

SKRIPSI
EVALUASI KINERJA MODEL COST-231, *ERICSSON*, *RANDOM FOREST*
DAN MODEL *HYBRID* UNTUK PREDIKSI *PATH LOSS* DI
LINGKUNGAN URBAN



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar serjana program
strata-1 pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Palembang
22 Agustus 2026

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
RAHMAT JANUARSYAH
132022043

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026

SKRIPSI
EVALUASI KINERJA MODEL COST-231, ERICSSON, RANDOM FOREST DAN
MODEL HYBRID UNTUK PREDIKSI PATH LOSS DI LINGKUNGAN URBAN



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
22 agustus 2026

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
Rahmat Januarsyah

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

Penguji 1

Rika Noverianty, S.T, M.T
NIDN. 0214117504

Pembimbing 2

Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T.,
NIDN. 0205118504

Penguji 2

Fadilah, S.T, M.T
NIDN. 0215089003

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik



Dr. A. Junardi, M.T
NIDN. 0202026502

Menyetujui
Kepala Program Studi Teknik Elektro



Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs
NIDN. 0207038101

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun merupakan karya ilmiah yang belum pernah digunakan atau diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan pada Perguruan Tinggi mana pun. Sepanjang pengetahuan saya, skripsi ini juga tidak memuat karya maupun pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan oleh pihak lain, kecuali sumber-sumber yang telah dicantumkan secara jelas dalam naskah dan tercatat dalam daftar pustaka

Palembang, 22 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan



Rahmat Januarsyah

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Perjalanan ini mengajarkan bahwa keberhasilan bukan tentang siapa yang paling cepat sampai, melainkan siapa yang tetap bertahan ketika ingin menyerah. Terima kasih kepada diri sendiri karena telah memilih untuk terus melangkah.”

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur, cinta, dan kerendahan hati, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT Yang selalu menjadi tempat saya memohon kekuatan dan pertolongan. Terima kasih atas segala nikmat, kesehatan, kesabaran, kemudahan, serta jalan keluar yang diberikan di setiap kesulitan. Ketika saya merasa tidak mampu, Engkau selalu memberikan kekuatan. Ketika saya merasa ingin menyerah, Engkau menghadirkan alasan untuk kembali melangkah. Tanpa izin, kehendak, dan pertolongan-Mu, saya tidak akan mampu menyelesaikan perjalanan ini.
2. Kepada Ayah tercinta Hajarul Aswad, Lelaki yang mungkin tidak banyak mengungkapkan rasa sayang dengan kata-kata, tetapi selalu menunjukkannya melalui perjuangan dan pengorbanan. Lelaki yang diam-diam menyimpan banyak lelah, namun tetap memilih untuk kuat demi keluarganya. Terima kasih, Yah, untuk setiap keringat yang jatuh demi memenuhi kebutuhan dan pendidikan saya. Terima kasih untuk setiap pengorbanan yang mungkin tidak pernah saya sadari, untuk setiap nasihat yang terkadang baru saya pahami setelah melewati perjalanan hidup, dan untuk setiap doa yang selalu menyertai langkah saya. Ayah mungkin tidak selalu mengatakan bahwa Ayah bangga kepada saya, tetapi saya tahu bahwa di balik diamnya Ayah ada harapan besar agar saya dapat menjadi seseorang yang berhasil dan memiliki kehidupan yang lebih baik. Dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini, saya semakin menyadari bahwa pencapaian ini bukan hanya hasil dari usaha saya sendiri. Ada tangan Ayah yang selalu berusaha menyediakan apa yang saya butuhkan. Ada perjuangan Ayah

yang menjadi bagian dari setiap langkah saya. Ada pengorbanan yang mungkin tidak pernah saya lihat, tetapi akan selalu saya kenang. Yah, saya tahu bahwa sampai kapan pun saya tidak akan mampu membalas semua yang telah Ayah berikan. Gelar yang saya dapatkan nanti mungkin hanya sebuah pencapaian kecil dibandingkan dengan besarnya perjuangan Ayah untuk saya. Namun, saya berharap pencapaian ini dapat menjadi salah satu alasan Ayah tersenyum dan merasa bangga bahwa anak yang selama ini Ayah perjuangkan akhirnya mampu menyelesaikan pendidikannya.

