

SKRIPSI

Optimasi Parameter Model COST-231 Hatta Menggunakan *Particle Swarm Optimization* untuk Prediksi *Path loss* pada Lingkungan Urban



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

Dipersiapkan dan disusun oleh:

RENALDI

132022109

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

SKRIPSI

**Optimasi Parameter Model COST-231 Hatta Menggunakan
Particle Swarm Optimization untuk Prediksi *Path loss* pada
Lingkungan Urban**



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

Dipersiapkan dan disusun oleh:

RENALDI

132022109

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2026**

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

Materi 10.000

Renaldi

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, karunia, dan pertolongan-Nya sehingga skripsi yang berjudul “Optimasi Pembobotan Model Empiris pada Prediksi *Path loss* dengan Menggunakan Algoritma Genetika di Urban City Area” dapat diselesaikan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.

Penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, serta bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

- Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T., IPM., selaku Pembimbing I.
- Ibu Sofiah, S.T., M.T., selaku Pembimbing II.

Dan tak lupa pula penulis mengucapkan terimakasih 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 staf dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.
6. Bapak dan Ibu staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Rekan-rekan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama proses penyelesaian skripsi ini.

Atas segala bantuan, baik secara moril maupun material, yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini, penulis menyampaikan terima kasih. Semoga setiap bantuan dan kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan yang sesuai dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan belum sepenuhnya sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai bahan perbaikan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis serta menjadi bahan yang berguna bagi pembaca, khususnya mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 22 agustus 2026

Penulis

RENALDI

132022109

MOTO DAN PERSEMBAHAN

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”
(QS. Al-Insyirah: 6)

“Jangan takut gagal, karena kegagalan merupakan bagian dari proses menuju keberhasilan.”

“Bukan tentang seberapa cepat sampai pada tujuan, tetapi tentang seberapa kuat bertahan ketika perjalanan terasa berat. Hadapi setiap proses dengan keberanian, jalani setiap ujian dengan kesabaran, dan selesaikan setiap tanggung jawab dengan ketekunan.”

“Terus berusaha, tetap berdoa, dan jangan menyerah sebelum apa yang diperjuangkan benar-benar tercapai.”

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, nikmat, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan kemudahan kepada penulis dalam melewati setiap proses hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
2. Bapak super hero ku, Hamka, sosok yang selalu memberikan teladan tentang arti kerja keras, keteguhan, dan keuletan dalam menjalani kehidupan. Melalui semangat, perjuangan, dan dedikasi yang beliau tunjukkan setiap hari, beliau telah menginspirasi saya untuk tidak pernah menyerah dalam menghadapi berbagai tantangan. Dari beliau, saya belajar bahwa setiap masalah harus dihadapi dengan keberanian, setiap kesulitan harus dijalani dengan kesabaran, dan setiap tanggung jawab harus diselesaikan dengan penuh ketekunan. Beliau

juga mengajarkan saya arti kedewasaan, tentang bagaimana tetap kuat ketika keadaan tidak sesuai harapan, tetap rendah hati ketika berada di atas, serta tetap berdiri ketika kehidupan memberikan banyak ujian. Terima kasih atas setiap pengorbanan, nasihat, doa, dan perjuangan yang mungkin tidak selalu terlihat, tetapi selalu saya rasakan. Bagi saya, beliau bukan hanya seorang ayah, tetapi juga sosok yang menjadi panutan, tempat belajar, dan alasan bagi saya untuk terus berusaha menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga suatu hari nanti saya dapat menjadi seseorang yang dapat membuat beliau bangga, sebagaimana beliau selalu menjadi sosok yang saya banggakan.

3. Kepada Ibu tercinta Marlina, 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, kakak dan adik, yang selalu memberikan dukungan, semangat, perhatian, serta kebersamaan kepada penulis. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis hingga sampai pada tahap ini.
5. Bapak Dr. Bengawan Alfaresi, S.T., M.T., IPM., selaku Pembimbing I dan Ibu Sofiah, 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. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Elektro, yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, pengalaman, dan pembelajaran selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Muhammadiyah Palembang.
7. Untuk seseorang yang berinisial M, yang pernah hadir dan menjadi bagian dari kisah hidup penulis. Terima kasih atas setiap cerita, kenangan, dan pelajaran yang pernah diberikan. Meskipun perjalanan tersebut tidak berakhir seperti yang diharapkan, kehadiranmu pernah menjadi bagian dari proses yang turut mengajarkan penulis tentang arti menerima, menghargai, dan melanjutkan perjalanan.
8. Grup Burukan Tiga Putri, yang telah menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, canda, tawa, dan hiburan di tengah berbagai kesibukan serta tekanan selama proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi. Terima kasih telah memberikan warna dan kebahagiaan dalam perjalanan ini.
9. Sahabat seperjuangan, Rahmat Januarsya dan Abdi Marlizen, yang telah menemani perjalanan selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan, semangat, dan cerita yang telah kita lalui bersama dalam menghadapi berbagai tantangan hingga sampai pada tahap penyelesaian skripsi ini.

