

SISTEM KENDALI OVER-HEAD CRANE DENGAN WIRELESS CONTROL MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID DAN TAMPILAN LCD BERBASIS ARDUINO

Bayu Sukma Sejati

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
Email 141020100034@umsida.ac.id

Izza Anshory

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia
Email 141020100034@umsida.ac.id

Abstract

Overhead cranes are lifting tools used by almost all industries, ports, warehouses, workshops, and others. Generally, the overhead crane control system is less effective and efficient because the operator still follows where the crane is moving. In this case, problems often occur because the pendant switch that functions as a controller still uses the cable as a link to the overhead crane panel. Various problems that occur between cables often break up because of being hit by a load lifted by a hoist, operators who have difficulty adjusting the safe distance because they are limited by the length of the cable pendant switch. The purpose of this thesis is to create a control system that is expected to be able to control the overhead crane effectively and efficiently without using a cable as a connector but using an Android smartphone. Control with an Android smartphone using bluetooth serial communication with 16x2 LCD display and Arduino Uno R3 microcontroller. Based on the results of testing on this control system, control of the device can be controlled at a maximum distance of ± 12 meters without bulkhead and a distance of ± 10 meters with a bulkhead. The results of the test prove that the control system can function optimally and the remote application can be installed on the Android 4.0 Minimal Android smartphone (Jelly Bean). Therefore the use of cable can be replaced with a wireless connection system (Bluetooth) to reduce the occurrence of friction with the cable and so that the operator can maintain a safe distance with the load to be moved because it is not limited by the cable length

Keywords:

Over-head crane; Bluetooth HC-05; 16x2 LCD; Relay; Arduino Uno; Android smartphone

Abstrak

Overhead crane merupakan alat bantu pengangkat yang digunakan hampir oleh semua industri, pelabuhan, gudang, workshop, dan lain-lain. Umumnya sistem pengendalian overhead crane kurang efektif dan efisien karena operator masih mengikuti kemana arah laju dari crane. Dalam hal ini sering terjadi masalah karena pendant switch yang berfungsi sebagai pengendali masih menggunakan kabel sebagai penghubung ke panel overhead crane tersebut. Berbagai masalah yang terjadi diantara kabel sering putus karena tertabrak beban yang diangkat oleh hoist, operator yang kesulitan mengatur jarak aman karena terbatas oleh panjang kabel pendant switch. Tujuan pembuatan skripsi ini untuk membuat sistem kendali yang diharapkan mampu mengendalikan overhead crane secara efektif dan efisien tanpa menggunakan kabel sebagai penghubungnya tetapi menggunakan smartphone android. Pengendalian dengan smartphone android menggunakan komunikasi serial bluetooth dengan tampilan LCD 16x2 dan mikrokontroler Arduino Uno R3. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem kendali ini, pengendalian perangkat dapat dikendalikan pada jarak maksimal ± 12 meter tanpa sekat dan jarak ± 10 meter dengan sekat. Hasil dari pengujian membuktikan bahwa sistem kendali dapat berfungsi dengan optimal dan aplikasi remote dapat diinstal di smartphone android minimal android 4.0 (jelly bean). Oleh karena itu penggunaan kabel dapat digantikan dengan sistem koneksi wireless (bluetooth) untuk mengurangi terjadinya gesekan dengan kabel dan agar operator bisa menjaga jarak aman dengan beban yang akan dipindahkan karena sudah tidak dibatasi oleh panjang kabel.

Kata Kunci:

Alat bantu angkat; bluetooth HC-05; 16 x2 Layar LCD; Relay; Arduiono Uno; Perangkat Pintar Android.

1. PENDAHULUAN

Overhead crane merupakan alat pemindah yang mempunyai struktur konstruksi kerangka yang menyerupai jembatan dan bertumpu pada kedua ujung dengan roda – roda untuk berjalan sepanjang lintasan rel di atas lantai atau tumpuan. Overhead crane pada umumnya digerakan menggunakan motor listrik yang mempunyai torsi besar, dan pengontrolan overhead crane biasanya dioperasikan dengan menggunakan beberapa push button yang digantung bersama kabel pada area kerja overhead crane yang biasa disebut dengan Pendant switch[1]. Operator biasanya mengikuti kemana arah dari overhead crane, karena pendant switch yang berfungsi sebagai pengontrolan masih dihubungkan dengan kabel menuju sistem kontrol. Hal ini tentu dibutuhkan sebuah alat yang mampu mengontrol overhead crane tanpa menggunakan kabel agar memudahkan operator agar tidak selalu mengikuti kemana arah dari overhead crane.

