

**SISTEM PEMANTAUAN pH TANAH BERBASIS IOT DAN
KOMUNIKASI ESP-NOW DI TPA KOTA TANJUNGPINANG**

TUGAS AKHIR



Samuel Jefry Marthin

NIM. 2101010060

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2025**

SISTEM PEMANTAUAN pH TANAH BERBASIS IOT DAN KOMUNIKASI ESP-NOW DI TPA KOTA TANJUNGPINANG

Tugas Akhir

Skema Skripsi

*Tugas Akhir diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana
Teknik pada Program Studi Teknik Elektro*



Samuel Jefry Marthin

NIM. 2101010060

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI KEMARITIMAN
UNIVERSITAS MARITIM RAJA ALI HAJI
TANJUNGPINANG
2025**

PERNYATAAN MENGENAI TUGAS AKHIR DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

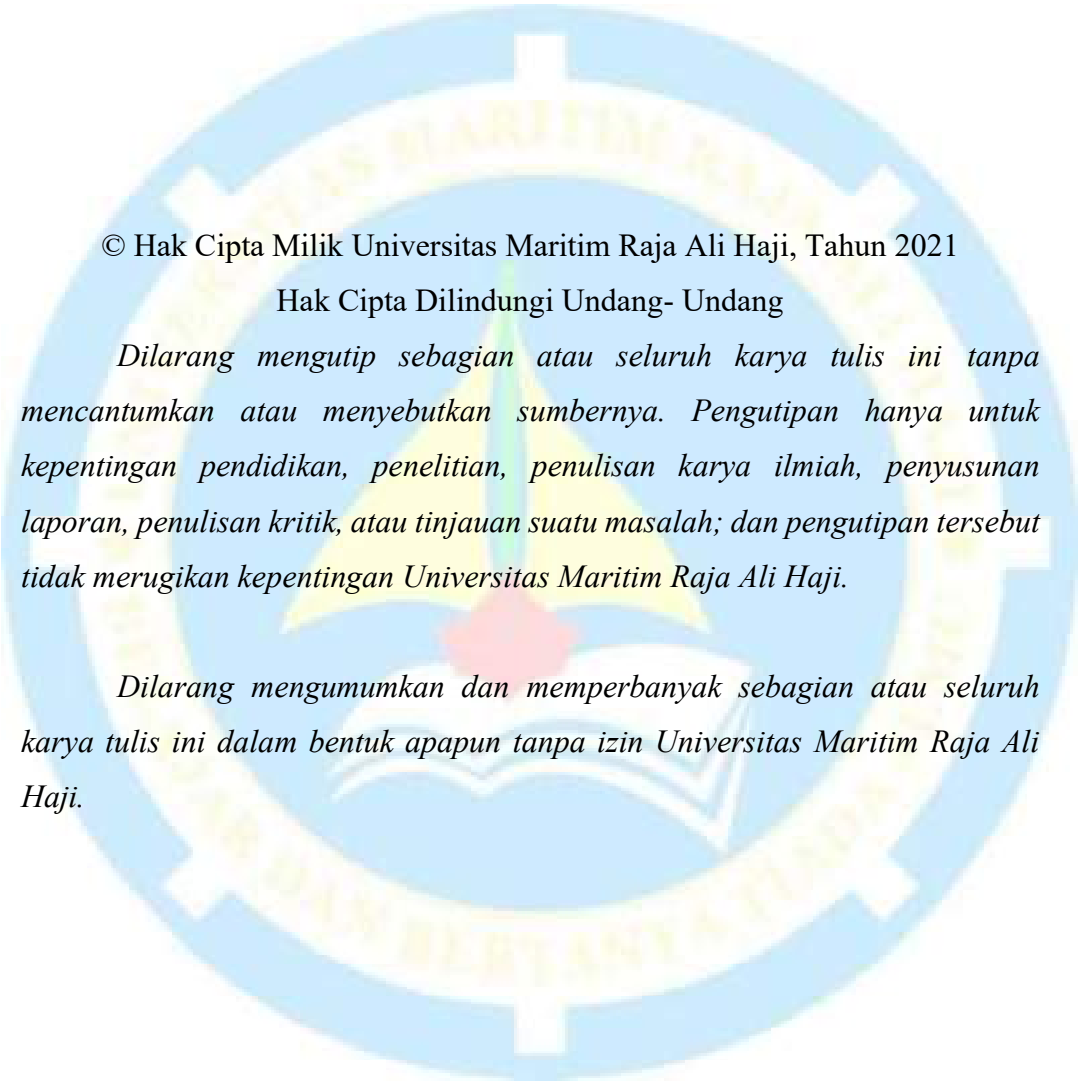
Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir berjudul “Sistem Pemantauan pH Tanah Berbasis IoT dan Komunikasi ESP-NOW di TPA Kota Tanjungpinang” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang 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.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang berlaku dalam karya tulis dan hak intelektual, maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima untuk ditarik kembali oleh Universitas Maritim Raja Ali Haji dan menerima sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Tanjungpinang, 01 Desember 2025



