

LAPORAN BKD
BIDANG KEGIATAN PENELITIAN
(HIBAH DIKTI)

PERIODE SEMESTER GANJIL
2025/2026

Penelitian Berjudul:

**“Sistem Rute Pintar ESP32: Menaklukkan Medan Bergerak
dengan Spanning Tree Terbaik Berbasis GPS Dinamis”**

LAMPIRAN:

- 1. SK.DEKAN FTI SEMESTER GENAP 2024/2025*
- 2. LAPORAN AKHIR PENELITIAN*

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS TERAPAN DAN TEKNOLOGI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL



YAYASAN PERGURUAN CIKINI
INSTITUT SAINS DAN TEKNOLOGI NASIONAL
Jl. Moh. Kahfi II, Bhumi Srengseng Indah, Jagakarsa, Jakarta Selatan 12640
Telp. 021-7270090 (hunting), Fax 021-7866955, hp: 081291030024
Email: humas@istn.ac.id Website: www.istn.ac.id

SURAT PENUGASAN TENAGA PENDIDIK

Nomor : 094-IV/03.1-F/IX/2025

SEMESTER GANJIL TAHUN AKADEMIK 2025/2026

Nama	: Muhammad Ikrar Yamin	Status Pegawai	: Tetap
NIK/ NIDN/ NIDK	: 0328108303	Program Studi	: S1 Teknik Elektro
Jabatan Akademik	: Asisten Ahli		

Bidang	Perincian Kegiatan	Tempat	Jam	Kredit (SKS)	Hari
I. PENDIDIKAN & PENGAJARAN	1. Pengajaran di kelas termasuk laboratorium				
	1. Sistim Optimasi (Kelas B)	Lab Elk	21:00 - 21:50	2	Senin
	2. Sistem Kendali (Kelas A Teknik Mesin)	R-C1	08:00 - 09:40	2	Selasa
	3. Sistem Kendali (Kelas B Teknik Mesin)	R-C1	20:00 - 21:40	2	Selasa
	4. Praktikum Mekatronika & Robotika (Kelas B)	Lab Elk		2	Rabu
	5. Praktikum Dasar Komputer (Kelas A)	Lab	11:00 - 12:00	2	Sabtu
	6. Praktikum Dasar Komputer (Kelas B)	Lab	11:00 - 12:00	2	Sabtu
	7. Praktikum Elektronika (Kelas B)	Lab Elk	13:00 - 14:00	2	Sabtu
	8. Prak. Teknik Telekomunikasi (Kelas A)	Lab Elk	15:00 - 16:00	2	Jumat
	9. Prak. Teknik Telekomunikasi (Kelas B)			2	
	10. Praktikum Tapis Aktif (Kelas A)	Lab Elk	14:00 - 15:00	2	Jumat
	11. Praktikum Tapis Aktif (Kelas B)			2	
	2. Pembimbing				
	1. Seminar				
	2. Kerja Praktek				
	3. Tugas Akhir/Tesis			1	
	4. Pembimbing Akademik			1	
	3. Peneliti				
	1. Tugas Akhir/Tesis			1	
	2. Kerja Praktek				
	4. Tugas Tambahan				
	1. Menjabat Sebagai Ka. Prodi				
	2. Menjabat Sebagai Ka. Lab Elektronika dan Telekomunikasi			2	
II. PENELITIAN	1. Penelitian Ilmiah			1	
	2. Penulisan Karya Ilmiah			1	
	3. Penulisan Diktat Kuliah				
	4. Menerjemahkan Buku Kuliah				
	5. Pengembangan Program Kuliah Kurikulum				
	6. Pengembangan Bahan Ajar				
III. PENGABDIAN PADA MASYARAKAT	1. Menduduki jabatan di Pemerintahan				
	2. Pengembangan Hasil Pendidikan dan Penelitian				
	3. Memberikan penyuluhan/pelatihan/penataran/ceramah				
	4. Memberikan Pelayanan Kepada Masyarakat			1	
	5. Menulis karya Pengmas yang tidak dipublikasikan				
	6. Pengelolaan Jurnal Ilmiah			1	
IV. PENUNJANG	1. Menjadi anggota/panitia pada badan/lembaga suatu PT				
	2. Menjadi anggota Badan Lembaga Pemerintah				
	3. Menjadi anggota organisasi profesi				
	4. Mewakili PT/lembaga pemerintah, duduk dalam panitia antar				
	5. Menjadi anggota delegasi nasional ke pertemuan internasional				
	6. Berperan Serta Aktif dalam pertemuan ilmiah/seminar			1	
	7. Anggota dalam tim layanan pendidikan				
Jumlah Total				32	

Kepada yang bersangkutan akan diberikan gaji/honorarium sesuai dengan peraturan penggajian yang berlaku di Institut Sains dan Teknologi Nasional. Penugasan ini berlaku dari tanggal 01 September 2025 sampai dengan 28 Februari 2026

Tembusan :

1. Wakil Rektor 1 - ISTN
2. Wakil Rektor 2 - ISTN
3. Ka. Biro Sumber Daya Manusia - ISTN
4. Arsip



Lampiran 2.1

REKAPITULASI DATA PENELITIAN

No	Provinsi	Nama PTN/PTS	Nama Ketua Tim Peneliti	Skema	Judul Penelitian	Jumlah Dana yang Diterima	Status Penelitian		Jenis Luaran Wajib	Status Pemenuhan Luaran Wajib		Jumlah Dana masih Disimpan Peneliti per 31 Desember 2025 untuk Biaya Pemenuhan Luaran Wajib	Sisa Dana Penelitian (Jika ada)				Link Lampiran Bukti Setor ke Kas Negara
							Dilaksanakan	Batal		Sudah terpenuhi dan diunggah di BIMA	Belum terpenuhi (masih proses)		Jumlah (Rp)	Belum Disetor ke Kas Negara	Telah Disetor ke Kas Negara	Tanggal Setor dan NTPN (Lampiran Bukti Setor)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		(9)	(10)		(11)	(12)	(13)	(14)	(14)	(15)
4	DKI Jakarta	Institut Sains dan Teknologi Nasional	Elda Rahyana	Penelitian Dosen Pemula	Sistem Rute ESP32: Menaklukan Medan Bergerak Dengan Spanning Tree Terbaik Berbasis GPS Dinamis	32,060,000	√		Artikel di Jurnal Bereputasi Nasional Terindeks SINTA 1-4	√		tidak ada					

Jakarta, 3 Maret 2026
Pjs. Kepala LPPM ISTN

Dra. Musfirah Cahaya Fajrah, S.Si.,
M.Si

B. Laporan Kerja

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. **HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Pelaksanaan penelitian ini berjalan bertahap dan saling menguatkan dari tahun ke tahun, mengikuti peta jalan yang telah disusun di proposal. Pada tahap awal, fokus utama adalah membuktikan bahwa ide sistem rute dinamis berbasis *ESP32–GPS* dan komputasi *Minimum Spanning Tree (MST)* memang layak direalisasikan.

Tabel 1. Konfigurasi perangkat keras dan perangkat lunak sistem prototipe

Komponen	Spesifikasi Utama	Fungsi Utama
<i>Microcontroller</i>	ESP32-WROOM, WiFi terintegrasi	Akuisisi data <i>GPS</i> , pengiriman/ penerimaan <i>JSON</i> , kontrol <i>LCD</i>
Modul <i>GPS</i>	u-blox NEO-6M, laju pembaruan 5 Hz, akurasi $\pm 2\text{--}3$ m	Menyediakan koordinat posisi <i>real-time</i> node bergerak
<i>Display</i>	LCD 16×2, antarmuka I ² C	Menampilkan instruksi rute (tetangga, jarak, <i>bearing</i>)
Konektivitas nirkabel	<i>Hotspot</i> WiFi <i>smartphone</i> , IEEE 802.11n, 2,4 GHz	Menghubungkan semua node ke <i>cloud server</i> melalui jaringan seluler
Daya	Adaptor USB 5 V stabil	Menyediakan catu daya konstan untuk setiap node
<i>Backend server</i>	VPS Linux, Flask (Python), koneksi internet publik	Menerima data posisi, mengelola permintaan <i>client</i>
Modul komputasi graf	Python + <i>NetworkX</i> + implementasi Kruskal + <i>Union–Find</i>	Menghitung jarak Haversine, menyusun graf, dan menghitung <i>MST</i>
Pustaka <i>client</i>	<i>Arduino IDE</i> , <i>TinyGPS++</i> , <i>ArduinoJson</i> , pustaka LCD I ² C	Memproses data <i>GPS</i> , membentuk/ mem-parsing <i>JSON</i> , dan mengendalikan tampilan
Protokol komunikasi	HTTP sederhana berbasis <i>REST</i>	Mengirim dan menerima data posisi serta instruksi rute antarsisi <i>client–server</i>