Android merupakan sistem operasi untuk perangkat mobile yang berbasis linux dan bersifat terbuka atau open source dengan lisensi GNU yang dimiliki Google. Google membuat sebuah platform dimana para pengembang bisa dengan leluasa berkarya serta menciptakan aplikasi gratis terbaik dan terbuka untuk digunakan untuk bermacam-macam perangkat. Mikrokontroler arduino merupakan sebuah platform elektronik yang bersifat open source, berbasis pada software dan hardware yang fleksibel dan mudah digunakan[2]. Nama Arduino tidak hanya dipakai untuk menamai board rangkaian saja, tetapi juga untuk menamai bahasa dan software pemrogramannya, serta IDE (Integrated Development Environment) atau lingkungan pemrogramannya.

Pada saat sekarang ini penggunaan remote dan wireless control sangat banyak digunakan, karena teknologi ini dapat mengurangi penggunaan kabel yang cukup mengganggu secara estetika dan bisa mengurangi biaya. Solusi untuk mengatasi permasalahan di atas adalah merancang suatu alat pengontrolan overhead crane dengan memanfaatkan teknologi wireless dan bluetooth pada smartphone android, dimana fungsi smartphone android ini sebagai pengontrol yang menggantikan pendant switch agar mampu membantu operator untuk lebih menghemat waktu, menghemat energi, mengurangi resiko kecelakaan dan mempermudah dalam proses pengerjaannya.

Dengan latarbelakang hal tersebut penulis merencanakan suatu penerapan sistem kontrol berbasis Arduino Uno untuk merancang “Sistem Kendali Overhead Crane Dengan Wireless Control Menggunakan Smartphone Android Dan Tampilan LCD Berbasis Arduino”. Alat ini diharapkan mampu membantu mengurangi permasalahan yang selama ini dialami oleh operator pada saat menggunakan sistem kontrol overhead crane.

1. *Overhead crane*

Overhead Crane merupakan salah satu jenis peralatan untuk mengangkat dan memindahkan benda dari tempat satu ke tempat yang lain pada suatu lintasan tertentu[1].



Gambar 1 *OverHead Creane*

2. *Arduino Uno*

Arduino adalah board mikrokontroller yang menggunakan ATmega328 sebagai basis mikrokontrollernya. Arduino memiliki 14 pin input dan output yang diantaranya 6 pin dapat difungsikan sebagai output PWM, 6 pin analog input, crystal osilator sebesar 16 MHz, koneksi kabel USB, jack power, head ICSP dan tombol reset. Arduino juga mampu men-support mikrokontroller; dapat dikoneksikan dengan perangkat komputer menggunakan perantara kabel USB[3].



Gambar 2 Board Arduino Uno

3. Bluetooth HC-05

Modul Bluetooth HC-05 merupakan modul serial port protocol (SPP) yang digunakan sebagai komunikasi nirkabel tanpa kabel yang dikonversikan ke mikrokontroler arduino. Modul bluetooth HC-05 menggunakan modulasi v 2.0 +EDR (*Enhanced Data Rate*) mempunyai kecepatan 3 Mbps dan memanfaatkan gelombang radio 2,4 GHz. Modul bluetooth HC-05 dapat berfungsi sebagai slave atau master karena memiliki 2 sistem mode konfigurasi yaitu AT mode dan *communication mode*. Fungsi dari AT mode biasanya digunakan untuk setting konfigurasi dari HC-05. Sedangkan saat *Communication mode* modul bluetooth berfungsi untuk melakukan komunikasi bluetooth dengan perangkat lainnya. Jarak komunikasi modul bluetooth HC-05 mampu mencapai ± 30 meter dengan kondisi tanpa Sekat



Gambar 3 Bluetooth HC-05

4. LCD 16x2

Liquid Crystal Display atau yang biasa disebut LCD adalah suatu jenis media penampil yang menggunakan kristal cair sebagai media penampil utamanya. LCD sudah sering dijumpai dan digunakan diberbagai perangkat misalnya alat-alat elektronik seperti kalkulator, televisi, ataupun layar komputer.



