

**SKRIPSI**  
**PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME**  
**INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32**  
**ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN**  
**GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)**



**Oleh:**

**Theophilus Ezra Nugroho Pandin**

**5103020016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA**  
**SURABAYA**  
**2024**

**SKRIPSI**  
**PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME**  
**INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32**  
**ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN**  
**GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)**

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala  
Surabaya untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana  
Teknik Program Studi Teknik Elektro



**Oleh:**

**Theophilus Ezra Nugroho Pandin**

**5103020016**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA**  
**SURABAYA**

**2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan skripsi berjudul **PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32 ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)** ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks seandainya diketahui bahwa laporan skripsi ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan skripsi ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik.

Surabaya, 22 Januari 2024

Mahasiswa yang bersangkutan,



**Theophilus Ezra Nugroho Pandin**

NRP. 5103020016

## LEMBAR PERSETUJUAN

Naskah skripsi berjudul **PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32 ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)** yang ditulis oleh **Theophilus Ezra Nugroho Pandin/5103020016** telah disetujui dan diterima untuk diajukan ke tim penguji.

**Pembimbing I:**



**David Budi Suryadinata, S.T.**

**Pembimbing II:**



**Ir. Lanny Agustine, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.**

NIK. 511.02.0538

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi yang ditulis oleh Theophillus Ezra Nugroho Pandin/5103020016 dengan judul **PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32 ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)** telah disetujui pada tanggal 12 Januari 2024 dan dinyatakan LULUS.

Ketua Dewan Penguji



**Ir. Albert Gunadhi, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng.**

NIK. 511.94.0209

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik,



**Prof. Ir. Felicia Edi Soetaredjo, S.T.,  
M.Phil., Ph.D., IPU., ASEAN Eng.**

NIK. 521.99.0391

Ketua Program Studi

Teknik Elektro,



**Ir. Albert Gunadhi, S.T.,  
M.T., IPU., ASEAN Eng.**

NIK. 511.94.0209

**LEMBAR PERSETUJUAN  
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya sebagai mahasiswa Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya:

**Nama: Theophillus Ezra Nugroho Pandin**

**NRP : 5103020016**

Menyetujui Skripsi/Karya Ilmiah saya, dengan judul **“PERANCANGAN DAN REALISASI REAL TIME INDOOR POSITIONING SYSTEM BERBASIS ESP32 ULTRA-WIDEBAND DECAWAVE 3000 DENGAN GRAPHICAL USER INTERFACE (GUI)”** untuk dipublikasikan / ditampilkan di Internet atau media lain (*Digital Library* Perpustakaan Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya) untuk kepentingan akademik sebatas sesuai dengan Undang-Undang Hak Cipta.

Demikian pernyataan persetujuan publikasi karya ilmiah ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 22 Januari 2024

Mahasiswa yang bersangkutan,

  
Theophillus Ezra Nugroho Pandin

NRP. 5103020016

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi merupakan salah satu syarat wajib untuk menempuh pendidikan tingkat strata satu.

Skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak yang telah memberikan semangat, bantuan, serta bimbingan yang diberikan. Oleh karena itu, dengan segenap kerendahan hati saya sampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak David Budi Suryadinata, S.T. selaku dosen pembimbing I skripsi dan pimpinan PT. Solusi Rekatama Persada dan pembimbing skripsi yang telah menyediakan sarana belajar, riset, serta bimbingan dalam pengerjaan proyek skripsi.
2. Ibu Ir. Lanny Agustine S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II skripsi yang dengan sabar membimbing dalam mengerjakan dan menyusun skripsi ini.
3. Bapak Ir. Albert Gunadhi, S.T., M.T., IPU., ASEAN Eng. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
4. Seluruh rekan kerja PT. Solusi Rekatama Persada yang telah membantu dalam pembuatan skripsi.
5. Kedua orang tua saya yang sudah memberikan semangat dari awal pengerjaan hingga akhir pengerjaan.
6. Seluruh teman-teman Teknik Elektro Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang telah memberikan dukungan dan membantu dalam penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah ditulis masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis berharap agar laporan ini dapat berguna sebagaimana mestinya. Penulis meminta maaf apabila masih terdapat kesalahan penulisan dan teori dalam penulisan skripsi ini.

