

**MODEL *IMPROVED CLOUD RADIO ACCESS NETWORK*
BERBASIS *DEMAND RESPONSE* DAN INSENTIF
HETEROGEN DENGAN FUNGSI UTILITAS *STONE-GEARY***

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Studi Matematika**

Oleh :

ADINDA PUTRI RAMADHANY

NIM 08011282126038



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

**MODEL IMPROVED CLOUD RADIO ACCESS NETWORK
BERBASIS DEMAND RESPONSE DAN INSENTIF
HETEROGEN DENGAN FUNGSI UTILITAS STONE-GEARY**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Bidang Studi Matematika**

Oleh :

**ADINDA PUTRI RAMADHANY
NIM 08011282126038**

Pembimbing Pembantu



**Dr. Sisca Octarina, S.Si, M.Sc
NIP. 198409032006042001**

**Indralaya, 11 Maret 2025
Pembimbing Utama**



**Prof. Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si, M.Sc
NIP. 197510061998032002**

**Mengetahui,
Ketua Jurusan Matematika**



**Dr. Dian Cahyawati S. S.Si., M.Si.
NIP. 197303212000122001**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang beranda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Adinda Putri Ramadhany
NIM : 08011282126038
Jurusan : Matematika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 19 Maret 2025
Penulis



Adinda Putri Ramadhany
NIM. 08011282126038

LEMBAR PERSEMBAHAN

Motto

“Setiap Perjuangan Pastikan Ada Doa”

“Maka bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar”

[40:55]

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

- 1. Allah SWT**
- 2. Kedua Orang Tua**
- 3. Keluarga Besar**
- 4. Dosen dan Guru**
- 5. Sahabat dan Teman Seperjuangan**
- 6. Almamater**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan mengucapkan Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penyusunan skripsi yang berjudul “**Model Improved Cloud Radio Access Network Berbasis Demand Response dan Insentif Heterogen dengan Fungsi Utilitas Stone-Geary**” ini dapat berjalan dengan lancar dan baik pada waktunya. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Bidang Studi Matematika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Sehingga dengan segala hormat dan kerendahan hati mengucapkan terima kasih banyak kepada orang tua saya mama **Aini Fitri** dan papa **Rudi Haryanto** yang telah mendidik, mengajari, menasehati, memberi semangat, dan tidak pernah lelah berdoa yang terbaik untuk anaknya. Dan penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Ibu **Prof. Dr. Fitri Maya Puspita, S.Si., M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah bersedia membimbing dan menerima penulis menjadi salah satu anak bimbingan, meluangkan waktu, pikiran, memberikan kritikan, saran dan nasehat yang sangat berarti bagi penulis selama menyelesaikan skripsi ini.

2. Ibu **Dr. Sisca Octarina, S.Si, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing Pembantu yang telah bersedia membimbing, memberikan arahan, kritikan, saran dan nasihat, serta meluangkan waktu dan pikiran selama menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak **Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D** selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Ibu **Dr. Dian Cahyawati Sukanda, S.Si., M.Si** selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Ibu **Dr. Indrawati, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembahas-1 sekaligus Ketua Pelaksana seminar yang telah memberikan kritik, saran, dan tanggapan yang sangat membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
6. Ibu **Dr. Evi Yuliza, S.Si., M.Si** selaku Dosen Pembahas-2 yang telah memberikan kritik, saran, dan tanggapan yang sangat membantu sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
7. Bapak **Dr. Bambang Suprihatin, M.Si**, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu selama masa perkuliahan.
8. **Seluruh Dosen** di Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta pengalaman selama proses perkuliahan.
9. Bapak **Irwansyah** selaku Pegawai Tata Usaha Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya yang telah membantu penulis dalam proses administrasi selama masa perkuliahan.