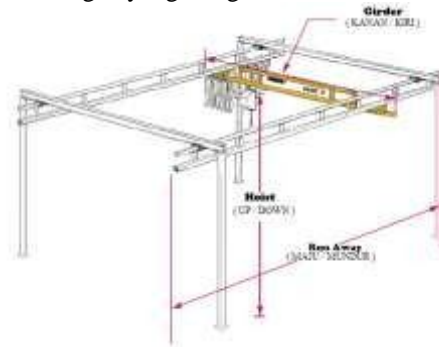
Gambar 4 LCD 16x2 dengan i2c

Fungsi LCD sangat penting karena berfungsi untuk menampilkan status kerja pada suatu alat. Inter Integrated Circuit atau yang sering disebut i2c merupakan standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran dan di desain khusus untuk menerima ataupun mengirim data. Sistem yang terdapat pada i2c terdiri dari saluran SCL(serial clock) dan SDA(serial data) yang mengirim informasi berupa data antara i2c dengan pengontrolnya. Fungsi LCD sangat penting karena berfungsi untuk menampilkan status kerja pada suatu alat.

2. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

2.1 Pengujian Modul Bluetooth HC 05

Untuk pengujian modul bluetooth dilakukan dengan cara menghubungkan modul dengan mikrokontroler yang sebelumnya sudah diprogram terlebih dahulu untuk mengetahui kondisi dan bluetooth dapat berfungsi dengan normal sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 5 Denah Pergerakan Motor Overhead Crane

Pada pengujian ini spesifikasi smartphone android yang digunakan adalah Samsung Galaxy A3 2016, OS Android 5.1.1 (Lollipop), RAM 1,5 GB, CPU quad-core 1,5 GHz Cortex- A53, GPU Mali-T720MP2.

Tabel 1 Pengujian Modul Bluetooth tanpa Sekat

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	0	1	1	1	1	0,8	0,4472136
4	12 meter	1	1	0	1	1	0,8	0,4472136
5	15 meter	0	1	0	1	1	0,6	0,54772256

Ket : 0 = Tidak Terhubung, 1 = Terhubung

Berdasarkan hasil pengujian modul bluetooth yang terdapat pada Tabel 1 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian tanpa sekat pada jarak 3 dan 6 meter tidak terdapat masalah karena memiliki hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai Standar Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan baik. Pada pengujian jarak 9 dan 12 meter menunjukkan terjadinya koneksi yang terputus pada pengujian pertama jarak 9 meter dan pengujian ketiga pada jarak 12 meter, hal ini menghasilkan nilai rata-rata 0,8 dan Standar Deviasi (0,447). Kemudian pada pengujian pertama dan ketiga untuk jarak 15 meter terjadi 2 kali koneksi terputus, menghasilkan nilai rata-rata 0,6 dan Standar Deviasi (0,547). Hal ini berarti pada jarak 9 sampai 15 meter jarak komunikasi modul bluetooth tidak bisa terhubung dengan optimal karena sering terjadi koneksi terputus saat pengujian. Sebagai contoh perhitungan rata-rata dan Standart Deviasi dapat dilihat pada analisa berikut :

Pengujian jarak 15 meter tanpa Sekat.

$$\text{Nilai rata - rata} = \frac{0 + 1 + 0 + 1 + 1}{5} = 0,6$$

$$\text{Nilai Standart Deviasi} = \sqrt{\frac{(0-1)^2+(1-1)^2+(0-1)^2+(1-1)^2+(1-1)^2}{5-1}} = 0,54772256$$

Tabel 2 Pengujian Modul Bluetooth dengan Sekat

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	1	1	1	0	0	0,6	0,54772256
4	12 meter	0	1	0	1	1	0,6	0,54772256
5	15 meter	0	0	1	0	1	0,4	0,54772256

Ket : 0 = Tidak Terhubung, 1 = Terhubung

Berdasarkan hasil pengujian modul bluetooth yang terdapat pada Tabel 2 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian tanpa sekat pada jarak 3 dan 6 meter tidak terdapat masalah karena memiliki hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai Standart Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan baik. Pada pengujian jarak 9 dan 12 meter menunjukkan terjadinya koneksi yang terputus pada pengujian keempat dan kelima jarak 9 meter juga pengujian pertama dan ketiga pada jarak 12 meter, hal ini menghasilkan nilai rata-rata 0,6 dan Standart Deviasi (0,547). Kemudian pada pengujian pertama dan ketiga untuk jarak 15 meter terjadi 3 kali koneksi terputus, menghasilkan nilai rata-rata 0,4 dan Standar Deviasi (0,547). Hal ini berarti pada jarak 9 sampai 15 meter jarak komunikasi modul bluetooth tidak bisa terhubung dengan optimal karena sering terjadi koneksi terputus saat pengujian. Sebagai contoh perhitungan rata-rata dan Standart Deviasi dapat dilihat pada analisa berikut :