Samuel Jefry Marthin
NIM 2101010060



© Hak Cipta Milik Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tahun 2021

Hak Cipta Dilindungi Undang- Undang

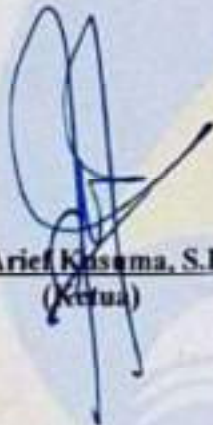
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Maritim Raja Ali Haji.

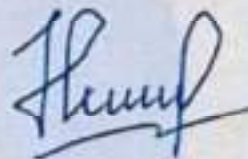
HALAMAN PERSETUJUAN

Judul : Sistem Pemantauan pH Tanah Berbasis IoT dan
Komunikasi ESP-NOW di TPA Kota Tanjungpinang
Nama : Samuel Jefry Marthin
NIM : 2101010060
Program Studi : Teknik Elektro
Tanggal Persetujuan : 05 Januari 2016

Disetujui oleh,
Komisi Pembimbing



Hollanda Arief Kusuma, S.IK, M.Si.
(Ketua)



Muhamad Afham, S.Si., M.Si.
(Anggota)

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Sistem Pemantauan pH Tanah Berbasis IoT dan Komunikasi ESP-NOW di TPA Kota Tanjungpinang
Nama : Samuel Jefry Marthin
NIM : 2101010060

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Komisi Penguji sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro dan Informatika, Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Universitas Maritim Raja Ali Haji.

KOMISI PENGUJI

Ketua	: Basyaruddin Ismail Harahap, S.Pd., M.T.	(.....) 29/12/2025
Anggota I	: M. Hasbi Sidqi Alajuri, S.I.K., M.Si.	(.....) 05/01/2026
Anggota II	: Bavitra, M.Si.	(.....) 05/01/2026
Anggota III	: Hollanda Arief Kusuma, S.I.K., M.Si.	(.....) 05/01/2026
Anggota IV	: Muhamad Afham, S.Si., M.Si.	(.....) 29/12/2025

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Informatika


Hollanda Arief Kusuma, S.I.K., M.Si
NIP. 198904012019031016

Tanggal Ujian: 18 Desember 2025

Tanggal Lulus: 05 Januari 2026

PRAKATA

Puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini dengan judul “Sistem Pemantauan pH Tanah Berbasis IoT dan Komunikasi ESP-NOW di TPA Kota Tanjungpinang” dengan lancar. Penulis menyadari bahwa terselesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