10. Terakhir, untuk diri sendiri. Terima kasih telah bertahan sejauh ini, melewati hari-hari yang tidak selalu mudah, menghadapi berbagai tantangan, revisi, keraguan, kelelahan, dan tekanan selama proses penyelesaian skripsi. Terima kasih karena tidak memilih menyerah ketika jalan terasa berat dan hasil belum sesuai harapan. Terima kasih karena tetap melangkah meskipun terkadang tidak tahu seberapa jauh lagi perjalanan ini akan membawa. Terima kasih karena telah belajar menerima kesalahan, memperbaiki kekurangan, dan terus mencoba menjadi lebih baik.

Terima kasih karena telah mempercayai proses, meskipun berkali-kali diuji oleh keadaan. Jika hari ini akhirnya sampai pada titik ini, itu bukan karena semuanya berjalan mudah, tetapi karena diri ini memilih untuk tetap bertahan. **Ingatlah**, keberanian bukan berarti tidak memiliki rasa takut, melainkan tetap melangkah meskipun rasa takut masih ada. Terima kasih karena sudah berani memilih, berani mencoba, berani belajar, dan yang paling penting, berani menyelesaikan apa yang telah dimulai. Untuk diri sendiri, perjuangan ini mungkin tidak sempurna, tetapi telah dilakukan dengan segenap kemampuan. Dan itu sudah lebih dari cukup untuk membuatmu bangga.

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat, membantu, mendukung, memberikan doa, semangat, motivasi, serta memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini. Setiap bantuan, kebaikan, dan dukungan yang diberikan sangat berarti bagi penulis. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT.

ABSTRAK

Perkembangan jaringan komunikasi seluler membutuhkan model propagasi yang mampu memprediksi *path loss* secara akurat, khususnya pada lingkungan urban yang memiliki karakteristik propagasi kompleks akibat kepadatan bangunan, kendaraan, vegetasi, dan berbagai objek penghalang. Model COST-231 Hata merupakan salah satu model empiris yang dapat digunakan untuk memprediksi *path loss* pada lingkungan urban, namun parameter standar yang digunakan belum tentu sesuai dengan kondisi lingkungan pada lokasi penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan parameter model COST-231 Hata menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan akurasi prediksi *path loss* pada lingkungan urban. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data hasil pengukuran *drive test* di Kota Palembang pada frekuensi 1800 MHz. Data hasil pengukuran digunakan sebagai acuan dalam perhitungan dan evaluasi model COST-231 Hata sebelum dan sesudah dilakukan optimasi menggunakan PSO. Proses optimasi dilakukan dengan mencari kombinasi parameter model yang menghasilkan nilai kesalahan prediksi minimum berdasarkan fungsi objektif *Root Mean Square Error* (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa model COST-231 Hata sebelum optimasi menghasilkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE) sebesar 36,5 dB, *Mean Squared Error* (MSE) sebesar 1600 dB², dan RMSE sebesar 40,00 dB. Setelah dilakukan optimasi menggunakan PSO, diperoleh nilai MAE sebesar 13,0 dB, MSE sebesar 256 dB², dan RMSE sebesar 16,00 dB. Berdasarkan hasil tersebut, terjadi peningkatan akurasi sebesar 60% yang ditunjukkan oleh penurunan nilai RMSE dari 40,00 dB menjadi 16,00 dB. Dengan demikian, penerapan algoritma PSO mampu mengoptimalkan parameter model COST-231 Hata sehingga menghasilkan prediksi *path loss* yang lebih mendekati hasil pengukuran pada lingkungan urban.

Kata kunci: COST-231 Hata, *Particle Swarm Optimization*, *path loss*, lingkungan urban, RMSE.

