

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Alat Deteksi Linearitas Rel Kereta Api Menggunakan Sensor Photodiode Berbasis Arduino**”. Maka dari itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. H. Aripin, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Siliwangi.
2. Bapak Nurul Hiron, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Siliwangi sekaligus sebagai dosen wali dan pembimbing I, yang telah memberi bimbingan, arahan, dan bantuan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Firmansyah Maulana S.N., M.Kom., selaku pembimbing II, yang telah memberi bimbingan, arahan, dan bantuan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Ibu dan adik penulis yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
5. Shofiyah Ulfah yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
6. Teman dekat di SMA yang tergabung dalam grup Whatsapp “Ikhwan Goes to Heaven” yang tidak dapat disebutkan satu-satu, yang telah mendukung dan membantu penulis secara materiil.
7. Teman dekat di kampus yang tidak dapat disebutkan satu-satu, yang telah menemani dan membantu penulis dalam melakukan pengujian unit maupun sistem.
8. Teman seangkatan Teknik Elektro 2015 yang telah mendukung.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Tasikmalaya, 20 Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	I-3
1.4 Manfaat Penelitian.....	I-3
1.5 Batasan Penelitian .....	I-4
1.6 Sistematika Pelaporan .....	I-4
BAB II. LANDASAN TEORI .....	II-1
2.1 Sensor Photodiode.....	II-1
2.2 Arduino Nano .....	II-1
2.3 <i>Global Positioning System</i> (GPS) .....	II-3
2.3.1 Penghitungan Persentase <i>Error</i> pada GPS.....	II-4
2.4 Rel Kereta Api.....	II-5
2.5 <i>Analog to Digital Converter</i> (ADC).....	II-6
2.5.1 Pengertian ADC .....	II-6
2.5.2 Spesifikasi ADC.....	II-7
2.6 <i>Multiplexer 74HC4067</i> .....	II-7
2.7 <i>Micro SD Shield</i> .....	II-9
2.8 Penelitian Terkait .....	II-9
BAB III. METODE PENELITIAN.....	III-1
3.1 Tahapan Penelitian .....	III-1
3.2 Alur Kerja Sistem.....	III-5
3.3 Arsitektur Sistem.....	III-7
3.4 Blok Diagram Sistem .....	III-8
3.5 Bahan dan Alat .....	III-9
3.6 Desain Alat .....	III-10
3.7 <i>Flowchart</i> Pengujian Unit .....	III-12
3.7.1 Photodiode .....	III-12
3.7.2 Arduino Nano.....	III-13
3.7.3 <i>Multiplexer 74HC4067</i> .....	III-14
3.7.4 <i>Micro SD Shield</i> .....	III-16

3.7.5	GPS GY-NEO6MV2.....	III-18
3.8	Perancangan Sistem.....	III-20
3.9	Metode Pengujian Sistem.....	III-22
BAB IV. PEMBAHASAN.....		IV-1
4.1	Pengujian Unit.....	IV-1
4.1.1	Pengujian Photodiode .....	IV-1
4.1.2	Pengujian Arduino Nano.....	IV-2
4.1.3	Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	IV-3
4.1.4	Pengujian <i>Multiplexer 74HC4067</i> .....	IV-6
4.1.5	Pengujian GPS GY-NEO6MV2.....	IV-9
4.2	Pengujian Sistem .....	IV-15
4.2.1	Pengujian Sistem Tanpa Pelindung.....	IV-18
4.2.2	Pengujian Sistem Menggunakan Pelindung.....	IV-18
4.2.3	Pengujian Sistem pada Elevasi Maksimum dan Minimum.....	IV-19
4.2.4	Pengujian Sistem terhadap Kecepatan .....	IV-21
4.3	Analisa Pengujian Sistem.....	IV-23
4.3.1	Analisa Pengujian Sistem Tanpa Pelindung .....	IV-24
4.3.2	Analisa Pengujian Sistem Menggunakan Pelindung.....	IV-24
4.3.3	Analisa Pengujian Sistem pada Elevasi Maksimum dan Minimum .....	IV-25
4.3.4	Analisa Pengujian Sistem terhadap Kecepatan .....	IV-28
4.3.5	Analisa Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	IV-30
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		V-1
5.1	Kesimpulan.....	V-1
5.2	Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA .....		xiv
LAMPIRAN.....		1

