

**RANCANG BANGUN SISTEM MULTITASKING
UNTUK MONITORING PARAMETER AIR PADA
STUDI KASUS SEA BUOY**



**MAHIRA AFIFA MULIA
2210511071**

**PROGRAM STUDI S1 INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAKARTA
JAKARTA
2026**

**RANCANG BANGUN SISTEM MULTITASKING
UNTUK MONITORING PARAMETER AIR PADA
STUDI KASUS SEA BUOY**

**MAHIRA AFIFA MULIA
2210511071**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Komputer**

**PROGRAM STUDI S1 INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA
JAKARTA
2026**

PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas akhir ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan benar.

Nama : Mahira Afifa Mulia

NIM : 2210511071

Tanggal : 29 Juli 2026

Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Multitasking untuk Monitoring Parameter Air Pada Studi Kasus Sea Buoy

Bilamana pada kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 29 Juli 2026

Yang menyatakan,




Mahira Afifa Mulia

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mahira Afifa Mulia
NIM : 2210511071
Fakultas : Ilmu Komputer
Program Studi : S-1 Informatika

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan karya ilmiah saya kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalty Free Right*) untuk publikasi dengan judul:

RANCANG BANGUN SISTEM MULTITASKING UNTUK MONITORING PARAMETER AIR PADA STUDI KASUS SEA BUOY

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia atau memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan artikel ilmiah selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Dengan pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada Tanggal : 29 Juli 2026

Yang menyatakan,



Mahira Afifa Mulia

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem Multitasking untuk Monitoring Parameter Air Pada Studi Kasus Sea Buoy” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Jakarta, 29 Juli 2026



Mahira Afifa Mulia
2210511071

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Rancang Bangun Sistem Multitasking untuk Monitoring
Parameter Air pada Studi Kasus Sea Buoy.
Nama : Mahira Afifa Mulia
NIM : 2210511071

Disetujui oleh :

Penguji 1:

Dr. Ridwan Raafi'Udin, S.Kom., M.Kom.

Penguji 2:

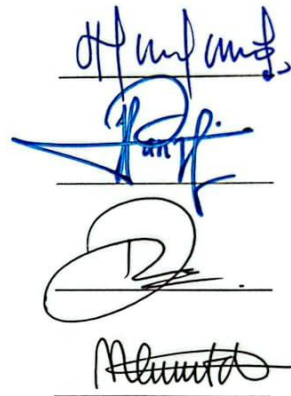
Muhammad Panji Muslim, S.Pd., M.Kom.

Pembimbing 1:

Dr. Didit Widiyanto, S.Kom, M.Si.

Pembimbing 2:

Nur Hafifah Matondang, S.Kom, MM.



Diketahui oleh:

Koordinator Program Studi:

Dr. Ridwan Raafi'udin, S.Kom., M.Kom.

NIP. 198805022021211001

Dekan Fakultas Ilmu Komputer:

Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM

NIP. 197605082003121002



Tanggal Ujian Akhir:

23-07-2026

ABSTRAK

Pemantauan parameter air secara periodik memerlukan *firmware* yang mampu menjaga keteraturan akuisisi ketika komunikasi jaringan mengalami keterlambatan. Penelitian ini merancang dan membangun prototipe *monitoring* pH dan suhu pada studi kasus *sea buoy* berbasis ESP32 menggunakan *multitasking* FreeRTOS Queue. SensorTask menjalankan akuisisi periodik, sedangkan NetSendTask menangani komunikasi melalui pola *producer-consumer*. Evaluasi membandingkan *firmware baseline* sekuensial dan FreeRTOS Queue pada kondisi normal serta keterlambatan komunikasi terkontrol sebesar 3.000 ms dengan periode *sampling* 2.000 ms. Pada kondisi keterlambatan, rata-rata interval *firmware* sekuensial meningkat menjadi 3.350,998 ms, sedangkan FreeRTOS Queue mempertahankan rata-rata interval sebesar 1.999,992 ms. Pemisahan *task* tersebut menimbulkan konsekuensi berupa keterisian *queue* hingga 33 paket dan persentil ke-95 waktu tunggu sebesar 95.087,035 ms. Sistem juga berhasil mengintegrasikan ESP32, *backend* API, database, dan *dashboard* untuk pengiriman, penyimpanan, pencegahan duplikasi, serta penyajian data terbaru dan historis. Mekanisme *retry-buffer-resend* berhasil memulihkan *payload* pada gangguan sementara, tetapi membuang 75 *payload* tertua melalui kebijakan drop-oldest ketika gangguan melebihi kapasitas *buffer*.