10. **Nyai dan Mabh Putri** yang selama ini memberikan perhatian, kasih sayang, semangat, serta doa yang tidak hentinya mengalir demi kelancaran peneliti dalam menyelesaikan skripsi.
11. **Kakak Nanda dan adik Tata** yang selalu memberi dukungan dan doa bagi penulis.
12. **Keluarga besarku** yang selalu menyayangi, mendukung, memotivasi dan mendoakan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
13. Teman seperjuangan **Alyora Nasywa Sabrina** yang selalu bersedia menjadi teman, sahabat, pendengar yang baik, memberi semangat dan memotivasi selama masa masa perkuliahan serta bantuan yang telah dilewati bersama hingga tahap akhir perkuliahan.
14. Teman dalam penelitian, **Alya Dwi Shabila dan Dena Lutfia Hairunisa** yang telah membantu, memberikan semangat dan nasehat terhadap penulis.
15. Semua pihak yang terlibat dan tidak dapat dituliskan satu-persatu yang juga sudah memberikan banyak bantuan dan kontribusi selama proses perkuliahan.
Penulis berharap agar skripsi ini dapat menambah ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi semua yang membacanya.

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Indralaya, Februari 2025

Penulis

IMPROVED CLOUD RADIO ACCESS NETWORK OF DEMAND RESPONSE AND INSENTIF HETEROGEN WITH UTILITY FUNCTION STONE-GEARY

By :

ADINDA PUTRI RAMADHANY
08011282126038

ABSTRACT

The purpose of this research is to design and optimize a selfish user Cloud Radio Access Network (C-RAN) model based on demand response (DR) and heterogeneous incentives (HI) with a stone-geary utility function using three financing schemes namely flat fee, usage-based and two-part tariff. The data in this study is secondary data, namely traffic data which is divided into incoming data and outgoing data, obtained from a local server in Palembang. The optimal solution is obtained by determining the decision variables and parameters used in each case for all models, compiling the improved C-RAN model as many as 2 models, namely model I (C-RAN selfish user based on DR and HI with stone-geary utility function) and model II (C-RAN selfish user based on DR and HI with stone-geary utility function using bundling), determining the optimal solution and sensitivity analysis using LINGO 13.0 software. The optimal solution is obtained from model I with a flat fee scheme in case 2 of IDR 492,563/kbps with 1958 iterations. The results of the sensitivity analysis on the variable a_{km} which is worth ∞ , show an increase and decrease in the objective function coefficient, while the value 0 will be constant.

Keywords: C-RAN, *Selfish User*, *Demand Response*, Heterogeneous Incentives, *Stone-Geary*

MODEL *IMPROVED CLOUD RADIO ACCESS NETWORK* BERBASIS *DEMAND RESPONSE* DAN INSENTIF HETEROGEN DENGAN FUNGSI UTILITAS *STONE-GEARY*

Oleh :

**ADINDA PUTRI RAMADHANY
08011282126038**

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini untuk mendesain dan mengoptimasi model *Cloud Radio Acces Network* (C-RAN) *selfish user* berbasis *demand response* (DR) dan insentif heterogeny (IH) dengan fungsi utilitas *stone-geary* menggunakan tiga skema pembiayaan yaitu *flat fee*, *usage-based* dan *two-part tariff*. Data pada penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data *traffic* yang terbagi atas data masuk dan data keluar, didapat dari *server* lokal di Palembang. Solusi optimal diperoleh dengan menetapkan variabel keputusan dan parameter yang dipakai dalam setiap kasus untuk semua model, melakukan penyusunan model *improved* C-RAN sebanyak 2 model yaitu model I (C-RAN *selfish user* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *stone-geary*) dan model II (C-RAN *selfish user* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *stone-geary* menggunakan *bundling*), menentukan solusi optimal dan analisis sensitivitas menggunakan software LINGO 13.0. Solusi optimum diperoleh dari model I dengan skema *flat fee* pada kasus 2 sebesar Rp492.563/kbps dengan 1958 iterasi. Hasil analisis sensitivitas pada variabel a_{km} yang bernilai ∞ , menunjukkan adanya peningkatan dan penurunan pada koefisien fungsi tujuan, sedangkan yang bernilai 0 akan konstan.