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Simbol dan Bentuk Fisik Photodioda.....	II-1
Gambar 2.2 Arduino Nano .....	II-2
Gambar 2.3 Tampilan Pin Arduino Nano .....	II-3
Gambar 2.4 GPS GY-NEO6MV2.....	II-4
Gambar 2.5 Skilu Pada Rel Kereta Api .....	II-6
Gambar 2.6 Proses Konversi ADC .....	II-7
Gambar 2.7 <i>Multiplexer</i> 74HC4067.....	II-8
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin <i>Multiplexer</i> 74HC4067 .....	II-8
Gambar 2.9 <i>Micro SD Shield</i> .....	II-9
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	III-1
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Sistem .....	III-5
Gambar 3.3 Arsitektur Alat.....	III-7
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem .....	III-8
Gambar 3.5 Blok Diagram Rangkaian Alat Pengukur Linearitas Rel .....	III-10
Gambar 3.6 Desain Alat Tampak Depan dan Tampak Samping .....	III-11
Gambar 3.7 Desain Alat Tampak Atas .....	III-11
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Pengujian Photodioda .....	III-12
Gambar 3.9 <i>Wiring Diagram</i> Pengujian Photodioda .....	III-13
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> Pengujian Arduino Nano .....	III-13
Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> Pengujian <i>Multiplexer</i> 74HC4067 .....	III-14
Gambar 3.12 <i>Wiring Diagram</i> Pengujian <i>Multiplexer</i> 4067.....	III-15
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	III-16
Gambar 3.14 <i>Wiring Diagram</i> Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	III-17
Gambar 3.15 <i>Flowchart</i> Pengujian GPS.....	III-18
Gambar 3.16 <i>Wiring Diagram</i> Pengujian GPS GY-NEO6MV2 .....	III-19
Gambar 3.17 <i>Wiring Diagram</i> Sistem .....	III-20
Gambar 3.18 Penomoran Matriks Photodioda.....	III-21
Gambar 3.19 Metode Pengujian Sistem.....	III-23
Gambar 3.20 Posisi Photodioda yang Aktif Terhadap Kontur Jalan Rel.....	III-23
Gambar 4.1 Pengujian Photodioda.....	IV-1
Gambar 4.2 <i>Sketch</i> untuk Pengujian Photodioda .....	IV-2
Gambar 4.3 <i>Sketch</i> untuk <i>Blink Test</i> Arduino Nano .....	IV-3
Gambar 4.4 <i>Blink Test</i> Arduino Nano.....	IV-3
Gambar 4.5 Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	IV-4
Gambar 4.6 <i>Sketch ReadWrite</i> untuk Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	IV-4
Gambar 4.7 Tampilan <i>Serial Monitor</i> Pengujian <i>Micro SD Shield</i> .....	IV-5
Gambar 4.8 Hasil Proses <i>Writing</i> ke <i>File Test.txt</i> .....	IV-5
Gambar 4.9 Pengujian <i>Multiplexer</i> Menggunakan Photodioda .....	IV-6
Gambar 4.10 <i>Sketch</i> untuk Pengujian <i>Multiplexer</i> 74HC4067 .....	IV-7
Gambar 4.11 Hasil Pengujian <i>Multiplexer</i> dengan Photodioda.....	IV-8
Gambar 4.12 Hasil Pengujian <i>Multiplexer</i> pada Celah Photodioda.....	IV-8

