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Rancang Bangun Wireless Remote Sandal Berbasis Gerakan Kaki Untuk Remote TV Penyandang Disabilitas

Hanum Arrosida^{1*}, Sulfan Bagus Setyawan² and Susi Susanti³

^{1*} Politeknik Negeri Madiun; hanumarrosida@pnm.ac.id

² Politeknik Negeri Madiun; sulfan@pnm.ac.id

³ Politeknik Negeri Madiun; susisusantkk@gmail.com

Abstrak: Penyandang disabilitas memiliki keterbatasan untuk melakukan kegiatan secara normal. Dalam pembahasan ini, khususnya penderita disabilitas dengan cacat fisik tangan untuk akses televisi. Keterbatasan yang dimiliki oleh penyandang disabilitas untuk akses televisi dapat diatasi dengan alat bantu berupa wireless remote sandal berbasis gerakan kaki. Alat ini menggunakan sensor MPU-6050 yang mempunyai 5 fitur yaitu Channel up (CH+), Channel down (CH-), Volume up (V+), Volume down (V-) dan Power. Data hasil pembacaan sensor diolah pada mikrokontroler Arduino Nano, kemudian mengirimkan sinyal menggunakan infra red berupa protokol data yang diterima oleh televisi. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, remote sandal dapat berfungsi dengan baik dalam membantu penyandang disabilitas khususnya cacat fisik pada tangan untuk menonton televisi dengan hasil akses fitur dari remote sandal. Remote ini dapat bekerja pada jangkauan 330 cm. Fitur power dari remote sandal dapat mengakses televisi dengan sudut 60° sampai 140°, fitur channel up dengan sudut 30° sampai 90°, fitur channel down dengan sudut 30° sampai 100°, fitur volume up dengan sudut 35° sampai 90°, dan fitur volume down dengan sudut 30° sampai 50°. Seluruh fitur remote dapat diakses pada jarak 200cm dengan rentang sudut pergerakan kaki untuk pengoperasian yaitu sudut 60° sampai 90° dengan toleransi pergeseran sebesar 5°.

Kata Kunci: Disabilitas; Sensor MPU-6050; Infra red;

1. Pendahuluan

Disabilitas adalah keterbatasan atau ketiadaan kemampuan akibat dari gangguan untuk melakukan suatu kegiatan secara benar-benar normal sebagai manusia [1]. Lebih dari satu miliar diperkirakan hidup dengan beberapa bentuk disabilitas [2]. Pada tahun 2017, Hasyim memperkirakan ada 650 juta penyandang disabilitas di dunia [3]. Berdasarkan data Kementerian Sosial dan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan tahun 2019, di Indonesia hingga saat ini populasi penyandang disabilitas sebanyak 148.173 jiwa sedangkan jumlah anak penyandang disabilitas yang bersekolah sebanyak 134.045 anak yang tersebar di 2.209 Sekolah Luar Biasa (SLB) seluruh Indonesia [4]. Penggunaan alat bantu sangat dibutuhkan bagi penyandang disabilitas terutama dalam mencari informasi seperti halnya televisi. Televisi juga sebagai hasil produk teknologi tinggi (hi-tech) yang menyampaikan isi pesan dalam bentuk audio visual gerak. Isi pesan audio visual gerak memiliki kekuatan yang sangat tinggi untuk mempengaruhi mental, pola pikir dan tindak individu [5]. Bagi penyandang disabilitas cacat fisik pada tangan akan memiliki keterbatasan dalam mengoperasikan televisi. Hasil wawancara yang telah dilakukan dengan bapak Agus Yusuf selaku penyandang disabilitas cacat fisik pada tangan, mengungkapkan bahwa jika ingin menonton televisi beliau harus mengambil remote serta untuk penekanan tombol fungsi menggunakan dagu dan lengan atas. Dengan adanya teknologi remote kontrol yang berkembang

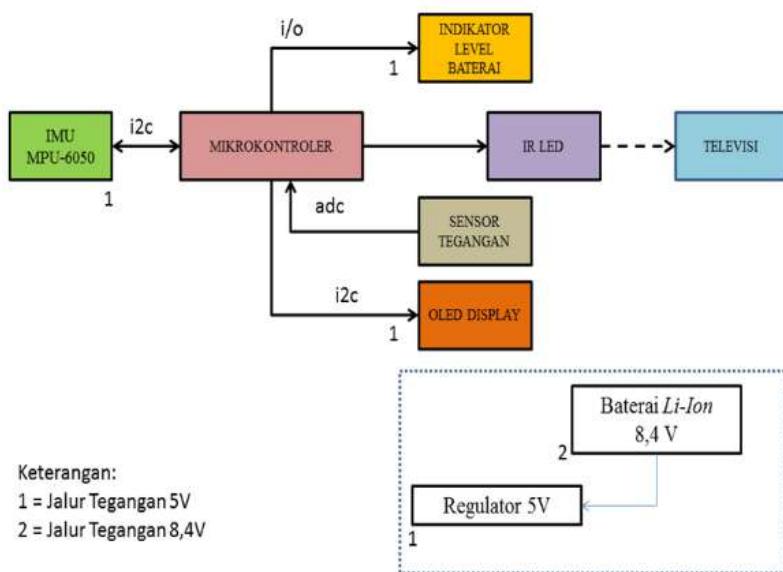
pesat, Remote TV sudah digunakan hampir semua bidang, sehingga akan memudahkan disabilitas dalam menonton televisi dikehidupan sehari-hari.

Telah banyak penelitian alat untuk penyandang disabilitas, salah satunya jurnal yang berjudul "An Infra red Based Remote Control for Cerebral Palsy Patient" mengungkapkan bahwa pemakaian akselerometer untuk mengendalikan perangkat seperti TV, tape recorder lebih membantu. Remote TV dengan channel up/down, channel volume up/down, power on/off dengan menggunakan sudut [6]. Namun pada alat ini masih menggunakan button. Selain itu, jurnal yang berjudul "Development of Voice Control and Home Security for Smart Home Automation", mengendalikan perangkat rumah seperti TV dan AC. Akan tetapi pada jurnal tersebut hanya dapat bekerja pada perangkat yang belum dikenal [7]. Sedangkan pada jurnal "Prototyping design of ir remote controller for smart home applications" menjelaskan bahwa alat tersebut menggunakan suara untuk mengontrol alat-alat yang berada di dalam rumah. Alat yang dikendalikan seperti TV, LED, Kipas dan lampu CFL dengan sistem yang digunakan infra red untuk menyala dan mematikan alat tersebut [8].

Pada paper ini, sistem dirancang dengan sensor MPU6050. Sensor tersebut akan diolah pada Arduino nano sebagai mikrokontroler, dimana mikrokontroler untuk menyimpan program. MPU6050 dengan 3-axis accelerometer dan 3-axis gyroscope, yang mendeteksi sudut kemiringan. Dari MPU6050 dengan output sudut akan diolah di mikrokontroler. Dari mikrokontroler akan mengirimkan sinyal berupa protokol data yang akan diterima oleh televisi, hasil proses pengiriman tersebut ditampilkan pada oled display. Tampilan pada oled display tersebut sesuai dengan akses televisi secara wireless. Dan telah dilengkapi dengan indikator level baterai untuk indikator daya dari alat. Alat ini diharapkan mampu membantu penyandang disabilitas sebagai alat bantu dalam menonton televisi untuk memperoleh sebuah informasi.

2. Metode

2.1. Diagram Sistem



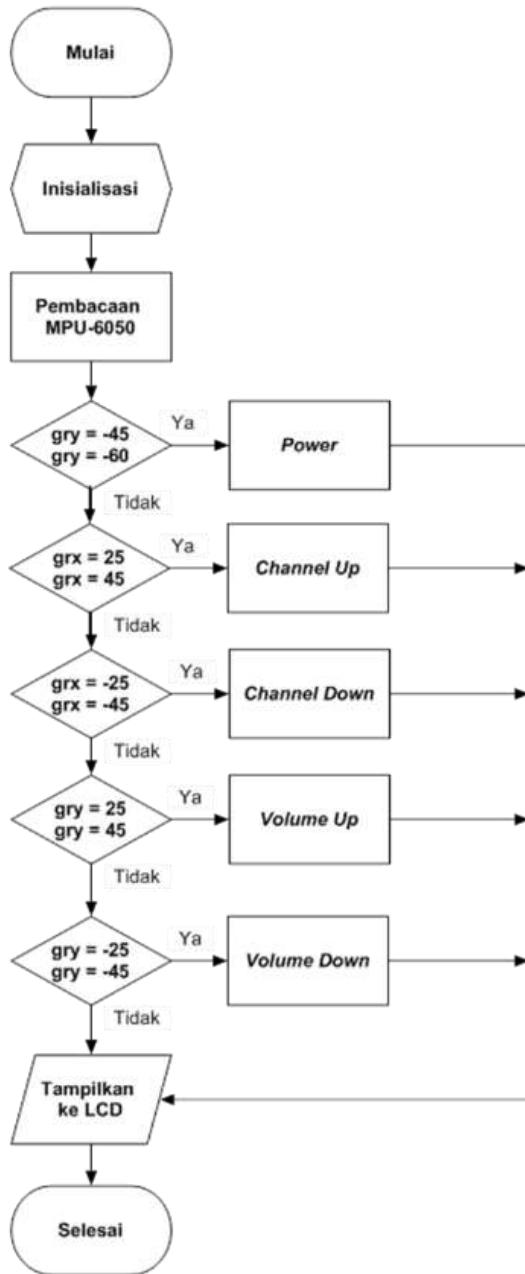
Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem

Berdasarkan diagram sistem pada Gambar 1 diketahui bahwa wireless remote sandal berbasis gerakan kaki untuk remote tv bagi penyandang disabilitas menggunakan sensor MPU-6050 untuk mendeteksi adanya gerakan kaki yang membentuk sudut. Kemudian data tersebut akan diolah pada mikrokontroler, sehingga dipancarkan oleh infra red yang akan diterima oleh receiver

televisi. Hasil pemrosesan tersebut ditampilkan pada oled display. Rangkaian regulator berfungsi untuk menurunkan tegangan sampai 5v. Indikator level baterai digunakan sebagai penanda baterai.

2.2. Flowchart

Flowchart dari wireless remote sandal berbasis gerakan kaki untuk remote tv bagi penyandang disabilitas ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart

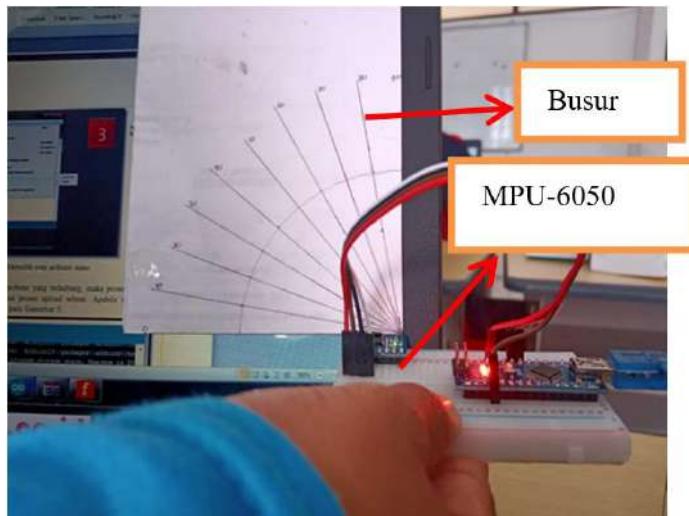
Pada Gambar 2. merupakan flowchart dari wireless remote sandal berbasis gerakan kaki untuk remote tv bagi penyandang disabilitas yang dimulai dari inisialisasi sensor yaitu sensor MPU-6050 kemudian pembacaan sensor MPU-6050 yang berupa radian yang akan dikonversi menjadi sudut, sehingga sudut yang sudah dikonversi akan di-filter menggunakan complementary filter. Output berupa posisi dari MPU-6050, akan masuk range jangkauan sudut yang telah ditentukan yaitu Sudut 25° sampai 45° grY kanan untuk Volume up (V+), Sudut -25° sampai -45° grY kiri untuk Volume down (V-), Sudut 25° sampai 45° grX untuk Channel up (CH +), Sudut -25° sampai -45° grX bawah

Channel down (CH -), Sudut -45° sampai -60° grY untuk power on/off. Ketika pembacaan sensor sudah mencapai range yang ditentukan, maka protokol data akan dikirim oleh infra red ke televisi dan oled display akan menampilkan fitur dari remote sandal sesuai pembacaan sensor MPU-6050 yang sudah masuk dalam range yang ditentukan.