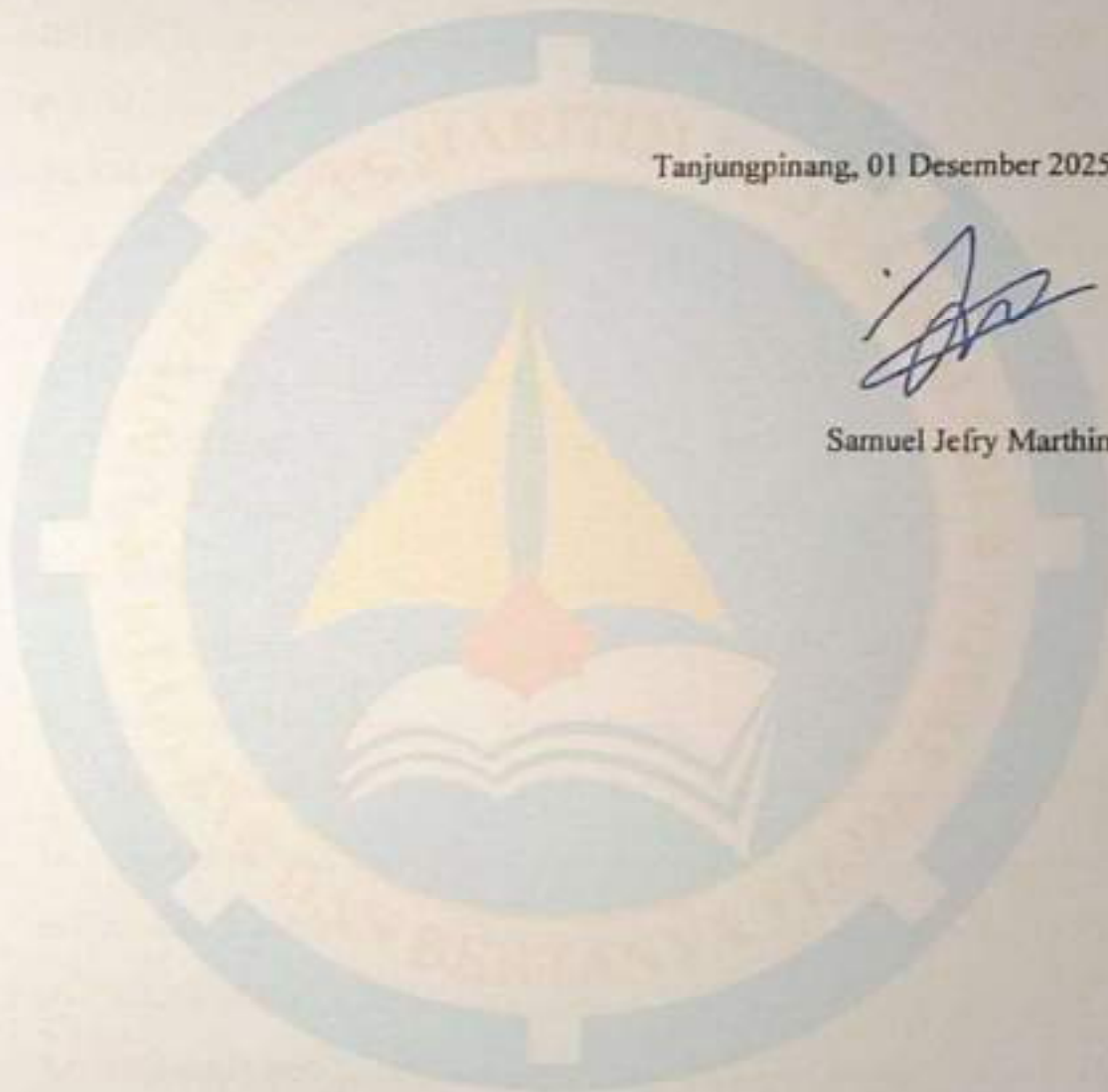
1. Tuhan Yang Maha Esa atas izin dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar serta dalam perlindungan nya.
2. Ayahku Patuan Panjaitan (**Alm**) dan Ibu Erni Nancy Br. Panggabean (**Alm**) serta ketiga kakak perempuanku yang selalu mendukung, mendoakan dan menjadi motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir dengan baik.
3. Bapak Hollanda Arief Kusuma, S.IK., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing Akademik, yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis baik dalam perkuliahan hingga saat pengerjaan tugas akhir sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Muhamad Afham, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis saat pengerjaan tugas akhir, sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh tenaga pengajar di Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH), khususnya di Fakultas Teknik dan Teknologi Kemaritiman, Program Studi Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu serta wawasan selama masa perkuliahan berlangsung.
6. Sahabat dan teman terbaik Angly Desvina Simbolon yang telah menemani penulis dari masa sekolah hingga saat ini, dengan selalu membantu dan memberikan motivasi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Teman-teman seperjuangan Turu Dek dan teman alumni semasa sekolah The Evil Hypocrite (Te'h), yang telah memberikan masukan dan nasehat kepada penulis semasa pengerjaan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat berbagai kekurangan dan belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Demikianlah tugas akhir ini disusun, semoga dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Penulis mengucapkan terimakasih atas segala perhatian yang diberikan.

