

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 <i>Road Surface Defects Detection Based on IMU Sensor</i>	5
2.1.2 <i>Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	9
2.1.3 <i>IMU Sensor Data Collection System for Road Defect Detection ...</i>	11
2.1.4 <i>Design and Implementation of a Vibration-Based Real-Time Internet of Things Framework for Road Condition Monitoring (VBRTIoT-RCM)</i>	13
2.1.5 <i>IoT System for Sensing Condition of Roads Using IMU Sensors (IOT-SSCR-IMU)</i>	17
2.2 Dasar Teori	19
2.2.1 <i>Inertial Measurement Unit(IMU)</i>	19
2.2.2 <i>Global Positioning System(GPS)</i>	20
2.2.3 <i>Haversine Formula</i>	21
2.2.4 <i>Protokol Komunikasi Inter Integrated Circuit(I2C)</i>	22
2.2.5 <i>Protokol Komunikasi Serial Peripheral Interface(SPI)</i>	25
2.2.6 <i>Protokol Komunikasi Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)</i>	28

2.2.7	Mikrokontroler	29
2.2.8	ArduinoIDE 2.0	30
2.2.9	<i>Internet of Things</i> (IoT)	32
2.2.10	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i> (MQTT)	32
2.2.11	ESP WROOM32	33
2.2.12	BNO055 9 <i>Degree of Freedom</i> (DOF) IMU	37
2.2.13	GPS Beitian BN880	38
2.3	Analisis Perbandingan Metode	39
BAB III Metode Penelitian		42
3.1	Alat dan Bahan Tugas akhir	42
3.1.1	Alat Tugas akhir	42
3.1.2	Bahan Tugas akhir	42
3.2	Alur Tugas Akhir	43
3.3	Metode yang Digunakan	52
BAB IV Hasil dan Pembahasan		54
4.1	Hasil dan Pembahasan Uji Komponen	54
4.2	Hasil dan Pembahasan Uji Algoritma Pengiriman Data	62
BAB V Kesimpulan dan Saran		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		L-1
L.1	Isi Lampiran	L-1

Tabel 2.1	Keterangan Pinout ESP WROOM32	35
Tabel 2.1	Keterangan Pinout ESP WROOM32	36
Tabel 2.2	Konfigurasi pin BN880.....	39
Tabel 2.3	Tabel Perbandingan	40
Tabel 2.4	Tabel Perbandingan(lanjutan).....	41
Tabel 4.1	Hasil Uji Akurasi Pengiriman Data.....	62
Tabel 4.2	Hasil Uji Akurasi Pengiriman Data.....	63
Tabel 1	Tabel Data Mentah Uji <i>Roll</i> IMU.....	L-1
Tabel 2	Tabel Data Mentah Uji <i>Pitch</i> IMU.....	L-2
Tabel 3	Tabel data mentah uji gps kondisi terbuka	L-3
Tabel 4	Tabel data mentah uji gps kondisi di dalam mobil	L-4
Tabel 5	Tabel data mentah uji gps kondisi di bawah <i>flyover</i>	L-5
Tabel 6	Tabel data mentah uji pengiriman data	L-6
Tabel 7	Tabel data mentah uji <i>lost connection handling</i>	L-6