3. Hasil dan Analisis

3.1. Pengujian Sensor MPU-6050

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui sudut yang dihasilkan dari sensor MPU-6050 yaitu sudut X dan sudut Y yang terpasang pada remote sandal, sehingga hasil dari sudut MPU-6050 akan menjadi input pada remote sandal.

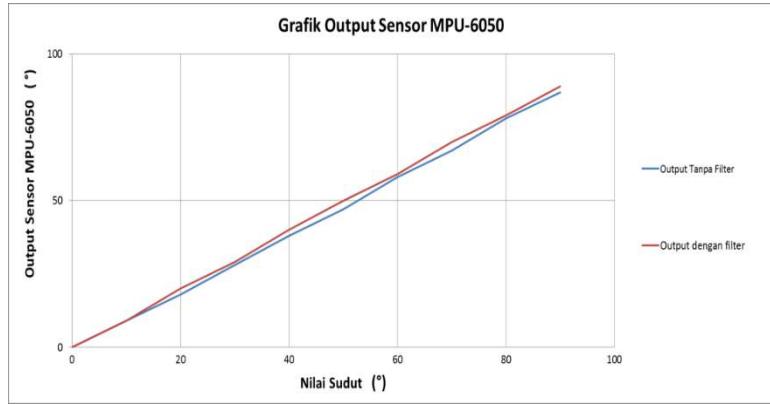


Gambar 3. Proses Mendapatkan Data Sudut X Dan Y Dari Sensor MPU-6050

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor MPU-6050

No	Sudut ($^\circ$)	Pembacaan Alat Ukur ($^\circ$)	Data Pembacaan Sensor		Error	
			X ($^\circ$)	Y ($^\circ$)	X ($^\circ$)	Y ($^\circ$)
1	0	0	0	0	0	0
2	10	10	9	8	1	2
3	20	20	18	18	2	2
4	30	30	28	33	2	3
5	40	40	38	42	2	2
6	50	50	47	50	3	0
7	60	60	58	58	2	2
8	70	70	67	69	3	1
9	80	80	78	81	2	1
10	90	90	87	88	2	2
Rata-Rata Error					1,9	1,5

Dari Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata error dari 10 data sebesar 1,9 untuk sudut Y dan 1,5 untuk sudut X. Untuk meminimalisir besar error, maka menggunakan complementary filter dari output sensor.

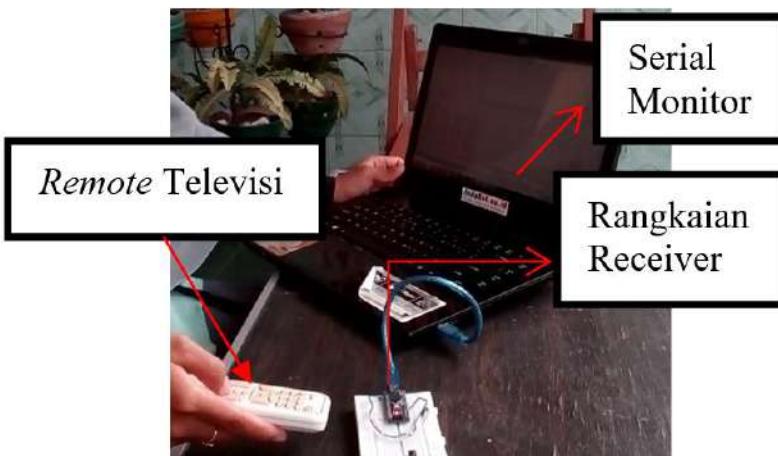


Gambar 4. Grafik Output Sensor MPU-6050

Pada Gambar 4 merupakan grafik output dari sensor MPU-6050 dengan keterangan garis warna biru merupakan output tanpa filter dan garis warna merah merupakan output dengan filter. Hasil output tanpa filter dari sensor MPU-6050 sebesar 1,9, sedangkan hasil output menggunakan filter dari sensor MPU-6050 sebesar 0,5.

3.2. Pengujian Infra Red

Tujuan pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jarak minimal dan maksimal penggunaan IR terhadap remote sandal, serta untuk mengetahui kode atau protokol data dari televisi.



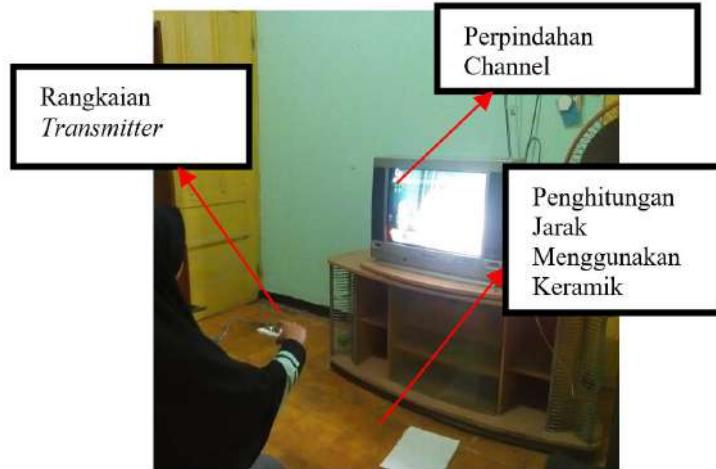
Gambar 5. Pengujian IR Receiver

```
Encoding : PANASONIC
Code      : 4004110KGEB {48 bits}
Timing[48]:
+3550, -1700    + 550, - 350    + 500, -1250    + 500, - 350
+ 500, - 400    + 500, - 400    + 450, - 400    + 500, - 400
+ 500, - 350    + 500, - 400    + 500, -350     + 500, - 400
+ 500, - 350    + 550, - 350    + 500, -1250    + 500, - 350
+ 500, - 400    + 500, - 400    + 450, - 400    + 500, - 400
+ 500, - 350    + 500, - 400    + 500, -350     + 500, - 400
+ 500, -1250    + 500, - 400    + 500, -350     + 500, - 400
+ 500, - 350    + 500, - 400    + 500, -350     + 500, - 400
+ 500, - 400    + 500, -1250    + 500, -400     + 500, -1250
+ 500, -1250    + 500, -1250    + 500, -1250    + 500, - 350
+ 500, - 400    + 500, -1250    + 500, -400     + 500, -1250
+ 500, -1250    + 450, -1300    + 500, -1250    + 500, - 350
+ 500, -1250    + 500, - 500

unsigned int rawData[59] = [3550,1700, 550,350, 500,1250, 500,350, 500,400, 500,400, 450,400, 500,400, 500,350, 500,400
unsigned int addr = 0x4004;
unsigned int data = 0x100E950;
```

Gambar 6. Hasil Pengujian IR Receiver pada tombol power

Pada Gambar 6 merupakan hasil pengujian IR receiver pada fungsi tombol power televisi panasonic. Selain fungsi tombol power ada juga fungsi tombol channel up (CH+) dengan kode 0x1002C2D, fungsi tombol channel down (CH-) dengan kode 0x100ACAD, fungsi tombol volume up (V+) dengan kode 0x1000405, sedangkan untuk fungsi tombol volume up (V-) dengan kode 0x1008485. Hasil data tersebut akan diolah pada arduino nano, kemudian dikirim melalui infra red dari remote sandal ke receiver televisi.



Gambar 7. Pengujian Jarak Menggunakan IR

Pada Gambar 7 merupakan pengujian jarak dengan menggunakan IR transmitter yang akan digunakan pada remote sandal dengan hasil yang diperoleh seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sudut Menggunakan IR

No.	Sudut (°)	Hasil
1	0	Tidak Bisa
2	5	Tidak Bisa
3	10	Tidak Bisa
4	15	Tidak Bisa
5	20	Tidak Bisa
6	25	Tidak Bisa
7	30	Bisa
8	35	Bisa
9	40	Bisa
10	45	Bisa
11	50	Bisa
12	55	Bisa
13	60	Bisa
14	65	Bisa
15	70	Bisa
16	75	Bisa
17	80	Bisa
18	85	Bisa
19	90	Bisa
20	110	Bisa
21	120	Bisa

Hasil pada Tabel 2 merupakan hasil pengujian sudut menggunakan IR dengan rentang sudut yang bisa yaitu 30° sampai sudut 160° .

Tabel 3. Pengujian Jarak Menggunakan IR

No.	Rentang Jarak (cm)	Akses Televisi
1.	1	Bisa
2.	30	Bisa
3.	60	Bisa
4.	90	Bisa
5.	120	Bisa
6.	150	Bisa
7.	180	Bisa
8.	210	Bisa
9.	240	Bisa
10.	270	Bisa
11.	300	Bisa
12.	330	Bisa
13.	400	Tidak Bisa

Berdasarkan pengujian jarak menggunakan IR yang telah dilakukan penggunaan resistor perlu riset untuk memperoleh jangkauan IR yang diinginkan, semakin kecil resistansi maka semakin terang pancaran sinyal dari IR LED, sehingga pancaran dari IR akan semakin jauh. Pengujian menggunakan resistansi 10Ω dapat mengakses televisi dengan jangkauan remote sandal yang bisa mengakses televisi berkisar 330cm.

3.3. Pengujian Stepdown LM2596

Tujuan pengujian ini untuk memastikan LM2596 dapat berfungsi dengan baik sehingga dapat menurunkan tegangan tegangan baterai 8,4v menjadi 5v yang akan digunakan pada remote sandal.



Gambar 8. Pengujian stepdown LM2596

Tabel 4. Hasil Pengujian LM2596

No.	Resistansi (Ω)	Tegangan (V)
1.	19	1,35
2.	435	2,97
3.	669	3,88
4.	815	4,45
5.	985	5,00
6.	924	5,38
7.	1023	5,98
8.	1078	6,90
9.	1538	7,09
10.	1622	7,40

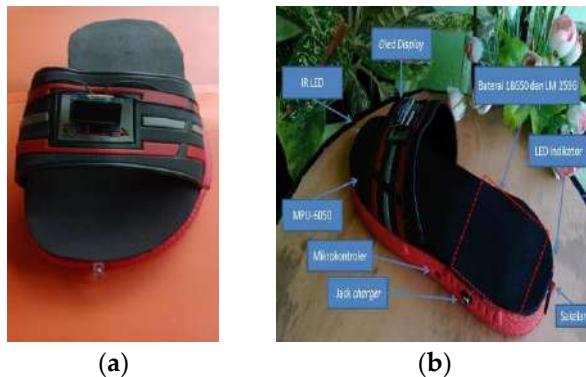
Tegangan yang dipakai

11.	5080	8,05
-----	------	------

Pada Tabel 4 pengujian stepdown LM 2596 yang telah dilakukan diketahui bahwa stepdown LM 2596 berfungsi dengan baik, dapat menurunkan tegangan baterai dari 8,4 volt dengan hasil pengukuran 8,30 volt menjadi 5 volt dengan resistansi yang diperoleh sebesar 985Ω yang akan digunakan pada remote sandal.