Kata Kunci: C-RAN, *Selfish User*, *Demand Response*, Insentif Heterogen, *Stone-Geary*

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | ii |
| LEMBAR PERSEMBAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | v |
| ABSTRACT | viii |
| ABSTRAK | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Pembatasan Masalah..... | 5 |
| 1.4 Tujuan | 6 |
| 1.5 Manfaat | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| 2.1 <i>Internet Service Provider (ISP)</i> | 9 |
| 2.2 <i>Quality of Service (QoS)</i> | 9 |
| 2.3 <i>Cloud Radio Access Network (C-RAN)</i> | 10 |
| 2.4 <i>Model Selfish User</i> | 12 |
| 2.5 <i>Demand Response (DR)</i> | 14 |
| 2.6 <i>Insentif Heterogen (IH)</i> | 15 |
| 2.7 <i>Fungsi Utilitas Stone-Geary</i> | 16 |
| 2.8 <i>Optimasi Masalah Pengguna</i> | 17 |

| | |
|---|----|
| 2.9 Optimasi Masalah <i>Bundling</i> | 19 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 22 |
| 3.1 Tempat | 22 |
| 3.2 Waktu..... | 22 |
| 3.3. Metodologi Penelitian..... | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 24 |
| 4.1 Deskripsi Data <i>Traffic</i> | 24 |
| 4.2 Pendefinisian Parameter dan Variabel | 29 |
| 4.3 Penyusunan Model <i>Improved C-RAN Selfish User</i> Berbasis DR & IH..... | 34 |
| Berdasarkan Fungsi Utilitas <i>Stone-Geary</i> | 34 |
| 4.4 Penyusunan Model <i>Improved C-RAN Selfish User</i> DR & IH Berdasarkan | 37 |
| Fungsi Utilitas <i>Stone-Geary</i> dengan <i>Bundling</i> | 37 |
| 4.5 Penyusunan Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Pemakaian .. | 39 |
| Data..... | 39 |
| 4.6 Penyusunan Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Data | 41 |
| <i>Traffic Improved C-RAN Selfish User</i> Berbasis DR & IH dengan Fungsi | 41 |
| <i>Utilitas Stone Geary</i> (Model I) | 41 |
| 4.6.1 Kasus 1 (<i>L0</i> sebagai Konstanta dan <i>TL</i> sebagai Variabel) | 41 |
| 4.6.2 Kasus 2 (<i>L0</i> dan <i>TL</i> sebagai Konstanta)..... | 46 |
| 4.6.3 Kasus 3 (<i>L0</i> sebagai Variabel dan <i>TL</i> sebagai Konstanta) | 51 |
| 4.6.4 Kasus 4 (<i>L0</i> dan <i>TL</i> sebagai Variabel)..... | 56 |
| 4.7 Penyusunan Model Skema Pembiayaan Internet Berdasarkan Data | 61 |
| <i>Traffic Improved C-RAN Selfish User</i> Berbasis DR & IH dengan Fungsi | 61 |
| <i>Utilitas Stone Geary</i> Menggunakan <i>Bundling</i> (Model II) | 61 |