Kata kunci: ESP32, FreeRTOS Queue, *multitasking*, periodisitas *sampling*, *sea buoy*.

ABSTRACT

Periodic water-parameter monitoring requires firmware that can maintain regular acquisition when network communication is delayed. This study designs and develops an ESP32-based pH and temperature monitoring prototype for a sea buoy case study using FreeRTOS Queue multitasking. SensorTask performs periodic acquisition, while NetSendTask handles communication through a producer–consumer pattern. The evaluation compares sequential baseline firmware and FreeRTOS Queue firmware under normal conditions and a controlled 3,000 ms communication delay with a 2,000 ms sampling period. Under the delayed condition, the sequential firmware’s average interval increased to 3,350.998 ms, whereas the FreeRTOS Queue firmware maintained an average interval of 1,999.992 ms. Task separation resulted in a queue occupancy of up to 33 packets and a 95th-percentile waiting time of 95,087.035 ms. The system also successfully integrates the ESP32, backend API, database, and dashboard for data transmission, storage, duplicate prevention, and presentation of recent and historical data. The retry-buffer-resend mechanism recovered payloads during temporary disruptions but discarded 75 oldest payloads through a drop-oldest policy when the disruption exceeded the buffer capacity.

Keywords: *ESP32, FreeRTOS Queue, multitasking, sampling periodicity, sea buoy.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Sistem *Multitasking* untuk *Monitoring* Parameter Air pada Studi Kasus Sea Buoy”. Penyusunan karya ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik pada Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini terdapat berbagai hambatan dan tantangan. Namun, berkat bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak, penyusunan karya ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Supriyanto, S.T., M.Sc., IPM. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta sekaligus Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Informatika Program Sarjana, yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama masa perkuliahan.
2. Bapak Dr. Ridwan Raafi’udin, S.Kom., M.Kom. selaku Kepala Program Studi Sarjana Jurusan Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta.
3. Bapak Dr. Didit Widiyanto, S.Kom., M.Si. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan masukan, arahan, dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
4. Ibu Nur Hafifah Matondang, S.Kom., M.M. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan saran, koreksi, dan dukungan sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan.
5. Orang tua, keluarga, serta sahabat penulis, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta motivasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini.
6. Sahabat, teman-teman penulis, serta teman-teman Discord Prikitiw yang senantiasa menemani, memberikan bantuan, dukungan, semangat, dan motivasi sepanjang proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang sistem *multitasking* dan *monitoring* parameter air berbasis perangkat IoT, serta dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Jakarta, 20 Juli 2026

Mahira Afifa Mulia

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iii
PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
LEMBAR PERSETUJUAN	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	5
1.5. Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Kajian Teoretis	8
2.1.1. Sistem <i>Monitoring</i>	8
2.1.2. <i>Embedded System</i>	9
2.1.3. Sistem Multitasking	11
2.1.4. IoT (Internet of Things).....	18
2.1.5. Konteks Penerapan pada Studi Kasus Sea Buoy.....	22
2.2. Penelitian Terdahulu.....	25
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	31
3.1. Tahapan Penelitian	31
3.1.1. Identifikasi Masalah.....	31
3.1.2. Studi Literatur	32
3.1.3. Analisis Kebutuhan Sistem	32
3.1.4. Desain Arsitektur IoT	33