3.4. Pengujian Keseluruhan Alat

Tujuan dari pengujian ini yaitu memastikan apakah seluruh bagian dari remote sandal dapat berjalan sesuai dengan fungsinya masing-masing dan untuk mengetahui apakah ada error yang terjadi pada keseluruhan komponen jika sudah digabung.



Gambar 9. Keseluruhan Alat (a) Tampak Depan; (b) Gambaran alat secara detail

Tabel 5. Hasil Pengujian Fitur Power

No.	Pengujian ke-	Sudut (°)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Tidak dapat mengakses
4.	4	40	200	Tidak dapat mengakses
5.	5	50	200	Tidak dapat mengakses
6.	6	60	200	Berhasil
7.	7	80	200	Berhasil
8.	8	120	200	Berhasil
9.	9	140	200	Berhasil
10.	10	160	200	Tidak dapat mengakses

Tabel 6. Hasil Pengujian Fitur Channel up

No.	Pengujian ke-	Sudut (°)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Berhasil
4.	4	35	200	Berhasil
5.	5	40	200	Berhasil
6.	6	45	200	Berhasil
7.	7	50	200	Berhasil
8.	8	55	200	Berhasil
9.	9	90	200	Berhasil
10.	10	100	200	Tidak dapat mengakses

Pengujian keseluruhan alat dilakukan dengan menjalankan alat yang pertama menyalaikan sakelar pada remote sandal, pastikan baterai dalam keadaan kondisi penuh dengan adanya led

indikator berwarna hijau. Mencoba dengan menggerakan arah ke 5 fitur jika oled display menyala berarti alat tersebut siap digunakan. Kemudian dilakukan perbandingan data hasil pengujian dengan perencanaan yang telah dibuat. Pada Tabel 5 merupakan hasil dari pengujian fitur power dengan hasil jarak 200cm dengan sudut yang berhasil yaitu sudut 60° sampai 140° . Pada Tabel 6 merupakan hasil dari pengujian fitur channel up dengan hasil jarak 200cm dengan sudut yang berhasil yaitu sudut 30° sampai 90° .

Tabel 7. Hasil Pengujian Fitur *Channel down*

No.	Pengujian ke-	Sudut ($^\circ$)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Berhasil
4.	4	35	200	Berhasil
5.	5	40	200	Berhasil
6.	6	45	200	Berhasil
7.	7	50	200	Berhasil
8.	8	90	200	Berhasil
9.	9	100	200	Berhasil
10.	10	120	200	Tidak dapat mengakses

Pada Tabel 7 merupakan hasil dari pengujian fitur channel down dengan hasil jarak 200cm dengan sudut yang berhasil yaitu sudut 30° sampai 100° .

Tabel 8. Hasil Pengujian Fitur *Volume Up*

No.	Pengujian ke-	Sudut ($^\circ$)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Tidak dapat mengakses
4.	4	35	200	Berhasil
5.	5	40	200	Berhasil
6.	6	45	200	Berhasil
7.	7	50	200	Berhasil
8.	8	60	200	Berhasil
9.	9	90	200	Berhasil
10.	10	110	200	Tidak dapat mengakses

Pada Tabel 8 merupakan hasil dari pengujian fitur volume up dengan hasil jarak 200cm dengan sudut yang berhasil yaitu sudut 35° sampai 90° .

Tabel 9. Hasil Pengujian Fitur *Volume Down*

No.	Pengujian ke-	Sudut ($^\circ$)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Berhasil
4.	4	35	200	Berhasil
5.	5	40	200	Berhasil
6.	6	45	200	Berhasil
7.	7	50	200	Berhasil
8.	8	55	200	Tidak dapat mengakses
9.	9	60	200	Tidak dapat mengakses
10.	10	65	200	Tidak dapat mengakses

Pada Tabel 9 merupakan hasil dari pengujian fitur volume down dengan hasil jarak 200cm dengan sudut yang berhasil yaitu sudut 30° sampai 50° . Pada hasil pengujian fitur-fitur dari

"Rancang Bangun Wireless Remote Sandal Berbasis Gerakan Kaki untuk Remote TV bagi Penyandang Disabilitas" Tabel 6 sampai 10, maka dapat mengirim protokol data dari remote sandal ke televisi, sehingga dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan perencanaan.

Tabel 10. Hasil Pengujian Seluruh Fitur Remote

No.	Pengujian ke-	Sudut (°)	Jarak (cm)	Hasil
1.	1	10	200	Tidak dapat mengakses
2.	2	20	200	Tidak dapat mengakses
3.	3	30	200	Tidak dapat mengakses
4.	4	35	200	Tidak dapat mengakses
5.	5	40	200	Tidak dapat mengakses
6.	6	45	200	Tidak dapat mengakses
7.	7	50	200	Tidak dapat mengakses
8.	8	60	200	Berhasil
9.	9	65	200	Berhasil
10.	10	70	200	Berhasil
11.	11	75	200	Berhasil
12.	12	80	200	Berhasil
13.	13	85	200	Berhasil
14.	14	90	200	Berhasil
15.	15	95	200	Berhasil
16.	16	100	200	Tidak dapat mengakses
17.	17	105	200	Tidak dapat mengakses
18	18	110	200	Tidak dapat mengakses

Berdasarkan data pada Tabel 10 diperoleh data pengujian untuk akses seluruh fitur remote pada jarak 200cm dengan rentang sudut pergerakan kaki untuk pengoperasian yaitu sudut 60° sampai 90° dengan toleransi pergeseran sebesar 5°.

4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang telah dilakukan pada remote sandal dapat digunakan sebagai alat bantu untuk penyandang disabilitas mengoperasikan televisi dengan fitur umum seperti power, channel up, channel down, volume up, volume down. Sudut yang digunakan untuk fitur umum yaitu sudut 25° sampai 45° grY kanan untuk Volume up (V+), Sudut -25° sampai -45° grY kiri untuk Volume down (V-), Sudut 25° sampai 45° grX untuk Channel up (CH +), Sudut -25° sampai -45° grX bawah Channel down (CH -), Sudut -45° sampai -60 ° grY untuk power on/off. Fitur umum pada remote sandal diperoleh dari rangkaian MPU-6050 untuk mendeteksi sudut yang didapat dari gerakan kaki dengan batas yang ditentukan memiliki akses mengoperasikan televisi dengan minimal sudut 30° untuk fitur channel up, channel down, volume up, volume down sedangkan fitur power dapat diakses pada sudut 60°, dari data sensor MPU-6050 ini memiliki error sebesar 1,9° untuk sumbu X dan 1,5 untuk sumbu Y, sedangkan hasil output complementary filter sebesar 0,5° untuk sumbu X. Infra red dapat mengirimkan protokol data televisi panasonic dengan jangkauan 330 cm. Fitur umum tersebut dapat ditampilkan pada oled display. Supply dengan baterai Li-ion dapat recharging. Penggunaan remote sandal dapat bertahan sampai kurang dari 4 jam. Secara keseluruhan alat dapat berjalan sesuai dengan fungsinya. Seluruh fitur remote dapat diakses pada jarak 200cm dengan rentang sudut pergerakan kaki untuk pengoperasian yaitu sudut 60° sampai 90° dengan toleransi pergeseran sebesar 5°.

5. Referensi

1. WHO. Disabilities and rehabilitation. 2014
2. Djebrouni, M., & Wolbring, G. Impact of robotics and human enhancement on occupation: what does it mean for rehabilitation?. *Disability and Rehabilitation*. 2019
3. Hasyim, H. D. (2017). Identifikasi pemenuhan hak bagi *difable* (penyandang cacat) dalam kuhperdata. *Jurnal Serambi Hukum* Vol. 10 No. 02 Agustus 2016.
4. KEMENPPPA. (2019, 09 13). *Perlindungan setara bagi anak penyandang disabilitas*. Retrieved 10 25, 2019, from www.kemenpppa.go.id: <https://www.kemenpppa.go.id/index.php/page/read/29/2316/perlindungan-setara-bagi-anak-penyandang-disabilitas>
5. Baksin, A. Jurnalistik Televisi Teori dan Praktik. Bandung: Simbiosa Rekatama. 2006.
6. Garg, P., Sabnani, H., Maheshwari, M., Bagree, R., & Ranjan, P. An infrared based remote control for cerebral palsy patients. 2010 International Symposium on Electronic System Design, 153-157. 2010.
7. Abidi, M. E., Asnawi, A. L., Azmin, N., Jusoh, A., Ibrahim, S. N., Mohd Ramli, H. A., et al.. Development of voice control and home security for smart home automation. 7th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), 2-5. 2018.
8. Adiono, T., Tandiawan, B., Fuada, S., Muttaqin, R., Fathany, M. Y., Adijarto, W., et al. Prototyping design of ir remote controller for smart home applications. Proc. of the 2017 IEEE Region 10 Conference (TENCON), Malaysia. 2017



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Unjuk Kerja Transmisi Data LoRa pada Node yang Bergerak

Fikri Santoso Harjowinoto ¹, Musayyanah ², Pauladie Susanto ³, Harianto ⁴, dan Yosefine Triwidayastuti ^{5*}

^{1, 2, 3, 4, 5*} Teknik Komputer, Fakultas Teknologi dan Informatika, Universitas Dinamika, Indonesia

Abstrak: Saat ini penerapan teknologi komunikasi LoRa sedang mengalami peningkatan di segala bidang, karena LoRa mempunyai keunggulan daya rendah dan jangkauan jauh. Namun pada umumnya, penerapan tersebut hanya menganalisis unjuk kerja transmisi data LoRa pada kondisi *node* pemancar dan penerima yang diam di tempat. Oleh karena itu, penelitian ini secara khusus membahas penerapan transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak untuk mengetahui pengaruh kecepatan gerak *node* terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa. Satu buah *transmitter node* yang terus-menerus mengirimkan paket data akan digerakkan pada suatu lintasan lurus menjauh dari sebuah *receiver node* yang diam. Kemudian pada *receiver node*, nilai *packet loss* dan *throughput* dari semua paket dihitung untuk mengukur unjuk kerja transmisi data. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari semua percobaan, nilai kecepatan *node* yang tinggi pada percobaan lintasan lurus menghasilkan nilai *packet loss* yang semakin rendah dan nilai *throughput* yang semakin besar.

Kata Kunci: transmisi data LoRa; *mobile node*; *packet loss*; *throughput*

1. Pendahuluan

Saat ini, salah satu teknologi komunikasi nirkabel yang sedang banyak diteliti dan digunakan adalah LoRa yang dikembangkan oleh Semtech. LoRa menjanjikan transmisi data nirkabel dengan daya rendah dan jarak jangkau yang jauh. Hal ini disebabkan LoRa menerapkan modulasi Chirp Spread Spectrum (CSS) pada proses transmisi datanya [1].

Keunggulan daya rendah dan jangkauan jauh membuat LoRa mulai banyak diterapkan di berbagai bidang. LoRa dapat diterapkan pada suatu sistem pengawasan, seperti sistem pengawasan lampu jalan [2], pengawasan penyimpanan makanan [3], tanah longsor [4], cagar budaya [5].

Meskipun LoRa mulai banyak diterapkan, tetapi belum banyak penelitian yang membahas unjuk kerja transmisi data LoRa di Indonesia yang wajib menggunakan frekuensi 920-925 MHz. Penelitian transmisi data LoRa yang ada masih menggunakan skema *node* yang diam [6-8]. Analisis parameter LoRa pada lingkungan *outdoor* menghitung nilai RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) yang diterima sebuah *node* yang hanya diam pada jarak tetap 70-meter dengan kondisi LoS (*Line-of-Sight*) dan N-LoS (*Non-Line-of-Sight*) [8].