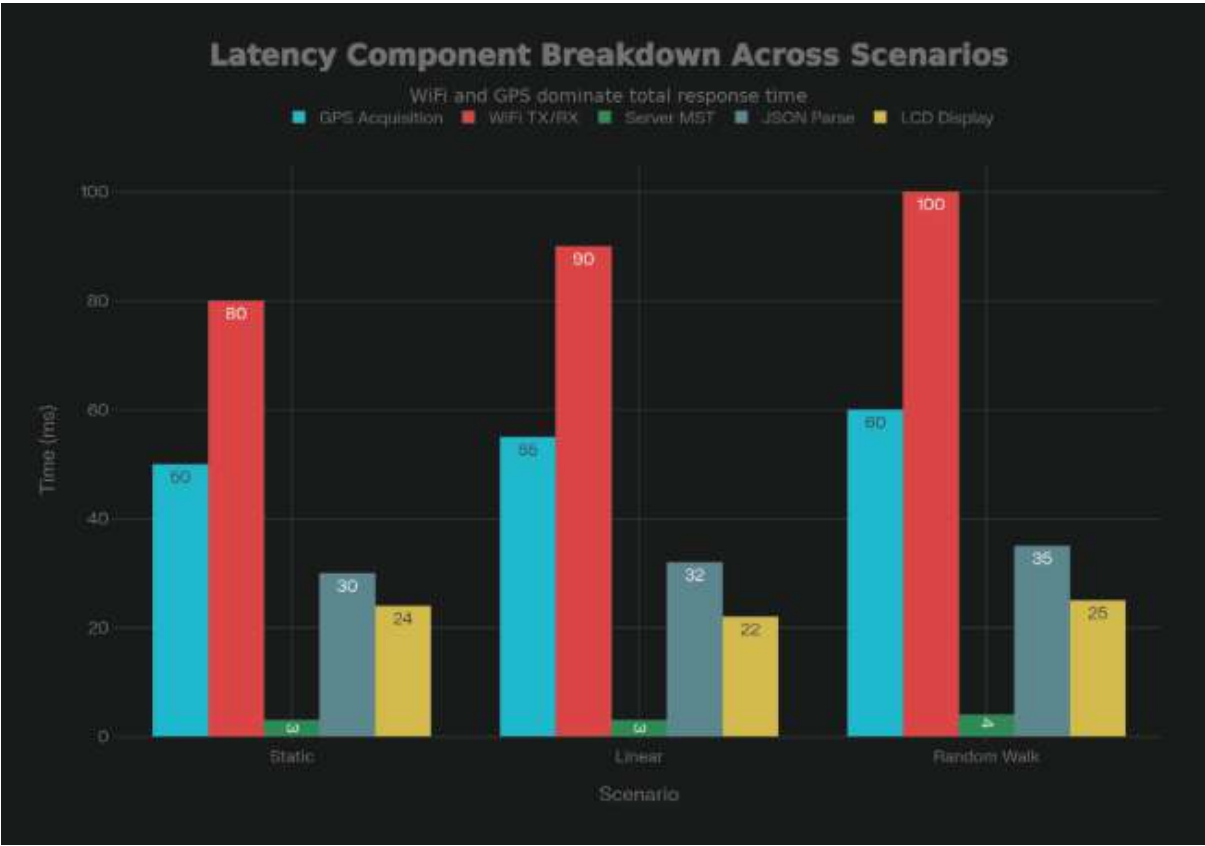
Di fase ini, komponen inti (*ESP32*, modul *GPS*, LCD, serta koneksi WiFi *Mobile*) diuji fungsinya satu per satu hingga diperoleh konfigurasi prototipe yang stabil sebagai dasar uji berikutnya.



Memasuki tahap implementasi, arsitektur *client-server* yang dirancang di proposal diwujudkan secara utuh: lima unit *client* mengirimkan koordinat ke *cloud server*, server menghitung graf jarak dengan rumus Haversine, menyusun *MST* menggunakan algoritma Kruskal dengan *Union-Find*, dan mengirim kembali instruksi rute dalam bentuk sederhana yang bisa langsung ditampilkan di LCD. Data yang dikumpulkan pada tahap ini mencakup catatan waktu pemrosesan di server, jeda dari pengambilan posisi hingga instruksi muncul di layar, serta perilaku struktur pohon ketika posisi node dijaga tetap atau diubah secara teratur.



Tahap berikutnya diarahkan pada pengujian sistem dalam beberapa skenario yang mencerminkan kondisi lapangan, dimulai dari jaringan statis dengan node yang diam hingga pola gerak linier terkoordinasi, dan pada riset lanjutan diperluas ke pola gerak yang lebih dinamis dan kajian skalabilitas jumlah node. Dari sini terkumpul data deret waktu yang menunjukkan bahwa *MST* dapat dihitung dengan cepat, *latency* ujung-ke-ujung tetap dalam rentang yang nyaman untuk koordinasi, dan *Tree Stability Index* bertahan di kisaran tinggi, yang menandakan pohon rute jarang berubah secara mendadak meski terjadi pergerakan. Analisis terhadap data ini selalu ditautkan kembali ke literatur rute berbasis *MST* dan jaringan sensor nirkabel, sehingga posisi temuan menjadi jelas dibandingkan hasil-hasil sebelumnya.



Pola evolusi Tree Stability Index pada skenario linier memperlihatkan fase stabil, jendela transisi, dan periode rekonstruksi lebih sering yang berkaitan erat dengan saat jarak antarnode menjadi sebanding dengan tingkat ketidakpastian GPS, selaras dengan karakteristik MST dalam jaringan bergerak pada literatur sebelumnya.

Table 2. Static Network Performance Metrics

Metric	Mean	Std Dev	Min	Max	95th %ile
Server Computation Time (ms)	2.847	0.394	2.103	4.256	3.521
End-to-End Latency (ms)	187.3	23.6	142.8	289.5	228.4
MST Total Distance (m)	13,666.2	0.0	13,666.2	13,666.2	13,666.2
MST Optimality Error (%)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tree Stability Index	1.000	0.0	1.000	1.000	1.000
Reconfiguration Events	0	-	-	-	-
Avg Node Edge Weight (m)	3,416.5	0.0	3,416.5	3,416.5	3,416.5

Tabel 2 menampilkan metrik kinerja untuk skenario jaringan statis (S1) berdasarkan 600 siklus pengambilan sampel. Hasil pengujian menunjukkan stabilitas MST yang sempurna dengan waktu komputasi di bawah 5 ms, serta tidak terjadi perubahan topologi jaringan selama pengujian berlangsung. MST yang terbentuk secara konsisten terdiri dari empat sisi, yaitu ISTN–UI (2.193,8 m), Unindra–UNAS (2.498,8 m), UI–Jayabaya (3.304,4 m), dan UI–Unindra (5.669,4 m), dengan UI berperan sebagai simpul pusat yang menghubungkan tiga cabang utama. Pembacaan posisi GPS menunjukkan simpangan baku antara 1,2–1,8 meter pada seluruh simpul, sesuai dengan spesifikasi modul NEO-6M pada kondisi langit terbuka. Selama pengujian, tingkat kehilangan paket jaringan tercatat 0%, dengan kekuatan sinyal WiFi yang stabil pada rentang –42 dBm hingga –38 dBm untuk seluruh klien.

Table 3. Linear Motion Performance Metrics

Metric	Mean	Std Dev	Min	Max	95th %ile
Server Computation Time (ms)	3.124	0.521	2.254	5.893	4.037
End-to-End Latency (ms)	201.7	31.4	156.3	342.8	257.6
MST Total Distance (m)	13,724.6	58.3	13,598.2	13,842.7	13,817.3
Tree Stability Index	0.947	0.142	0.500	1.000	1.000
Reconfiguration Frequency (Hz)	0.053	-	-	-	-
Reconfiguration Events	48	-	-	-	-
Avg Node Edge Weight (m)	3,431.2	14.6	3,399.6	3,460.7	3,454.3

Tabel 3 menyajikan metrik kinerja untuk skenario S2, yang menunjukkan kenaikan ringan pada waktu komputasi server rata-rata menjadi sekitar 3,1 ms serta latensi ujung ke ujung rata-rata sebesar sekitar 202 ms. Pada skenario ini, Indeks Stabilitas Pohon mengalami penurunan kecil menjadi 0,947, yang mencerminkan adanya dinamika terbatas pada struktur jaringan.