ABSTRACT

The development of cellular communication networks requires a propagation model capable of accurately predicting path loss, particularly in urban environments that have complex propagation characteristics due to dense buildings, vehicles, vegetation, and various obstacles. The COST-231 Hata model is an empirical model that can be used to predict path loss in urban environments; however, its standard parameters may not always correspond to the environmental conditions of the research location. This study aims to optimize the parameters of the COST-231 Hata model using the Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm to improve the accuracy of path loss prediction in an urban environment. The research was conducted using data obtained from drive test measurements in Palembang City at a frequency of 1800 MHz. The measurement data were used as a reference for calculating and evaluating the COST-231 Hata model before and after optimization using PSO. The optimization process was performed by searching for a combination of model parameters that produced the minimum prediction error based on the Root Mean Square Error (RMSE) objective function. The results showed that the COST-231 Hata model before optimization produced a Mean Absolute Error (MAE) of 36.5 dB, Mean Squared Error (MSE) of 1600 dB², and RMSE of 40.00 dB. After optimization using PSO, the MAE decreased to 13.0 dB, the MSE decreased to 256 dB², and the RMSE decreased to 16.00 dB. These results indicate an accuracy improvement of 60%, as demonstrated by the reduction in RMSE from 40.00 dB to 16.00 dB. Therefore, the application of the PSO algorithm is capable of optimizing the parameters of the COST-231 Hata model and producing path loss predictions that are closer to the measurement results in an urban environment.

keywords: COST-231 Hata, Particle Swarm Optimization, path loss, urban environment, RMSE.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
MOTO DAN PERSEMBAHAN.....	vi
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	17
BAB 1 PENDAHULUAN	18
1.1.Latar Belakang	18
1.2. Tujuan Penelitian.....	20
1.3. Batasan Masalah.....	21
1.4 Sistematika Penulisan	21
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	Error! Bookmark not defined.
2.1. Sistem Komunikasi Seluler	Error! Bookmark not defined.
2.2. Propagasi Gelombang Radio.....	Error! Bookmark not defined.
2.3. <i>Path loss</i> Pada Lingkungan Urban.....	Error! Bookmark not defined.
2.4. Model Prediksi <i>Path loss</i> Cost-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
2.4.1. Pengertian Model COST-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
2.4.2. Persamaan Model COST-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
2.4.3. Parameter Model COST-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
2.4.4. Kelebihan dan Keterbatasan Model COST-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
2.5. <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO).....	Error! Bookmark not defined.

2.6. Optimasi Parameter Model COST-231 Hata Menggunakan PSO	Error! Bookmark not defined.
2.7. Evaluasi Kinerja Model Empiris	Error! Bookmark not defined.
2.8. Drive Test dalam Pengukuran <i>Path loss</i>	Error! Bookmark not defined.
2.9. Analisis Akurasi Model Prediksi <i>Path loss</i>	Error! Bookmark not defined.
2.10. Penelitian Terdahulu.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	Error! Bookmark not defined.
3.1. Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2. Jenis dan Variabel Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1. Jenis Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Variabel Penelitian	Error! Bookmark not defined.
3.3. Diagram Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
3.4. Alat dan bahan.....	Error! Bookmark not defined.
3.4.1. Alat	Error! Bookmark not defined.
3.4.2. Bahan	Error! Bookmark not defined.
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1. Hasil Pengukuran Lapangan	Error! Bookmark not defined.
4.1.1. Data Parameter Hasil Pengukuran	Error! Bookmark not defined.
4.1.2. Statistik Data Hasil Pengukuran	Error! Bookmark not defined.
4.1.3. Visualisasi data set	Error! Bookmark not defined.
4.2. Prediksi <i>Path loss</i> Menggunakan Model COST-231 Hata.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.1 Implementasi Model COST-231 Hata...	Error! Bookmark not defined.
4.2.2 Hasil Perhitungan COST-231 Hata	Error! Bookmark not defined.
4.2.3 Hasil Prediksi Model COST-231 Hata ..	Error! Bookmark not defined.
4.3. Optimasi Parameter Model COST-231 Hata Menggunakan <i>Particle Swarm Optimization</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.1. Implementasi Algoritma <i>Particle Swarm Optimization</i>	Error! Bookmark not defined.
4.3.2. Parameter Optimasi PSO.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.3. Hasil Optimasi Parameter	Error! Bookmark not defined.