Oleh karena kurangnya penelitian unjuk kerja transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak, maka penelitian ini khusus membahas unjuk kerja transmisi data LoRa pada *mobile node*. Pada saat *node* diam, unjuk kerja transmisi data sangat dipengaruhi oleh besar jarak antara *transmitter node* dengan *receiver node*. Namun ketika terjadi perubahan jarak yang konstan dan cepat di wilayah suburban, besar penurunan unjuk kerja belum diketahui pengaruhnya terhadap jumlah data yang sukses dikirim dan diterima oleh *node*.

Beberapa variasi kecepatan gerak *transmitter node* akan diterapkan pada penelitian ini untuk mengetahui pengaruhnya terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa. Variasi kecepatan yang diterapkan adalah kecepatan 20 km/jam, 30 km/jam, dan 40 km/jam yang merupakan kecepatan gerak normal di lingkungan suburban yang padat dengan perumahan. Selain itu, hasil unjuk kerja

di kondisi jalan pagi hari dan sore hari juga akan dianalisis dalam penelitian ini untuk mengetahui besar pengaruh kondisi jalan terhadap unjuk kerja transmisi data LoRa.

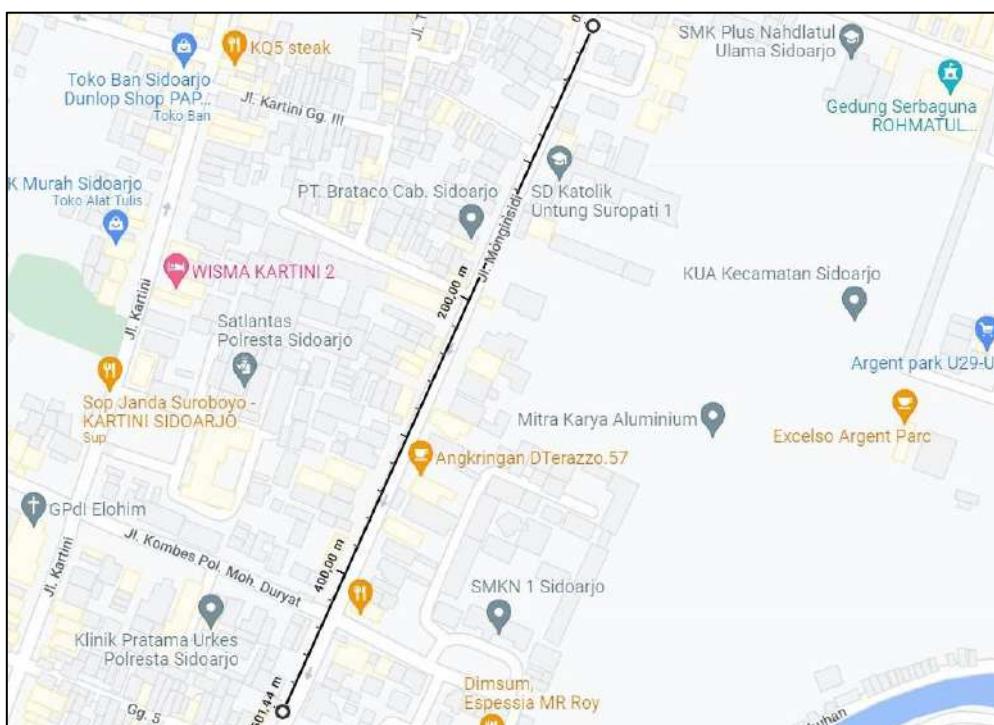
2. Metode

Skema transmisi data yang digunakan dalam penelitian ini adalah skema transmisi data *point-to-point*, yaitu satu buah *mobile transmitter node* akan mengirimkan data secara berulang-ulang yang diterima oleh hanya satu buah *static receiver node*. Gambar 1 menunjukkan model transmisi data *mobile node* yang dipakai.



Gambar 1. Model percobaan transmisi data.

Percobaan transmisi data dilakukan di area jalan Monginsidi kabupaten Sidoarjo. Gambar 2 menunjukkan peta lokasi percobaan transmisi data.



Gambar 2. Lokasi percobaan transmisi data.

Receiver node yang diam diletakkan di depan kantor Dinas Sosial Kabupaten Sidoarjo, sedangkan *transmitter node* dibawa menggunakan sepeda motor dengan kecepatan yang diusahakan stabil dari kantor dinas sosial hingga mencapai jarak sejauh 500-meter. Berdasarkan hasil analisis jarak jangkauan LoRa dengan parameter RSSI dan *packet loss* pada jarak jangkau 500-meter kualitas transmisi data masih baik, tetapi pada jarak jangkau 1,6 km kualitas transmisi data LoRa menjadi buruk [7].

Transmitter node terdiri dari satu buah mikrokontroler Arduino Mega, modul transmisi LoRa HopeRF RFM95, dan modul GPS Neo-6M. Tabel 1 dan Gambar 3 menunjukkan koneksi pin pada mikrokontroler *transmitter node*.

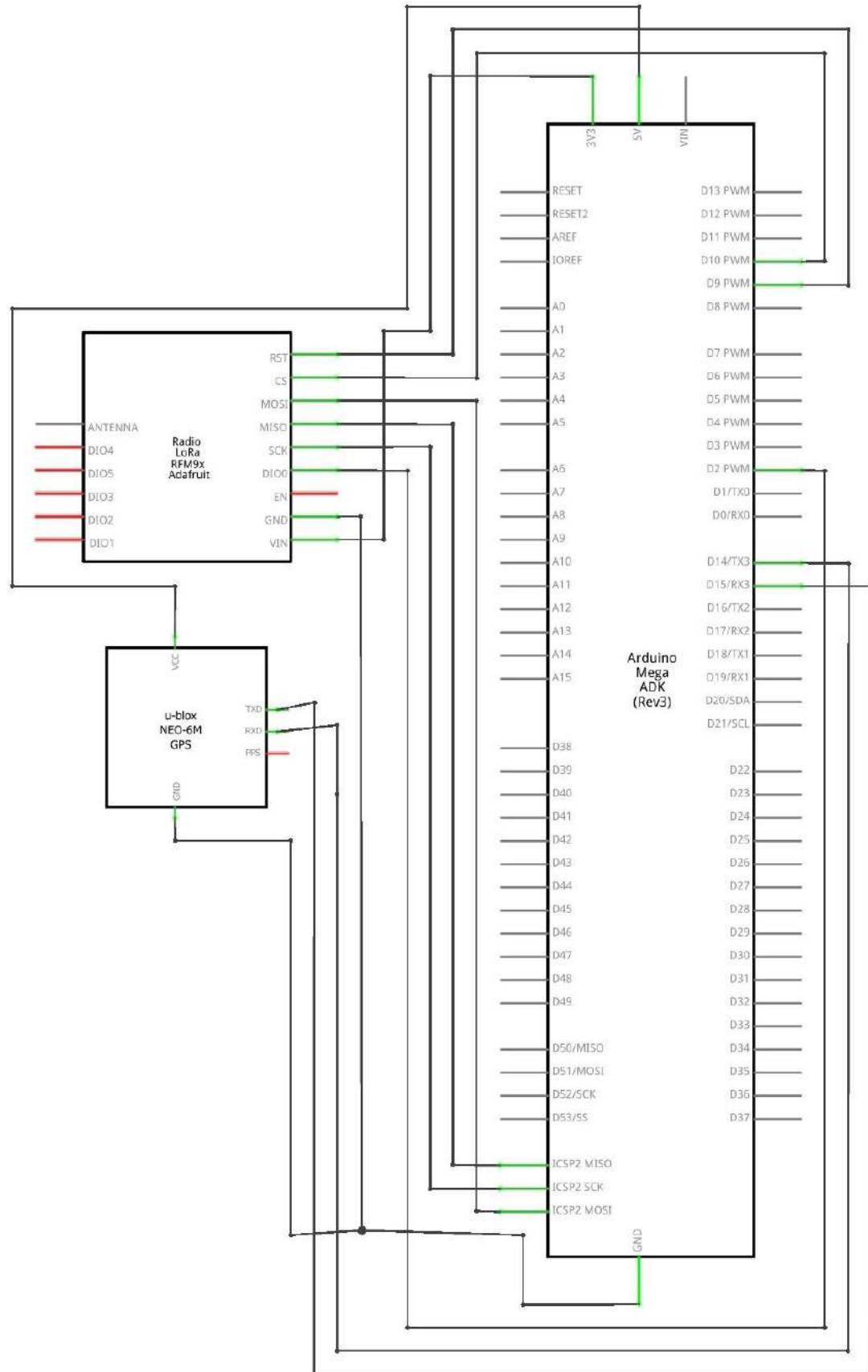
Tabel 1. Koneksi pin *transmitter node*

Pin Arduino Mega	Koneksi Pin
D2	DIO0 LoRa
ICSP MISO	MISO LoRa
ICSP MOSI	MOSI LoRa
ICSP SCK	SCK LoRa
D10	NSS LoRa
D9	Reset LoRa
3.3V	VCC LoRa
GND	Ground LoRa
RX3	TX GPS
TX3	RX GPS
5V	VCC GPS
GND	Ground GPS

Tabel 2. Koneksi pin *receiver node*

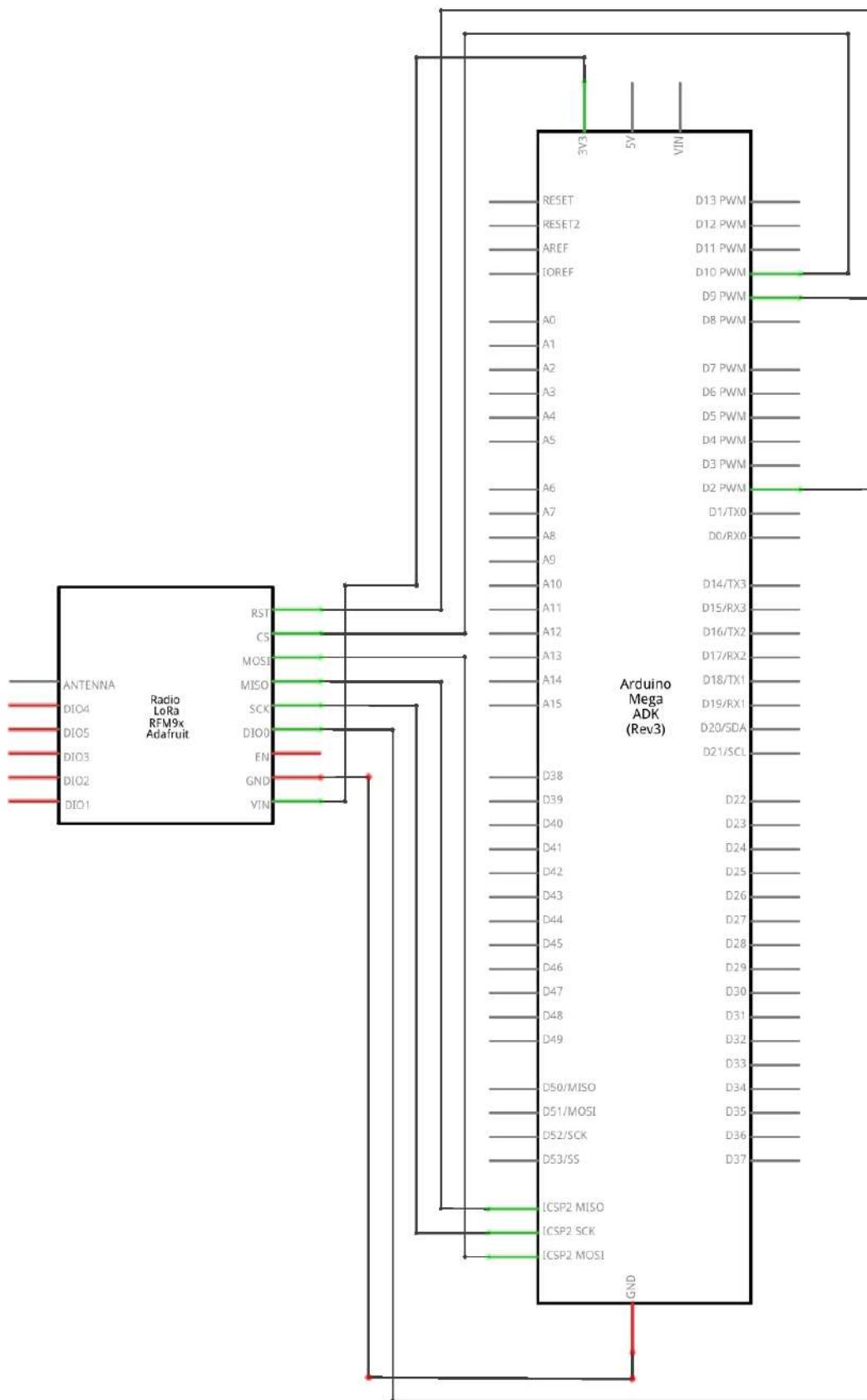
Pin Arduino Mega	Koneksi Pin LoRa
D2	DIO0
ICSP MISO	MISO
ICSP MOSI	MOSI
ICSP SCK	SCK
D10	NSS
D9	Reset
3.3V	VCC
GND	Ground

Diagram alir program transmisi data pada *transmitter node* ditunjukkan oleh Gambar 6. *Transmitter node* akan terus mengirimkan paket LoRa selama tombol saklar pada alat tidak dimatikan dan data modul GPS selalu terbaca. Untuk membedakan setiap paket data, diberi identifikasi nilai counter yang berbeda pada tiap paket.