| | |
|---|----|
| 4.7.1 Kasus 1 (<i>L0</i> sebagai Konstanta dan <i>TL</i> sebagai Variabel) | 61 |
| 4.7.2 Kasus 2 (<i>L0</i> dan <i>TL</i> sebagai Konstanta) | 65 |
| 4.7.3 Kasus 3 (<i>L0</i> sebagai Variabel dan <i>TL</i> sebagai Konstanta) | 66 |
| 4.7.4 Kasus 4 (<i>L0</i> dan <i>TL</i> sebagai Variabel) | 67 |
| 4.8 Solusi Optimal dan Nilai-Nilai Variabel Model I <i>Improved C-RAN</i> | 68 |
| 4.9 Solusi Optimal dan Nilai-Nilai Variabel Model II <i>Improved C-RAN</i> | 72 |
| 4.10 Nilai Variabel Keputusan Model <i>Improved C-RAN</i> (Model I) | 76 |
| 4.11 Nilai Variabel Keputusan Model <i>Improved C-RAN</i> (Model II) | 84 |
| 4.12 Analisis Sensitivitas Pada Model I dengan <i>Software LINGO 13.0</i> | 89 |
| 4.13 Analisis Sensivifitas Pada Model II dengan <i>Software LINGO 13.0</i> | 91 |
| 4.14 Rekapitulasi Perbandingan Solusi Optimal Model Skema Pembiayaan | 93 |
| Internet | 93 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 95 |
| 5.1 Kesimpulan | 95 |
| 5.2 Saran | 96 |
| DAFTAR PUSTAKA | 97 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data Treffic Sisfo Jam Sibuk | 24 |
| Tabel 4.2 Data Traffic Sisfo Jam Tidak Sibuk..... | 25 |
| Tabel 4.3 Data Traffic Sisfo Dibentuk Menjadi 24 Data ($\geq 29.281,084$ kbps)..... | 27 |
| Tabel 4.4 Data Traffic Sisfo Untuk Jam Sibuk dan Jam Tidak Sibuk | 28 |
| Tabel 4.5 Parameter Model C-RAN Selfish User | 30 |
| Tabel 4.6 Variabel Model C-RAN Selfish User | 30 |
| Tabel 4.7 Parameter Model Original Bundling..... | 31 |
| Tabel 4.8 Variabel Keputusan Model <i>Original Bundling</i> | 31 |
| Tabel 4.9 Nilai-Nilai Parameter Pada Data Traffic Sisfo | 31 |
| Tabel 4.10 Nilai Parameter Model C-RAN..... | 33 |
| Tabel 4.11 Niali Parameter yang Dipakai pada Skema Pembiayaan | 33 |
| Tabel 4.12 Nilai Parameter untuk Model DR | 33 |
| Tabel 4.13 Nilai-Nilai Parameter yang Digunakan pada Model Original | 34 |
| Tabel 4.14 Nilai Parameter pada Model Selfish User..... | 40 |
| Tabel 4.15 Solusi Optimal Model I pada Kasus 1 | 69 |
| Tabel 4.16 Solusi Optimal Model I pada Kasus 2 | 70 |
| Tabel 4.17 Solusi Optimal Model I pada Kasus 3 | 71 |
| Tabel 4.18 Solusi Optimal Model I pada Kasus 4 | 72 |
| Tabel 4.19 Solusi Optimal Model II pada Kasus 1 | 73 |
| Tabel 4.20 Solusi Optimal Model II pada Kasus 2 | 74 |
| Tabel 4.21 Solusi Optimal Model II pada Kasus 3 | 75 |
| Tabel 4.22 Solusi Optimal Model II pada Kasus 4 | 76 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.23 Niali Variabel Keputusan Model I Pada Kasus 1 dan Kasus 2..... | 77 |
| Tabel 4.24 Niali Variabel Keputusan Model I Pada Kasus 3 dan Kasus 4..... | 80 |
| Tabel 4.25 Niali Variabel Keputusan Model II Pada Kasus 1 dan Kasus 2..... | 84 |
| Tabel 4.26 Niali Variabel Keputusan Model II Pada Kasus 3 dan Kasus 4..... | 87 |
| Tabel 4.27 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model I Berdasarkan Skema | 89 |
| Tabel 4.28 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model I Berdasarkan Skema | 90 |
| Tabel 4.29 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model I Berdasarkan Skema | 90 |
| Tabel 4.30 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model II Berdasarkan Skema | 91 |
| Tabel 4.31 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model II Berdasarkan Skema | 92 |
| Tabel 4.32 Hasil Analisis Sensitivitas pada Model II Berdasarkan Skema | 92 |
| Tabel 4.33 Rekapitulasi Perbandingan Solusi Optimal | 93 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini teknologi komunikasi berkembang sangat cepat, terutama internet. Internet adalah jaringan komunikasi yang memiliki fungsi untuk menghubungkan satu media elektronik ke yang lain dengan cepat dan tepat (Nurajizah *et al.*, 2020). Semua orang menggunakan internet untuk memenuhi kebutuhan layanan informasi dan sebagainya. Oleh karena itu, dengan meningkatnya kebutuhan akan internet, kualitas layanan juga harus ditingkatkan. Sebagai penyedia layanan, internet memiliki *Internet Service Provider* (ISP) (Dahanum & Zebua, 2017). ISP sebagai perusahaan penyedia harus mampu memberikan kualitas layanan atau *Quality of Service* (QoS) terbaik kepada pengguna, sehingga bermanfaat bagi ISP dan pengguna internet (Dai *et al.*, 2018). QoS ditetapkan sebagai kepuasan pengguna, sehingga akses internet tidak hanya dipengaruhi oleh kinerja jaringan tetapi juga dipengaruhi oleh kinerja layanan dari penyedia layanan. Menurut Utami (2020), QoS mengacu pada kemampuan jaringan untuk memberikan layanan yang lebih baik dalam lalu lintas jaringan tertentu melalui teknologi yang berbeda.