Table 4. Random Walk Performance Metrics

Metric	Mean	Std Dev	Min	Max	95th %ile
Server Computation Time (ms)	3.687	0.843	2.198	8.142	5.234
End-to-End Latency (ms)	223.5	42.8	163.4	418.7	298.3
MST Total Distance (m)	4,286.3	1,124.7	2,156.8	7,843.2	6,392.5
Tree Stability Index	0.683	0.281	0.000	1.000	1.000
Reconfiguration Frequency (Hz)	0.317	-	-	-	-
Reconfiguration Events	381	-	-	-	-
Avg Node Edge Weight (m)	1,071.6	281.2	539.2	1,960.8	1,598.1

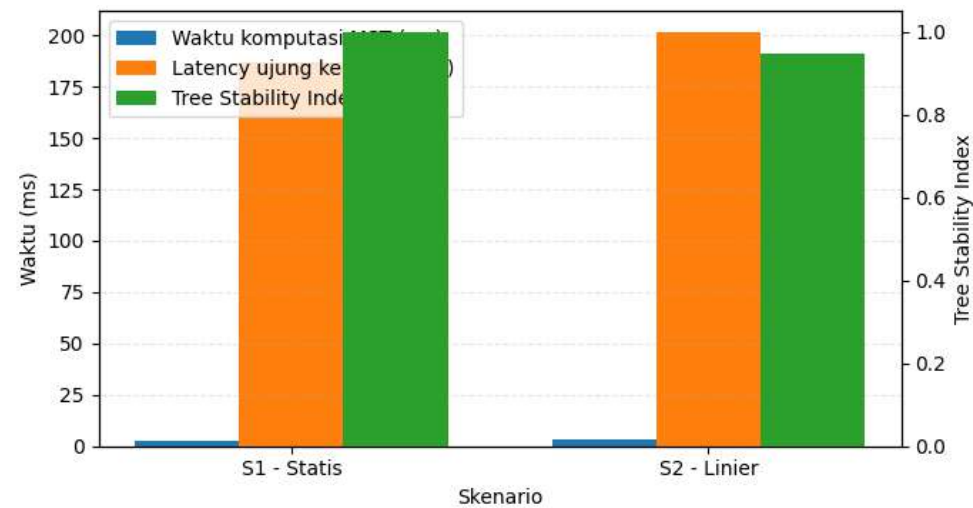
Tabel 4 merangkum keseluruhan hasil pengujian, dengan waktu komputasi server rata-rata sekitar 3,7 ms dan latensi ujung ke ujung rata-rata sekitar 224 ms. Nilai-nilai ini masih jauh di bawah ambang batas yang umumnya dianggap layak untuk koordinasi waktu nyata, yaitu 100 ms untuk komputasi dan 1 detik untuk latensi end-to-end.

Tabel 5 merangkum perbandingan kinerja sistem pada skenario statis (S1) dan gerak linier (S2) berdasarkan metrik waktu komputasi MST, latency ujung ke ujung, Tree Stability Index, dan jumlah peristiwa rekonfigurasi.

Tabel 5. Ringkasan perbandingan kinerja skenario S1 dan S2

Skenario	Rata-rata waktu komputasi MST (ms)	Rata-rata latency (ms)	Tree Stability	Jumlah peristiwa rekonfigurasi
S1 – Statis	2,847	187,3	1,000	0
S2 – Linier	3,124	201,7	0,947	48

Tabel ini menunjukkan bahwa pergeseran dari topologi statis ke gerak linier hanya meningkatkan waktu komputasi MST dan latency rata-rata secara marginal, sementara Tree Stability Index tetap tinggi meskipun terjadi 48 peristiwa rekonfigurasi pada skenario linier. Hal ini menguatkan bahwa komputasi MST pada cloud server bukan sumber utama keterlambatan dan bahwa struktur pohon cukup stabil untuk mendukung koordinasi node bergerak skala kecil di kedua skenario.



Grafik perbandingan kinerja skenario S1 dan S2

Gambar grafik menampilkan diagram batang berkelompok untuk dua skenario, S1 (statis) dan S2 (linier), dengan tiga metrik utama: rata-rata waktu komputasi MST, rata-rata latency ujung ke ujung, dan Tree Stability Index. Batang menunjukkan bahwa waktu komputasi MST dan latency pada S2 sedikit lebih tinggi dibanding S1, tetapi masih dalam orde yang sama, sedangkan Tree Stability Index tetap tinggi pada kedua skenario meskipun sedikit menurun pada S2 karena adanya 48 peristiwa rekonfigurasi pohon. Grafik ini menguatkan bahwa beban komputasi MST di cloud server relatif kecil dan struktur pohon tetap stabil meskipun terjadi pergerakan linier terkoordinasi.

Sejalan dengan fase-fase tersebut, luaran yang direncanakan di proposal juga satu per satu tercapai. Prototipe lima unit perangkat berhasil diwujudkan dan diuji pada skenario yang dirancang; sistem server yang mengelola alur data dan komputasi *MST* dapat berjalan stabil; dan hasil analisis kinerja dituangkan dalam naskah ilmiah yang kemudian lolos di jurnal nasional terakreditasi serta dikembangkan menjadi makalah seminar nasional. Luaran tambahan berupa dokumentasi visual dan persiapan perlindungan

hak cipta ikut memperkaya jejak penelitian ini, sekaligus menunjukkan bahwa seluruh capaian yang dilaporkan merupakan kelanjutan logis dari tahapan yang sejak awal direncanakan.

Beberapa pustaka primer yang digunakan antara lain :

- Akyildiz et al. (2002) dan Pantazis et al. (2013) untuk konteks *WSN/MANET*, efisiensi energi, dan tantangan *routing* adaptif.
- Lin et al. (2023), López et al. (2013), Li & Canovas (2001), Wang et al. (2016), Das & Roy (2012) untuk aspek algoritma *MST* di jaringan bergerak dan sifat kestabilannya.
- Kumar et al. (2020) dan Hu et al. (2021) untuk sisi IoT, MAC, dan protokol *routing* yang efisien dan aman.

D. **STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran melalui BIMA.

Luaran Wajib

1. Publikasi artikel jurnal terakreditasi SINTA 3

Jenis luaran: Publikasi artikel ilmiah jurnal nasional terakreditasi (SINTA 3).

Identitas:

- Judul: “*Real-Time MST-Based Routing for GPS-Enabled Wireless Mobile Networks*”
- Jurnal: JUTISI – Jurnal Ilmiah Teknik Informatika (journal.maranatha.edu), indeks SINTA 3.
- Status ketercapaian: LOA sudah terbit (accepted), artikel dinyatakan diterima dan menunggu publikasi resmi. LOA dari pengelola jurnal diunggah sebagai bukti kemajuan.
- Bukti yang diunggah di BIMA: Scan/softcopy surat LOA + draft artikel versi accepted.



Letter of Acceptance (LoA)

No. VII-SpecialIssue/1248/JuTISI/

Based on the results of a review conducted by the Journal of Research in Science Education *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI)*, e-ISSN: [2443-2229](#) | p-ISSN: [2443-2210](#) editorial team, hereby declare that:

Author : Elda Rayhana, M.Ikrar Yamin, RM. Dinata
Title : Real-Time MST-Based Routing for GPS-Enabled Wireless Mobile Networks
Decision : ACCEPTED
Date : December 30, 2025

The paper with the title above will be published in Volume VIII (Special Issue), December 2025
Thank you for your attention and cooperation.