Gambar 3. Rangkaian skematik *transmitter node*.

Receiver node hanya terdiri dari satu buah mikrokontroler Arduino Mega dan satu buah modul transmisi LoRa HopeRF RFM95. Gambar 4 dan Tabel 2 menunjukkan koneksi pin pada mikrokontroler receiver node.

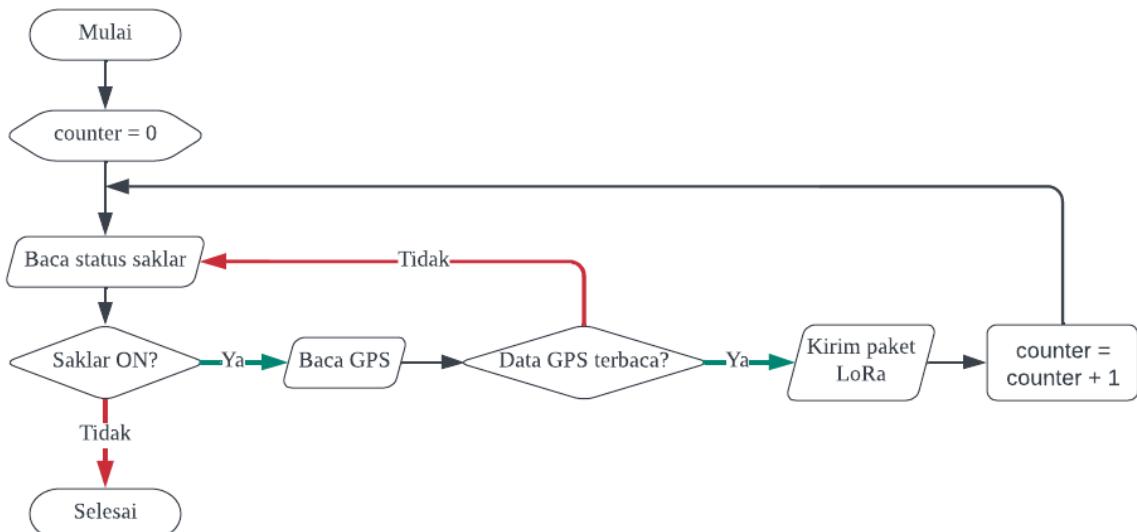


Gambar 4. Rangkaian skematis receiver node.

Gambar 5 menunjukkan hasil perangkat keras *transmitter node* dan *receiver node*. Kotak *transmitter node* dibawa bergerak menggunakan sepeda motor dengan kecepatan tetap, sedangkan kotak *receiver node* tetap diam dan terhubung dengan laptop.



Gambar 5. Kotak perangkat keras: (a) *transmitter node*; (b) *receiver node*.



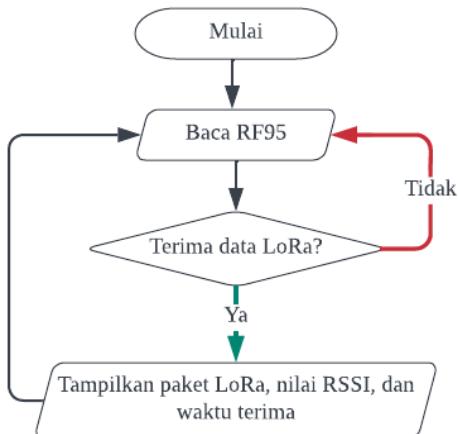
Gambar 6. Diagram alir *transmitter node*.

Format paket data yang ditransmisikan menggunakan modul LoRa ditunjukkan oleh Gambar 7. Tiga karakter pertama berisi nilai variabel counter, kemudian dilanjutkan 20 karakter nilai bujur dan lintang GPS yang masing-masing mempunyai 6 angka di belakang koma sehingga membentuk satu paket dengan panjang 23 bytes. Untuk membentuk paket dengan panjang 46 bytes, maka paket ditambahkan dengan teks “-0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-0#”.

1	3	4	23	24	46
counter		data GPS	-0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-0#		

Gambar 7. Format paket LoRa yang ditransmisikan.

Diagram alir program transmisi data pada *receiver node* ditunjukkan oleh Gambar 8. *Receiver node* hanya fokus melakukan proses pembacaan data yang diterima pada modul LoRa dan menampilkan paket yang diterima beserta nilai RSSI paket dan waktu penerimaan paket.



Gambar 8. Diagram alir *receiver node*.

Untuk mengukur unjuk kerja transmisi data pada setiap percobaan, penelitian ini menghitung beberapa parameter unjuk kerja. Besaran pertama yang dihitung adalah nilai *packet loss* dengan menggunakan persamaan:

$$\text{PacketLoss} = \frac{\text{jumlah paket yang diterima}}{\text{jumlah paket yang dikirim}} \times 100\%. \quad (1)$$

Sedangkan besaran kedua yang dihitung adalah nilai *throughput* yang menggunakan persamaan:

$$\text{Throughput} = \frac{\text{jumlah bit data yang diterima}}{\text{durasi waktu percobaan}}. \quad (2)$$

Unjuk kerja transmisi data yang baik akan mempunyai nilai *packet loss* yang rendah dan nilai *throughput* yang tinggi, karena jumlah data yang diterima dengan baik lebih banyak.

3. Hasil Percobaan

Percobaan transmisi data dilakukan pada dua waktu yang berbeda, yaitu pagi hari dan sore hari. Percobaan pagi hari dilakukan pada waktu sekitar pukul 8 hingga 10 pagi. Tabel 3 merupakan hasil percobaan hari pertama waktu pagi, Tabel 4 merupakan hasil percobaan hari kedua waktu pagi, dan Tabel 5 merupakan hasil percobaan hari ketiga waktu pagi.

Tabel 3. Hasil percobaan hari pertama waktu pagi

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	100 paket	3.00 %	540.85 bps
		46 bytes	108 paket	12.96 %	1081.00 bps
	30 km/jam	23 bytes	81 paket	17.28 %	536.00 bps
		46 bytes	75 paket	17.33 %	950.67 bps
	40 km/jam	23 bytes	55 paket	10.91 %	500.89 bps
		46 bytes	55 paket	10.91 %	1001.78 bps
300-500m	20 km/jam	23 bytes	108 paket	47.22 %	456.00 bps
		46 bytes	112 paket	62.50 %	417.73 bps
	30 km/jam	23 bytes	78 paket	39.74 %	332.62 bps
		46 bytes	78 paket	30.77 %	1104.00 bps
	40 km/jam	23 bytes	61 paket	1.64 %	552.00 bps
		46 bytes	61 paket	54.10 %	936.73 bps

Tabel 4. Hasil percobaan hari kedua waktu pagi

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	108 paket	2.78 %	552.00 bps
		46 bytes	111 paket	12.61 %	964.76 bps
	30 km/jam	23 bytes	76 paket	2.63 %	544.64 bps
		46 bytes	77 paket	9.09 %	1030.40 bps
300-500m	40 km/jam	23 bytes	60 paket	6.67 %	515.20 bps
		46 bytes	60 paket	0.00 %	1104.00 bps
	20 km/jam	23 bytes	106 paket	62.26 %	294.40 bps
		46 bytes	112 paket	72.32 %	671.06 bps
	30 km/jam	23 bytes	82 paket	58.54 %	260.67 bps
		46 bytes	77 paket	72.73 %	594.46 bps
	40 km/jam	23 bytes	60 paket	41.67 %	536.67 bps
		46 bytes	60 paket	35.00 %	755.37 bps

Tabel 5. Hasil percobaan hari ketiga waktu pagi

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	105 paket	13.33 %	478.4 bps
		46 bytes	107 paket	6.54 %	1051.43 bps
	30 km/jam	23 bytes	74 paket	1.35 %	537.28 bps
		46 bytes	73 paket	9.59 %	1012.00 bps
300-500m	40 km/jam	23 bytes	55 paket	3.64 %	541.78 bps
		46 bytes	56 paket	14.29 %	981.33 bps
	20 km/jam	23 bytes	110 paket	70.00 %	404.8 bps
		46 bytes	108 paket	55.56 %	1104.00 bps
	30 km/jam	23 bytes	78 paket	62.82 %	444.67 bps
		46 bytes	77 paket	66.23 %	956.80 bps
	40 km/jam	23 bytes	59 paket	67.80 %	582.67 bps
		46 bytes	59 paket	84.75 %	473.14 bps

Percobaan sore hari dilakukan pada waktu sekitar pukul 3 hingga 5 sore. Tabel 6 merupakan hasil percobaan hari pertama waktu sore, Tabel 7 merupakan hasil percobaan hari kedua waktu sore, dan Tabel 8 merupakan hasil percobaan hari ketiga waktu sore.