3. Kepada Ibu tercinta Tuti Ismaria, Perempuan yang mungkin tidak selalu mengatakan betapa lelahnya, tetapi selalu berusaha terlihat kuat demi anaknya. Perempuan yang doanya mungkin tidak pernah saya dengar, tetapi saya percaya selalu menyertai setiap langkah saya. Terima kasih, Bu, untuk setiap doa yang Ibu panjatkan dalam diam. Terima kasih untuk setiap pengorbanan yang mungkin tidak pernah saya lihat, untuk setiap kekhawatiran yang Ibu sembunyikan, dan untuk setiap dukungan yang selalu diberikan ketika saya mulai merasa lelah dan ingin menyerah. Dalam perjalanan menyelesaikan pendidikan ini, saya menyadari bahwa tidak semua perjuangan harus dilakukan seorang diri. Ada doa seorang ibu yang menjadi kekuatan ketika langkah terasa berat. Ada kasih sayang seorang ibu yang menjadi tempat untuk kembali ketika dunia terasa melelahkan. Bu, mungkin saya belum mampu membalas semua kebaikan dan pengorbanan yang telah Ibu berikan. Bahkan sampai kapan pun, mungkin tidak akan pernah cukup untuk membalasnya. Namun, skripsi ini adalah salah satu bukti bahwa setiap doa dan perjuangan Ibu tidak pernah sia-sia. Jika suatu hari nanti saya berhasil mencapai sesuatu yang lebih besar, saya ingin Ibu menjadi salah satu orang pertama yang saya bahagiakan. Karena di balik setiap pencapaian saya, selalu ada nama Ibu, ada doa Ibu, dan ada cinta Ibu yang menjadi bagian dari perjalanan saya. “Bu, jika hari ini saya berhasil sampai di titik ini, percayalah, ada doa Ibu yang ikut membawa saya sampai ke sini.”
4. Keluarga Tercinta, Terima kasih atas setiap doa, perhatian, dukungan, dan semangat yang telah diberikan selama saya menjalani pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi tempat untuk berbagi

cerita, tempat untuk mendapatkan kekuatan, dan tempat untuk kembali ketika perjalanan terasa melelahkan. Kehadiran keluarga menjadi pengingat bahwa saya tidak pernah benar-benar berjalan sendirian. Setiap dukungan yang diberikan, sekecil apa pun, memiliki arti yang besar bagi saya dan menjadi bagian dari kekuatan yang membawa saya sampai pada tahap ini.

5. Bapak Dr. Feby Ardianto S.T., M.Cs selaku pembimbing I Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T. selaku Pembimbing II, Terima kasih atas waktu, kesabaran, arahan, masukan, dan ilmu yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah membimbing saya dengan penuh perhatian dan membantu saya memperbaiki setiap kekurangan dalam penelitian ini. Setiap kritik dan saran yang diberikan menjadi pelajaran berharga bagi saya. Bimbingan Bapak tidak hanya membantu saya menyelesaikan skripsi, tetapi juga mengajarkan saya untuk lebih bertanggung jawab terhadap proses dan hasil dari setiap pekerjaan yang saya lakukan
6. Anitra Arumsyah, Terima kasih telah hadir sebagai seseorang yang selalu memberikan semangat, perhatian, dukungan, dan ketenangan di tengah panjangnya perjalanan penyelesaian skripsi ini. Terima kasih telah menjadi tempat saya berbagi cerita, keluh kesah, rasa lelah, dan berbagai kekhawatiran yang terkadang sulit untuk saya ungkapkan kepada orang lain. Di saat saya merasa ragu terhadap diri sendiri, kehadiranmu mampu mengingatkan saya untuk tetap percaya dan melanjutkan langkah. Di saat proses ini terasa berat, dukunganmu menjadi salah satu alasan saya untuk tetap bertahan. Terima kasih karena telah mendengarkan tanpa menghakimi, menemani tanpa banyak menuntut, dan memberikan semangat ketika saya hampir kehilangan keyakinan. Mungkin namamu tidak tertulis di setiap halaman skripsi ini, tetapi kebaikan, perhatian, dan dukunganmu memiliki tempat yang sangat berarti dalam perjalanan saya. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjuangan ini dan menjadi salah satu bagian terindah dalam cerita hidup saya.
7. Grub Nerako, Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, cerita, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan selama perjalanan perkuliahan. Terima kasih telah hadir di tengah hari-hari yang penuh tugas, tekanan, kebingungan, dan

kelelahan. Bersama kalian, masa-masa sulit terasa lebih ringan dan hari-hari yang melelahkan menjadi lebih berwarna. Setiap candaan, percakapan, dan kebersamaan yang pernah dilalui akan menjadi kenangan yang tidak mudah dilupakan. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan yang penuh cerita ini.

