

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
BUKU CAPSTONE DESIGN	ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR	viii
UCAPAN TERIMA KASIH	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR SINGKATAN	xxii
BAB 1 USULAN GAGASAN	1
1.1 Deskripsi Umum Masalah	1
1.2 Analisis Masalah.....	2
1.2.1 Aspek Teknis	3
1.2.2 Aspek Ekonomi	3
1.2.3 Aspek Lingkungan.....	3
1.2.4 Aspek Sosial	4
1.3 Analisis Solusi yang Ada.....	4
1.3.1 Traktor Konvensional Bertenaga Diesel.....	4
1.3.2 Traktor Tangan Bertenaga Listrik	5
1.3.3 Traktor Listrik dengan Remote Control Sederhana.....	5
1.4 Tujuan Tugas Akhir	6
1.5 Batasan Tugas Akhir.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Landasan Teori	8
2.2 Teknologi Komunikasi Nirkabel	9
2.3 Protokol MQTT & Arsitektur Jaringan	10
2.3.1 Prinsip Kerja MQTT.....	11

2.3.2 Parameter Quality of Service	12
2.3.3 Level QoS pada MQTT	14
2.4 Komponen Elektronik dan Sistem Kendali	16
2.4.1 Mikrokontroler ESP32	16
2.4.2 Modul RF nRF24L01+ PA/LNA	17
2.4.3 Sensor Arus dan Tegangan INA219	18
2.4.4 Step-down Converter XH-M404	19
2.4.5 Step-up Boost Converter	19
2.4.6 Motor Driver DC L298N	20
2.4.7 LCD I2C	21
2.4.8 BMS 3S Lithium-ion 18650	21
2.4.9 Modul Step Up 3,7 volt DC	22
2.4.10 Motor DC 12 Volt	22
2.5 Traktor Listrik & Catu Daya	23
2.6 Standar & Regulasi	24
2.7 Ringkasan & Gap Analysis	25
2.7.1 Kontribusi Tugas Akhir	26
BAB 3 SPESIFIKASI DAN DESAIN SISTEM	27
3.1 Spesifikasi Sistem	27
3.2 Desain Sistem	28
3.2.1 Deskripsi Umum Desain	28
3.2.2 Pemilihan Modul Komunikasi	29
3.2.2.1 Aspek Coverage	30
3.2.2.2 Aspek Latensi	32
3.2.2.3 Aspek Keandalan	35
3.2.2.4 Kesimpulan	37
3.2.3 Penjelasan detail desain	39
3.2.3.1 Alur Komunikasi Data	40
3.2.3.1.1 Perintah Hilir (<i>Command Downstream</i>)	40
3.2.3.1.2 Telemetry Hulu (<i>Telemetry Upstream</i>)	41
3.2.3.2 Flowchart Sistem	41
3.3 Metode Pengukuran yang Sesuai dengan Solusi Terpilih	46
3.3.1 Kendali Jarak Jauh	46
3.3.2 Kesesuaian Terhadap Lahan	46

3.3.3 Teknologi Listrik	47
BAB 4 IMPLEMENTASI	48
4.1 Deskripsi umum implementasi	48
4.2 Detail Implementasi	49
4.2.1 Rancangan Desain dan Spesifikasi Sistem Traktor	49
4.2.1.1 Tujuan Desain dan Kriteria Kinerja.....	49
4.2.1.2 Dimensi dan Struktur Rangka	50
4.2.1.3 Tipe Pembajak	51
4.2.1.4 Sistem Lokomosi Rantai.....	52
4.2.1.5 Motor dan Transmisi	54
4.2.1.6 Sumber Daya dan Distribusi Listrik	55
4.2.2 Cloud dan Server	57
4.2.2.1 Konfigurasi Server.....	58
4.2.2.1.1 Konfigurasi Firewall.....	58
4.2.2.1.2 Instalasi Broker MQTT	59
4.2.2.1.3 Setup Domain dan DNS	61
4.2.2.1.4 Setup Proxies	62
4.2.2.2 Back-End	63
4.2.2.2.1 Struktur Direktori Back-End	64
4.2.2.2.2 Alur Kerja Back-End	65
4.2.2.3 Database	66
4.2.2.3.1 Cara Kerja dan Implementasi	66
4.2.3 Hardware.....	66
4.2.3.1 Gateway.....	66
4.2.3.1.1 Task RTOS	67
4.2.3.1.2 MQTT Handler	68
4.2.3.1.3 Radio Handler.....	69
4.2.3.1.4 DC Sensor Handler	70
4.2.3.2 Traktor	72
4.2.3.2.1 Task RTOS	72
4.2.3.2.2 Radio Handler.....	73
4.2.3.2.3 DC Sensor Handler	74
4.2.3.3 Modul Radio Frekuensi nRF24	75
4.2.3.3.1 Implementasi	75