Tanjungpinang, 01 Desember 2025



Samuel Jefry Marthin



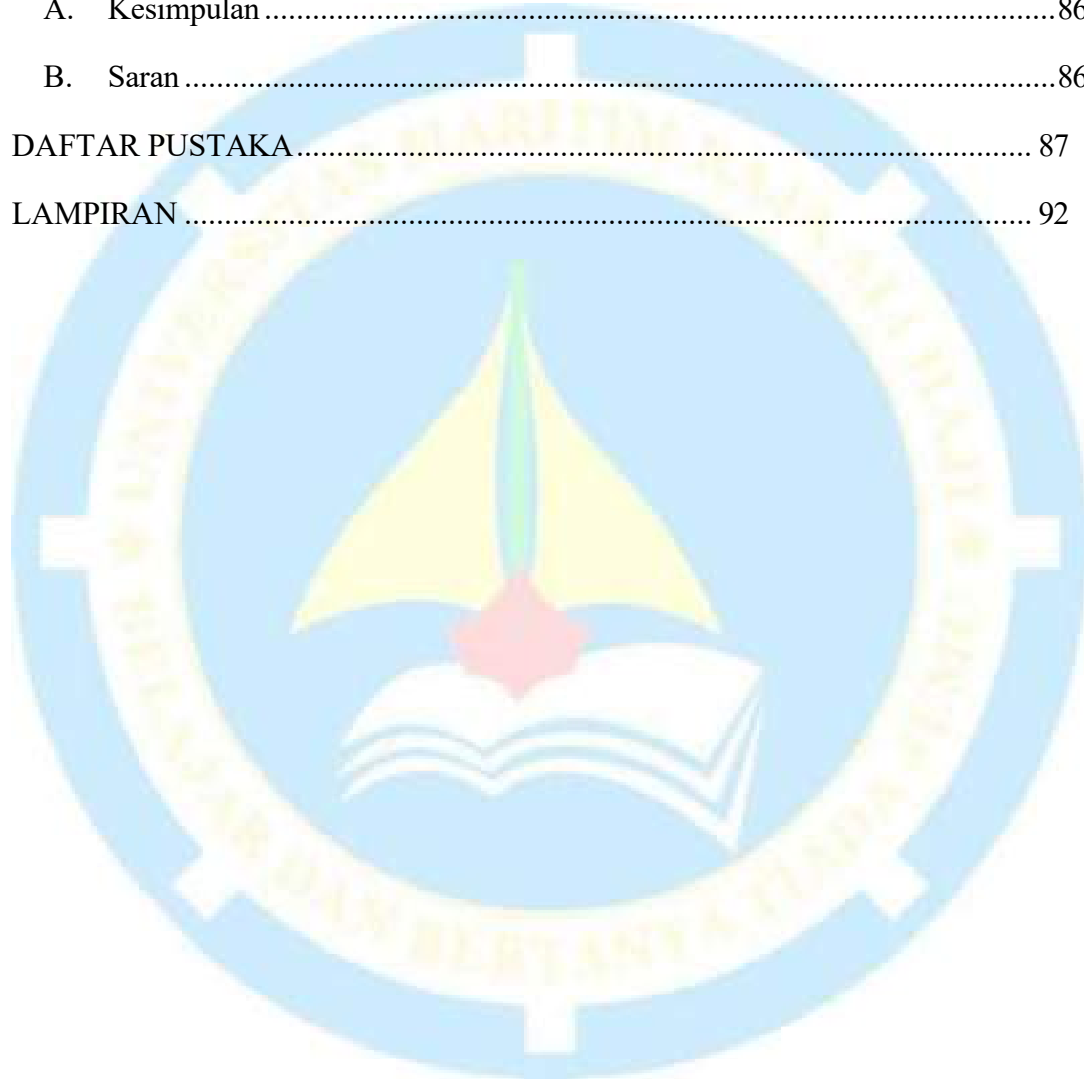
DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT	vii
MOTTO	viii
HALAMAN PERSEMBAHAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	3
C. Batasan Penelitian.....	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	6
A. Tinjauan Pustaka.....	6
B. Landasan Teori	8
1. Tanah	8
2. pH Tanah	9
3. Faktor Yang Mempengaruhi pH Tanah.....	10
4. Alat Pengukur pH Meter Tanah.....	11