8. Sahabat Perjuangan Selama Skripsi, Renaldi dan Abdi Marlizen, Terima kasih telah menjadi teman seperjuangan dalam melewati berbagai proses selama penyusunan skripsi. Terima kasih telah menemani masa-masa penuh kebingungan, revisi, tekanan, dan rasa lelah yang terkadang membuat kita ingin menyerah. Terima kasih untuk setiap diskusi, bantuan, dukungan, semangat, dan kebersamaan yang telah diberikan. Perjuangan ini mungkin tidak selalu mudah, tetapi kehadiran kalian membuat saya merasa bahwa saya tidak berjalan sendirian. Semoga segala lelah, usaha, dan perjuangan yang telah kita lalui dapat menjadi kenangan yang membanggakan dan menjadi awal dari kesuksesan kita masing-masing.
9. Terima kasih kepada diri saya sendiri karena telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tetap memilih untuk melanjutkan meskipun lelah, tetap mencoba meskipun berkali-kali mengalami kesulitan, dan tetap bangkit meskipun pernah merasa gagal dan kehilangan arah. Terima kasih karena tidak menyerah pada hari-hari ketika semuanya terasa berat. Terima kasih karena tetap datang, tetap berusaha, tetap memperbaiki diri, dan tetap percaya bahwa setiap proses akan menemukan akhirnya. Tidak semua orang mengetahui seberapa panjang dan berat perjalanan yang telah dilalui, tetapi diri ini tahu betapa banyak hal yang telah dikorbankan untuk sampai pada titik ini. Skripsi ini bukan hanya tentang hasil akhir, tetapi juga tentang keberanian untuk bertahan, kesabaran untuk menjalani proses, dan kekuatan untuk terus melangkah meskipun perlahan. Saya bangga karena telah mampu melewati semuanya. Semoga setelah ini, saya dapat terus tumbuh, menjadi lebih kuat, dan tidak pernah melupakan perjuangan yang telah membawa saya sampai di sini.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“EVALUASI KINERJA MODEL COST-231, *ERICSSON*, *RANDOM FOREST* DAN MODEL *HYBRID* UNTUK PREDIKSI *PATH LOSS* DI LINGKUNGAN URBAN”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan, arahan, dukungan, serta bantuan selama proses penyusunan skripsi ini, khususnya kepada:

- Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs., selaku Pembimbing I.
- Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T., selaku Pembimbing II.

Selain itu, penulis juga menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Bapak Ir. A. Junaidi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Bapak Dr. Feby Ardianto, S.T., M.Cs., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Bapak Muhammad Hurairah, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
5. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, serta bimbingan selama masa perkuliahan.

6. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memberikan bantuan dalam berbagai keperluan administrasi selama proses perkuliahan hingga penyusunan skripsi.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan kebersamaan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Atas segala bantuan, dukungan, serta kontribusi yang telah diberikan kepada penulis, baik dalam bentuk moril maupun material, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga setiap kebaikan dan bantuan yang diberikan kepada penulis memperoleh balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih memiliki berbagai kekurangan dan belum dapat dikatakan sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan terbuka menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca sebagai bahan perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, khususnya bagi penulis, serta bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 22 Agustus 2026

Penulis,

Rahmat januarsyah

ABSTRAK

Perkembangan jaringan komunikasi seluler di lingkungan perkotaan menghadapi tantangan dalam memprediksi *path loss* secara akurat karena kompleksitas kondisi propagasi, seperti kepadatan bangunan, variasi ketinggian objek, dan perubahan jarak propagasi. Model empiris COST-231 dan *Ericsson* memiliki keterbatasan dalam merepresentasikan karakteristik lingkungan tertentu, sedangkan pendekatan *machine learning* seperti *Random Forest* memiliki kemampuan dalam mempelajari hubungan nonlinier berdasarkan data pengukuran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan Model *Hybrid* dalam memprediksi *path loss* pada lingkungan *urban* Kota Palembang serta menentukan model dengan kinerja terbaik. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif dengan data primer hasil pengukuran lapangan menggunakan metode drive test. Dataset yang digunakan berjumlah 13.327 sampel dengan parameter jarak BTS–UE, frekuensi, tinggi antena BTS, tinggi antena UE, dan *Measured path loss*. Dataset dibagi menjadi 70% data pelatihan dan 30% data pengujian. Analisis dilakukan menggunakan model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest* dengan 300 decision tree, serta Model *Hybrid* yang mengombinasikan ketiga model tersebut. Kinerja model dievaluasi menggunakan *Path loss* Root Mean Square Error Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), *Path loss* Root Mean Square Error (RMSE), dan koefisien determinasi (R^2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Model *Hybrid* memberikan kinerja terbaik dengan MAE sebesar 3,3751 dB, MSE sebesar 20,1164 dB², RMSE sebesar 4,4851 dB, dan R^2 sebesar 0,8980. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Model *Hybrid* mampu menghasilkan prediksi *path loss* yang paling mendekati data pengukuran dan menjadi pendekatan yang paling sesuai pada dataset lingkungan *urban* Kota Palembang yang digunakan dalam penelitian ini.

Kata kunci: *path loss*, COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, Model *Hybrid*, lingkungan urban.

ABSTRACT

The development of cellular communication networks in urban environments presents challenges in accurately predicting path loss due to the complexity of propagation conditions, such as building density, variations in object heights, and changes in propagation distance. Empirical models such as COST-231 and Ericsson have limitations in representing the characteristics of specific environments, while machine learning approaches such as Random Forest are capable of learning nonlinear relationships from measurement data. This study aims to analyze and evaluate the performance of COST-231, Ericsson, Random Forest, and a Hybrid Model for path loss prediction in the urban environment of Palembang City and to determine the best-performing model. This research employs a quantitative comparative approach using primary data collected through field measurements using the drive test method. The dataset consists of 13,327 samples with parameters including BTS–UE distance, frequency, BTS antenna height, UE antenna height, and Measured path loss. The dataset was divided into 70% training data and 30% testing data. The analysis was conducted using the COST-231 and Ericsson models, Random Forest with 300 decision trees, and a Hybrid Model combining the three approaches. Model performance was evaluated using Path lossRoot Mean Square Error Mean Absolute Error (MAE), Mean Squared Error (MSE), Path lossRoot Mean Square Error (RMSE), and the coefficient of determination (R^2). The results show that the Hybrid Model achieved the best performance, with an MAE of 3.3751 dB, MSE of 20.1164 dB², RMSE of 4.4851 dB, and R^2 of 0.8980. These results indicate that the Hybrid Model produces path loss predictions closest to the measurement data and represents the most suitable approach for the urban dataset of Palembang City used in this study.