Bandung, December 30, 2025
Publication Director


Drs. Aris Doyan, ST., M.Kom.,



Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI)
Indexed on:

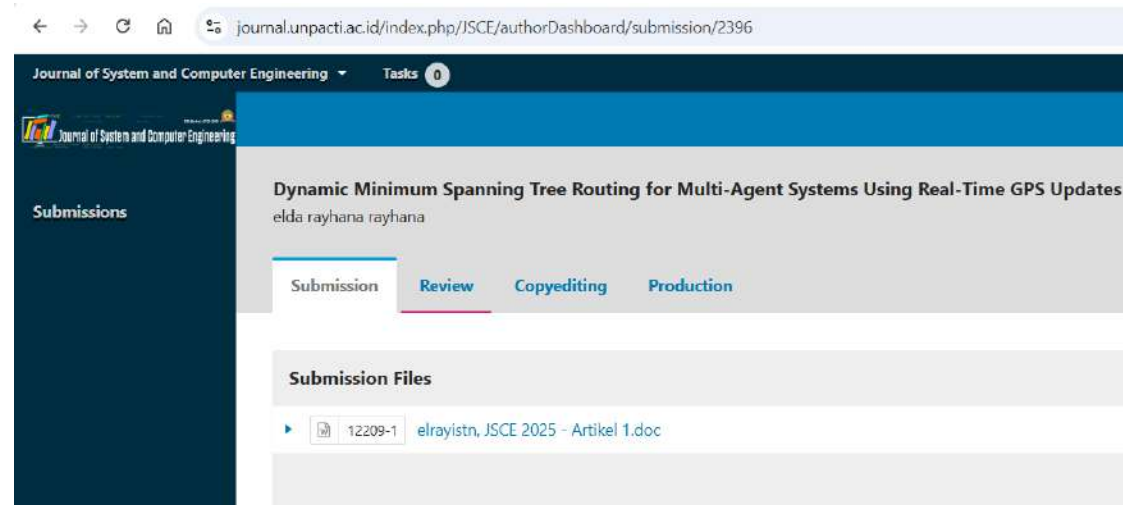


Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI) URL:
<https://journal.maranatha.edu/index.php/jutisi>

Rayhana, E., Yamin, M. I., & Dinata, R. M. (in press). Real-time MST-based routing for GPS-enabled wireless mobile networks. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi (JuTISI)*.

Pada aspek publikasi, penelitian ini secara sengaja diarahkan ke beberapa outlet ilmiah berbeda karena setiap naskah dibangun dari kerangka metodologis yang sama tetapi mengusung fokus kajian, tujuan analisis, dan sudut pandang keilmuan yang tidak identik. Artikel di jurnal JUTISI (SINTA 3) berjudul “Real-Time MST-Based Routing for GPS-Enabled Wireless Mobile Networks” menitikberatkan pada rancangan arsitektur sistem dan analisis kinerja real-time MST routing pada jaringan node bergerak berbasis ESP32–GPS dan cloud, dan saat ini telah memperoleh LOA sebagai bukti penerimaan.

Naskah di Journal of Smart Computing and Engineering (JSCE) dengan judul “*Dynamic Minimum Spanning Tree Routing for Multi-Agent Systems Using Real-Time GPS Updates*” menggeser perhatian ke konteks sistem multi-agent dan dinamika pembaruan rute berbasis MST dalam koordinasi banyak agen bergerak, sehingga framing teoritis dan diskusinya berbeda meskipun perangkat uji yang digunakan serupa (status saat ini: submit, dalam proses review).



Publikasi lain di jurnal AXIOM (status dikembalikan dikarenakan bukan scpenya):

Real-Time Minimum Spanning Tree Routing for GPS Enabled Mobile Networks: ESP32-Based Implementation with Empirical Performance Validation

Elda Rayhana¹, M.Ikrar Yamin², Riadi Marta Dinata³

¹Study Program of Physics, Faculty of Applied Science and Technology, ISTN Jakarta

²Study Program of Electrical Engineering, Faculty of Applied Science and Technology, ISTN Jakarta

³Study Program of Informatics Engineering, Faculty of Applied Science and Technology, ISTN Jakarta

*Correspondence: elray@istn.ac.id

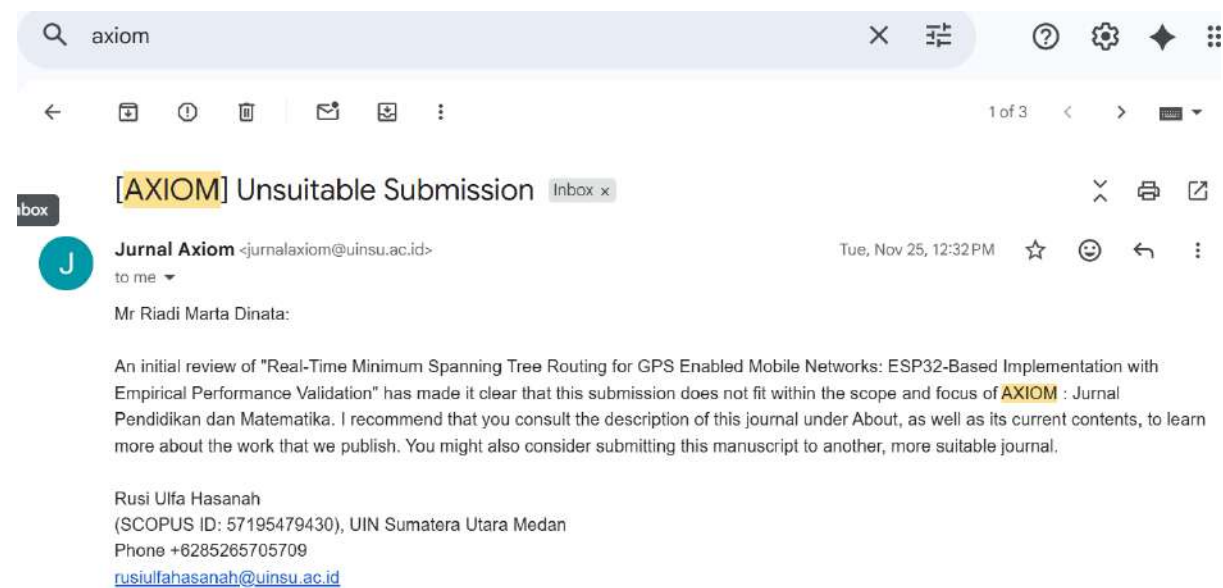
Received: 29 January 2024 / Accepted: 14 September 2024 / Published Online: 12 December 2024

© The Author(s) 2024

Abstract

Autonomous coordination of mobile nodes in infrastructure-denied environments necessitates efficient routing mechanisms capable of adapting to dynamic topologies in real-time. Existing Minimum Spanning Tree (MST)-based routing research predominantly focuses on algorithmic simulation or isolated hardware demonstrations, lacking comprehensive end-to-end system validation under diverse mobility conditions. This research develops

Dengan balasan:



Juga adanya publikasi /submit di Jurnal Saintek Universitas Terbuka mengangkat varian konteks tambahan, misalnya koordinasi node bergerak di lingkungan kampus dan skenario infrastruktur jaringan terbatas, sehingga memecah kontribusi menjadi beberapa lensa aplikasi yang lebih spesifik.

RUTE DINAMIS BERBASIS MINIMUM SPANNING TREE UNTUK KOORDINASI NODE BERGERAK DI LINGKUNGAN KAMPUS

Elda Rayhana^a, M. Ikrar Yamin^a

^aFisika, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, ISTN Jakarta

^aTeknik Elektronika, Fakultas Sains Terapan dan Teknologi, ISTN Jakarta

*Penulis korespondensi; elray@istn.ac.id

ABSTRAK

Koordinasi beberapa node bergerak dalam lingkungan dengan infrastruktur jaringan terbatas memerlukan mekanisme rute yang mampu beradaptasi terhadap perubahan topologi secara real-time. Penelitian ini menyajikan prototipe sistem rute dinamis berbasis Minimum Spanning Tree (MST) untuk koordinasi lima node bergerak yang dibangun dengan ESP32 dan modul Global Positioning System (GPS), dengan komputasi MST dijalankan secara terpusat pada cloud server yang diakses melalui tethering WiFi smartphone. Arsitektur yang dikembangkan mengimplementasikan algoritma Kruskal dengan optimasi Union-Find untuk membentuk graf berbobot dari jarak antarnode berbasis koordinat GPS, kemudian mengirimkan kembali instruksi rute berupa tetangga dan arah pergerakan ke setiap node. Pengujian dilakukan pada skenario statis dan gerak linier terkoordinasi yang merepresentasikan jarak antarkampus di wilayah Jakarta Selatan, dengan parameter utama berupa waktu komputasi MST, latensi rintang ke-n, dan



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI,
SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TERBUKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jalan Cabe Raya, Pondok Cabe, Pamulang, Tangerang Selatan 15437
Telepon: (021) 7490941 ext. 1801, Faksimile: (021) 7434691,
E-mail: fst@ecampus.ut.ac.id, Laman: www.fst.ut.ac.id

SURAT KETERANGAN PENERIMAAN ABSTRAK SEMINAR NASIONAL SAINS DAN TEKNOLOGI TAHUN 2025 SERI V

Nomor : 19 /SainTek Seri V/12/2025
Perihal : Surat Penerimaan Abstrak

Tangerang Selatan, 11 Desember 2025

Kepada : ELDAY RAYHANA

Terima kasih telah mengirimkan abstrak untuk Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNAS SAINTEK) Seri V Tahun 2025, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka. Kami informasikan bahwa abstrak Anda dengan:

Judul artikel : RUTE DINAMIS BERBASIS MINIMUM SPANNING TREE
UNTUK KOORDINASI NODE BERGERAK DI LINGKUNGAN
KAMPUS

ID artikel : 235
dinyatakan diterima untuk dipresentasikan pada SEMNAS SAINTEK Seri V.