5.	<i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	12
6.	ESP-NOW	12
7.	<i>Internet of Things (IoT)</i>	13
8.	<i>Thingspeak</i>	14
9.	<i>Received Signal Strength Indication (RSSI)</i>	15
10.	<i>Packet Delivery Ratio (PDR)</i>	16
C.	Komponen.....	16
1.	Mikrokontroler ESP32 WROOM 32U	16
2.	Sensor pH Tanah	17
3.	RTC DS3231	18
4.	Modul <i>Micro SD</i>	19
5.	Modem <i>USB Stick</i>	19
6.	<i>Solar Charge Controller (SCC)</i>	20
7.	Baterai Aki.....	21
8.	Modul <i>Step Down</i> LM2596.....	21
9.	OLED <i>DISPLAY</i>	22
10.	<i>Relay Module Satu Channel</i>	23
11.	Panel Surya.....	24
BAB III	METODE PENELITIAN	26
A.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
B.	Bahan dan Alat.....	27
C.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	28
D.	Perancangan Sistem	31
1.	Perancangan Perangkat Keras	33
2.	Perancangan Lunak	36
3.	Pengembangan <i>Dashboard</i>	38

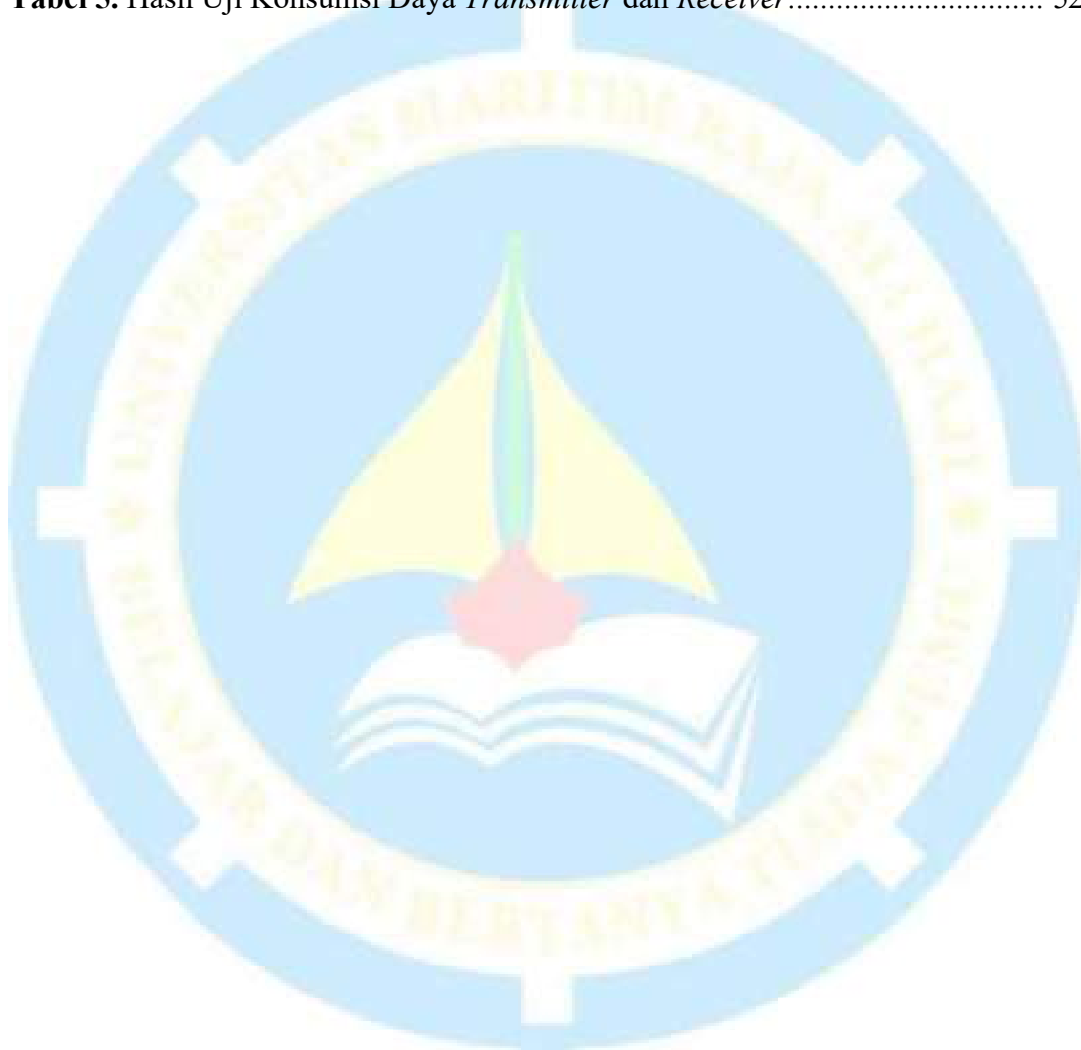
E.	Uji Laboratorium	39