Keywords: *path loss, COST-231, Ericsson, Random Forest, Hybrid Model, urban environment.*

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Sistem Komunikasi Nirkabel di Lingkungan Perkotaan	7
2.2 Konsep dan Karakteristik <i>Path loss</i>	8
2.3 Mekanisme Propagasi Gelombang Sinyal Seluler di Lingkungan Perkotaan	9
2.4 Model COST-231	10
2.5 Model <i>Ericsson</i>	12
2.6 <i>Random Forest</i>	14
2.7 Model <i>Hybrid</i>	15
2.8 Evaluasi Kinerja Model Prediksi	17
2.8.1 Evaluasi Menggunakan <i>Path loss</i> Root Mean Square Error Mean Absolute Error (MAE)	18
2.8.2 Evaluasi Menggunakan Mean Squared Error (MSE).....	19
2.8.3 Evaluasi Menggunakan <i>Path loss</i> Root Mean Square Error (RMSE)..	19
2.8.4 Evaluasi Menggunakan Coefficient of Determination (R^2)	20

2.9 Penelitian Terdahulu.....	21
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian	25
3.2 Teknik Pengumpulan Data	26
3.2.1 Pembagian Dataset	29
3.2.2 Pembangunan Model <i>Random Forest</i>	29
3.3 Jenis dan Variabel Penelitian.....	31
3.4 Parameter Penelitian.....	32
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	33
BAB 4 DATA,PERHITUNGAN, DAN HASIL ANALISA	37
4.1 Data Hasil Pengukuran.....	37
4.1.1 Visualisasi Dataset	38
4.2 Perhitungan COST-231	39
4.2.1 Perhitungan <i>Ericsson</i>	40
4.2.2 Perhitungan Randon Forest	42
4.2.3 Perhitungan Model <i>Hybrid</i>	43
4.3 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model COST-231.....	45
4.3.1 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model <i>Ericsson</i>	46
4.3.2 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model <i>Random Forest</i>	47
4.3.3 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model <i>Hybrid</i>	48
4.4 Hasil Analisa	49
4.4.1 Analisa Model COST-231	50
4.4.2 Analisa Model <i>Ericsson</i>	50
4.4.3 Analisa Model <i>Random Forest</i>	50
4.4.4 Analisa Model <i>Hybrid</i>	51
4.4.5 Pembahasan Akhir.....	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Random Forest</i>	14
Gambar 4.1 Peta Lokasi Kota Palembang.....	25
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Visualisasi hubungan setiap parameter terhadap nilai <i>Measured Path loss</i>	38
Gambar 4.2. Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model COST-231..	45
Gambar 4.3. Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi <i>Ericsson</i>	46
Gambar 4.4 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi <i>Random Forest</i>	47
Gambar 4.5 Perbandingan <i>Measured Path loss</i> dan Prediksi Model <i>Hybrid</i>	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 3.1 Pembagian Dataset Penelitian	29
Tabel 3.2 Parameter <i>Random Forest</i>	30
Tabel 4.1 Data hasil pengukuran	37
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Model COST-231	40
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Model Ericcson	42
Tabel 4.4 Hasil Prediksi <i>Random Forest</i>	43
Tabel 4.5 Bobot Masing-masing Model	44
Tabel 4.6 Data Sampel Perhitungan Model <i>Hybrid</i>	45
Tabel 4.7 hasil prediksi <i>hybrid</i>	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan sistem komunikasi nirkabel di wilayah perkotaan terus mengalami peningkatan yang pesat seiring dengan kebutuhan layanan data yang tinggi, konektivitas yang stabil, serta cakupan jaringan yang luas (Tiamiyu et al., 2024). Sebagai salah satu pusat perkotaan utama di Indonesia, Kota Palembang memiliki kondisi lingkungan *urban* yang cukup kompleks, seperti kepadatan bangunan, variasi ketinggian gedung, serta mobilitas pengguna yang tinggi, kondisi ini menjadikan *propagasi* sinyal seluler tidak ideal dan rentan terhadap pelemahan daya sinyal (*path loss*), sehingga diperlukan pendekatan yang lebih akurat dalam memodelkan dan memprediksi karakteristik propagasi di lingkungan tersebut (Sukemi et al., 2023).