Surabaya, 22 Januari 2024

Penulis



## ABSTRAK

Teknologi komunikasi nirkabel atau *wireless communication* sedang mengalami perkembangan pesat, khususnya dalam memenuhi kebutuhan layanan lokalisasi di dalam ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kendala-kendala yang muncul dalam metode lokalisasi konvensional dengan memanfaatkan teknologi ultra-wideband (UWB) menggunakan perangkat Decawave 3000 yang dipasangkan dengan mikrokontroler ESP32. Metode trilaterasi digunakan dalam proyek ini, yang diimplementasikan melalui GUI *Indoor Positioning System DW3000* dengan antarmuka pengguna dibuat menggunakan pustaka PyQt6.

Pembuatan sistem dilakukan dengan memanfaatkan PyCharm IDE untuk mengelola PyQt6 dan Arduino IDE untuk mem-program ESP32. Kinerja perangkat menunjukkan hasil yang cukup baik untuk kondisi *line-of-sight* pada rentang error 1,17% hingga 12,14%. Tingkat error terkecil yang berhasil dicapai dengan metode SS-TWR sebesar 4,27% (*line-of-sight*) dan metode AltDS-TWR sebesar 1,17% (*line-of-sight*) pada konfigurasi 1 *anchor* dan 1 *tag*. Hasil tersebut menunjukkan akurasi hingga satuan sentimeter dan respons cepat dalam penentuan posisi dalam ruangan. Kesuksesan proyek ini menegaskan potensi UWB, terutama dalam mengatasi kendala-kendala akurasi dan respons yang dihadapi oleh metode lokalisasi berbasis sensor konvensional. Dengan demikian, teknologi ini memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan sistem lokalisasi dalam ruangan untuk berbagai aplikasi, termasuk navigasi robot, pemosisian barang dalam gudang, industri manufaktur, kesehatan, dan sejenisnya yang membutuhkan sistem lokalisasi.

**Kata kunci:** *Ultra-wideband (UWB), Decawave 3000, Real-time Locating Systems, GUI (Graphical User Interface)*

## ABSTRACT

*Wireless communication technology, particularly in meeting the needs of indoor localization services, is undergoing rapid development. This research aims to overcome the challenges arising in conventional localization methods by utilizing ultra-wideband (UWB) technology using Decawave 3000 devices paired with the ESP32 microcontroller. The trilateration method is employed in this project, implemented through the Indoor Positioning System DW3000 GUI with the user interface created using the PyQt6 library.*

*The system development was carried out using the PyCharm IDE to manage PyQt6 and the Arduino IDE to program the ESP32. The device's performance indicates satisfactory results for line-of-sight conditions with an error range of 1.17% to 12.14%. The smallest error rate achieved with the SS-TWR method is 4.27% (line-of-sight), and the AltDS-TWR method is 1.17% (line-of-sight) in a configuration of 1 anchor and 1 tag. These results demonstrate accuracy down to centimeter units and a quick response in determining indoor positions. The success of this project emphasizes the potential of UWB, especially in addressing accuracy and response challenges faced by conventional sensor-based localization methods. Thus, this technology contributes positively to the development of indoor localization systems for various applications, including robot navigation, warehouse item positioning, manufacturing industry, healthcare, and similar fields that require localization systems.*

**Keywords:** *Ultra-wideband (UWB), Decawave 3000, Real-time Locating Systems, GUI (Graphical User Interface)*

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PERNYATAAN .....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Relevansi .....	4
1.6 Metodologi Perancangan Alat .....	4
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TEORI PENUNJANG DAN TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Real-time Indoor Positioning System .....	7
2.2 Ultra-wideband .....	18
2.3 <i>Ultra-wideband Modul Decawave 3000 (DW3000)</i> .....	19
2.4 Modul Mikrokontroler ESP32 .....	22