1.	Uji Kalibrasi Sensor	39
2.	Uji Fungsional	40
F.	Uji Lapangan	41
G.	Analisis Data.....	42
1.	Kalibrasi Sensor pH Tanah.....	42
2.	Uji Konsumsi Daya	43
3.	Uji Komunikasi ESP-NOW.....	44
4.	Uji Perangkat.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		46
A.	Hasil Uji Laboratorium.....	46
1.	Hasil Uji Kalibrasi Sensor.....	46
2.	Hasil Uji Komunikasi ESP-NOW	48
3.	Hasil Uji Konsumsi Daya perangkat <i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i>	51
4.	Hasil Uji Fungsional Sensor pH Tanah.....	54
5.	Hasil Uji Fungsional <i>Relay 1 Channel</i>	55
6.	Hasil Uji Fungsional <i>Micro SD</i>	56
7.	Hasil Uji Fungsional <i>OLED Display</i>	56
8.	Hasil Uji Fungsional RTC DS3231	57
9.	Hasil Uji Fungsional ESP-NOW	58
B.	Hasil Pengembangan Perangkat Lunak	59
C.	Hasil Pengembangan <i>Dashboard</i>	64
D.	Hasil Perancangan Perangkat Keras	65
E.	Uji Keseluruhan Sistem	67
F.	Uji Lapangan	69
G.	Analisis Performa Perangkat	77