Gambar 4.13 <i>Sketch</i> untuk Pengujian GPS GY-NEO6MV2 .....	IV-10
Gambar 4.14 Pengujian GPS GY-NEO6MV2.....	IV-11
Gambar 4.15 Grafik Hasil Pengujian Statis pada Bidang Lintang.....	IV-12
Gambar 4.16 Grafik Hasil Pengujian Statis pada Bidang Bujur.....	IV-12
Gambar 4.17 Lokasi Pengujian Dinamis GPS Beserta Titik Batas Uji .....	IV-13
Gambar 4.18 Grafik Hasil Pengujian Dinamis pada Bidang Lintang.....	IV-14
Gambar 4.19 Grafik Hasil Pengujian Dinamis pada Bidang Bujur .....	IV-15
Gambar 4.20 Peletakan Penerima dan Pemancar Cahaya.....	IV-16
Gambar 4.21 Tambahan Pengait pada Truk Mainan untuk Benang .....	IV-16
Gambar 4.22 Tanda Panjang Jalur Pengujian Menggunakan Benang .....	IV-17
Gambar 4.23 Tampilan <i>Data Logger</i> Hasil Pengujian Sistem.....	IV-17
Gambar 4.24 Pengujian Sistem Tanpa Pelindung.....	IV-18
Gambar 4.25 Pengujian Sistem Menggunakan Pelindung.....	IV-19
Gambar 4.26 Pengujian Sistem Menggunakan Rintangan.....	IV-20
Gambar 4.27 Pengukuran Ketinggian Rintangan.....	IV-21
Gambar 4.28 Rute Pengujian Sistem terhadap Kecepatan.....	IV-22
Gambar 4.29 Peletakkan Alat pada Sepeda Motor .....	IV-22
Gambar 4.30 Contoh Terjadinya Pergeseran ke Kanan .....	IV-23
Gambar 4.31 Grafik Hasil Pengujian Sistem Tanpa Pelindung.....	IV-24
Gambar 4.32 Grafik Hasil Pengujian Sistem Menggunakan Pelindung .....	IV-24
Gambar 4.33 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Elevasi 0,195 cm.....	IV-25
Gambar 4.34 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Elevasi 1 cm.....	IV-26
Gambar 4.35 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Elevasi 2 cm.....	IV-27
Gambar 4.36 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Elevasi 3 cm.....	IV-28
Gambar 4.37 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Kecepatan 30 Km/jam.....	IV-28
Gambar 4.38 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Kecepatan 40 Km/jam.....	IV-29
Gambar 4.39 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Kecepatan 50 Km/jam.....	IV-29
Gambar 4.40 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Kecepatan 60 Km/jam.....	IV-29
Gambar 4.41 Grafik Hasil Pengujian Sistem pada Kecepatan 60 Km/jam.....	IV-30

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Nano .....	II-2
Tabel 2.2 Spesifikasi Pin pada Arduino Nano .....	II-3
Tabel 2.3 Konfigurasi Pin pada GPS GY-NEO6MV2.....	II-4
Tabel 2.4 Deskripsi Pin pada <i>Multiplexer 74HC4067</i> .....	II-8
Tabel 3.1 Komponen yang Dibutuhkan .....	III-9
Tabel 3.2 Konfigurasi Pin <i>Multiplexer</i> dengan Photodiode.....	III-21
Tabel 3.3 Konfigurasi Pin Arduino dengan <i>Multiplexer 74HC4067</i> .....	III-22
Tabel 3.4 Konfigurasi Pin Arduino dengan Micro SD Shield .....	III-22
Tabel 3.5 Konfigurasi Pin Arduino dengan GPS GY-NEO6MV2 .....	III-22
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Photodiode dengan Berbagai Resistansi.....	IV-2
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Statis GPS .....	IV-11
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Dinamis GPS pada Kecepatan 30 Km/jam.....	IV-13
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Dinamis GPS pada Kecepatan 50 Km/jam.....	IV-14
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Dinamis GPS pada Kecepatan 70 Km/jam.....	IV-14