Pengujian Jarak 15 meter dengan Sekat.

$$\text{Nilai rata - rata} = \frac{0 + 0 + 1 + 0 + 1}{5} = 0,4$$

$$\text{Nilai Standart Deviasi} = \sqrt{\frac{(0-1)^2+(0-1)^2+(1-1)^2+(0-1)^2+(1-1)^2}{5-1}} = 0,54772256$$

Dari hasil pengujian modul bluetooth pada Tabel 1 untuk pengujian tanpa sekat dan Tabel 2 untuk pengujian dengan sekat maka dapat disimpulkan bahwa selain jarak, area yang bersekat juga berpengaruh terhadap kualitas komunikasi modul bluetooth.

Pengujian secara keseluruhan dilakuan agar alat yang dibuat berfungsi dengan baik sebelum diaplikasikan lokasi. Perancangan dan pembuatan alat ini dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jalan raya Gelam No.250B, Candi, Sidoarjo. Waktu perancangan dan pembuatan Sistem Kendali Overhead Crane Dengan Wireless Control Menggunakan Smartphone Android dan Tampilan LCD Berbasis Arduino dilaksanakan pada bulan Januari 2018 hingga Juli 2018. Demi memperoleh hasil yang maksimal pengujian menggunakan merk smartphone yang berbeda-beda, karena tiap merk punya kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pengujian alat dilakukan pada tanggal 11 dan 12 Agustus 2018 di workshop Electrical Engineering PT Japfa Comfeed Indonesia Tbk pertama di Jalan Nilam Barat No. 7 Perak Surabaya.



Gambar 6 Pemasangan Alat pada Panel kontrol Overhead Crane

Pada Gambar 6 menerangkan penempatan dan pemasangan alat pada lokasi panel kontrol overhead crane. Posisi alat diharapkan berdekatan dengan panel kontrol agar sistem dapat berfungsi dengan optimal.

Pengujian pada Smartphone Kedua.

Spesifikasi : Samsung Galaxy J7 Prime, OS Android 6.0.1 (Marshmallow), RAM 3 GB, CPU Exynos 7870 octa-core 1,6 GHz Cortex-A53, GPU Mali-T830MP2.

Tabel 3 Pengujian tanpa sekat.

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	1	1	1	1	1	1	0
4	12 meter	1	1	1	1	1	1	0
5	15 meter	1	1	1	1	0	0,8	0,89

Ket. 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Pada hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 3 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian tanpa sekat pada jarak 3 sampai 12 meter tidak terdapat masalah karena memiliki hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai Standart Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan optimal, dan pada jarak 15 meter terjadi koneksi yang terputus pada pengujian kelima dengan nilai rata-rata 0,8 (optimal) dan Standar Deviasi 0,89 menandakan meskipun sempat terputus tetapi masih berfungsi optimal pada jarak tersebut.

Tabel 4 Pengujian dengan sekat.

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	1	1	1	1	1	1	0
4	12 meter	1	1	1	1	0	0,8	0,89
5	15 meter	1	1	1	0	1	0,8	0,89

Ket. 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Berdasarkan hasil pengujian modul bluetooth yang terdapat pada Tabel 4 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan sekat pada jarak 3 sampai 9 meter tidak terdapat masalah karena memiliki hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai standar Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan optimal. Tetapi terjadi koneksi yang terputus pada jarak 12 sampai 15 meter yang terjadi koneksi yang terputus pada percobaan kelima untuk jarak 12 meter dengan nilai rata-rata 0,8 (optimal) dan nilai Standart Deviasi 0,89. Kemudian pada jarak 15 meter hanya terputus sebanyak satu kali pada percobaan keempat dengan nilai rata-rata 0,8 (optimal) dan nilai standart Deviasi 0,89, hal ini berarti hasil pengujian pada jarak 12 sampai 15 meter jarak komunikasi modul bluetooth menandakan meskipun sempat terputus tetapi masih berfungsi secara optimal pada jarak tersebut.

Pengujian pada Smartphone Ketiga.

Spesifikasi : Xiaomi Redmi Note 4, OS Android 6.0 (Marshmallow), RAM 3 GB, CPU octa-core 2 GHz, GPU Adreno 506.

Tabel 5 Pengujian tanpa sekat.