3.1.5.	Desain Algoritma	33
3.1.6.	Pembuatan Prototipe	34
3.1.7.	Pengujian dan Integrasi.....	34
3.1.8.	Evaluasi dan Penyempurnaan	34
3.2.	Pengujian Sistem dan Metode Evaluasi	35
3.3.	Alat dan Bahan Penelitian.....	36
3.3.1.	Alat dan Bahan.....	36
3.3.2.	Perangkat Keras	37
3.3.3.	Perangkat Lunak	37
3.4.	Jadwal Penelitian.....	38
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1.	Perancangan dan Alur Kerja.....	40
4.1.1.	Perancangan Desain Arsitektur IoT	40
4.1.2.	Perancangan Desain Algoritma	41
4.2.	Implementasi Prototipe dan Sistem <i>Monitoring</i>	51
4.2.1.	Komponen Sistem	52
4.2.2.	Koneksi Pin Perangkat Buoy	53
4.2.3.	Implementasi Perangkat Keras.....	54
4.2.4.	Penetapan Konfigurasi Akuisisi dan Kalibrasi Sensor	55
4.2.5.	Implementasi <i>Firmware</i> Baseline Sekuensial	60
4.2.6.	Implementasi <i>Firmware Multitasking</i> FreeRTOS Queue.....	68
4.2.7.	Implementasi <i>Firmware</i> FreeRTOS dan <i>Retry-Buffer-Resend</i>	76
4.2.8.	Implementasi Backend API, Database, dan Dashboard	91
4.3.	Skenario Pengujian.....	96
4.3.1.	Skenario Pengujian <i>Firmware</i> Terkontrol.....	97
4.3.2.	Skenario Pengujian Integrasi <i>Firmware</i> , Backend API, dan Database	101
4.3.3.	Skenario Pengujian Dashboard	104
4.3.4.	Skenario Pengujian <i>Retry-Buffer-Resend</i>	106
4.4.	Hasil Pengujian dan Pembahasan.....	109
4.4.1.	Hasil Pengujian <i>Firmware</i> Terkontrol.....	109
4.4.2.	Hasil Pengujian Integrasi <i>Firmware</i> , Backend API, dan Database.....	117
4.4.3.	Hasil Pengujian Integrasi <i>Dashboard</i>	124
4.4.4.	Hasil Pengujian Integrasi <i>Retry-Buffer-Resend</i>	131
4.5.	Keterbatasan Sistem	136

BAB 5. PENUTUP.....	137
5.1. Kesimpulan	137
5.2. Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA.....	139
LAMPIRAN.....	143

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Sensor Berbasis Buoy (Bates <i>et al.</i> 2021)	22
Gambar 3.1 Tahapan Penelitian	31
Gambar 4.1 Desain Arsitektur IoT	40
Gambar 4.2 Desain Algoritma Sistem (<i>end-to-end</i>).....	41
Gambar 4.3 Detail <i>task</i> : SensorTask, NetSendTask, ResendBufferTask	45
Gambar 4.4 Petri Net <i>Multitasking Firmware</i> Buoy	47
Gambar 4.5 Diagram Activity swimlane.....	48
Gambar 4.6 Use Case Diagram.....	49
Gambar 4.7 Rancangan ERD	49
Gambar 4.8 Diagram Sequence: Telemetry upload	50