Untuk melanjutkan proses registrasi, silakan melakukan pembayaran registrasi sebesar Rp. 50.000,- (bagi pemakalah mahasiswa) dan Rp. 150.000,- (bagi pemakalah umum/dosen) melalui transfer ke Bank Mandiri 164002028989 a.n. PTNBH UT.

Setelah melakukan pembayaran, mohon mengirimkan artikel lengkap sesuai template (*format word*), file presentasi (PPT/PDF), pernyataan kesediaan publikasi, dan bukti pembayaran registrasi, serta bergabung ke dalam WAG pemakalah melalui tautan berikut:

- Upload artikel lengkap, PPT, pernyataan kesediaan publikasi, dan bukti pembayaran registrasi paling lambat tanggal **16 Desember 2025**: <https://sl.ut.ac.id/SAINTEK5>
- WAG Pemakalah: <https://sl.ut.ac.id/WAG-Pemakalah-Sainstek5>
- Template *fullpaper*: https://sl.ut.ac.id/Template_FullPaper_Sainstek5
- Template format pernyataan kesediaan publikasi: <https://sl.ut.ac.id/Kesediaan-Publikasi>

Sebagai informasi tambahan, bagi pemakalah yang telah membayar biaya registrasi namun tidak hadir saat kegiatan, maka biaya registrasi tidak dapat dikembalikan. Untuk informasi lebih lanjut dapat menghubungi narahubung SEMNAS SAINTEK seri V melalui Rizky Lutfi S. (+62 857-3562-2154).

Atas perhatian dan kerja sama yang baik, kami ucapkan terima kasih.

Rayhana, E., Yamin, M. I., & Dinata, R. M. (2026). Rute dinamis berbasis minimum spanning tree untuk koordinasi node bergerak di lingkungan kampus. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Seri V Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka*, 3(1).
<https://conference.ut.ac.id/index.php/sainstek/article/view/8013>

Beberapa kali publikasi dilakukan bukan untuk menduplikasi hasil, melainkan untuk mengoptimalkan pemanfaatan satu testbed dan rangkaian data dengan mengelaborasi aspek yang berbeda: satu naskah menekankan desain sistem dan kinerja jaringan, naskah lain menggarap perspektif multi-agent, sementara yang lain menyoroti studi kasus koordinasi di lingkungan kampus dan implikasi praktis bagi sistem bergerak berbasis IoT. Pendekatan bertahap ini juga menjadi strategi pengembangan kapasitas riset, karena setiap siklus submit–review–revisi memberikan umpan balik metodologis dan penajaman argumen ilmiah yang kemudian memperkaya kualitas luaran keseluruhan.

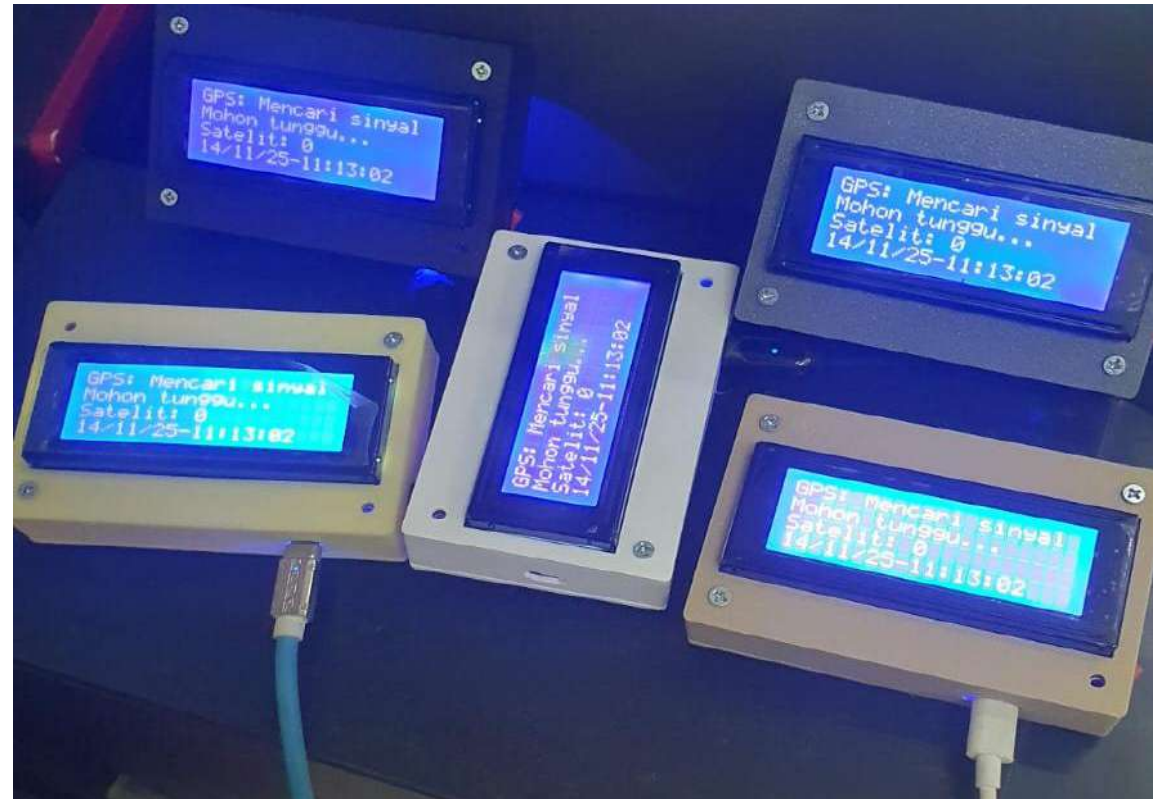
2. Prototipe sistem dan kode program lengkap

Jenis luaran: Prototipe sistem / produk teknologi (perangkat keras + perangkat lunak).

Identitas:

- Nama prototipe: Sistem rute dinamis berbasis Minimum Spanning Tree untuk koordinasi beberapa node bergerak menggunakan ESP32–GPS dan server cloud.

- Ruang lingkup:
 - Firmware ESP32 untuk pembacaan GPS, pembentukan pesan JSON, dan komunikasi WiFi melalui tethering smartphone.
 - Backend server berbasis Python untuk perhitungan jarak Haversine, pembentukan graf berbobot, eksekusi algoritma Kruskal, dan pengiriman instruksi rute (tetangga, jarak, bearing) ke setiap node secara real-time.



- Status ketercapaian: Selesai dan teruji, prototipe siap dikemas dan telah digunakan sebagai basis seluruh skenario eksperimen pada laporan kemajuan.
3. Pengajuan Kekayaan Intelektual (HAKI) , Program komputer / paten sederhana paket sistem
 Jenis luaran: Kekayaan intelektual; Hak Cipta program komputer dan/atau paten sederhana paket sistem.
 Identitas ciptaan:
- Judul: Sistem rute dinamis berbasis Minimum Spanning Tree untuk koordinasi beberapa node bergerak menggunakan ESP32–GPS dan server cloud.
 - Obyek:
 - Program/firmware ESP32 untuk akuisisi GPS, encoding JSON, komunikasi WiFi.
 - Backend server berbasis Python untuk komputasi Haversine, konstruksi graf berbobot, eksekusi algoritma Kruskal, dan pengiriman instruksi rute ke node.