Menurut Mahmoodi & Jiang (2016), *Quality of Experience* (QoE) dalam manajemen mengutamakan keahlian kualitas layanan sebagai penyedia layanan dengan tujuan yang optimal agar kepuasan pengguna atau QoS terpenuhi. Menurut Mahmoodi & Jiang (2016) model yang paling tepat untuk mengurangi kekhawatiran pengguna tentang layanan internet adalah model *Selfish User*, karena dapat secara akurat mengukur kekhawatiran pengguna tentang layanan internet

secara optimal. Ketidakpastian pelanggan dalam memilih suatu layanan menjadi pertimbangan penting bagi penyedia jasa layanan dalam memasarkan suatu produk layanan. Menurut Puspita *et al.* (2020), strategi yang dilakukan untuk meningkatkan keuntungan karena memanfaatkan metode berupa penggabungan atau kombinasi dari layanan-layanan yang ada, sehingga dapat diambil layanan yang memberikan keuntungan maksimal adalah strategi *bundling*.

Bundling merupakan suatu paket barang atau jasa yang dapat digabungkan jadi satu paket dengan harga yang lebih optimal, metode ini juga efisien untuk mencapai tujuan bisnis dan telah terbukti di banyak industri (Fang *et al.*, 2017). *Bundling* dianggap sebagai peluang untuk meningkatkan pendapatan karena dapat mengekstrak surplus konsumen dari pelanggan yang heterogen. Model *bundling* juga menggunakan fungsi utilitas. Fungsi utilitas dapat diartikan dengan mempertimbangkan tingkat kepuasan pengguna layanan yang dapat memberikan informasi kepada ISP dalam meningkatkan kualitas layanan sehingga dapat mencapai target bagi pengguna yang akan menggunakan layanan dari *provider* tersebut (Indrawati *et al.*, 2021).

Fungsi utilitas terkait dengan kesediaan pengguna untuk layanan internet (Indrawati *et al.*, 2017). Fungsi utilitas yang digunakan pada penelitian ini yaitu fungsi utilitas *Stone-Geary* yang bertujuan untuk mengukur tingkat kepuasan pengguna layanan informasi dengan mengoptimalkan keuntungan bagi pengguna (Gaudin *et al.*, 2001), dimana fungsi utilitas ini masih jarang dipakai dalam penelitian model *Dynamic Spectrum Management* (DSM).