Path loss merupakan parameter penting dalam perencanaan dan optimasi jaringan seluler karena berpengaruh langsung terhadap kualitas layanan yang diterima pengguna, model empiris seperti COST-231 dan *Ericsson* telah banyak digunakan untuk memprediksi *path loss* di lingkungan urban, model-model tersebut memiliki keterbatasan karena menggunakan parameter tetap yang tidak selalu mampu merepresentasikan kondisi lingkungan spesifik suatu wilayah, termasuk Kota Palembang, akibatnya hasil prediksi seringkali kurang akurat jika diterapkan tanpa penyesuaian terhadap kondisi lokal (Alfaresi et al., 2020)

Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi, pendekatan berbasis *machine learning* seperti *Random Forest* mulai banyak diterapkan untuk meningkatkan akurasi prediksi *path loss* karena mampu mempelajari hubungan nonlinier dari data propagasi. Selain itu, Pengembangan pendekatan *hybrid* dilakukan dengan memadukan model empiris dan *machine learning* guna mengoptimalkan kelebihan yang dimiliki oleh masing-masing metode. Meskipun demikian, belum diketahui secara pasti model mana yang memberikan kinerja terbaik ketika diterapkan pada lingkungan perkotaan dengan karakteristik tertentu (Zhang et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan model *hybrid* menggunakan data

pengukuran lapangan sehingga dapat diketahui tingkat akurasi masing-masing model dalam memprediksi *path loss*

Penelitian yang dilakukan oleh (Sukemi et al., 2023) mengkaji penggunaan algoritma *Random Forest* dalam memprediksi *path loss* pada jaringan 4G di wilayah Kota Palembang dengan memanfaatkan data hasil *drive test* di sepanjang jalur Trans Musi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *Random Forest* mampu menghasilkan tingkat akurasi yang cukup tinggi dengan nilai error awal sebesar MAPE 9,24% dan RMSE 13,6 dB, kemudian meningkat setelah dilakukan optimasi melalui *hyperparameter tuning* menjadi MAPE 8,00% dan RMSE 11,8 dB. Peningkatan ini menunjukkan bahwa proses tuning parameter berpengaruh signifikan dalam memperbaiki performa model, sehingga mampu menghasilkan prediksi yang lebih mendekati kondisi aktual di lapangan. Kemampuan *Random Forest* dalam merepresentasikan kompleksitas kondisi propagasi sinyal menjadikannya salah satu pendekatan yang efektif untuk melakukan prediksi *path loss* pada lingkungan perkotaan, dengan tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional.

Dalam kajian yang dilakukan oleh (Nguyen et al., 2023) mengkaji prediksi *path loss* pada frekuensi 7 GHz di lingkungan perkotaan menggunakan pendekatan *deep learning* untuk meningkatkan akurasi dibandingkan model propagasi konvensional. Data yang digunakan berasal dari hasil pengukuran lapangan di area *urban* yang mencakup parameter seperti jarak, kondisi lingkungan, dan karakteristik sinyal pada frekuensi tinggi. Metode yang diterapkan memanfaatkan arsitektur *deep neural network* (DNN) yang dilatih untuk mempelajari hubungan kompleks antara variabel input dan nilai *path loss*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model *deep learning* mampu memberikan performa yang lebih akurat dan stabil dibandingkan model empiris, dengan nilai error yang relatif rendah, yaitu RMSE sekitar 3,5 dB hingga 5 dB tergantung pada skenario pengujian. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *deep learning* efektif dalam menangkap kompleksitas propagasi sinyal pada frekuensi tinggi di lingkungan perkotaan. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa metode *deep learning* memiliki potensi besar untuk meningkatkan akurasi prediksi *path loss* dan dapat

dijadikan alternatif yang lebih adaptif dalam perencanaan jaringan komunikasi modern.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini penting untuk dilakukan karena setiap model memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan dalam memprediksi *path loss* pada lingkungan perkotaan. Model COST-231 dan *Ericsson* sebagai model empiris memiliki kemudahan dalam penerapan, sedangkan *Random Forest* dan model *hybrid* menawarkan pendekatan yang lebih adaptif terhadap data hasil pengukuran. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi terhadap kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan model *hybrid* untuk mengetahui tingkat akurasi masing-masing model dalam memprediksi *path loss* pada lingkungan urban. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai model yang paling sesuai untuk digunakan dalam mendukung proses perencanaan dan optimasi jaringan seluler di lingkungan perkotaan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan model *hybrid* dalam memprediksi *path loss* pada propagasi sinyal seluler di lingkungan urban. Evaluasi dilakukan menggunakan data hasil *drive test* di Kota Palembang untuk mengetahui tingkat akurasi masing-masing model serta mengidentifikasi model yang paling sesuai dalam merepresentasikan karakteristik propagasi sinyal pada lingkungan perkotaan.