- Integrasi fungsional menjadi satu paket sistem yang menampilkan daftar tetangga, jarak, dan bearing pada LCD tiap node secara real-time untuk mendukung koordinasi tim bergerak skala kecil.
- Status ketercapaian: Dalam proses penyusunan dan finalisasi dokumen pengajuan HAKI bersama LPPM (draft deskripsi ciptaan, gambar alur, dan berkas administrasi sudah disiapkan dan siap diajukan ke DJKI).
- Bukti yang diunggah di BIMA: Draft dokumen deskripsi ciptaan, rancangan form pengajuan HKI/Hak Cipta, serta surat pengantar/korespondensi awal dengan LPPM/DJKI (jika sudah ada).

Alamat HAKI:

Rayhana, E., Yamin, M. I., & Dinata, R. M. (2026, January 6). Sistem perangkat rute dinamis berbasis minimum spanning tree untuk koordinasi node bergerak dengan ESP32-GPS dan cloud server (Program komputer; Permohonan No. EC002026002176; Nomor Pencatatan 001073135). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum Republik Indonesia. (Terlampir)

Luaran Tambahan

1. Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SEMNAS SAINTEK) Seri V Tahun 2025, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka. Dengan dinyatakan diterima untuk dipresentasikan pada SEMNAS SAINTEK Seri V.

2. Alamat:

Rayhana, E., Yamin, M. I., & Dinata, R. M. (2026). Rute dinamis berbasis minimum spanning tree untuk koordinasi node bergerak di lingkungan kampus. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Seri V Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka, 3(1).

<https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/view/8013> (Terlampir)



3. Panduan praktis pemilihan algoritma bagi praktisi, Jenis luaran: Panduan teknis / modul praktis.

Identitas:

- Isi: Penjelasan ringkas pemilihan algoritma MST (Kruskal + Union-Find) untuk skala node kecil–menengah, pertimbangan kompleksitas, dan implikasinya terhadap latensi serta resource pada platform IoT (ESP32 + cloud).
- Sasaran: Praktisi dan pengembang sistem IoT yang membutuhkan referensi cepat dalam memilih pendekatan graf untuk routing/koordinasi node bergerak.
- Status ketercapaian: Draft panduan sudah tersedia dan terintegrasi dalam bagian diskusi dan kesimpulan artikel, mudah dipecah menjadi dokumen panduan terpisah atau bahan ajar.

4. Video demonstrasi sistem

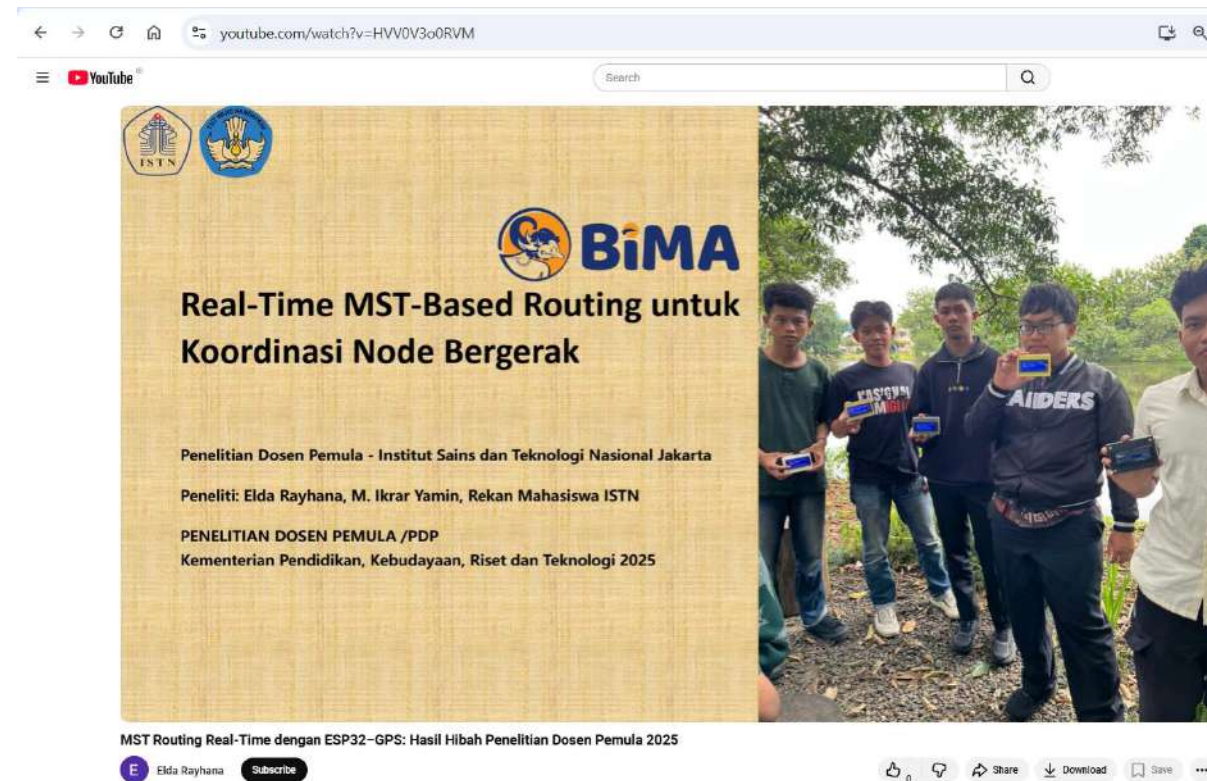
Jenis luaran: Dokumentasi video.

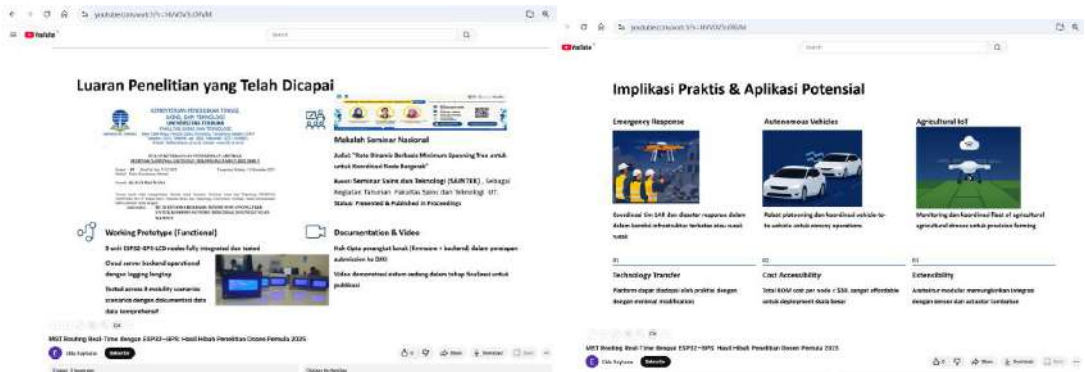
Identitas: Video singkat yang menampilkan cara kerja sistem: perangkat klien membaca posisi, mengirim data ke server, menerima rute, dan menampilkan instruksi rute di LCD saat node bergerak.

Status: Dalam/menjelang tahap finalisasi sesuai rencana luaran tambahan di proposal.

Bukti ketercapaian: Berkas video atau tautan ke repositori internal yang dapat diunggah sebagai bukti dokumentasi di BIMA.

<https://youtu.be/HVV0V3o0RVM>





Judul Vido: *MST Routing Real-Time dengan ESP32–GPS: Hasil Hibah Penelitian Dosen Pemula 2025*

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:
Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (Fundamental, Pascasarjana, PKDN, Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

F. **KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Beberapa hambatan muncul sepanjang pelaksanaan penelitian ini, baik pada sisi teknis maupun nonteknis, meskipun secara umum luaran utama masih dapat dicapai sesuai rencana.

Dari sisi teknis, tantangan pertama muncul pada kestabilan lingkungan uji. Pengujian di area kampus dengan memanfaatkan WiFi *mobile* dan modul *GPS* membuat sistem cukup sensitif terhadap kondisi lapangan: sinyal WiFi sesekali berfluktuasi, dan akurasi *GPS* menurun ketika cuaca kurang mendukung atau posisi node dekat bangunan tinggi. Kondisi

ini mengharuskan pengulangan beberapa sesi pengukuran agar data yang dipakai dalam analisis benar-benar bersih dan representatif, sehingga waktu pengambilan data menjadi lebih panjang dari perkiraan awal.

Kedua, integrasi antara *firmware* ESP32, format *JSON*, dan layanan *cloud server* sempat menimbulkan kendala sinkronisasi waktu dan konsistensi paket data. Pada beberapa percobaan awal, terdapat kasus pesan yang terlambat atau terduplikasi, sehingga perlu penyesuaian mekanisme *logging* dan penandaan waktu di sisi klien dan server. Proses pengetesan ulang dan penyempurnaan pipeline ini berdampak pada bergesernya sebagian jadwal, namun sekaligus memperkuat kualitas data yang akhirnya digunakan dalam analisis artikel dan makalah seminar.