Teknik untuk mengurangi efek dari *crosstalk* yang berpengaruh dalam kinerja terbaik dapat disebut dengan DSM (Gizelis & Vergados, 2011). Dalam memaksimalkan kepuasan pengguna, 3 skema penetapan harga dapat ditentukan, yaitu *flat-fee*, *usage-based*, and *two-part tariff* (Puspita *et al.*, 2022). *Flat-fee* adalah harga internet yang telah ditentukan setiap bulan, *usage-based* adalah harga internet dimana pembayarannya adalah berapa banyak akses internet yang digunakan, *two-part tariff* adalah harga internet dimana harga dan akses internet dibatasi sesuai dengan keinginan pengguna (Wu & Banker, 2010). Menurut Sihombing *et al.* (2019), ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk pembangkitan daya listrik salah satunya yaitu *Demand Response* (DR).

DR mengacu pada perubahan penggunaan listrik oleh pengguna akhir dari pola konsumsi pengguna normal sebagai respons terhadap perubahan harga listrik dari waktu ke waktu, atau pembayaran insentif yang dirancang untuk mendorong penggunaan listrik yang lebih rendah pada saat harga pasar internet tinggi atau ketika keandalan sistem terancam (Siano, 2014). Memanfaatkan *Insentif Heterogen* (IH) juga diperlukan ketika menggunakan internet. IH merupakan suatu layanan yang ditetapkan sedemikian rupa sehingga pengguna tidak mempunyai intensi yang beda ketika membayar layanan tersebut (Bonjean, 2019). Menurut Rodoshi *et al.* (2020), model *Cloud Radio Access Network* (C-RAN) adalah arsitektur jaringan sensor nirkabel seluler untuk mengatasi tantangan lalu lintas data seluler dan biaya jaringan yang terus meningkat.

Beberapa konsep arsitektur jaringan digunakan dalam C-RAN, termasuk *Remote Radio Head* (RRH), merupakan perangkat pemrosesan peralatan radio yang

digunakan untuk mengawasi masalah jaringan (Indrawati *et al.*, 2017). *Remote User Equipment* (RUE) adalah perangkat yang memungkinkan pengguna untuk terhubung ke jaringan, seperti *laptop*, ponsel, atau perangkat lainnya. *Resource Block* (RB) adalah satuan daya transmisi yang digunakan untuk mempercepat pengiriman data ke pengguna. Peningkatan RB mengindikasikan bahwa pengguna layanan internet mendapatkan kecepatan data yang lebih cepat. Di sisi lain, model C-RAN diharapkan menjadi salah satu teknologi kunci dalam pengembangan jaringan nirkabel 4G dan masa depan dengan skema penetapan harga yang diusulkan.

Sebuah model yang melibatkan C-RAN yang dikombinasikan dengan model *Improved C-RAN Selfish User* berbasis DR dan IH berdasarkan fungsi utilitas *Stone-Geary* dipecahkan sebagai masalah pemodelan matematis dirancang untuk mencari kinerja terbaik jaringan dan ISP. Penelitian ini mengembangkan model dan hasil penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Perawati (2024) dimana model C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary* menggunakan *bundling* dengan skema pembiayaan *flat-fee*, *usage-based*, dan *two-part tariff* untuk mengutamakan tingkat kepuasan penggunaan. Selain itu, analisis sensitivitas dilakukan untuk meminimalkan pengaruh perubahan variabel terhadap fungsi tujuan. Diharapkan bahwa model yang dikembangkan akan menunjukkan bagaimana menggunakan fungsi utilitas untuk memaksimalkan keuntungan penyedia layanan. Model yang dikembangkan dapat memverifikasi bahwa fungsionalitas yang dievaluasi dapat menghasilkan manfaat maksimal bagi ISP dan memvalidasi model dengan memeriksa apakah kemampuan pengenalan ISP