4.4. Hasil Prediksi <i>Path loss</i> Menggunakan Model COST-231 Hata + PSO	Error! Bookmark not defined.
4.4.1. Perhitungan Model COST-231 Hata Menggunakan Parameter Hasil Optimasi PSO	Error! Bookmark not defined.
4.4.2. Hasil Prediksi <i>Path loss</i> Menggunakan Model COST-231 Hata + PSO	Error! Bookmark not defined.
4.5. Evaluasi Kinerja Model.....	Error! Bookmark not defined.
4.5.1. <i>Mean Absolute Error</i> (MAE)	Error! Bookmark not defined.
4.5.2. <i>Mean Squared Error</i> (MSE).....	Error! Bookmark not defined.
4.5.3. <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE)	Error! Bookmark not defined.
4.5.4. Analisis Residual Error	Error! Bookmark not defined.
4.5.5. Perbandingan Model COST-231 Hata Sebelum dan Sesudah Optimasi PSO	Error! Bookmark not defined.
4.6. Pembahasan Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.
5.1. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
5.2. Saran.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	24
Lampiran	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Komunikasi Seluler.....	7
Gambar2.2 Propagasi Gelombang radio.....	10
Gambar 3.1 Peta Lokasi Kota Palembang.....	27
Gambar 4.1 Hubungan Jarak terhadap <i>Path loss</i> Hasil Pengukuran.....	38
Gambar 4.2 Visualisasi data set.....	39
Gambar 4.3 Perbandingan <i>Path loss</i> Pengukuran dengan Model COST-231 Hatta.....	42
Gambar 4.4 Hasil Prediksi COST-231 Hata + PSO	49
Gamba 4.5 Perbandingan Nilai MAE Model COST-231 Hata dan COST-231 Hata + PSO.....	50
Gambar 4.6 Perbandingan Nilai MSE Model COST-231 Hata dan COST-231 Hata+ PSO.....	52
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai RMSE Model COST-231 Hata dan COST-231 Hata + PSO.....	54
Gambar 4.8 Residual Plot Sebelum dan Sesudah Optimas.....	55
Gambar 4.9 Distribusi Residual Error.....	55
Gambar 4.10 Perbandingan Nilai MAE, MSE, RMSE, dan R^2 Model COST-231 Hatta Sebelum dan Sesudah Optimasi PSO.....	58
Gambar4.11 Perbandingan Hasil Prediksi <i>Path loss</i> Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	29
Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Lapangan.....	35
Tabel.4.2 Statistik Deskriptif Data Hasil Pengukuran.....	36
Tabel 4.3 Hasil Prediksi Model COST-231 Hatta.....	40
Tabel 4.4 Parameter Algoritma PSO.....	44
Tabel 4.5 Hasil Optimasi Parameter Menggunakan PSO.....	44
Tabel 4.6 Parameter Model COST-231 Hata Hasil Optimasi PSO.....	46
Tabel 4.7 Hasil Prediksi <i>Path loss</i> Menggunakan Model COST-231 Hata + PSO.....	48
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Mean Absolute Error</i> (MAE).....	50
Tabel 4.9 HasilPerhitungan <i>Mean Squared Error</i> (MSE).....	51
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE).....	53
Tabel 4.11 Perbandingan Performa Model COST-231 Hatta Sebelum dan SesudahOptimasi PSO.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 sebelum pengambilan data.....	65
Lampiran 1.2 Ketika pengambilan data drive tes.....	65

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebutuhan terhadap layanan komunikasi dan internet yang cepat, stabil, dan memiliki kualitas baik telah mendorong perkembangan teknologi komunikasi nirkabel secara signifikan. Penerapan jaringan seluler mulai dari generasi keempat (4G LTE) hingga generasi kelima (5G) juga membutuhkan perencanaan jaringan dengan tingkat ketelitian yang semakin tinggi untuk memperoleh cakupan layanan yang luas serta kondisi sinyal yang optimal. Dalam perencanaan tersebut, prediksi *path loss* merupakan salah satu komponen penting karena menggambarkan tingkat pelemahan daya sinyal radio selama gelombang elektromagnetik bergerak dari antena pemancar (*Base Transceiver Station/BTS*) ke perangkat penerima (*User Equipment/UE*). Informasi mengenai *path loss* digunakan sebagai dasar dalam menentukan jangkauan sel, kualitas sinyal, kapasitas jaringan, jumlah base station yang diperlukan, hingga efisiensi investasi pada infrastruktur telekomunikasi. Peningkatan nilai *path loss* menyebabkan daya sinyal yang diterima oleh pengguna semakin rendah dan pada akhirnya dapat memengaruhi kualitas layanan komunikasi. Dengan demikian, ketepatan dalam memperkirakan *path loss* diperlukan untuk mendukung perancangan jaringan seluler yang efisien serta mampu memberikan kualitas layanan yang baik (Sukemi et al., 2023).