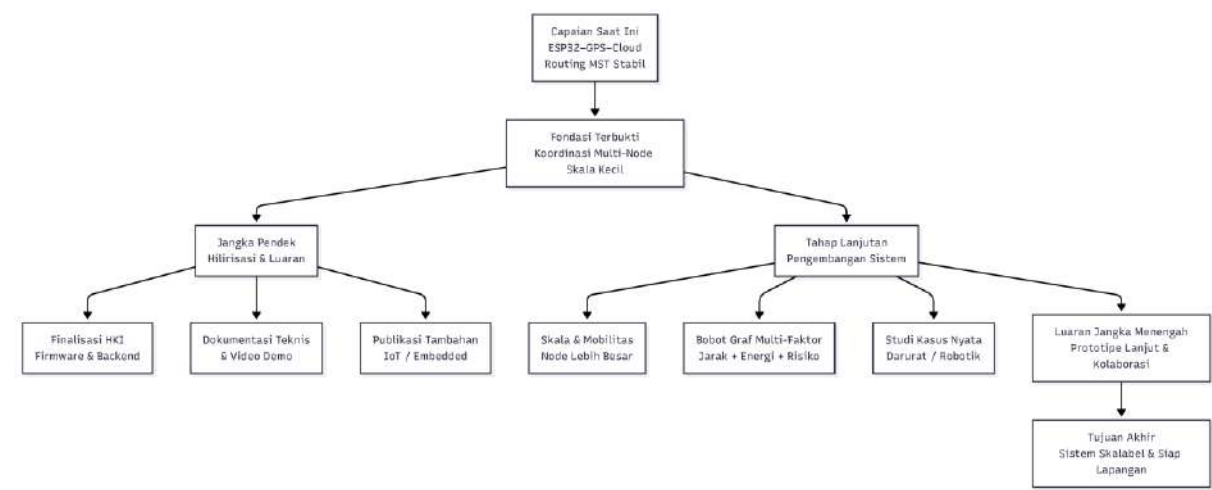
Dari sisi luaran, tidak semua komponen hilirisasi dapat diselesaikan secepat yang diharapkan. Penyusunan dokumentasi untuk pengajuan Hak Cipta perangkat lunak, misalnya, memerlukan waktu tambahan untuk merapikan kode, menulis deskripsi teknis yang sistematis, dan menyesuaikannya dengan format yang diminta lembaga terkait, sehingga pengajuan formalnya berpotensi bergeser ke periode sesudah laporan akhir penelitian. Demikian pula, penyusunan video demonstrasi yang benar-benar menggambarkan alur sistem dari sudut pandang pengguna membutuhkan beberapa kali pengambilan ulang agar visual dan narasinya selaras dengan hasil teknis yang dilaporkan di artikel.

Meskipun demikian, hambatan tersebut lebih banyak berdampak pada penjadwalan dan beban kerja, bukan pada substansi capaian. Prototipe sistem dapat diselesaikan dan diuji, artikel jurnal terbit di jurnal terakreditasi, dan naskah seminar nasional tersusun dengan mengacu pada data yang sudah tervalidasi, sehingga luaran utama yang dijanjikan tetap terpenuhi walaupun beberapa luaran tambahan masih memerlukan tahap penyempurnaan lanjutan.

G.RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Capaian penelitian sejauh ini menunjukkan bahwa arsitektur *ESP32–GPS–cloud* dengan rute berbasis *Minimum Spanning Tree* sudah terbukti layak dan stabil untuk koordinasi beberapa node bergerak dalam skala kecil. Dengan fondasi tersebut, penelitian dapat dilanjutkan menuju arah yang lebih kaya skenario, lebih luas skala, dan lebih dekat ke konteks pemanfaatan nyata, sambil menuntaskan luaran tambahan yang belum sepenuhnya terealisasi.

Dalam jangka pendek, fokus penelitian selanjutnya adalah menyempurnakan hilirisasi dari sistem yang sudah ada. Draft perlindungan Hak Cipta perangkat lunak akan diselesaikan dan diajukan secara formal, mencakup modul *firmware* ESP32 dan *backend* server yang mengimplementasikan pipeline Haversine + MST Kruskal, disertai dokumentasi teknis yang rapi. Di sisi lain, dokumentasi video demonstrasi akan diperkaya dengan skenario lapangan yang lebih representatif sehingga dapat digunakan sebagai bahan ajar, materi sosialisasi, maupun lampiran pendukung saat pengajuan proposal lanjutan. Pada periode yang sama, publikasi tambahan (misalnya ke prosiding seminar internasional atau jurnal yang fokus pada IoT atau sistem tertanam) dapat disiapkan dengan menekankan aspek berbeda, seperti analisis skalabilitas atau pemetaan komponen *latency* secara lebih rinci.



Gambar Flowchart Roadmap Pengembangan Penelitian

Flowchart Roadmap menggambarkan alur berkelanjutan penelitian dari capaian saat ini hingga rencana pengembangan ke depan. Penelitian telah berhasil membuktikan bahwa arsitektur ESP32–GPS–cloud dengan routing berbasis Minimum Spanning Tree stabil dan layak untuk koordinasi beberapa node bergerak dalam skala kecil. Capaian ini menjadi fondasi utama untuk tahap berikutnya. Pada jangka pendek, fokus diarahkan pada hilirisasi hasil, meliputi penyelesaian perlindungan HKI perangkat lunak, penyusunan dokumentasi teknis dan video demonstrasi, serta persiapan publikasi lanjutan dengan sudut pandang berbeda. Selanjutnya, penelitian dikembangkan melalui tiga jalur utama, yaitu peningkatan skala dan kompleksitas jaringan, pengayaan informasi dan bobot graf multi-faktor, serta penerapan pada studi kasus yang lebih mendekati kondisi nyata. Secara keseluruhan, roadmap ini menunjukkan transisi yang jelas dari pembuktian konsep menuju sistem yang lebih skalabel, kaya fitur, dan siap diuji di lingkungan lapangan, sekaligus menghasilkan luaran akademik dan praktis yang berkelanjutan.

Untuk tahap penelitian berikutnya (kedua), roadmap pengembangan sistem dapat diarahkan ke tiga jalur utama. Pertama, dari sisi teknis jaringan, sistem akan diperluas untuk menangani jumlah node yang lebih besar dan kondisi mobilitas yang lebih kompleks, misalnya dengan menambah skenario multi-tim, pola gerak non-linier, atau integrasi beberapa *gateway* agar tidak hanya bergantung pada satu *cloud server*. Hal ini membuka peluang pengkajian struktur *MST* hierarkis, teknik prediksi perubahan topologi, atau kombinasi dengan pendekatan *clustering* dan *energy-aware routing* yang banyak dibahas dalam literatur *wireless sensor networks* dan *IoT*. Kedua, dari sisi informasi yang dibawa, sistem dapat diperkaya dengan sensor tambahan (misalnya beban muatan atau kondisi lingkungan) sehingga bobot graf tidak hanya mencerminkan jarak, tetapi juga faktor risiko, energi, atau prioritas tugas, sejalan dengan tren penelitian *multi-objective optimization* pada jaringan cerdas.

Ketiga, dari sisi pemanfaatan, roadmap jangka menengah dapat diarahkan ke studi kasus yang lebih dekat dengan mitra potensial, seperti simulasi skenario tanggap darurat skala kecil atau uji coba koordinasi kendaraan/robot sederhana di lingkungan terkendali. Tahap ini dapat membuka kesempatan kerja sama baru, sekaligus memperkaya portofolio luaran: prototipe generasi dua, paket pelatihan, atau modul praktikum yang memadukan komputasi graf, IoT, dan rekayasa sistem. Secara keseluruhan, strategi ini menjaga kontinuitas antara capaian saat ini dan rencana pengembangan ke depan: dari pembuktian konsep dan publikasi awal, bergerak menuju sistem yang lebih skalabel, lebih kaya fitur, dan lebih siap diuji di konteks lapangan yang mendekati penggunaan sebenarnya.