1. Analisis Performa Sensor pH Tanah	77
2. Analisis <i>Received Signal Strength Indication</i> (RSSI) Perangkat	79
3. Analisis <i>Packet Delivery Ratio</i> (PDR) Perangkat	80
II. Pembahasan	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	86
A. Kesimpulan	86
B. Saran	86
DAFTAR PUSTAKA	87
LAMPIRAN	92



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kategori kekuatan sinyal nilai RSSI berdasarkan <i>Key Performance Indicator</i> (KPI)	16
Tabel 2. Bahan yang digunakan	27
Tabel 3. Alat yang digunakan	28
Tabel 4. Hasil Kalibrasi <i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i>	48
Tabel 5. Hasil Uji Konsumsi Daya <i>Transmitter</i> dan <i>Receiver</i>	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Lapisan Tanah	9
Gambar 2. Skala Nilai pH	10
Gambar 3. pH Meter.....	12
Gambar 4. Komunikasi ESP-NOW.....	13
Gambar 5. <i>Internet of Things</i>	14
Gambar 6. Pengaturan API KEY Pada Platform Thingspeak	15
Gambar 7. Pinout ESP 32 WROOM 32U	17
Gambar 8. Sensor pH Tanah	18
Gambar 9. <i>Real Time Clock</i> (RTC)	18
Gambar 10. Modul MicroSD	19
Gambar 11. Modem USB Stick	20
Gambar 12. <i>Solar Charge Controller</i>	20
Gambar 13. Baterai Aki.....	21
Gambar 14. Modul Step Down LM2596.....	22
Gambar 15. OLED Display I2C.....	23
Gambar 16. Rangkaian Kontrol Relay	24
Gambar 17. <i>Relay Module</i> satu channel.....	24
Gambar 18. Panel Surya 10 Wp.....	25
Gambar 19. Laboratorium FTTK Universitas Maritim Raja Ali Haji.....	26
Gambar 20. Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Kota Tanjungpinang.....	26
Gambar 21. Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 22. Diagram Perancangan Sistem <i>Transmitter</i>	33
Gambar 23. Diagram Perancangan Sistem <i>Receiver</i>	33
Gambar 24. Desain 3D Perangkat	34
Gambar 25. Skematik <i>electrical transmitter</i>	35
Gambar 26. Skematik <i>electrical receiver</i>	36
Gambar 27. Diagram <i>firmware</i> perangkat <i>transmitter</i>	37
Gambar 28. Diagram <i>firmware</i> perangkat <i>receiver</i>	38
Gambar 29. (a) Proses Kalibrasi Sensor pH Tanah, (b) Lokasi Kalibrasi	46
Gambar 30. Grafik Hasil Regresi Linear Perangkat <i>Transmitter</i>	47
Gambar 31. Grafik Hasil Regresi Linear Perangkat <i>Receiver</i>	48