Tabel 6. Hasil percobaan hari pertama waktu sore

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	119 paket	25.21 %	419.90 bps
		46 bytes	99 paket	11.11 %	981.33 bps
	30 km/jam	23 bytes	75 paket	14.67 %	490.67 bps
		46 bytes	76 paket	27.63 %	809.60 bps
300-500m	40 km/jam	23 bytes	62 paket	25.81 %	423.20 bps
		46 bytes	54 paket	12.96 %	1017.41 bps
	20 km/jam	23 bytes	120 paket	53.33 %	515.20 bps
		46 bytes	121 paket	96.69 %	163.56 bps
	30 km/jam	23 bytes	74 paket	44.59 %	538.86 bps
		46 bytes	72 paket	58.33 %	920.00 bps
	40 km/jam	23 bytes	59 paket	28.81 %	552.00 bps
		46 bytes	57 paket	40.35 %	1042.67 bps

Tabel 7. Hasil percobaan hari kedua waktu sore

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	109 paket	11.93 %	504.69 bps
		46 bytes	114 paket	7.89 %	1073.33 bps
	30 km/jam	23 bytes	81 paket	40.74 %	420.57 bps
		46 bytes	82 paket	24.39 %	845.04 bps
300-500m	40 km/jam	23 bytes	60 paket	28.33 %	465.41 bps
		46 bytes	65 paket	26.15 %	841.14 bps
	20 km/jam	23 bytes	108 paket	85.19 %	163.56 bps
		46 bytes	104 paket	75.00 %	434.91 bps
	30 km/jam	23 bytes	74 paket	77.03 %	347.56 bps
		46 bytes	74 paket	9.46 %	1072.00 bps
	40 km/jam	23 bytes	59 paket	47.46 %	570.40 bps
		46 bytes	58 paket	94.83 %	138.00 bps

Tabel 8. Hasil percobaan hari ketiga waktu sore

Jarak	Kecepatan	Panjang Data	Jumlah Paket	Packet Loss	Throughput
0-200m	20 km/jam	23 bytes	114 paket	7.89 %	508.42 bps
		46 bytes	115 paket	18.26 %	910.32 bps
	30 km/jam	23 bytes	78 paket	3.85 %	552.00 bps
		46 bytes	78 paket	6.41 %	1119.33 bps
300-500m	40 km/jam	23 bytes	60 paket	6.67 %	515.20 bps
		46 bytes	60 paket	5.00 %	1104.00 bps
	20 km/jam	23 bytes	112 paket	33.93 %	412.61 bps
		46 bytes	109 paket	8.26 %	1022.22 bps
	30 km/jam	23 bytes	79 paket	26.58 %	464.00 bps
		46 bytes	78 paket	37.18 %	721.28 bps
	40 km/jam	23 bytes	58 paket	25.86 %	565.14 bps
		46 bytes	59 paket	25.42 %	1079.47 bps

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil percobaan transmisi data selama tiga hari yang berbeda, didapatkan rata-rata hasil percobaan untuk setiap kecepatan *mobile node*. Tabel 9 menunjukkan hasil rata-rata percobaan. Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari tiga hari percobaan, semakin jauh jarak *node* maka semakin besar nilai *packet loss*. Rata-rata nilai *packet loss* pada semua percobaan jarak 300-500m adalah empat kali lipat rata-rata nilai *packet loss* pada semua percobaan jarak 0-200m. Rata-rata nilai *packet loss* transmisi data 46 bytes pada jarak 300-500m dengan kecepatan 40 km/jam sore hari (53.53%) adalah 3.64 kali lipat dari rata-rata nilai *packet loss* transmisi data 46 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 40 km/jam sore hari (14.71%).

Besar nilai *throughput* bergantung pada panjang paket yang ditransmisikan. Rata-rata nilai *throughput* pada semua percobaan transmisi data 46 bytes adalah dua kali lipat rata-rata nilai *throughput* pada semua percobaan transmisi data 23 bytes. Rata-rata nilai *throughput* transmisi data 46 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 30 km/jam pagi hari (997.69 bps) adalah 1.85 kali lipat dari rata-rata nilai *throughput* transmisi data 23 bytes pada jarak 0-200m dengan kecepatan 30 km/jam pagi hari (539.31 bps).

Tabel 9. Hasil rata-rata percobaan

Jarak	Panjang Data	Waktu	Kecepatan	Packet Loss	Throughput
0-200m	23 bytes	Pagi hari	20 km/jam	6.37 %	523.75 bps
			30 km/jam	7.09 %	539.31 bps
			40 km/jam	7.07 %	519.29 bps
	46 bytes	Sore hari	20 km/jam	15.01 %	477.67 bps
			30 km/jam	19.75 %	487.75 bps
			40 km/jam	20.25 %	467.94 bps
	23 bytes	Pagi hari	20 km/jam	10.71 %	1032.40 bps
			30 km/jam	12.00 %	997.69 bps
			40 km/jam	8.40 %	1029.04 bps
300-500m	46 bytes	Sore hari	20 km/jam	12.42 %	988.33 bps
			30 km/jam	19.48 %	924.66 bps
			40 km/jam	14.71 %	987.52 bps
	23 bytes	Pagi hari	20 km/jam	59.83 %	385.07 bps
			30 km/jam	53.70 %	345.98 bps
			40 km/jam	37.03 %	557.11 bps
	46 bytes	Sore hari	20 km/jam	57.48 %	363.79 bps
			30 km/jam	49.40 %	450.14 bps
			40 km/jam	34.04 %	562.51 bps

Pada percobaan dengan jarak 0-200m, transmisi data sore hari memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dan nilai *throughput* yang lebih kecil daripada transmisi data pagi hari. Nilai *throughput* transmisi data pagi hari lebih besar sekitar 50 bps daripada transmisi data sore hari. Hal ini disebabkan oleh kondisi jalan sore hari yang sedikit lebih padat daripada saat pagi hari sehingga jumlah data yang diterima dengan baik di sore hari lebih sedikit.

Secara rata-rata pada semua percobaan, semakin tinggi kecepatan gerak *node* maka nilai *packet loss* menjadi semakin rendah dan nilai *throughput* menjadi semakin besar. Kecepatan gerak 20 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 35.66% dan *throughput* 630.27 bps. Kecepatan gerak 30 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 31.62% dan *throughput* 691.88 bps. Kecepatan gerak 40 km/jam menghasilkan rata-rata nilai *packet loss* 29.12% dan *throughput* 699.82 bps. Hal ini disebabkan oleh kecepatan *node* yang tinggi membuat jumlah paket yang terkirim semakin sedikit.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata dari semua percobaan, nilai *packet loss* pada percobaan jarak 300-500m menjadi empat kali lipat nilai *packet loss* pada percobaan jarak 0-200m. Sedangkan nilai *throughput* percobaan transmisi data 46 bytes adalah dua kali lipat nilai *throughput* percobaan transmisi data 23 bytes. Pada percobaan dengan jarak 0-200m, transmisi data sore hari memiliki nilai *packet loss* yang lebih besar dan nilai *throughput* yang lebih kecil sekitar 50 bps daripada transmisi data pagi hari.

Mengenai kecepatan gerak *node* yang beragam, nilai kecepatan *node* yang tinggi pada percobaan lintasan lurus menghasilkan nilai *packet loss* yang semakin rendah dan nilai *throughput* yang semakin besar. Hasil ini memberi kesimpulan bahwa penerapan transmisi data LoRa pada *node* yang bergerak

dengan kecepatan tinggi pada lintasan lurus memberikan unjuk kerja yang lebih baik daripada gerakan *node* yang lambat, karena jumlah paket yang terkirim semakin sedikit.

6. Referensi

1. Thoen, B.; Callebaut, G.; Leenders, G.; Wielandt, S. A Deployable LPWAN Platform for Low-Cost and Energy-Constrained IoT Applications. *Sensors* **2019**, Volume 19, 585.
2. Putra, D. S.; Bogi, N.; Mayasari, R. Rancang Bangun Smart Lighting dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa. *e-Proceeding of Engineering* **2019**, Volume 6, pp. 4748-4755.
3. Jedermann, R.; Borysov, M.; Hartgenbusch, N.; Jaeger, S.; Sellwig, M.; Lang, W. Testing LoRa for food applications – Example application for airflow measurements inside cooled warehouses with apples. *Procedia Manufacturing* **2018**, Volume 24, pp. 284-289.
4. Moulat, M.E.; Debauche, O.; Mahmoudi, S.; Brahim, L.A.; Manneback, P.; Lebeau, F. Monitoring System Using Internet of Things for Potential Landslides. *Procedia Computer Science* **2018**, Volume 134, pp. 26-34.
5. Perles, A.; Pérez-Marín, E.; Mercado, R.; Segrelles, J.D.; Blanquer, I.; Zarzo, M.; Garcia-Diego, F.J. An energy-efficient internet of things (IoT) architecture for preventive conservation of cultural heritage. *Future Generation Computer Systems* **2018**, Volume 81, pp. 566-581.
6. Haxhibeqiri, J.; Karaagac, A.; Van den Abeele, F.; Joseph, W.; Moerman, I.; Hoebeke, J. LoRa Indoor Coverage and Performance in an Industrial Environment: Case Study, 22nd IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2017, pp. 1-8.
7. Yanzia, A.; Soim, S.; Rose, M.M. Analisis Jarak Jangkauan LoRa dengan Parameter RSSI dan Packet Loss pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscientia* **2020**, Volume 13, pp. 59-67.
8. Firmansyah, M.S.R.; Musayyanah; Susanto, P. Analisis Parameter LoRa pada Lingkungan Outdoor. *Journal of Control and Network Systems* **2020**, Volume 9, pp. 110-118.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Implementasi Sensor Cahaya Sebagai Level Bahan Bakar pada Tangki Harian Kapal

Anggara Trisna Nugraha¹, Moh. Ghafirul Pratama Aprilian Sugianto²

^{1*} Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; anggaranugraha@ppns.ac.id

² Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya; mghafirul@student.ppns.ac.id

Abstrak: Saat ini adalah zaman yang serba modern termasuk pada kapal karena Indonesia sebagai negara maritim yang membutuhkan kapal baik dalam transportasi maupun militer. Banyak sekali yang harus dikembangkan pada kapal salah satunya tangki bahan bakar kapal yang sangat jarang sekali mendapatkan pengembangan pada kontrolnya. Kontrol pada pengisian tangki bahan bakar kapal yang sebelumnya manual, se bisa mungkin untuk menjadikan otomatis dengan cara menambahkan sebuah sensor yang bisa terpasang tanpa melubangi tangki bahan bakar kapal tersebut. Sensor cahaya merupakan sensor yang bisa dimodifikasi sebagai level untuk ketinggian bahan bakar kapal. dengan sensor cahaya tersebut cukup terpasang di gelas duga yang terletak di depan tangki bahan bakar tersebut. Dengan menggunakan sensor cahaya tersebut, tidak perlu untuk melubangi tangki lagi untuk memasang sensor cukup dipasang diluar tangki untuk level ketinggian bahan bakar pada kapal. sensor cahaya tidak bisa bekerja sendiri dan pastinya membutuhkan otak untuk mengolah data seperti Arduino UNO. Untuk memancarkan cahaya, menggunakan modul laser sebagai *input* dari sensor cahaya. Jika bahan bakar dibawah laser nantinya laser akan menembakkan sinar ke sensor cahaya untuk nantinya sensor cahaya akan memproses di Arduino UNO.

Kata Kunci: Sensor cahaya; tangki bahan bakar kapal; Modul laser; Arduino UNO

1. Pendahuluan

Kapal merupakan sebuah alat transportasi yang banyak digunakan dalam segi transportasi biasa atau segi militer [1]. Untuk zaman sekarang yang serba modern dan mudah ada banyak pengembangan yang sebelumnya manual menjadi otomatis [2]. Pada kapal juga ada banyak pengembangan dari masa ke masa dan banyak yang menggunakan mikrokontroller dalam kontrol kapal. mikrokontroller dapat berguna untuk berbagai control yang sebelumnya tidak efisien menjadi lebih praktis [3].

Pada mikrokontroller perlu adanya sensor sebagai *input* yang nantinya akan dikelola oleh Arduino UNO. Kemudian *output* dari Arduino akan berupa aktuator sesuai dengan yang dibutuhkan pengguna [4]. Mikrokontroller cocok untuk digunakan pada kapal sebagai bentuk pengembangan agar lebih modern [5]. Salah satunya implementasi sensor cahaya sebagai level ketinggian tangki bahan bakar harian pada kapal. pengembangan ini masih banyak yang belum tahu maka dari itu harus di coba di implementasikan pada kapal [6].

Untuk sensor cahaya dan laser nantinya akan terpasang di gelas duga tangki bahan bakar, yang dimana gelas duga tersebut berada diluar tangki, jadi secara otomatis sensor dan laser berada diluar tangki bahan bakar (sensor tidak tercelup pada bahan bakar) [7]. Dari pemakaian sensor LDR dan juga laser tersebut meminimalisir terjadinya bahaya jika dibandingkan pemakaian sensor yang tercelup. Ketika level bahan bakar dibawah laser yang nantinya laser akan menembakkan cahaya ke sensor cahaya dan akan memberikan *input* ke Arduino UNO kemudian Arduino UNO akan memproses untuk menyalaakan pompa atau mematikan pompa [8].