H.DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, “Wireless sensor networks: A survey,” *Computer Networks*, vol. 38, no. 4, pp. 393–422, 2002, doi: 10.1016/S1389-1286(01)00302-4.
- [2] M. Asif, S. Khan, R. Ahmad, M. Sohail, and D. Singh, “Quality of service of routing protocols in wireless sensor networks: A review,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 1913–1933, 2017, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2654527.
- [3] S. Das and S. Roy, “Distributed algorithms for minimum spanning tree in wireless sensor networks,” *Wireless Networks*, vol. 18, no. 4, pp. 405–419, 2012, doi: 10.1007/s11276-011-0394-2.

- [4] H. Hu, Y. Han, Y. Yao, and L. Wang, “Trust-based secure and energy efficient routing protocol for wireless sensor networks,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 84132–84141, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3087697.
- [5] A. Kumar, M. Zhao, K.-J. Wong, Y. L. Guan, and P. H. J. Chong, “A comprehensive study of IoT and WSN MAC protocols: Research issues, challenges and opportunities,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 94183–94203, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2995357.
- [6] X. Li and F. Canovas, “Kinetic spanning trees for minimum-power routing in MANETs,” in *Proc. IEEE Conf.*, 2001, Art. no. 1002849.
- [7] D. Lin, P. Kumar, and Y. Zhang, “CMSTR: A constrained minimum spanning tree based routing protocol for wireless sensor networks,” *Computer Communications*, vol. 204, pp. 89–101, 2023, doi: 10.1016/j.comcom.2023.03.015.
- [8] I. López, C. Yáñez, and O. Camacho, “BDD-based algorithm for the minimum spanning tree in wireless ad-hoc network routing,” *Wireless Networks*, vol. 19, no. 6, pp. 1293–1305, 2013, doi: 10.1007/s11276-012-0529-1.
- [9] N. A. Pantazis, S. A. Nikolidakis, and D. D. Vergados, “Energy-efficient routing protocols in wireless sensor networks: A survey,” *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 15, no. 2, pp. 551–591, 2013, doi: 10.1109/SURV.2012.062612.00084.
- [10] P. S. Ragavan and K. Ramasamy, “Optimized routing in wireless sensor networks by establishing dynamic topologies based on genetic algorithm,” *Cluster Computing*, vol. 22, suppl. 5, pp. 12119–12125, 2019, doi: 10.1007/s10586-017-1565-1.
- [11] E. M. Royer and C.-K. Toh, “A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks,” *IEEE Personal Communications*, vol. 6, no. 2, pp. 46–55, 1999, doi: 10.1109/98.760423.
- [12] I. Stojmenovic, A. P. Ruhil, and D. K. Lobiyal, “Localized minimum spanning tree-based multicast routing with energy-efficient guaranteed delivery in ad hoc and sensor networks,” in *Proc. IEEE Int. Parallel and Distributed Processing Symp. (IPDPS)*, 2008, Art. no. 4594821, doi: 10.1109/IPDPS.2008.4536482.
- [13] X. Wang, M. Huang, and Y. Chen, “Minimum spanning tree-based multicast routing protocol for dynamic spectrum access networks: A multi-layer probabilistic approach,” in *Proc. IEEE 27th Annu. Int. Symp. Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 2016, pp. 1–6, doi: 10.1109/PIMRC.2016.7549462.

C. Laporan /Rekap Alokasi Dana Penelitian:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Laporan Keuangan										
2	No	Kelompok	Komponen	Item	Harga Satuan (Rp)	Volume	Total (Rp)	Satuan	Terpakai	Sisa	Penerima
3	1	Bahan	ATK	Seminar Kit	100,000.00	20.00	2,000,000.00	Paket	2,000,000.00	0.00	
4		Bahan	ATK	Tinta Printer	35,000.00	4.00	140,000.00	Paket	140,000.00	0.00	
5		Bahan	ATK	Catridge	400,000.00	2.00	800,000.00	Paket	800,000.00	0.00	
6		Bahan	ATK	Pena (box)	25,000.00	2.00	50,000.00	Paket	50,000.00	0.00	
7		Bahan	ATK	Kertas HVS	50,000.00	5.00	250,000.00	Paket	250,000.00	0.00	
8		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Router penghubung jaringan	500,000.00	1.00	500,000.00	Unit	500,000.00	0.00	
9		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Repeater untuk Penguat Sinyal	280,000.00	4.00	1,120,000.00	Unit	1,120,000.00	0.00	
10		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Sparepart Pendukung: Power Supply	300,000.00	5.00	1,500,000.00	Unit	1,500,000.00	0.00	
11		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Display Simulasi LCD 16x2, ESP32 Wrangler	80,000.00	5.00	400,000.00	Unit	400,000.00	0.00	
12		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Modul GPS, Bagian Sistem Modular	300,000.00	5.00	1,500,000.00	Unit	1,500,000.00	0.00	
13		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	ESP32 Wrangler (Support Wifi/IOT)	140,000.00	5.00	700,000.00	Unit	700,000.00	0.00	
14		Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	Cetak Proposal	100,000.00	5.00	500,000.00	Unit	500,000.00	0.00	
15	2	Pengumpulan data	HR Pembantu Lapangan	Honor untuk mahasiswa praktikal	200,000.00	21.00	4,200,000.00	OJ	4,200,000.00	0.00	Mahasiswa
38		Pengumpulan data	Konsumsi Rapat	Biaya rapat dan konsumsi	280,000.00	10.00	1,600,000.00	OH	2,800,000.00	0.00	Semua
50	3	Analisa Data	Honor narasumber	Narasumber ahli	250,000.00	4.00	1,000,000.00	OJ	1,000,000.00	0.00	External
56		Analisa Data	Transport Lokal	Transport Narasumber	500,000.00	4.00	2,000,000.00	OJ	2,000,000.00	0.00	External
62	4	Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	Laptop dan Hosting web							
65	5	Pelaporan Hasil Penelitian dan Luaran Wajib	Pendaftaran Artikel, HKI	Biaya Publikasi Artikel Ilmiah , HKI, Seminar Nasional	3,500,000.00	1.00	3,500,000.00	Paket	3,500,000.00		
66	6	Lain lain	Dokumentasi	Penyusunan laporan oleh tim peneliti, pencetakan dan	1,000,000.00	1.00	1,000,000.00	Paket	1,000,000.00		
67											
68									32,060,000.00		
69											
70											

Laporan Nota/Pembukuan Detail:

<https://drive.google.com/drive/folders/1N55Klfa5mozTDH9Sc8AKJFKwDfTCoJ2Q?usp=sharing>



D. Lampiran Haki/Surat Pencatatan Ciptaan:



REPUBLIC INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC002026002176, 6 Januari 2026

Pencipta

Nama : Elda Rayhana, Muhammad Ikrar Yamin dkk

Alamat : Jl. Gandaria III/16 ATSIRI PERMAI RT/RW. 013/012, Bojong Gede, Kab. Bogor, Jawa Barat, 16230

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : Elda Rayhana, Muhammad Ikrar Yamin dkk

Alamat : Jl. Gandaria III/16 ATSIRI PERMAI RT/RW. 013/012, Bojong Gede, Kab. Bogor, Jawa Barat, 16230

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : Program Komputer

Judul Ciptaan : Sistem Perangkat Rute Dinamis Berbasis Minimum Spanning Tree untuk Koordinasi Node Bergerak dengan ESP32-GPS dan Cloud Server

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 20 November 2024, di Kota Tangerang Selatan

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor Pencatatan : 001073135

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Agung Damarsasongko,SH.,MH.
NIP. 196912261994031001

LAMPIRAN PENCIPTA

No	Nama	Alamat
1	Elda Rayhana	Jl. Gandaria III/16 ATSIRI PERMAI RT/RW. 013/012 Bojong Gede, Kab. Bogor
2	Muhammad Ikrar Yamin	JL. Hidayah I No. 57 RT/RW. 001/002 Pondokgede, Kota Bekasi
3	Riadi Marta Dinata	KP. Sawah RT/RW. 001/001 Jagakarsa, Kota Adm. Jakarta Selatan

LAMPIRAN PEMEGANG

No	Nama	Alamat
1	Elda Rayhana	Jl. Gandaria III/16 ATSIRI PERMAI RT/RW. 013/012 Bojong Gede, Kab. Bogor
2	Muhammad Ikrar Yamin	JL. Hidayah I No. 57 RT/RW. 001/002 Pondokgede, Kota Bekasi
3	Riadi Marta Dinata	KP. Sawah RT/RW. 001/001 Jagakarsa, Kota Adm. Jakarta Selatan

