

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN	xii
INTISARI	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.1.1 Analisis TDoA Berdasarkan Algoritma Chan	6
2.1.2 Analisis TDoA Berdasarkan Algoritma Newton-Raphson	10
2.1.3 Sinkronisasi, Kalibrasi, dan <i>Time Frame</i> Sistem TDoA	11
2.1.4 Model <i>Clock</i> Sistem TDoA	14
2.1.5 Sebaran Kepresisian Sistem TDoA	14
2.1.6 Desain Tapis dengan Kalman <i>Filter</i>	16
2.2 Dasar Teori	19
2.2.1 UWB <i>Indoor Positioning System</i>	19
2.2.2 <i>Transceiver</i> UWB: DW1000, DW3000, dan ESP32	20
2.2.2.1 Kecepatan Sistem	21
2.2.2.2 Protokol Komunikasi UWB	22
2.2.3 Prinsip Kerja UWB IPS dengan TDoA	22
2.2.3.1 Prinsip Kerja <i>Common Clock Source</i>	24
2.2.3.2 Prinsip Kerja <i>Anchor</i>	25
2.2.3.3 Prinsip Kerja <i>Tag</i>	25
2.2.3.4 Prinsip Kerja <i>Server</i>	25
2.2.4 Desain Kalman <i>Filter</i> dengan <i>Memory Fading</i>	26

2.2.5	Robot Operating System 2 sebagai <i>Framework</i> Lingkungan Simulasi	29
2.3	Analisis Perbandingan Metode	30
2.3.1	Spesifikasi Masalah	30
2.3.2	Perbandingan Sistem TDoA pada Dua dan Tiga Dimensi	30
2.3.3	Algoritma Chan dan Newton-Raphson	31
2.3.4	<i>KF dan KF Termodifikasi</i>	31
BAB III	Metode Penelitian.....	33
3.1	Alat dan Bahan	33
3.1.1	Alat	33
3.1.2	Bahan	33
3.2	Metode yang Digunakan.....	34
3.2.1	Identifikasi: Model Beda Waktu Antar- <i>clock</i>	34
3.2.2	Simulasi: Desain Lingkungan Simulasi pada ROS 2.....	35
3.2.3	Simulasi: Membandingkan Algoritma dan Dimensi	37
3.2.4	Simulasi: Pengujian Tapis pada <i>Tracking</i> Posisi	38
3.2.5	Implementasi: Lingkungan Pengujian Sistem	38
3.2.6	Implementasi: Membandingkan Algoritma dan Dimensi	38
3.2.7	Implementasi: Pengujian Tapis pada <i>Tracking</i> Posisi	40
3.2.8	Parameter Penting Sistem.....	40
3.3	Alur Tugas Akhir	41
BAB IV	Hasil dan Pembahasan.....	43
4.1	Hasil Identifikasi Model Beda Waktu Antar- <i>clock</i>	43
4.2	Hasil Percobaan Simulasi Sistem	45
4.2.1	<i>Tag</i> dan <i>Anchor</i> Sejajar	45
4.2.2	<i>Tag</i> dan <i>Anchor</i> Tidak Sejajar	46
4.2.3	Kasus <i>Tracking</i> Posisi.....	47
4.3	Hasil Percobaan Implementasi Sistem	48
4.3.1	<i>Tag</i> dan <i>Anchor</i> Sejajar	48
4.3.2	<i>Tag</i> dan <i>Anchor</i> Tidak Sejajar	49
4.3.3	Kasus <i>Tracking</i> Posisi.....	49
4.4	Perbandingan Hasil Penelitian dengan Hasil Terdahulu	52
4.4.1	Hasil Terkait Simulasi	52
4.4.2	Hasil Terkait Algoritma dan Dimensi	52
4.4.3	Hasil Terkait Penapisan	53
BAB V	Kesimpulan dan Saran.....	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56

LAMPIRAN	L-1
L.1 Repositori <i>Software</i> dan <i>Firmware</i>	L-1
L.2 Penjelasan Mengenai <i>Workspace</i> ROS 2.....	L-2
L.3 Yet Another Markup Language (YAML)	L-3
L.4 Dokumentasi Pengambilan Data	L-4

Tabel 2.1	Perbandingan TWR dan TDoA [1, 2].....	19
Tabel 2.2	Dukungan kanal DW1000 dan DW3000 [3, 4].....	23
Tabel 2.3	Dukungan PRF dan pesat bit DW1000 dan DW3000 [3, 4]	23
Tabel 3.1	Parameter UWB IPS	40
Tabel 3.2	Waktu alur tugas akhir	42
Tabel 4.1	Perbandingan hasil penelitian terkait algoritma dan dimensi TDoA ..	52
Tabel 4.2	Perbandingan hasil penelitian terkait tapis	53