Karakteristik propagasi yang menentukan besarnya *path loss* mencakup frekuensi operasi, jarak antara antena pemancar dan penerima, ketinggian antena, kondisi topografi, vegetasi, serta karakteristik lingkungan yang dilalui gelombang radio. Kompleksitas propagasi semakin meningkat pada wilayah urban akibat keberadaan gedung bertingkat, kawasan permukiman yang padat, kendaraan, dan berbagai objek lainnya yang dapat menimbulkan refleksi, difraksi, hamburan (*scattering*), maupun penyerapan sinyal. Berbagai fenomena tersebut menyebabkan tingkat pelemahan sinyal berbeda-beda pada setiap titik pengukuran, sehingga estimasi *path loss* menjadi lebih sulit

dilakukan secara akurat. Kondisi tersebut juga dapat menimbulkan kesalahan dalam menentukan cakupan jaringan, posisi base station, dan kualitas layanan yang diterima pengguna apabila prediksi *path loss* tidak dilakukan secara tepat. Dengan demikian, penggunaan model propagasi yang mampu menghasilkan estimasi *path loss* yang mendekati kondisi propagasi aktual pada lingkungan urban menjadi suatu kebutuhan (Pinem et al., 2022).

Model propagasi empiris digunakan sebagai salah satu pendekatan untuk memperkirakan nilai *path loss*, salah satunya melalui model COST-231 Hata yang dikembangkan dari model Hata dan umum diterapkan pada sistem komunikasi seluler dengan frekuensi sekitar 1500–2000 MHz. Penggunaan model tersebut didukung oleh prosedur perhitungannya yang relatif sederhana, cepat, serta mudah diimplementasikan dalam perencanaan jaringan. Namun, parameter COST-231 Hata pada dasarnya diperoleh dari pengukuran propagasi sehingga penerapannya pada lingkungan urban di Indonesia dapat menghasilkan nilai prediksi *path loss* yang tidak sepenuhnya sesuai dengan hasil pengukuran lapangan. Variasi karakteristik bangunan, kepadatan penduduk, pola tata ruang perkotaan, kondisi geografis, dan lingkungan propagasi turut memengaruhi tingkat ketepatan prediksi yang dihasilkan model. Hal ini mengindikasikan perlunya penyesuaian terhadap parameter COST-231 Hata sehingga estimasi *path loss* yang diperoleh dapat lebih merepresentasikan karakteristik wilayah penelitian (Kakkar et al., 2022).

Peningkatan ketepatan prediksi *path loss* dapat ditempuh melalui penyesuaian parameter model propagasi dengan memanfaatkan algoritma optimasi. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Particle Swarm Optimization* (PSO), yaitu algoritma optimasi dalam bidang kecerdasan komputasi yang mengadopsi mekanisme pencarian solusi sebagaimana perilaku kelompok burung atau ikan ketika menemukan sumber makanan. Metode ini mampu melakukan pencarian solusi optimum dengan proses komputasi yang relatif sederhana dan efisien, termasuk untuk persoalan optimasi nonlinier. Pada prediksi *path loss*, PSO dimanfaatkan untuk memperoleh kombinasi parameter model COST-231 Hata yang paling sesuai sehingga perbedaan antara nilai prediksi dan data hasil pengukuran lapangan dapat ditekan. Evaluasi terhadap ketepatan model hasil optimasi dapat

dilakukan menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE), dengan nilai kedua indikator yang semakin rendah menunjukkan semakin kecil penyimpangan prediksi *path loss* terhadap kondisi propagasi sebenarnya (Lambarkia & Djouane, 2024).

