

ANALISIS KINERJA *ADAPTIVE DATA RATE* (ADR) DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN TRANSMISI DAN EFISIENSI DAYA PADA JARINGAN LORAWAN

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM



**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Kinerja *Adaptive Data Rate* (ADR) dalam Meningkatkan Keandalan Transmisi dan Efisiensi Daya pada Jaringan LoRaWAN” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Luqman Hakim
G6401211094

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM. Analisis Kinerja *Adaptive Data Rate* (ADR) dalam Meningkatkan Keandalan Transmisi dan Efisiensi Daya pada Jaringan LoRaWAN. Dibimbing oleh HERU SUKOCO dan SONY HARTONO WIJAYA.

LoRaWAN adalah protokol jaringan berdaya rendah dengan jangkauan luas sehingga ideal untuk aplikasi IoT di sektor pertanian. Salah satu fitur utama LoRaWAN adalah *Adaptive Data Rate* (ADR), yang menyesuaikan kecepatan data dan daya pancar untuk meningkatkan efisiensi transmisi. Penelitian ini menganalisis berbagai implementasi ADR dengan simulator FLoRa berbasis OMNeT++. Aspek yang diuji pada penelitian ini adalah *data extraction rate* (DER) dan *network energy consumption* (NEC). Skenario penelitian menggunakan kombinasi lingkungan *urban/suburban* dan variabilitas ideal/tipikal. Hasil penelitian menunjukkan algoritma ADR *default* memberikan keandalan transmisi yang tidak memuaskan terutama pada skenario dengan variabilitas tipikal. Pada penelitian ini penulis mengajukan algoritma ADR berbasis *reinforcement learning* yaitu dengan Q-Learning. Pendekatan Q-Learning memberikan hasil DER dan NEC yang lebih baik dari algoritma *default* ADR di setiap skenario yang diuji.

Kata kunci: *Adaptive Data Rate*, FLoRa, LoRaWAN, Q-Learning.

ABSTRACT

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM. Adaptive Data Rate (ADR) Performance Analysis in Improving Transmission Reliability and Power Efficiency in LoRaWAN Networks. Supervised by HERU SUKOCO and SONY HARTONO WIJAYA.

LoRaWAN is a low-power wide-area network protocol that is ideal for IoT applications in the agricultural sector. One of the key features of LoRaWAN is Adaptive Data Rate (ADR), which adjusts data rate and transmission power to improve transmission efficiency. This study analyzes various ADR implementations using the FLoRa simulator based on OMNeT++. The aspects evaluated in this research are the Data Extraction Rate (DER) and Network Energy Consumption (NEC). The simulation scenarios combine urban/suburban environments with ideal/typical variability. The results show that the default ADR algorithm provides unsatisfactory transmission reliability, especially in scenarios with typical variability. This study proposes a reinforcement learning-based ADR algorithm using Q-Learning. The Q-Learning approach yields better DER and NEC performance than the default ADR algorithm across all tested scenarios.

Keywords: *Adaptive Data Rate*, FLoRa, LoRaWAN, Q-Learning.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2025
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

ANALISIS KINERJA *ADAPTIVE DATA RATE* (ADR) DALAM MENINGKATKAN KEANDALAN TRANSMISI DAN EFISIENSI DAYA PADA JARINGAN LORAWAN

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Ilmu Komputer.

**PROGRAM SARJANA ILMU KOMPUTER
SEKOLAH SAINS DATA, MATEMATIKA, DAN INFORMATIKA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Hendra Rahmawan, S.Kom., M.T.