Gambar 32. (a) Grafik Hasil Uji ESP-NOW Sinyal RSSI, (b) Lokasi Uji	49
Gambar 33. Perbandingan ESP32 V1 VS V4	51
Gambar 34. (a) Pengujian Konsumsi Daya, (b) Grafik Konsumsi Daya	51
Gambar 35. (a) Pengujian Konsumsi Daya, (b) Grafik Konsumsi Daya	52
Gambar 36. Grafik Perbandingan Ketahanan Baterai	53
Gambar 37. Rangkaian Uji Fungsional Sensor pH Tanah	54
Gambar 38. (a) Pengujian Sensor pH Tanah, (b) Hasil Pembacaan Sensor.....	54
Gambar 39. Rangkaian Pengujian <i>Relay 1 channel</i>	55
Gambar 40. (a) Pengujian <i>Relay</i> , (b) Hasil Pembacaan <i>Relay</i>	55
Gambar 41. Rangkaian Uji Fungsional <i>Micro SD</i>	56
Gambar 42. (a) Rangkaian <i>OLED Display</i> , (b) Pengujian <i>OLED Display</i>	57
Gambar 43. Rangkaian Uji Fungsional RTC DS3231	57
Gambar 44. (a) Uji RTC DS3231, (b) Hasil Pembacaan RTC DS3231	58
Gambar 45. (a) ESP-NOW Pada <i>OLED Receiver</i> , (b) ESP-NOW Pada Serial Monitor <i>Transmitter</i>	58
Gambar 46. Inisialisasi <i>Library</i> Perangkat <i>Transmitter</i>	59
Gambar 47. Program Deklarasi Variabel Perangkat <i>Transmitter</i>	59
Gambar 48. Program Struktur Data <i>Firmware Transmitter</i>	60
Gambar 49. <i>Library</i> program pada perangkat <i>receiver</i>	62
Gambar 50. Program Struktur Data <i>Firmware Receiver</i>	63
Gambar 51. Kode <i>API KEY Thingspeak</i>	65
Gambar 52. Tampilan <i>dashboard</i> pH Tanah pada <i>platform thingspeak</i>	65
Gambar 53. (a) Tampak Luar <i>Transmitter</i> , (b) Tampak Luar <i>Receiver</i>	66
Gambar 54. (a) Bagian dalam <i>Transmitter</i> , (b) Bagian dalam <i>Receiver</i>	67
Gambar 55. Pengujian Perangkat	68
Gambar 56. Hasil Uji Keseluruhan	69
Gambar 57. (a) Posisi Alat <i>Transmitter</i> , (b) Posisi Alat <i>Receiver</i>	70
Gambar 58. Sensor Terlepas dari Permukaan Tanah	71
Gambar 59. Grafik Pemantaun Hari 1.....	71
Gambar 60. Perangkat <i>Receiver</i> Jatuh	72
Gambar 61. Grafik Pemantauan Hari 2.....	73
Gambar 62. Kabel Baterai Terlepas	74

Gambar 63. Grafik Pemantauan Hari 3	74
Gambar 64. Kabel <i>Step Down</i> Longgar	75
Gambar 65. Grafik Pemantauan Hari 4.....	76
Gambar 66. Grafik Pemantauan Keseluruhan.....	77
Gambar 67. Grafik Perbandingan pH Meter dan Sensor	78
Gambar 68. Grafik RSSI.....	80
Gambar 69. Grafik PDR.....	81



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Spesifikasi Perangkat <i>Receiver</i>	93
Lampiran 2. Perhitungan Spesifikasi Perangkat <i>Transmitter</i>	94
Lampiran 3. Kode Perangkat <i>Transmitter</i> Uji Fungsionalitas	95
Lampiran 4. Kode Perangkat <i>Receiver</i> Uji Fungsionalitas	97
Lampiran 5. Kode Perangkat <i>Transmitter</i>	100
Lampiran 6. Kode Perangkat <i>Receiver</i>	102
Lampiran 7. Tabel Kalibrasi Sensor pH Tanah Perangkat <i>Transmitter</i>	109
Lampiran 8. Tabel Kalibrasi Sensor pH Tanah Perangkat <i>Receiver</i>	110
Lampiran 9. Perhitungan Setelah Kalibrasi Perangkat <i>Transmitter Error</i> , Akurasi, dan RMSE.....	111
Lampiran 10. Perhitungan Setelah Kalibrasi Perangkat <i>Receiver Error</i> , Akurasi, dan RMSE	112
Lampiran 11. Perhitungan Uji Konsumsi Daya Perangkat <i>Transmitter</i>	113
Lampiran 12. Perhitungan Uji Konsumsi Daya Perangkat <i>Receiver</i>	114
Lampiran 13. Perhitungan Kapasitas Baterai Real Perangkat <i>Transmitter</i>	115
Lampiran 14. Perhitungan Kapasitas Baterai Real Perangkat <i>Receiver</i>	116