Tahapan penelitian diawali melalui proses pengumpulan data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung di lapangan. (*drive test*) di wilayah Kota Palembang. Data yang diperoleh kemudian diolah dan digunakan sebagai masukan pada model empiris COST-231 dan *Ericsson*, model berbasis *machine learning* yaitu *Random Forest*, serta model *hybrid* yang menggabungkan model empiris dan *Random Forest*. Selanjutnya dilakukan evaluasi terhadap hasil prediksi masing-masing model dengan membandingkannya terhadap data hasil pengukuran menggunakan parameter evaluasi seperti *Path lossRoot Mean Square Error* (RMSE) atau *Path lossRoot Mean Square Error Mean Absolute Error* (MAE). Hasil evaluasi tersebut digunakan untuk membandingkan tingkat akurasi setiap model dalam memprediksi *path loss* pada lingkungan urban.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan model *hybrid* dalam melakukan prediksi *path loss* pada kondisi lingkungan *urban* di Kota Palembang.. Melalui hasil evaluasi tersebut diharapkan dapat diketahui model yang memberikan tingkat akurasi terbaik berdasarkan nilai RMSE, MAE, dan R^2 . Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai salah satu acuan dalam menentukan model prediksi *path loss* yang tepat untuk menunjang perencanaan serta optimasi jaringan seluler pada kawasan perkotaan, terutama di wilayah yang memiliki karakteristik lingkungan serupa dengan Kota Palembang.

1.2 Tujuan Penelitian

Untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan model *hybrid* dalam memprediksi *path loss* berdasarkan data hasil *drive test* di Kota Palembang, sehingga dapat diketahui model yang memiliki tingkat akurasi terbaik pada lingkungan urban.

1.3 Batasan Masalah

1. Ruang lingkup penelitian difokuskan pada penilaian kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, serta model *hybrid* dalam melakukan prediksi *path loss*. Perbandingan performa setiap model dilakukan berdasarkan tingkat akurasi yang diperoleh dari data hasil pengukuran di lapangan.
2. Data yang digunakan merupakan data hasil *drive test* dengan parameter yang meliputi jarak antara *base station* dan penerima, frekuensi, tinggi antena pemancar (*base station*), tinggi antena penerima, serta nilai *path loss*. Penelitian ini hanya menggunakan parameter yang tersedia pada dataset.
3. Model *hybrid* yang digunakan dalam penelitian merupakan kombinasi antara model empiris (COST-231 dan *Ericsson*) dengan model *Random Forest* untuk menghasilkan prediksi *path loss*. Penelitian ini tidak membahas pengembangan algoritma *hybrid* di luar metode yang digunakan.

4. Evaluasi kinerja model dilakukan berdasarkan parameter *Path loss* Root Mean Square Error (RMSE), *Path loss* Root Mean Square Error Mean Absolute Error (MAE), dan koefisien determinasi (R^2) untuk mengetahui tingkat akurasi masing-masing model dalam memprediksi *path loss*.
5. Penelitian dilakukan menggunakan data hasil *drive test* di lingkungan *urban* Kota Palembang, sehingga hasil penelitian ini merepresentasikan karakteristik propagasi sinyal pada wilayah tersebut dan belum tentu dapat diterapkan secara langsung pada wilayah dengan kondisi lingkungan yang berbeda.

1.4 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai latar belakang penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Bab ini memberikan gambaran mengenai alasan dilaksanakannya penelitian serta arah penelitian yang akan dilakukan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan berbagai teori yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian, mencakup konsep propagasi gelombang radio, *path loss*, model propagasi COST-231 Hata, model *Ericsson*, konsep *machine learning*, algoritma *Random Forest*, pendekatan *hybrid*, serta kajian terhadap penelitian terdahulu yang memiliki relevansi dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan tahapan dan metode yang diterapkan dalam pelaksanaan penelitian, mencakup jenis penelitian, lokasi serta waktu pelaksanaan, sumber dan teknik pengumpulan data, perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan, variabel penelitian, serta tahapan penelitian. Selain itu, pembahasan meliputi proses pengolahan data, penerapan model COST-231, *Ericsson*, dan *Random Forest*, pembentukan Model *Hybrid*, serta pengukuran kinerja model menggunakan parameter MAE, MSE, RMSE, dan koefisien determinasi (R^2).

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian serta pembahasannya. Tahapan yang dibahas meliputi deskripsi dataset, implementasi model COST-231, implementasi model *Ericsson*, pembangunan model *Random Forest*, pembentukan model *Hybrid*, hasil prediksi *path loss* dari masing-masing model, evaluasi kinerja menggunakan MAE, MSE, RMSE, dan R^2 , visualisasi hasil prediksi, serta analisis dan perbandingan performa keempat model untuk menentukan model dengan akurasi terbaik pada lingkungan urban.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menyajikan kesimpulan yang dirumuskan dari hasil penelitian terkait evaluasi kinerja model COST-231, *Ericsson*, *Random Forest*, dan Model *Hybrid* dalam melakukan prediksi *path loss* pada lingkungan urban. Perumusan kesimpulan mengacu pada hasil penerapan setiap model, evaluasi kinerja berdasarkan parameter MAE, MSE, RMSE, serta koefisien determinasi (R^2), dan hasil perbandingan performa antarmodel. Pada bagian akhir, disampaikan pula sejumlah saran yang dapat menjadi pertimbangan bagi pengembangan penelitian berikutnya maupun penerapan model prediksi *path loss* untuk mendukung perencanaan dan optimasi jaringan seluler.

LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- Akanni, J., Isa Abdurrhman, A., Ogunbiyi, O., & Olufeagba, B. J. (2024). A modified cost-231-hata *path loss* model for typical semi-urban environments in Nigeria. *KIU Journal of Science Engineering and Technology*, 3(1), 112–120. <https://doi.org/10.59568/KJSET-2024-3-1-11>
- Alfaresi, B., Barlian, T., Ardianto, F., & Hurairah, M. (2020). *Path loss* propagation evaluation and modelling based ECC-Model in Lowland Area on 1800 MHz. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 1(5), 167–171. <https://doi.org/10.18196/jrc.1534>
- Ali, N., & Al-Behadili, H. A. H. (2024). A Comprehensive Review of Radio Signal Propagation Prediction for Terrestrial Wireless Communication Systems. *Misan Journal of Engineering Sciences*, 3(1), 100–120. <https://doi.org/10.61263/mjes.v3i1.80>
- Jimoh, A. A., Adeyemo, Z. K., & Ojo, F. K. (2025). *Hybrid ised path loss* modeling using *machine learning* approaches. *Nigerian Journal of Technological Development*. <https://journal.njtd.com.ng/index.php/njtd/article/view/3111>
- Hashim, M. R., Mazlan, A. F., & Tokhi, M. O. (2025). Arithmetic artificial bee colony optimization algorithm with flexible manipulator system. *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, 14(5), 3790–3801. <https://doi.org/10.11591/ijai.v14.i5.pp3790-3801>
- Ibrahim, A. O., Elfadel, E. M. E., Hashem, I. A. T., Syed, H. J., Ismail, M. A., Osman, A. H., & Ahmed, A. (2025). The Artificial Bee Colony Algorithm: A Comprehensive Survey of Variants, Modifications, Applications, Developments, and Opportunities. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 32(6), 3499–3533. <https://doi.org/10.1007/s11831-025-10269-w>
- Islam, M., & Jin, S. (2021). An Overview Research on Wireless Communication Network. *Advances in Wireless Communications and Networks*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.11648/j.awcn.20190501.13>
- Kandregula, V. R., Zaharis, Z. D., Ahmed, Q. Z., Khan, F. A., Loh, T. H., Schreiber, J., Serres, A. J. R., & Lazaridis, P. I. (2024). A Review of Unmanned Aerial Vehicle Based Antenna and Propagation Measurements. In *Sensors* (Vol. 24, Number 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/s24227395>
- Kulkarni, A., Goudar, R. H., Hukkeri, G. S., & Ankalaki, S. (2026). Dynamic 6G propagation modeling with reconfigurable intelligent surfaces and *machine learning* for urban rural highway and hilly mobility scenarios. *Discover Applied Sciences*, 8(1). <https://doi.org/10.1007/s42452-025-08071-1>

- Le Dirach, H., Boyer, M., & Lochin, E. (2025). *Building-Aware Path loss Modeling in ns-3*. 143–152. <https://doi.org/10.1145/3747204.3747220>
- Lorente-López, J., Rodríguez, J. V., Martínez-Inglés, M. T., Garcia-Pardo, J. M. M., Rodríguez-Rodríguez, I., & Juan-Llácer, L. (2024). Analyzing radiowave multiple diffraction from a low transmitter in vegetated urban areas using a spherical-wave UTD–PO approach. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, 2024(1). <https://doi.org/10.1186/s13638-024-02382-4>
- Lorente-Lopez, J., Rodriguez-Rodriguez, I., Rodriguez, J. V., Garcia-Pardo, J. M. M., & Aznar-Poveda, J. (2025). Machine-Learning-Based *Urban Path loss* Prediction at 900 MHz: Principal Component Analysis, Clustering, Feature Importance and Regression. *IEEE Open Journal of Antennas and Propagation*. <https://doi.org/10.1109/OJAP.2025.3629578>
- Lorente-Lopez, J., Rodriguez-Rodriguez, I., Rodriguez, J. V., & Maria Molina-Garcia-Pardo, J. (2025). Discretized *Urban Path loss* Modeling at 3.5 GHz Using Geospatial Features and *Machine learning* Techniques: From Regression to Classification. *IEEE Access*, 13, 178961–178980. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3620996>
- Moraitis, N., Psychogios, K., & Panagopoulos, A. D. (2023). A Survey of *Path loss* Prediction and Channel Models for Unmanned Aerial Systems for System-Level Simulations. In *Sensors* (Vol. 23, Number 10). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s23104775>
- Mukti, I. Z., Khan, E. R., & Biswas, K. K. (2024). Khan ER, Biswas KK. 1.8-V Low Power, High-Resolution, High-Speed Comparator With Low Offset Voltage Implemented in 45nm CMOS Technology. *National Journal of Antennas and Propagation*, 6(1), 19–24. <https://doi.org/10.31838/jvcs/06.01>
- Sukemi Sukemi , Ahmad Fali Oklilas , Muhammad Wahyu Fadli., & Bengawan Alfaresi. (2023).. *Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved Path loss Prediction Accuracy Based on Random Forest Algorithm in Palembang City Area*. 12(1). <https://doi.org/10.25077/jnte.v12n1.1051.2023>
- Nguyen, Q. D. M., Lukito, W. D., Liu, X., & Liu, C. (2025). Deep Learning-Empowered RF Sensing in Outdoor Environments: Recent Advances, Challenges, and Future Directions. In *Electronics (Switzerland)* (Vol. 14, Number 1). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/electronics14010125>