Uraian tersebut mengarahkan penelitian pada upaya meningkatkan akurasi prediksi *path loss* melalui optimasi parameter model COST-231 Hata dengan metode *Particle Swarm Optimization* pada lingkungan urban. Data hasil pengukuran lapangan digunakan sebagai acuan dalam proses kalibrasi parameter, sehingga model propagasi yang diperoleh dapat lebih mencerminkan karakteristik lingkungan tempat penelitian dilakukan. Model yang telah dioptimasi diharapkan mampu memberikan prediksi *path loss* yang lebih mendekati data pengukuran dibandingkan model COST-231 Hata standar, sekaligus mendukung perencanaan, evaluasi, dan optimasi jaringan komunikasi seluler secara lebih efektif dan efisien. Di samping itu, hasil penelitian diharapkan dapat berkontribusi terhadap pengembangan model propagasi yang sesuai dengan karakteristik lingkungan urban di Indonesia serta menyediakan referensi untuk penelitian berikutnya dalam bidang propagasi gelombang radio dan perencanaan jaringan telekomunikasi (Bouchemha et al., 2024).

1.2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Menganalisis tingkat akurasi model COST-231 Hata standar dalam memprediksi nilai *path loss* pada lingkungan urban berdasarkan data hasil pengukuran lapangan.
2. Mengoptimasi parameter model COST-231 Hata menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) untuk meningkatkan akurasi prediksi *path loss* pada lingkungan urban.
3. Membandingkan kinerja model COST-231 Hata sebelum dan sesudah optimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* berdasarkan nilai kesalahan prediksi, seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean*

Absolute Error (MAE), guna menentukan model yang memiliki tingkat akurasi terbaik.

1.2. Batasan Masalah

Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Bagaimana tingkat akurasi model COST-231 Hata standar dalam memprediksi nilai *path loss* pada lingkungan urban berdasarkan data hasil pengukuran lapangan?
2. Bagaimana penerapan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam mengoptimasi parameter model COST-231 Hata untuk meningkatkan akurasi prediksi *path loss* pada lingkungan urban?
3. Bagaimana perbandingan kinerja model COST-231 Hata sebelum dan sesudah dilakukan optimasi menggunakan *Particle Swarm Optimization* berdasarkan nilai error, seperti *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Error* (MAE)?