2.5	Perangkat Lunak Desain GUI: PyQt6 & PyCharm EDU .....	23
BAB III METODE PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK .....		26
3.1	Deskripsi Sistem .....	26
3.2	Decawave 3000 <i>Hardware</i> .....	29
3.3	Perancangan dan Pembuatan <i>Software</i> .....	30
3.4	Topologi Jaringan .....	41
BAB IV PENGUKURAN & PENGUJIAN ALAT .....		43
4.1	Pengujian Konektivitas Modul DW3000 dengan SS-TWR .....	44
4.2	Pengujian Konektivitas Modul DW3000 dengan AltDS-TWR .	45
4.3	Pengujian Transmisi Data <i>Node Anchor</i> dan WiFi dengan AltDS-TWR .....	47
4.4	Pengukuran Jarak ( <i>ranging</i> ) pada Kondisi LOS dan NLOS dengan SS-TWR .....	49
4.5	Pengukuran Jarak ( <i>ranging</i> ) pada Kondisi LOS dan NLOS dengan AltDS-TWR .....	58
4.6	Pengujian Trilaterasi Kalman Filter pada SS-TWR .....	60
4.7	Pengujian Pengukuran Jarak Kalman Filter pada AltDS-TWR .	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		65
5.1	Kesimpulan .....	65
5.2	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA .....		67
LAMPIRAN .....		73

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Infrastruktur RTLS pada umumnya .....	8
<b>Gambar 2. 2</b> Sistem kerja Time of Flight .....	9
<b>Gambar 2. 3</b> Sistem kerja TWR .....	10
<b>Gambar 2. 4</b> Sistem kerja SS-TWR.....	11
<b>Gambar 2. 5</b> Sistem kerja SDS-TWR.....	13
<b>Gambar 2. 6</b> Sistem kerja metode trilaterasi .....	16
<b>Gambar 2. 7</b> DW3000 Block Diagram.....	20
<b>Gambar 2. 8</b> Gambar 2.8 DW3000 PCB Layout.....	21
<b>Gambar 2. 9</b> ESP32-WROOM32 I/O Layout.....	22
<b>Gambar 2. 10</b> ESP32WROOM32 UWB DW3000 Tampak Atas .....	23
<b>Gambar 2. 11</b> Tampilan User-Interface (UI) QtDesigner versi PyQt6.....	24
<b>Gambar 3. 1</b> Ilustrasi Sistem Lokalisasi dalam Ruang dengan metode SS-TWR .....	27
<b>Gambar 3. 2</b> Ilustrasi Sistem Lokalisasi dalam Ruang dengan metode AltDS-TWR.....	27
<b>Gambar 3. 3</b> Blok Diagram Real Time Indoor Positioning System dengan metode SS-TWR.....	28
<b>Gambar 3. 4</b> Blok Diagram Real Time Indoor Positioning System dengan metode AltDS-TWR .....	28
<b>Gambar 3. 5</b> Diagram Skematik DW3000 .....	29
<b>Gambar 3. 6</b> Diagram Skematik ESP32-WROOM-32.....	30
<b>Gambar 3. 7</b> (a) diagram alir program node <i>tag</i> DW3000 dengan metode SS-TWR, (b) diagram alir program node <i>anchor</i> DW3000 dengan metode SS-TWR .....	32

<b>Gambar 3. 8</b> (a) diagram alir program node <i>tag</i> DW3000 dengan metode AltDS-TWR, (b) diagram alir program node <i>anchor</i> DW3000 dengan metode AltDS-TWR .....	33
<b>Gambar 3. 9</b> Skema perhitungan ToF pada sistem pengukuran jarak dengan metode SS-TWR.....	34
<b>Gambar 3. 10</b> Skema perhitungan ToF pada sistem pengukuran jarak dengan metode AltDS-TWR.....	34
<b>Gambar 3. 11</b> Peletakkan node <i>anchor</i> .....	38
<b>Gambar 3. 12</b> Diagram alir perhitungan posisi dengan metode trilaterasi	39
<b>Gambar 3. 13</b> Diagram Alir Sistem GUI untuk Real Time Indoor Positioning System .....	40
<b>Gambar 3. 14</b> Desain GUI (Graphical User Interface) RTLS DW3000....	41
<b>Gambar 3. 15</b> Topologi Mesh antarnode .....	42
<b>Gambar 4. 1</b> Dokumentasi pengujian konektivitas Modul SS-TWR .....	45
<b>Gambar 4. 2</b> Komunikasi ESP32 dengan Modul UWB DW3000 pada SS-TWR .....	45
<b>Gambar 4. 3</b> Dokumentasi pengujian konektivitas Modul AltDS-TWR (a) node <i>anchor</i> (b) node <i>tag</i> .....	47
<b>Gambar 4. 4</b> Komunikasi ESP32 dengan Modul UWB DW3000 pada AltDS-TWR.....	47
<b>Gambar 4. 5</b> Pengiriman data pengukuran jarak dari 1 <i>anchor</i> menuju Google Sheet dengan protocol WiFi.....	49
<b>Gambar 4. 6</b> Penempatan Node pada konfigurasi 1 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> .....	49
<b>Gambar 4. 7</b> Penempatan Node pada konfigurasi 3 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> .....	50
<b>Gambar 4. 8</b> Grafik hasil Pengukuran Jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 1 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> dengan metode SS-TWR .....	52