Gambar 4.9 Diagram Sequence: Dashboard Request	51
Gambar 4.10 Diagram <i>Wiring</i> Sensor pH, DS18B20, dan RTC pada ESP32.....	55
Gambar 4.11 Struktur Eksekusi <i>Firmware</i> Baseline Sekuensial.....	61
Gambar 4.12 Struktur Eksekusi <i>Firmware Multitasking</i> FreeRTOS Queue.....	69
Gambar 4.13 Alur Pengiriman Data pada Kondisi Normal	77
Gambar 4.14 Alur Penanganan Kegagalan dan Pengiriman Ulang	77
Gambar 4.15 Alur Pelaksanaan SensorTask sebagai Producer Telemetry	83
Gambar 4.16 Alur Pengiriman HTTP oleh NetSendTask	85
Gambar 4.17 Alur Retry-Buffer-Resend.....	87
Gambar 4.18 Implementasi Struktur Database Sistem <i>Monitoring</i>	93
Gambar 4.19 Implementasi Pencegahan Duplikasi Data Telemetry.....	94
Gambar 4.20 Tampilan Dashboard <i>Monitoring</i> pH dan Suhu.....	95
Gambar 4.21 Cuplikan Log Baseline Sekuensial dengan Delay Komunikasi	110
Gambar 4.22 Cuplikan Log FreeRTOS Queue dengan Delay Komunikasi.....	110
Gambar 4.23 Ringkasan Periodisitas Sampling <i>Firmware</i> Terkontrol	112
Gambar 4.24 Perbandingan <i>Interval Sampling</i> Empat Skenario <i>Firmware</i>	113
Gambar 4.25 Ringkasan Durasi Proses dan Kondisi Queue	114
Gambar 4.26 Diagram Pewaktuan Baseline Sekuensial dengan Delay Komunikasi.....	116
Gambar 4.27 Diagram Pewaktuan FreeRTOS Queue dengan Delay Komunikasi	116
Gambar 4.28 Pengujian Integrasi Pemeriksaan Layanan Backend.....	118
Gambar 4.29 Pengujian Integrasi Penerimaan Payload Valid.....	118
Gambar 4.30 Pengujian Integrasi Pencegahan Data Duplikat	119
Gambar 4.31 Pengujian Integrasi Pengambilan Data Terbaru	119
Gambar 4.32 Pengujian Integrasi Pengambilan Data Historis.....	120
Gambar 4.33 Pengujian Integrasi Pengiriman Aktual dari ESP32.....	120
Gambar 4.34 Log Eksekusi SensorTask dan NetSendTask melalui Outgoing Queue	121
Gambar 4.35 Pengujian Integrasi Konsistensi ESP32 dan Database.....	121
Gambar 4.36 Pengujian Integrasi Stabilitas Queue pada Kondisi Normal	122
Gambar 4.37 Pengujian Integrasi Koneksi Dashboard dengan Backend.....	125
Gambar 4.38 Pengujian Integrasi Kartu Nilai Terbaru	125
Gambar 4.39 Pengujian Integrasi Grafik Historis pH dan Suhu.....	126
Gambar 4.40 Pengujian Integrasi Tabel Riwayat.....	126
Gambar 4.41 Pengujian Integrasi Filter Rentang Waktu.....	127
Gambar 4.42 Pengujian Integrasi Filter Tanpa Hasil	127