Gambar 2.1	Model masalah TDoA	6
Gambar 2.2	MAE terhadap periode sinkronisasi	12
Gambar 2.3	Skema SS-TWR untuk mencari <i>time of flight</i>	13
Gambar 2.4	<i>Time frame</i> sistem <i>indoor positioning</i> TDoA	14
Gambar 2.5	Peta kepresisian TDoA menggunakan CRLB	16
Gambar 2.6	Kurva bifurkasi TDoA	17
Gambar 2.7	Visualisasi skema TWR dan TDoA	20
Gambar 2.8	Arsitektur perangkat keras <i>transceiver</i> UWB	21
Gambar 2.9	Format PPDU IEEE802.15.4-2011	23
Gambar 2.10	Format MPDU IEEE802.15.4-2011	23
Gambar 2.11	<i>Flowchart</i> CCS	24
Gambar 2.12	<i>Flowchart</i> <i>anchor</i>	25
Gambar 2.13	Distribusi galat pengukuran jarak dengan DW1000 dan DW3000	27
Gambar 2.14	Diagram blok sistem dengan Kalman <i>filter</i>	28
Gambar 3.1	Skema percobaan identifikasi model antar- <i>clock</i>	34
Gambar 3.2	Graf simulasi di ROS 2	36
Gambar 3.3	Peletakkan <i>anchor</i> pada simulasi	37
Gambar 3.4	Skenario peletakkan <i>tag</i> dan <i>anchor</i> pada simulasi	38
Gambar 3.5	Koordinat peletakkan <i>anchor</i> dan kenampakan ruangan 402	39
Gambar 3.6	<i>Transceiver</i> UWB Cerdas UWB Tracker DW1000 dan Maker-fabs ESP32 UWB DW3000	39
Gambar 3.7	Peletakkan <i>tag</i> pada ruangan 402	39
Gambar 3.8	Diagram alir alur tugas akhir	41
Gambar 4.1	Grafik beda waktu antar- <i>clock</i>	43
Gambar 4.2	Grafik koefisien suku kuadrat (D) hasil regresi model <i>clock</i> Allan	44
Gambar 4.3	Grafik <i>slope</i> beda waktu (ω) hasil regresi model <i>clock</i> Allan	44
Gambar 4.4	Grafik simpangan baku beda waktu sesaat	44
Gambar 4.5	Peta warna deviasi <i>positioning</i> simulasi dengan ketinggian <i>tag</i> dan <i>anchor</i> yang sama	45
Gambar 4.6	Peta warna deviasi <i>positioning</i> simulasi dengan ketinggian <i>tag</i> dan <i>anchor</i> yang berbeda	46
Gambar 4.7	Luaran tapis KF dan KF termodifikasi	47
Gambar 4.8	Luaran tapis KF dan KF termodifikasi dengan kasus <i>tag</i> terputus koneksi	48
Gambar 4.9	Peta warna deviasi <i>positioning</i> implementasi dengan ketinggian <i>tag</i> dan <i>anchor</i> yang sama	49
Gambar 4.10	Peta warna deviasi <i>positioning</i> implementasi dengan ketinggian <i>tag</i> dan <i>anchor</i> yang berbeda	50
Gambar 4.11	Hasil percobaan <i>tracking</i> posisi, sudut pandang spasial	50
Gambar 4.12	Hasil percobaan <i>tracking</i> posisi, sudut pandang waktu	51
Gambar 4.13	Distribusi kumulatif dari eror <i>tracking</i> posisi	51
Gambar 1	Repositori <i>software</i> dan <i>firmware</i> penelitian	L-1

Gambar 2	<i>Packages</i> pada <i>workspace</i> ROS 2	L-2
Gambar 3	Rekaman data hasil <i>positioning</i> pada YAML	L-3
Gambar 4	Posisi <i>tag</i> saat pengambilan data untuk perbandingan algoritma. .	L-4
Gambar 5	<i>Transceiver</i> UWB DW3000 sebagai <i>master clock</i>	L-4
Gambar 6	Komputer yang berperan sebagai <i>server</i>	L-5
Gambar 7	Tanda 1 untuk pengujian <i>trakcing</i> posisi.....	L-5
Gambar 8	Tanda 2 untuk pengujian <i>trakcing</i> posisi.....	L-6
Gambar 9	Cuplikan video pengambilan data <i>tracking</i> posisi	L-6