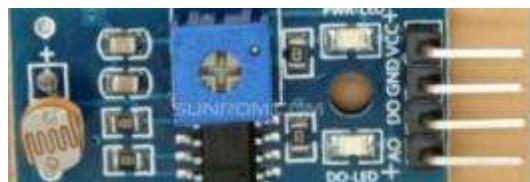
2. Materials and Methods

2.1. Komponen

Pada sub bab 2.1 merupakan penjelasan komponen yang akan digunakan pada penelitian nantinya

2.1.1 Sensor cahaya

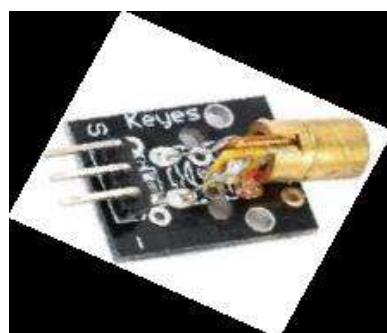
Modul sensor cahaya ini memungkinkan Anda dengan mudah menggunakan sensor LDR (Light Dependent Resistor) untuk mengukur intensitas cahaya [9]. Modul LDR ini memiliki pin *output* analog dan pin *output* digital berlabel A0 dan D0 pada PCB. Nilai resistor LDR pada pin analog meningkat seiring dengan bertambahnya intensitas cahaya dan berkurang seiring dengan semakin gelapnya intensitas cahaya [10]. Pada pin digital, pada batas tertentu DO akan tinggi atau rendah, dikendalikan oleh sensitivitas menggunakan potensiometer bawaan.



Gambar 1 Sensor cahaya

2.1.2 Laser

Laser merupakan singkatan dari bahasa Inggris: Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation dan merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat maupun dapat lihat dengan mata normal, melalui proses pancaran terstimulasi [11]. Pancaran laser biasanya tunggal, memancarkan foton dalam pancaran koheren [12].



Gambar 2 Perangkat Laser

2.1.3 Arduino UNO

Arduino Uno adalah papan sirkuit tercetak yang berbasis mikrokontroller ATmega328. Sirkuit terpadu (integrated circuit) ini memiliki 14 *input/output* digital (6 *output* untuk PWM), 6 *input* analog, resonator kristal keramik 16 MHz, koneksi USB, soket pengontrol, pin header ICSP, dan tombol reset [13]. Inilah yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroller [14].



Gambar 3. Arduino UNO

2.1.4 Tangki harian kapal

Tangki harian pada kapal biasanya terdapat pada kamar mesin mulai dari kapal ferry sampai kapal tugboat [15]. Untuk tangki harian kapal terdapat bermacam-macam volume mulai dari yang terendah 3 ton bahan bakar pada tangki harian sampai 100 ton lebih [16]. Untuk 3 ton tersebut dapat diubah menjadi liter dan 3 ton setara dengan 3600 liter. Kemudian kebanyakan untuk melihat isi dari tangki bahan bakar terdapat yang bisa disebut gelas duga yang letaknya di depan tangki harian tersebut.

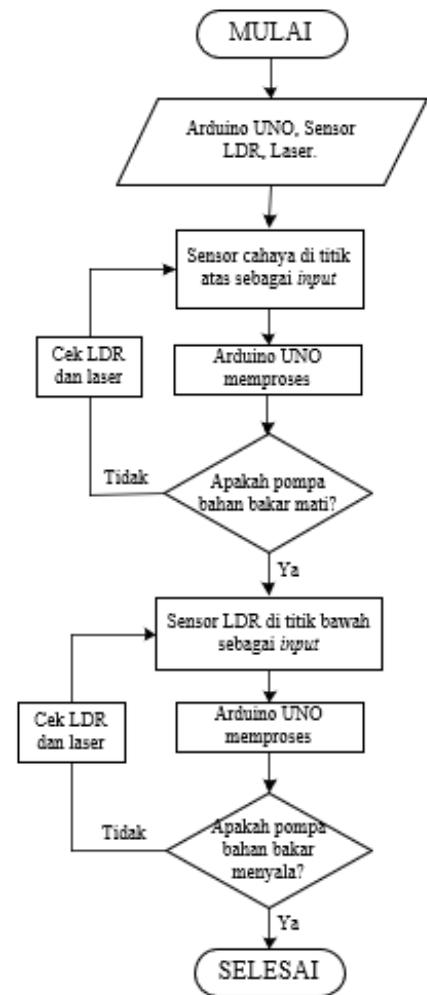


Gambar 4 Gelas duga

2.2 Diagram alir sistem

Diagram alir terlihat pada Gambar 5, bahwa *input* dari sistem ini berupa sensor cahaya yang nantinya ditempatkan di titik tertinggi dan terendah di gelas duga. Diperlukan laser sebagai supply cahaya yang akan ditembakkan ke sensor cahaya tersebut. Ketika laser terhalang oleh bahan bakar maka cahaya tidak dapat menerima cahaya begitu sebaliknya. Sistem ini bersifat otomatis yang dimana Ketika bahan bakar sudah di titik tertinggi maka pompa pengisian bahan bakar akan mati dan Ketika di titik terendah, maka pompa pengisian akan menyala untuk mengisi. Maka dari itu

sistem tersebut bisa dilakukan penelitian apakah sistem seperti ini dapat berguna dan efisien atau tidak.



Gambar 5 Diagram alir

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah mengetahui semua komponen yang dibutuhkan serta cara untuk merangkai sebuah sistem, langkah selanjutnya adalah pengujian dari komponen agar mendapatkan data yang diperlukan

3.1 Pengkalibrasian sensor cahaya

Kalibrasi sensor cahaya menggunakan multimeter digital dimana harus mengubah dari nilai ADC sensor ke tegangan terlebih dahulu sebelum melakukan pengkalibrasian sensor cahaya [17]. Untuk perhitungan nilai ADC ke tegangan dapat dilihat pada rumus dibawah ini:

$$\text{Tegangan} = \frac{\text{nilai ADC} \times \text{input}}{1023} \quad (1)$$

Dari rumus tersebut sensor cahaya akan tertampil nilai ADC terlebih dahulu kemudian dari nilai ADC tersebut dikonversikan kedalam tegangan dan hasil dari kalibrasi sensor dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1 hasil kalibrasi sensor cahaya titik atas ketika dengan cahaya

Percobaan	Tegangan dari ADC	Tegangan dari multimeter	Error
1	1.31V	1.33V	1.5%
2	1.30V	1.33V	2,26%
3	1.31V	1.33V	1.5%
4	1.31V	1.33V	1.5%
5	1.30V	1.33V	2,26%

Tabel 2 hasil kalibrasi sensor cahaya titik bawah ketika dengan cahaya

Percobaan	Tegangan dari ADC	Tegangan dari multimeter	Error
1	0.24V	0.22V	9.1%
2	0.24V	0.22V	9.1%
3	0.24V	0.22V	9.1%
4	0.24V	0.22V	9.1%
5	0.24V	0.22V	9.1%

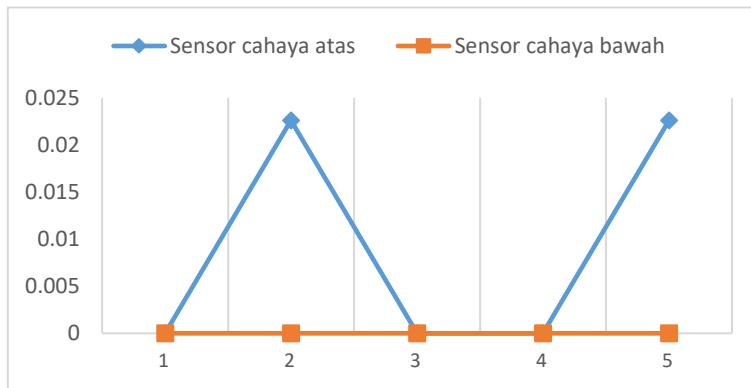
Tabel 3 hasil kalibrasi sensor cahaya di titik atas ketika tanpa cahaya

Percobaan	Tegangan dari ADC	Tegangan dari multimeter	Error
1	2.41V	2.34V	2.99%
2	2.41V	2.34V	2.99%
3	2.41V	2.34V	2.99%
4	2.41V	2.34V	2.99%
5	2.41V	2.34V	2.99%

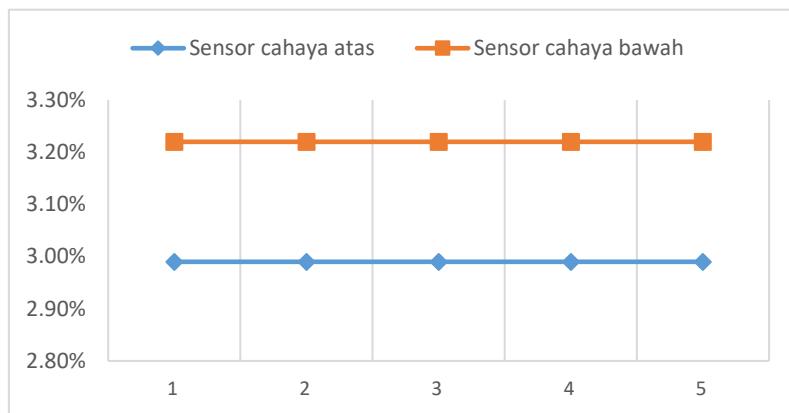
Tabel 4 hasil kalibrasi sensor cahaya di titik bawah ketika tanpa cahaya

Percobaan	Tegangan dari ADC	Tegangan dari multimeter	Error
1	3V	3.10V	3.22%
2	3V	3.10V	3.22%
3	3V	3.10V	3.22%
4	3V	3.10V	3.22%
5	3V	3.10V	3.22%

Untuk gambar grafik dari 2 sensor cahaya yang digunakan tersebut dapat dilihat pada gambar 5 dibawah ini.



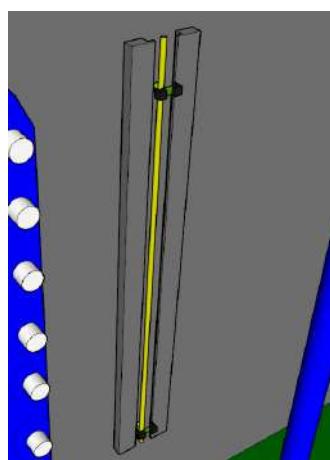
Gambar 6 Grafik persentase error dengan cahaya



Gambar 7 Grafik persentase error tanpa cahaya

3.2 Pemasangan sistem pada gelas duga

Setelah melakukan kalibrasi pada sensor, dianjutkan untuk pemasangan sensor cahaya dan laser pada gelas duga tangki bahan bakar. Berikut ini merupakan gambar desain sebelum sensor cahaya akan terpasang pada gelas duga.