Gambar 2.1	Orientasi IMU RSDD-BIS	5
Gambar 2.2	Kendaraan Inspeksi RSDD-BIS	6
Gambar 2.3	Hasil Eksperimen IMU RSDD-BIS(1).....	7
Gambar 2.4	Hasil Eksperimen IMU RSDD-BIS(2).....	7
Gambar 2.5	Hasil Eksperimen IMU RSDD-BIS(3).....	8
Gambar 2.6	<i>Confussion Matrix</i> Hasil RSDD-BIS	8
Gambar 2.7	Pemasangan Perangkat <i>Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	9
Gambar 2.8	Sistem Arsitektur <i>Road Condition Monitoring Using On-Board Three-Axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	10
Gambar 2.9	Algoritma Framework <i>Road Condition Monitoring Using On-board Three-axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	10
Gambar 2.10	Sampel Data Akselerometer <i>Road Condition Monitoring Using On-Board Three-Axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	11
Gambar 2.11	Klasifikasi RQI dan hasil <i>Road Condition Monitoring Using On-Board Three-Axis Accelerometer and GPS Sensor</i>	11
Gambar 2.12	Ilustrasi Sistem pada ISDCS-RDD.....	12
Gambar 2.13	Pemasangan Alat ISDCS-RDD	12
Gambar 2.14	Hasil Penelitian ISDCS-RDD	13
Gambar 2.15	Konsep Umum Alat (VBRTIoT-RCM)	14
Gambar 2.16	Arsitektur <i>Hardware</i> Subsistem <i>Node</i> VBRTIoT-RCM.....	15
Gambar 2.17	Pemasangan <i>Accelerometer</i> pada Subsistem <i>Node</i> VBRTIoT-RCM	15
Gambar 2.18	Arsitektur <i>Software</i> Subsistem <i>Server</i> VBRTIoT-RCM.....	16
Gambar 2.19	Format Paket Data VBRTIoT-RCM.....	16
Gambar 2.20	Arsitektur <i>Hardware</i> IOT-SSCR-IMU	17
Gambar 2.21	Pemasangan <i>Hardware</i> IOT-SSCR-IMU pada Saat Pengujian	18
Gambar 2.22	Asumsi Konsep Awal Sistem	19
Gambar 2.23	Kombinasi <i>3-Axis Accelerometer</i> dan <i>Gyroscope</i>	19
Gambar 2.24	Kombinasi <i>3-Axis Accelerometer</i> , <i>Gyroscope</i> , dan <i>Magnetometer</i>	20
Gambar 2.25	Proses trilaterasi.....	21
Gambar 2.26	Pemasangan <i>Pullup</i> Resistor pada Protokol Komunikasi I2C	22
Gambar 2.27	Ilustrasi Koneksi Antar Perangkat pada Protokol Komunikasi I2C	22
Gambar 2.28	<i>Start</i> dan <i>Stop Sequence</i> pada Komunikasi I2C	23
Gambar 2.29	bit data dan <i>clock</i> pada Komunikasi I2C.....	23
Gambar 2.30	Bit Data <i>Address</i> , Perintah <i>Read/Write</i> dan <i>Clock</i> pada Komunikasi I2C.....	24
Gambar 2.31	Proses <i>Write</i> Data pada Komunikasi I2C	24
Gambar 2.32	Proses <i>Read</i> Data pada Komunikasi I2C	25
Gambar 2.33	Arsitektur Protokol Komunikasi SPI.....	26
Gambar 2.34	Konfigurasi <i>Master</i> dan <i>Slave</i> pada Protokol Komunikasi SPI	26
Gambar 2.35	Proses <i>Write</i> pada Protokol Komunikasi SPI	27
Gambar 2.36	Proses <i>Read</i> pada Protokol Komunikasi SPI	28
Gambar 2.37	Koneksi Rx-Tx pada Protokol Komunikasi UART.....	29
Gambar 2.38	Diagram Blok dan Struktur Umum dari Mikrokontroler.....	30
Gambar 2.39	Struktur Paket Standar MQTT	33

Gambar 2.40	Pinout ESP32.....	34
Gambar 2.41	Pinout ESP WROOM32	34
Gambar 2.42	Skematik Periferal ESP WROOM32.....	37
Gambar 2.43	IMU 9-DOF Adafruit BNO055	38
Gambar 2.44	Pinout BN880	39
Gambar 3.1	Diagram <i>Research and Development</i> (RnD)	43
Gambar 3.2	Diagram Konfigurasi <i>hardware</i>	44
Gambar 3.3	Diagram alir kerja sistem alat	45
Gambar 3.4	Desain Skematik PCB	46
Gambar 3.5	Desain Board PCB	47
Gambar 3.6	Desain PCB 3 Dimensi	47
Gambar 3.7	Desain <i>Casing</i> Alat	48
Gambar 3.8	<i>Experiment setup</i> Pengujian IMU	49
Gambar 3.9	<i>Experiment setup</i> Pengujian GPS	51
Gambar 4.1	Hasil Uji Simpangan <i>error</i> IMU terhadap <i>digital waterpass</i> pada Rotasi <i>Roll</i>	54
Gambar 4.2	Grafik Simpangan <i>error</i> , rerata, maks, dan min IMU pada Rotasi <i>Roll</i>	55
Gambar 4.3	Hasil Uji Simpangan <i>error</i> IMU terhadap <i>digital waterpass</i> pada Rotasi <i>Pitch</i>	56
Gambar 4.4	Grafik Simpangan <i>error</i> , rerata, maks, dan min IMU pada Rotasi <i>Pitch</i>	57
Gambar 4.5	Plot Grafik Titik GPS Alat dibanding Garmin 75s pada Kondisi Terbuka	58
Gambar 4.6	Grafik Simpangan <i>error</i> , rerata, maks, dan min GPS pada Kondisi Terbuka	58
Gambar 4.7	Plot Grafik Titik GPS Alat dibanding Garmin 75s pada Kondisi Dalam Mobil	59
Gambar 4.8	Grafik Simpangan <i>error</i> , rerata, maks, dan min GPS pada Kondisi Dalam Mobil	60
Gambar 4.9	Plot Grafik Titik GPS Alat dibanding Garmin 75s pada Kondisi Bawah jembatan.....	61
Gambar 4.10	Grafik Simpangan <i>error</i> , rerata, maks, dan min GPS pada Kondisi Bawah Jembatan.....	61
Gambar 1	PCB <i>double layer</i>	L-6
Gambar 2	Timah	L-6
Gambar 3	IMU BNO055	L-7
Gambar 4	GPS Beitian BN880.....	L-7
Gambar 5	ESP WROOM32	L-7
Gambar 6	Modul Pembaca Kartu SD.....	L-8
Gambar 7	Modem USB 4G	L-8
Gambar 8	Pin Header	L-8
Gambar 9	LED.....	L-9
Gambar 10	<i>Push Button</i>	L-9
Gambar 11	<i>Voltage Regulator</i>	L-9
Gambar 12	Filamen 3D Print PLA+	L-10