4.2.3.4 INA219 DC Sensor.....	76
4.2.3.4.1 Kalibrasi.....	76
4.2.3.4.2 Implementasi	78
4.2.3.5 Step-up Boost Converter	78
4.2.3.5.1 Implementasi	78
4.2.3.6 Step-down Converter XH-M404	79
4.2.3.6.1 Implementasi	79
4.2.3.7 Motor Driver DC L298N.....	79
4.2.3.7.1 Implementasi	79
4.2.3.8 BMS 3S Lithium-ion 18650	80
4.2.3.8.1 Implementasi	80
4.2.3.9 LCD I2C	81
4.2.3.9.1 Implementasi	81
4.2.4 Software	81
4.2.4.1 Web Application.....	82
4.2.4.1.1 Cara Kerja dan Implementasi	82
4.2.4.1.2 Landing Page	83
4.2.4.1.3 Menu Sign-up	83
4.2.4.1.4 Menu Sign-in	85
4.2.4.1.5 Menu Recovery Account.....	85
4.2.4.1.6 Menu Dashboard.....	86
4.2.4.1.7 Menu Statistik.....	87
4.2.4.1.8 Services.....	87
4.2.4.2 Mobile Application.....	88
4.2.4.2.1 Cara Kerja dan Implementasi Aplikasi.....	88
4.2.4.2.2 Landing Page	89
4.2.4.2.3 Halaman Utama	90
4.2.4.2.4 Halaman Registrasi.....	91
4.2.4.2.5 Autentikasi Akun.....	91
4.2.4.2.6 Halaman Login	93
4.2.4.2.7 Halaman User	94
4.2.4.2.8 Halaman Admin.....	95
4.2.4.2.9 Halaman Reset Password.....	97
4.3 Prosedur Pengoperasian Solusi	98

BAB 5 PENGUJIAN	99
5.1 Skema Pengujian Sistem.....	99
5.1.1 Pengujian Fungsional Aplikasi	99
5.1.2 Pengujian QoS	99
5.1.3 Komparasi Kinerja Motor pada Prototipe V1 dan V2	102
5.1.4 Pengujian Kemampuan Pembajakan lahan.....	102
5.2 Proses Pengujian dan Analisis Hasil.....	103
5.2.1 Analisis Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi	103
5.2.2 Analisis Hasil Pengujian QoS.....	106
5.2.2.1 Latency	107
5.2.2.1.1 Latency pada MQTT	107
5.2.2.1.2 Latency pada Komunikasi Radio (LoS)	109
5.2.2.1.3 Latency pada Komunikasi Radio (NLoS)	111
5.2.2.1.4 Kesimpulan Analisis untuk Pengujian Latency	112
5.2.2.2 Jitter	113
5.2.2.3 Throughput	115
5.2.2.4 Packet Loss	118
5.2.3 Analisis Hasil Pengujian Kinerja Motor pada Prototipe V1 dan V2	119
5.2.3.1 Pengujian Konsumsi Daya dan Kecepatan	119
5.2.3.1.1 Tanah Kering	120
5.2.3.1.2 Rumput Tipis	125
5.2.3.1.3 Pavling Blok	130
5.2.3.1.4 Kesimpulan analisis pengujian daya dan kecepatan.....	134
5.2.4 Analisis Hasil Pengujian Pembajakan	136
5.2.4.1 Tipe Pembajak A	137
5.2.4.2 Tipe Pembajak B	139
5.2.4.3 Analisa Performa Pembajakan	141
5.2.5 Analisa Penskalaan dan Perbandingan Performa Traktor	142
5.2.5.1 Skala Traktor	142
5.2.5.2 Perbandingan Performasi.....	143
5.3 Rangkuman Hasil Pengujian.....	144
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	146
6.1 Kesimpulan	146
6.2 Saran	147

DAFTAR PUSTAKA	149
LAMPIRAN.....	156