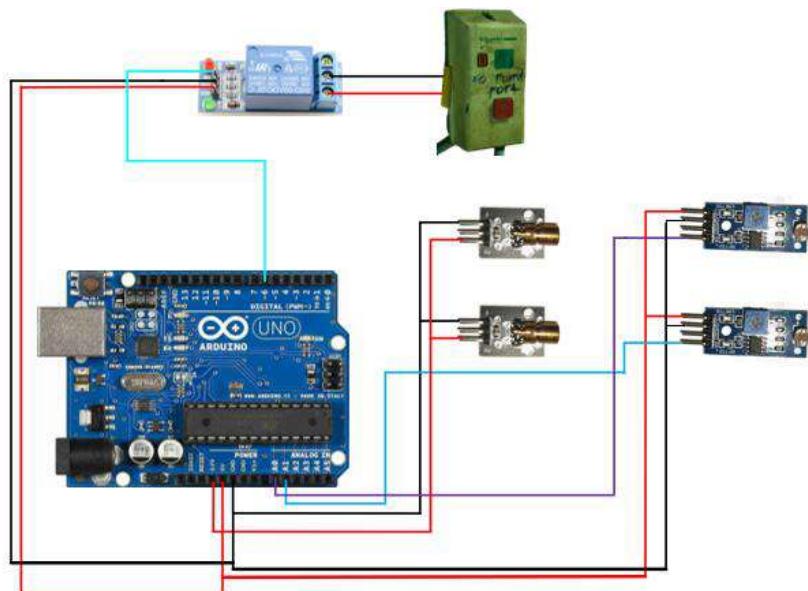


Gambar 8 Desain sensor cahaya Ketika terpasang di gelas duga tangki

Terlihat pada gambar terdapat 2 sensor cahaya dan 2 laser untuk nantinya berguna sebagai alat untuk mematikan pompa pengisi secara otomatis. Sistem tersebut memerlukan bantuan dari relay dan juga kontaktor sebagai pengendali dari aktuator yaitu pompa tersebut.

3.3 Sinkronisasi komponen

Setelah melakukan pemasangan nantinya pada gelas duga. Selanjutnya melakukan wiring dan sinkronisasi terhadap sensor cahaya dan laser. Dari sinkronisasi tersebut memerlukan bantuan dari Arduino UNO sebagai otak dari sistem yang nantinya akan terpasang. Setelah melakukan sinkronisasi mikrokontroller, langkah selanjutnya sinkronisasi mikrokontroller terhadap kontaktor dan relay yang akan menggerakkan pompa pengisi nantinya. Kemudian unutk daya *input* Arduino UNO bisa menggunakan power supply 5V atau menggunakan kabel USB yang dipasang ke power bank.



Gambar 9 Wiring sistem

Ketika sudah wiring seperti di atas nantinya akan dilakukan pengujian yang dimana akan diuji apakah dapat mengisi sesuai yang ditentukan sebelumnya. Apakah kontaktor pada enclosed starter DOL dapat bekerja sesuai *input* dari sensor cahaya yang terpasang pada gelas duga tersebut.

3,4 Pengujian

Ketika pengujian harus melakukan pengujian dengan 2 kondisi, yaitu Ketika kapal berlayar dan pada saat kapal diam atau bersandar. Pada saat diam harus membuat tangki itu mencoba mengisi dengan cara menggerakkan pompa pengisi tersebut. Berikut merupakan tabel untuk hasil percobaan pada saat berlayar dan pada saat diam.

Tabel 5. Pengujian pada saat diam di titik bawah

Percobaan	Tegangan sensor LDR 1
1	0.57V
2	0.56V
3	0.56V
4	0.59V
5	0.60V

Tabel 6. Pengujian pada saat diam di titik atas

Percobaan	Tegangan sensor LDR 1	Tegangan sensor LDR 2
1	1.65V	1.80V
2	1.65V	1.80V
3	1.65V	1.80V
4	1.66V	1.81V
5	1.66V	1.81V

Pada Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan hasil pengujian sensor LDR 1 dan LDR 2 pada saat terpasang pada *glass* duga. Dari pengujian tersebut menghasilkan tegangan LDR 1 ketika bahan bakar dibawah sensor LDR 1 sekitar 0.56V – 0.60V. Pada Tabel 6, hasil pengujian di titik atas menghasilkan tegangan LDR 1 sekitar 1.65V – 1.66V dan LDR 2 sekitar 1.80V – 1.81V

Tabel 7. Pengujian pada saat terguncang di titik bawah

Percobaan	Tegangan sensor LDR 1
1	0.57V
2	0.56V
3	1.55V
4	1.55V
5	0.60V

Tabel 8. Pengujian pada saat terguncang di titik atas

Percobaan	Tegangan sensor LDR 1	Tegangan sensor LDR 2
1	1.65V	1.80V
2	0.66V	1.80V
3	0.66V	1.80V
4	1.66V	1.81V
5	1.66V	1.81V

Pada Tabel 7 dan Tabel 8 merupakan hasil pengujian sensor LDR 1 dan LDR 2 pada saat terguncang. Dari pengujian tersebut menghasilkan tegangan LDR 1 ketika bahan bakar dibawah sensor LDR 1 sekitar 0.56V – 0.60V akan tetapi kondisi seketika berubah pada percobaan ke 3 dan 4 dimana tegangan berada pada angka 1.55V. Pada Tabel 8, hasil pengujian di titik atas menghasilkan tegangan LDR 1 sekitar 1.65V – 1.66V.

4. Diskusi

Untuk hasil yang diperoleh dari pengujian sensor cahaya yang terpasang pada gelas duga cukup baik. Terlebih untuk anak buah kapal yang kesulitan ketika mematikan atau menyalakan pompa . sistem ini akan membantu untuk anak buah kapal melakukan semua itu dengan cukup mudah. Keakuratan pada sensor dalam membaca *input* dari laser memang belum terlalu akurat, akan tetapi bisa dijadikan pengembangan yang cukup bagus pada tangki bahan bakar pada kapal agar lebih modern.

5. Kesimpulan

1. Sensor cahaya dapat berfungsi sesuai yang dibutuhkan pengguna Ketika terpasang di gelas duga dengan ketentuan harus ada cahaya dari laser sebagai komponen pembantu
2. Keakuratan dari sensor cahaya kurang baik pada saat kaal dalam keadaan berlayar karena pengaruh guncangan yang disebabkan ombak
3. Kekurangan pada sistem ini, Ketika pompa pengisian dibuat otomatis nantinya sulit untuk mencatat data berapa ton bahan bakar yang sudah terpakai. Karena Ketika bahan bakar akan habis akan mengisi lagi dan itu yang membuat anak buah kapal akan kesulitan mengimabil data untuk logbook.
4. Pada sistem ini harus ditambahkan sirine agar Ketika mengisi bahan bakar anak buah kapal bisa tahu kapal sedang mengisi dan bisa mengambil data dari logbook

6. Referensi

- [1] Alwan, D. Sistem monitoring dan proteksi motor induksi 1 fasa berbasis iot. Surabaya: politeknik perkapalan negeri surabaya. 2020.
- [2] Amrul, R. L. Motor Induksi 3 Fasa, 3-4. 2014.
- [3] Anugraini, P. D.. Prototype alarm monitoring system (ams) dan smart autotransfer tank (sat) dalam upaya mengoptimalkan sistem bahan bakar kapal berbasis iot. Surabaya: Tugas Akhir Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. 2018
- [4] Ariawan, K. K., Yana, I. M., Bima, & Kadek. Membuat Power Supply 12V dan 5V. Denpasar. 2016.
- [5] Baharuddin, B. Perancangan simulasi kontrol otomatis distribusi bahan bakar tangki harian pada KM Madani Nusantara. Jurnal Administrasi dan Kebijakan Kesehatan Indonesia, 61-63. 2016.
- [6] Chesa, L. H. Monitoring kemiringan benda berbasis sms gateway. 14-15. 2020.
- [7] Hakim, M. G. Prototype Sistem Monitoring Bilge Oily Water Separator Otomatis Pada Kapal Berbasis Mikrokontroller. Surabaya. 2020
- [8] Mahendra, r. Pemrograman Mikrokontroller Arduino. 2017.
- [9] Saputro, T. T. Mengenal Relay dan Cara Kerjanya. 2019. Retrieved from embedednesia: <https://embeddednesia.com/v1/mengenal-relay-dan-cara-kerjanya-bagian-1/>
- [10] Sitanggang, R . Perancangan Purwarupa Alat Sortir Buah Kentang Otomatis Berdasarkan Ukuran Menggunakan Laser Dioda Dan Sensor Ldr. Medan: Skripsi Universitas Sumatera Utara Medan. 2020.
- [11] Tsauqi, A. K. Saklar Otomatis Berbasis Light Dependent Resistor (Ldr) Pada Mikrokontroller Arduino Uno. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal). 2016
- [12] Febrianto, F. A. Rancang Bangun Sistem Monitoring Fuel Flow Consumption Dan Otomatisasi Pengisian Tangki Harian Pada Kapal Berbasis Android, politeknik perkapalan negeri surabaya). 2015

- [13] Hadi, A . Simulasi Sistem Standalone Scada Untuk Pengendalian Dan Pemantauan Tangki Bahan Bakar Harian Kmp. Pulau Sabu Menggunakan Wonderware Intouch Dan Fasilitas Data Logger, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. 2020.
- [14] Ruddianto, Ruddianto, et al. "The Experiment Practical Design of Marine Auxiliary Engine Monitoring and Control System." Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.4 (2021): 148-155.
- [15] Nugraha, Anggara Trisna, and Dadang Priyambodo. "Prototype Design of Carbon Monoxide Box Separator as a Form of Ar-Rum Verse 41 and To Support Sustainable Development Goals Number 13 (Climate Action)." Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics 3.2 (2021): 99-105.
- [16] Putra, Muhammad Dwi Hari, and Anggara Trisna Nugraha. "Rancang Bangun Battery Charger Dengan Sistem Constant Voltage Berbasis Kontrol Pi." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [17] Febrianto, F. A. Rancang Bangun Sistem Monitoring Fuel Flow Consumption Dan Otomatisasi Pengisian Tangki Harian pada Kapal Berbasis Android. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. 2015.
- [18] Angga, Anggara Trisna Nugraha, Muhammad Jafar Shiddiq, and Moch Fadhil Ramadhan. "Use Ordinary Expressions to Learn How to Extract Code Feedback From the Software Program Upkeep Process." International Journal of Advances in Data and Information Systems 2.2. 2021.
- [19] Zaibah, Siti, and Anggara Trisna Nugraha. "Pembangkit Energi Listrik Pico Hydro Terapung Menggunakan Underwater Turbine Untuk Mendukung Pemenuhan Rasio Elektrifikasi Dan Energi Listrik Di Daerah 3t." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [20] Shiddiq, Muhammad Jafar, Moch Fadhil Ramadhan, and Anggara Trisna Nugraha. "Perencanaan Pembangkit Listrik Energi Bayu Kincir Savonius Guna Mewujudkan Pemanfaatan Renewable Energy Pada Jembatan Suramadu." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [21] Zakariz, Naufal Praska, Joessianto Eko Poetro, and Anggara Trisna Nugraha. "Pengaruh Variasi Inlet Notch Terhadap Kecepatan Dan Daya Yang Dapat Terbangkitkan Dari Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [22] Tiwana, Mayda Zita Aliem, Adianto Adianto, and Anggara Trisna Nugraha. "Perancangan Sistem Monitoring Dan Alarm Berbasis Logic Panel Dan Komunikasi Modbus." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [23] Ramadhan, Moch Fadhil, Muhammad Jafar Shiddiq, and Anggara Trisna Nugraha. "Perencanaan Pembangkit Listrik Energi Surya Untuk Kebutuhan Listrik Jembatan Suramadu Guna Mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [24] Realdo, Adam Meredita, Yuning Widiarti, and Anggara Trisna Nugraha. "Rancang Bangun Sistem Management Penggunaan Daya Listrik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.
- [25] Safitri, Lailia Nur, Muhammad Abu Jami'in, and Anggara Trisna Nugraha. "Prototipe (Power Take-Off) Generator Dengan Mengatur Kecepatan Motor 3 Phase Untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Di Kapal." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.

- [26] Ravi, Alwy Muhammad, Hendro Agus Widodo, and Anggara Trisna Nugraha. "Pengaruh Penggunaan Metode Kontrol Pi Pada Kontrol Eksitasi Generator Sinkron." Seminar Program Magister PPNS. Vol. 6. No. 1. 2021.



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