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	1	1	0	1	1	0,8	0,89
4	12 meter	1	1	1	1	0	0,8	0,89
5	15 meter	1	0	1	0	1	0,6	0,54

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Pada hasil pengujian modul bluetooth yang terdapat pada Tabel 5 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian tanpa sekat pada jarak 3 dan 6 meter tidak terdapat masalah karena memiliki hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai Standart Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan optimal. Tetapi terjadi koneksi yang terputus pada jarak 9 sampai 15 meter yang terjadi koneksi yang terputus pada percobaan ketiga untuk jarak 9 meter yang memiliki nilai rata-rata 0,8 (optimal) dan nilai Standart Deviasi 0,89, untuk jarak 12 meter terjadi koneksi terputus pada percobaan kelima memiliki nilai rata-rata 0,8 (optimal) nilai Standart Deviasi 0,89. Kemudian pada jarak 15 meter terjadi koneksi yang terputus pada percobaan kedua dan keempat yang memiliki nilai rata-rata 0,6 (optimal) dan nilai Standart Deviasi 0,54 hal ini berarti hasil pengujian pada jarak 9 sampai 15 meter jarak komunikasi modul bluetooth menandakan meskipun sempat terputus tetapi masih berfungsi secara optimal pada jarak tersebut.

Tabel 6 Pengujian dengan sekat.

No	Jarak Bluetooth	Pengujian					Rata-rata	Standart Deviasi
		1	2	3	4	5		
1	3 meter	1	1	1	1	1	1	0
2	6 meter	1	1	1	1	1	1	0
3	9 meter	1	1	1	1	0	0,8	0,89
4	12 meter	1	0	1	1	0	0,6	0,54
5	15 meter	1	0	1	0	0	0,4	0,53

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Ket : 0 = Terputus, 1 = Terhubung, 0,6 - 1 = Optimal, 0 - 0,4 = Tidak Optimal

Berdasarkan hasil pengujian modul bluetooth yang terdapat pada Tabel 2 yang dilakukan sebanyak 5 kali pengujian dengan sekat pada jarak 3 dan 6 meter tidak terdapat masalah karena dengan hasil rata-rata 1 (terhubung) dan memiliki nilai Standart Deviasi 0 (nol) ini juga menandakan bahwa modul bluetooth berfungsi dengan optimal. Tetapi terjadi koneksi yang terputus pada jarak 9 sampai 15 meter yang terjadi koneksi yang terputus pada percobaan kelima untuk jarak 9 meter dengan nilai rata-rata 0,8 (optimal) dan nilai Standart Deviasi 0,89, untuk jarak

12 meter terjadi koneksi terputus pada percobaan kedua dan kelima dengan nilai rata-rata 0,6 (optimal) nilai Standart Deviasi 0,54. Kemudian pada jarak 15 meter hanya terhubung pada percobaan pertama dan ketiga

dengan nilai rata-rata 0,4 (optimal) dan nilai Standart Deviasi 0,54 hal ini berarti hasil pengujian pada jarak 9 sampai 12 meter jarak komunikasi modul bluetooth menandakan meskipun sempat terputus tapi masih berfungsi secara optimal pada jarak tersebut tetapi pada jarak 15 meter koneksi menjadi tidak optimal karena lebih sering terputus daripada terhubung.

3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan secara perbagian dan juga secara keseluruhan sistem, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Aplikasi android dan program arduino yang sudah dibuat telah berfungsi dengan baik.
2. Aplikasi *remote control* dapat di *install* ke semua *smartphone android* memiliki OS. *Jelly Bean* 4.0 sampai yang terbaru saat ini.
3. Pada saat pengujian *modul bluetooth* dapat berfungsi secara optimal pada jarak 12 meter tanpa penghalang dan 10 meter menggunakan penghalang.
4. *Merk* dan *Type smartphone android* yang digunakan juga akan mempengaruhi sistem komunikasi modul *bluetooth*, semakin tinggi spesifikasi *smartphone* maka kualitas koneksi akan semakin baik dan jarak koneksi juga akan semakin jauh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] g. Taubmann et al., “design of an overhead crane for the iter nb cell remote handling maintenance operations,” *fusion eng. Des.*, vol. 84, pp. 1827–1832, 2009.
- [2] d. Artanto, *interaksi arduino dan labview*. Jakarta: elex media komputindo, 2012.
- [3] f. Djuandi, *pengenalan arduino*. Jakarta: elex media komputindo, 2011.
- [4] l. A. Rahmawati, *anti swing wireless overhead crane menggunakan metode kombinasi fuzzy logic dan pd system*. 2017.