1.4 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan bagian-bagian awal yang menjadi dasar penelitian, mencakup latar belakang, identifikasi permasalahan, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan. Uraian di dalamnya menempatkan prediksi *path loss* sebagai salah satu aspek penting dalam perencanaan jaringan komunikasi nirkabel pada lingkungan urban, sekaligus membahas keterbatasan model COST-231 Hata standar dalam menggambarkan kondisi propagasi di wilayah penelitian. Selain itu, penggunaan *Particle Swarm Optimization* (PSO) dijelaskan sebagai pendekatan untuk mengoptimalkan parameter model sehingga diperoleh prediksi yang lebih akurat. Dengan demikian, Bab I memberikan landasan mengenai urgensi penelitian sekaligus menjadi pengantar terhadap pembahasan yang disajikan pada bab-bab selanjutnya.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menyajikan landasan teori serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pelaksanaan penelitian. Materi yang dibahas mencakup dasar-dasar propagasi gelombang radio, proses terjadinya *path loss*, karakteristik lingkungan urban, model propagasi COST-231 Hata dan parameter pembentuknya, konsep optimasi, algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), serta ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi akurasi model, antara lain *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Error* (MAE), dan koefisien determinasi apabila digunakan. Pembahasan penelitian terdahulu juga disertakan untuk menemukan *research gap* yang relevan, kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kerangka pemikiran penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menguraikan metode yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian, mencakup jenis penelitian, lokasi dan waktu pelaksanaan, alat serta perangkat lunak, sumber data, dan prosedur memperoleh data hasil pengukuran *path loss*. Tahapan pengolahan data kemudian dijelaskan secara berurutan, mulai dari penerapan model COST-231 Hata, optimasi parameter dengan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO), hingga evaluasi hasil optimasi berdasarkan parameter kesalahan berupa RMSE dan MAE. Selain uraian tersebut, bab ini dilengkapi dengan diagram alir penelitian (*flowchart*) yang menggambarkan keseluruhan proses secara sistematis sehingga setiap tahapan dapat dipahami dan direplikasi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memaparkan hasil pengolahan data pengukuran lapangan yang dilakukan pada lingkungan urban. Data tersebut terlebih dahulu dianalisis menggunakan model COST-231 Hata standar untuk memperoleh prediksi awal, kemudian parameter model disesuaikan melalui algoritma PSO hingga diperoleh model propagasi yang telah dikalibrasi. Pembahasan selanjutnya mencakup perhitungan *path loss*, pengukuran kesalahan prediksi dengan RMSE dan MAE, serta evaluasi perbedaan kinerja model sebelum dan setelah proses optimasi. Seluruh hasil yang diperoleh kemudian dikaji untuk mengetahui pengaruh optimasi terhadap akurasi model dengan menghubungkannya pada teori yang relevan dan temuan dari penelitian terdahulu.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan yang dirumuskan dari hasil analisis serta pembahasan yang telah dilakukan untuk menjawab rumusan masalah dan mencapai tujuan penelitian. Uraian simpulan menitikberatkan pada akurasi model COST-231 Hata sebelum optimasi, kemampuan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dalam melakukan optimasi parameter model, serta perubahan tingkat akurasi prediksi *path loss* setelah optimasi diterapkan. Pada bagian akhir, disampaikan beberapa saran sebagai pertimbangan untuk pengembangan penelitian berikutnya, antara lain melalui pengujian model propagasi lainnya, pemanfaatan algoritma optimasi yang berbeda, dan penerapan penelitian pada variasi kondisi lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Isabona, J., Imoize, A. L., Ojo, S., Karunwi, O., Kim, Y., Lee, C.-C., & Li, C.-T. (2022). Development of a Multilayer Perception Neural Network for Optimal Predictive Modeling in Urban Microcellular Radio Environments. *Applied Sciences*, 12(11), <https://doi.org/10.1109/ELTICOM57747.2022.10037980>
- Pinem, M., Sihombing, P. M., Zulfin, M., Panjaitan, S. P., Rangkuti, H. H., & Siregar, M. A. (2022). *Implementation of Outdoor to Indoor Path loss Model at 1.8 GHz and 2.1 GHz with a Transmitter Placed on Top of The Building*. 111–116. <https://doi.org/10.1109/ELTICOM57747.2022.10037980>
- Kakkar, D., Singh, R., Sebastian, J., & Kushagre. (2022). *Wireless Propagation Models Optimization using Artificial Neural Network Algorithm*. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICONAT53423.2022.9725844>
- Lombarkia, A., & Djouane, L. (2024). *Path loss predicting and optimization using Whale Optimization Algorithm and Sine Cosine Optimization Algorithm*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4980296/v1>
- Bouchemha, A., Djellab, H., & Nait-Hamoud, M. C. (2024). Analysis and optimization of 4G / LTE network pathloss using Particles Swarm Optimization algorithm. *International Journal of Electrical & Electronics Research*, 12(2), 557–566. <https://doi.org/10.37391/ijeer.120230>
- Gautam, A., & Sharma, R. (2022). *The connection privacy management model to enhance the communication services for subscriber neighboring cells in Cellular communication*. 386–392. <https://doi.org/10.1109/IIHC55949.2022.10060204>
- Chinnaraji, A. (2024). *Wireless and Cellular-Mobile Communication Architecture*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10668786>
- Popov, V. (2024). Mathematical models of radio wave propagation in heterogeneous environments for wireless networks. Review. *Doklady Akademii Nauk Vysšej Školy Rossii*, 3, 25–42. <https://doi.org/10.17212/1727-2769-2024-3-25-42>
- Nasrul, Aulia, S., & AZHAR. (2024). *Analysis of Long-Term Evolution (LTE) Propagation Pathloss Calculation and Pathloss Simulation in Lubuk Minturun Urban Village, Koto Tengah Sub-District, Padang*. 1(2), 31–43. <https://doi.org/10.62671/jowim.v1i2.42>
- 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>

- Tyagi, N., Bhargava, D., & Ahlawat, A. (2024). *Implementation of Particle Swarm Optimization Algorithm Inspired by the Social Behaviour of Birds*. 750–754. <https://doi.org/10.1109/ictacs62700.2024.10840529>
- Sukemi, S. (2023). *Path loss Prediction Accuracy Based On Random Forest Algorithm in Palembang City Area*. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.25077/jnte.v12n1.1052.2023>
- Yadnya, M. S., Wedarama, I. G. P. W., & Sudiarta, I. W. (2022). Pengukuran Kekuatan Sinyal Receive Strangth Signal Indicator (RSSI) 4.5G VoLTE Provaider Telkomsel di Universitas Mataram. *Jurnal Sains Teknologi Dan Lingkungan (JSTL)*, 8(2), 115–123. <https://doi.org/10.29303/jstl.v8i2.375>
- 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>
- 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>