Gambar 4.43 Pengujian Integrasi Validasi Input Filter	128
Gambar 4.44 Pengujian Integrasi Reset Filter	128
Gambar 4.45 Pengujian Integrasi Pembaruan Otomatis	129
Gambar 4.46 Pengujian Integrasi Backend Tidak Tersedia	129
Gambar 4.47 Pengujian Integrasi Kondisi Normal Sebelum Gangguan.....	131
Gambar 4.48 Pengujian Integrasi Backend Dihentikan Sementara	131
Gambar 4.49 Pengujian Integrasi Backend Dipulihkan.....	132
Gambar 4.50 Pengujian Integrasi Wi-Fi Diputus dalam Waktu Panjang.....	132
Gambar 4.51 Pengujian Integrasi Pemeriksaan Kebijakan Drop-Oldest	133
Gambar 4.52 Pengujian Integrasi Pemulihan Setelah Buffer Penuh.....	133
Gambar 4.53 Pengujian Integrasi Pemeriksaan Duplikasi	134
Gambar 4.54 Pengujian Integrasi Pemeriksaan Periodisitas saat Gangguan	134

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian terdahulu	26
Tabel 3.1 Rencana Pengujian Sistem	35
Tabel 3.2 Rencana Jadwal Penelitian	38
Tabel 4.1 Konfigurasi Task FreeRTOS pada ESP32	43
Tabel 4.2 Komponen Utama Sistem <i>Monitoring</i>	52
Tabel 4.3 Koneksi Pin Perangkat Keras pada ESP32	54
Tabel 4.4 Kode Konfigurasi Akuisisi dan Kalibrasi Sensor	59
Tabel 4.5 Konfigurasi Akuisisi dan Kalibrasi Sensor yang Diterapkan	59
Tabel 4.6 Kode Implementasi Pencatatan Waktu dan Perhitungan Interval Sampling	61
Tabel 4.7 Kode Implementasi Akuisisi, Validasi, dan Penyelesaian Siklus Sampling	62
Tabel 4.8 Kode Implementasi Penantian Sisa Periode pada Firmware Baseline	63
Tabel 4.9 Kode Nilai Simulasi Komunikasi	64
Tabel 4.10 Kode Implementasi Delay Komunikasi pada Firmware Sekuensial	64
Tabel 4.11 Perbedaan Implementasi <i>Firmware</i> Baseline Sekuensial	65
Tabel 4.12 Struktur Instrumentasi Data <i>Firmware</i> Baseline Sekuensial	66
Tabel 4.13 Kode Implementasi Pembentukan Queue dan Task Firmware FreeRTOS	69
Tabel 4.14 Kode Implementasi Pengiriman Paket oleh SensorTask ke outgoingQueue	70
Tabel 4.15 Kode Implementasi Pengaturan Periodisitas SensorTask	71
Tabel 4.16 Kode Implementasi Penerimaan Paket dan Pencatatan Kondisi Queue	72
Tabel 4.17 Kode Implementasi Pemrosesan dan Pencatatan Paket pada SendTask	73
Tabel 4.18 Kode Implementasi Delay Komunikasi pada SendTask	74
Tabel 4.19 Perbedaan Implementasi <i>Firmware Multitasking</i> FreeRTOS Queue	74
Tabel 4.20 Struktur Instrumentasi Data <i>Firmware Multitasking</i> FreeRTOS Queue	75
Tabel 4.21 Konfigurasi Utama <i>Firmware Multitasking</i> Sistem <i>Monitoring</i>	78
Tabel 4.22 Informasi yang Disimpan pada Struktur TelemetryData	79
Tabel 4.23 Konfigurasi Task <i>Firmware Multitasking</i> Sistem <i>Monitoring</i>	80
Tabel 4.24 Kode Implementasi Pembentukan Task FreeRTOS pada ESP32	81
Tabel 4.25 Kode Implementasi Akuisisi dan Pembentukan Telemetri pada SensorTask	83
Tabel 4.26 Kode Implementasi Inti Pengiriman Telemetri melalui HTTP POST	86
Tabel 4.27 Kode Implementasi Pemindahan Payload oleh ResendBufferTask	88
Tabel 4.28 Jenis Log <i>Firmware Multitasking</i> Sistem <i>Monitoring</i>	90
Tabel 4.29 Endpoint Backend API Sistem <i>Monitoring</i>	91
Tabel 4.30 Implementasi <i>Endpoint Backend</i> API Sistem <i>Monitoring</i>	92
Tabel 4.31 Struktur Tabel Database Sistem <i>Monitoring</i>	94
Tabel 4.32 Konfigurasi Umum Pengujian <i>Firmware</i> Terkontrol	98
Tabel 4.33 Skenario Pengujian <i>Firmware</i> Terkontrol	98
Tabel 4.34 Parameter Evaluasi <i>Firmware</i> Terkontrol	100
Tabel 4.35 Skenario Pengujian <i>Multitasking</i> FreeRTOS HTTP	102
Tabel 4.36 Skenario Pengujian Dashboard	105
Tabel 4.37 Skenario Pengujian Retry-Buffer-Resend	107
Tabel 4.38 Statistik Durasi Pengiriman dan Pemrosesan Payload	122
Tabel 4.39 Ringkasan Pengujian Integrasi <i>Firmware</i> , <i>Backend</i> , dan <i>Database</i>	123
Tabel 4.40 Hasil Pengujian Dashboard	130
Tabel 4.41 Hasil Pengujian Retry-Buffer-Resend	135

DAFTAR RUMUS

(2.1) Perhitungan Interval Aktual Sampling	15
(2.2) Perhitungan Penyimpangan Absolut terhadap Periode Target.....	15
(2.3) Perhitungan Durasi Eksekusi.....	15
(2.4) Penentuan Pelampauan Periode Akuisisi	16
(2.5) Perhitungan Waktu Tunggu Data pada Queue.....	17
(4.1) Perhitungan Rata-Rata Nilai Raw ADC	56
(4.2) Perhitungan Total Jeda Nominal Pembacaan Sensor pH.....	57
(4.3) Perkiraan Waktu Dominan Akuisisi Sensor.....	57
(4.4) Perhitungan Gradien Kalibrasi Linear pH.....	58
(4.5) Perhitungan Intersep Kalibrasi Linear pH.....	58
(4.6) Persamaan Konversi Rata-Rata Raw ADC menjadi Nilai pH.....	58