<b>Gambar 4. 9</b> Grafik error pada pengukuran jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 1 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> dengan metode SS-TWR .....	53
<b>Gambar 4. 10</b> Hasil pengambilan jarak toleransi maksimal dalam keadaan NLOS dengan konfigurasi 3 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> pada tampilan seluruh <i>anchor</i> dan <i>tag</i> .....	54
<b>Gambar 4. 11</b> Hasil pengambilan pengukuran jarak toleransi maksimal dalam keadaan NLOS pada tampilan posisi <i>Tag</i> .....	55
<b>Gambar 4. 12</b> Denah Pengujian untuk cakupan komunikasi jarak perangkat pada kondisi NLOS dengan 3 <i>anchors</i> dan 1 <i>tag</i> (SS-TWR) .....	56
<b>Gambar 4. 13</b> Grafik error pengukuran jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 3 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> dengan metode SS-TWR .....	56
<b>Gambar 4. 14</b> Hasil pengambilan jarak toleransi maksimal dalam keadaan LOS dengan konfigurasi 3 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> pada tampilan label seluruh <i>anchor</i> dan <i>tag</i> .....	57
<b>Gambar 4. 15</b> Denah pengukuran cakupan jarak pada kondisi LOS dengan 3 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> (SS-TWR) .....	58
<b>Gambar 4. 16</b> Grafik hasil Pengukuran Jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 1 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> dengan metode AltDS-TWR.....	59
<b>Gambar 4. 17</b> Grafik error pada pengukuran Jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 1 <i>anchor</i> dan 1 <i>tag</i> dengan metode AltDS-TWR.....	60
<b>Gambar 4. 18</b> Grafik error pada data pengujian trilaterasi dengan penerapan Kalman filter pada metode SS-TWR.....	62
<b>Gambar 4. 19</b> Grafik hasil data pengujian pengukuran dengan penerapan Kalman filter pada metode AltDS-TWR .....	64
<b>Gambar 4. 20</b> Grafik hasil data pengujian pengukuran dengan penerapan Kalman filter pada metode AltDS-TWR .....	64

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3. 1</b> Konfigurasi PHY Layer .....	35
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Pengukuran Jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 3 anchor dan 1 tag dengan metode SS-TWR .....	54
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Pengukuran Jarak LOS dan NLOS dengan konfigurasi 3 anchor dan 1 tag dengan metode AltDS-TWR .....	61



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 1 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan metode SS-TWR.....	73
<b>Lampiran 2.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 1 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan metode AltDS-TWR .....	78
<b>Lampiran 3.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 3 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan metode SS-TWR.....	81
<b>Lampiran 4.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 1 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan kompatibilitas WiFi pada metode AltDS-TWR ... ..	88
<b>Lampiran 5.</b> Listing Program Penerimaan Data Pengukuran Jarak pada Google Sheet dengan Google Script pada metode AltDS-TWR.....	92
<b>Lampiran 6.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 3 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan metode SS-TWR dengan Kalman Filter .....	93
<b>Lampiran 7.</b> Listing Program Pengukuran Jarak ( <i>Ranging</i> ) DW3000 antara 1 <i>Anchor</i> dan 1 <i>Tag</i> dengan metode AltDS-TWR dengan Kalman Filter...	99
<b>Lampiran 8.</b> Listing Program GUI <i>Real-time Indoor Positioning System</i> Decawave 3000 ( <i>Main Program</i> ) .....	103
<b>Lampiran 9.</b> Listing Program GUI <i>Real-time Indoor Positioning System</i> Decawave 3000 ( <i>File Database</i> ) .....	114
<b>Lampiran 10.</b> Listing Program GUI <i>Real-time Indoor Positioning System</i> Decawave 3000 (Inisialisasi Event).....	115
<b>Lampiran 11.</b> Gambar Pengambilan Data Hasil Pengujian pada GUI ....	138