Judul Skripsi : Analisis Kinerja *Adaptive Data Rate* (ADR) dalam Meningkatkan Keandalan Transmisi dan Efisiensi Daya pada Jaringan LoRaWAN

Nama : Muhammad Luqman Hakim
NIM : G6401211094

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr.Eng. Heru Sukoco, S.Si., M.T.
NIP.19750713 200012 1 001

Pembimbing 2:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.
NIP.19810809 200812 1 002

Diketahui oleh

Ketua Program Sarjana Ilmu Komputer:

Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom.
NIP.19810809 200812 1 002

Tanggal Ujian:
7 Agustus 2025

Tanggal Lulus:

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Desember 2024 sampai bulan Mei 2025 ini ialah Analisis kinerja *Adaptive Data Rate*, dengan judul “Analisis Kinerja *Adaptive Data Rate* (ADR) dalam Meningkatkan Keandalan Transmisi dan Efisiensi Daya pada Jaringan LoRaWAN”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr.Eng. Heru Sukoco, S.Si., M.T. dan Dr. Sony Hartono Wijaya, S.Kom., M.Kom. yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Agustus 2025

Muhammad Luqman Hakim

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	X
DAFTAR LAMPIRAN	X
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Ruang Lingkup	2
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 LoRa	4
2.2 Parameter Transmisi LoRa	4
2.3 LoRaWAN	5
2.4 Adaptive Data Rate	6
2.5 FLoRa	9
2.6 Q-Learning	9
III METODE	11
3.1 Lingkungan Pengembangan	11
3.2 Tahapan Penelitian	11
3.3 Data Penelitian	12
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13
4.1 Analisis Kebutuhan dan Perancangan Skenario Pengujian	13
4.2 Implementasi ADR	16
4.3 Implementasi Skenario Pengujian	20
4.4 Pelatihan Qlearning-adr	23
4.5 Pengumpulan dan Analisis Data Simulasi	24
V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.1 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	37

DAFTAR TABEL

1	Perbandingan SF di berbagai metrik jaringan	4
2	<i>Sensitivity dari receiver LoRa SX1276 dalam satuan dBm</i>	5
3	<i>Data rate untuk region AS923</i>	6
4	TX Power untuk <i>region AS923</i>	7
5	SNR minimal yang dibutuhkan data rate untuk melakukan <i>decoding</i>	9
6	<i>Number of retransmission berdasarkan packet loss rate</i>	9
7	Algoritma ADR yang akan diuji	13
8	Parameter transmisi penelitian	14
9	Skenario lingkungan, variabilitas, dan parameter <i>path loss</i>	15
10	Skema pengujian	15
11	<i>Binning dari state SF, TP, dan SNR</i>	17
12	Konstanta <i>reward</i> dengan target SNR 10dB sampai 15dB	18
13	Konfigurasi utama pada file base.ini	20
14	Contoh konfigurasi tambahan pada file simulasi qlearning-adr dengan lingkungan <i>urban</i> tipikal dengan 100 node	21
15	Konfigurasi qlearning-adr yang digunakan pada pengujian	22
16	Deskripsi statistik dari <i>data extraction rate</i> hasil pengujian	26
17	Deskripsi statistik dari <i>network energy consumption</i> hasil pengujian	28

DAFTAR GAMBAR

1	Algoritma ADR <i>server default</i> the Things Network (2016)	7
2	<i>Cliff Walking Problem</i> Sutton dan Barto (2018)	10
3	<i>Flowchart</i> Metode Penelitian	11
4	Proporsi <i>state</i> SNR pada Q-table teragregasi	23
5	Hasil <i>data extraction rate</i> (DER) dari simulasi	25
6	Hasil <i>network energy consumption</i> (NEC) dari simulasi	27
7	Potongan Q-table pada skenario <i>suburban</i> ideal	30

DAFTAR LAMPIRAN

1	<i>Script</i> config_gen.py untuk menghasilkan file konfigurasi simulasi	34
2	<i>Script</i> config_gen_training.py: untuk menghasilkan file konfigurasi simulasi	35
3	Potongan <i>script</i> aggregate_qtable.py untuk agregasi qtable hasil pelatihan	36
4	<i>Script</i> scalar_parser.py untuk <i>parsing scalar</i> DER dan NEC dari file <i>scalar</i>	36

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.