- Nguyen, T. T., Yoza-Mitsuishi, N., & Caromi, R. (2023). Deep Learning for *Path loss* Prediction at 7 GHz in *Urban Environment*. *IEEE Access*, 11, 33498–33508. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3264230>
- Noviyansyah, T., & Tahcfulloh, S. (2025). Modeling and Optimization of 4G Pathloss using Swarm Intelligence Algorithm: Case Study and Python-Based Implementation. *Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, and Controls (AVITEC)*, 7(3). <https://doi.org/10.28989/avitec.v7i3.3245>
- Romanuke, V. (2021). Maximum-versus-path loss Root Mean Square Error Mean Absolute Error in selecting criteria of time series forecasting quality. *Бионика Интеллекта*, 1(96), 3–9. [https://doi.org/10.30837/bi.2021.1\(96\).01](https://doi.org/10.30837/bi.2021.1(96).01)
- Shaibu, F. E., Onwuka, E. N., Salawu, N., & Oyewobi, S. S. (2024). *Evaluating The Effectiveness Of Machine learning Models For Path loss Prediction At 3.5 Ghz With Focus On Feature Prioritization*. 43(4). <https://doi.org/10.4314/njt>
- Shakir, Z., Al-Thaedan, A., Alsabah, R., Salah, M., Alsabbagh, A., & Zec, J. (2023). Performance analysis for a suitable propagation model in outdoor with 2.5 GHz band. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(3), 1478–1485. <https://doi.org/10.11591/eei.v12i3.5006>
- Tarhouni, F., AlZubi, M., & Alouini, M.-S. (2025). *Machine Learning-based Path loss Prediction in Suburban Environment in the Sub-6 GHz Band*. <http://arxiv.org/abs/2510.00696>
- Tiamiyu, O. A., Akande, H. B., & Abass, F. O. (2024). Analysis And Optimization Of Urban-Suburban 5g Coverage Predictions. *Fudma Journal Of Sciences*, 8(5), 379–393. <https://doi.org/10.33003/fjs-2024-0805-2761>
- Vasudevan, M., & Yuksel, M. (2024). *Machine learning for Radio Propagation Modeling: A Comprehensive Survey*. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 5, 5123–5153. <https://doi.org/10.1109/OJCOMS.2024.3446457>
- Vitucci, E. M., Chen, J., Degli-Esposti, V., Lu, J. S., Bertoni, H. L., & Yin, X. (2022). Analyzing Radio Scattering Caused by Various Building Elements Using Millimeter-Wave Scale Model Measurements and Ray Tracing. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 67(1), 665–669. <https://doi.org/10.1109/TAP.2018.2876716>
- Wang, H., Wang, W., Zhou, X., Zhao, J., Wang, Y., Xiao, S., & Xu, M. (2021). Artificial bee colony algorithm based on knowledge fusion. *Complex and Intelligent Systems*, 7(3), 1139–1152. <https://doi.org/10.1007/s40747-020-00171-2>

- Zakaria, Y. A., Hamad, E. K. I., Elhamid, A. S. A., & El-Khatib, K. M. (2021). Developed channel propagation models and *path loss* measurements for wireless communication systems using regression analysis techniques. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00509-x>
- Zhang, Y., Wen, J., Yang, G., He, Z., & Wang, J. (2021). *Path loss* prediction based on machine learning: Principle, method, and data expansion. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/app9091908>
- Zhou, L., Zhang, J., Zhang, J., Cetinkaya, O., & Jubb, S. A. (2023). A Fast *Path loss* Model for Wireless Channels Considering Environmental Factors. *arXiv.Org*, abs/2303.12441. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.12441>
- Zhou, L., Zhang, J., Zhang, J., Cetinkaya, O., & Jubb, S. (2023). *AMPLE: An Adaptive Multiple Path loss Exponent Radio Propagation Model Considering Environmental Factors*. <https://doi.org/10.1109/TVT.2024.3471655>
- Ziaul Islam, K., Ferdous Sohel, P., & Michael Jones Professor Dean Diepeveen David Murray, P. (2024). *Localization, Tracking, and Data Transmission Using LoRa Co-supervisors: Thesis Declaration*.