dapat mencapai keuntungan terbesar, melakukan analisis sensitivitas, dan menentukan perubahan pada tujuan fungsi target.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memformulasikan model C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary* dengan *bundling* dan mengoptimasi permasalahan pemakaian *bandwidth* konsumen dengan skema pembiayaan *flat-fee*, *usage-based*, dan *two-part tariff*.
2. Bagaimana perbandingan pada solusi optimal menggunakan *software* LINGO 13.0 antara Model I (C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary*), Model II (C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary* menggunakan *bundling*) dengan skema pembiayaan *flat-fee*, *usage-based*, dan *two-part tariff*.
3. Bagaimana interval perubahan nilai variabel pada koefisien fungsi tujuan sehingga solusi tetap optimal melalui analisis sensitivitas menggunakan *software* LINGO 13.0.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini masalah dibatasi pada:

1. Penerapan RUE pada RRH sejumlah 3 RUE.
2. Penerapan RUE pada RB sejumlah 3 RUE.
3. Penerapan server pada RB sejumlah 2 server.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini yaitu:

1. Memformulasikan model C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary* dengan *bundling* dan mengoptimasi persoalan konsumsi *bandwidth* konsumen dengan tiga skema pembiayaan yaitu *flat-fee*, *usage-based*, dan *two-part tariff*.
2. Membandingkan solusi optimal menggunakan *software* LINGO 13.0 antara Model I dan Model II dengan tiga skema pembiayaan menggunakan *software* LINGO 13.0.
3. Mengetahui interval perubahan nilai variabel koefisien fungsi tujuan sehingga solusi tetap optimal melalui analisis sensitivitas menggunakan *software* LINGO 13.0.

1.5 Manfaat

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut :

1. Dapat menjadi referensi bagi peneliti lain dalam melakukan penelitian pengoptimalan pembiayaan jaringan internet.
2. Dapat menjadi referensi bagi ISP serta mampu memperbaiki dan memaksimalkan QoS dalam memilih model pembiayaan internet dengan model C-RAN *Selfish User* berbasis DR dan IH dengan fungsi utilitas *Stone-Geary* dengan *bundling* berdasarkan tiga skema pembiayaan yang telah diselesaikan secara optimasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonjean, I. (2019). Heterogeneous incentives for innovation adoption: The price effect on segmented markets. *Food Policy*, 87(October 2018), 101741.
- Dahanum, I., & Zebua, T. (2017). Komik (Konferensi Nasional Teknologi Informasi Dan Komputer) Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Internet Service Provider Menerapkan Metode Elimination And Choice Translation Reality (Electre). *I*, 248–255.
- Dai, H., Huang, Y., Wang, J., & Yang, L. (2018). Resource optimization in heterogeneous cloud radio access networks. *IEEE Communications Letters*, 22(3), 494–497.
- Dharmaratna, D., & Harris, E. (2012). Estimating Residential Water Demand Using the Stone-Geary Functional Form: The Case of Sri Lanka. *Water Resources Management*, 26(8), 2283–2299.
- Fang, Y., Sun, L., & Gao, Y. (2017). Bundle-Pricing Decision Model for Multiple Products. *Procedia Computer Science*, 112, 2147–2154.
- Fazeldehkordi, E., Amiri, I. S., & Akanbi, O. A. (2016). Literature Review. In *A Study of Black Hole Attack Solutions*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-805367-6.00002-8>
- Gaudin, S., Griffin, R. C., & Sickles, R. C. (2001). Demand specification for municipal water management: Evaluation of the stone-geary form. *Land Economics*, 77(3), 399–422.
- Gizelis, C. A., & Vergados, D. D. (2011). A survey of pricing schemes in wireless networks. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, 13(1), 126–145.
- 2018). Demand Response Modeling in Microgrid Operation: a Review and Application for Incentive-Based and Time-Based Programs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94(August 2017), 486–499.
- Indrawati, Irmeilyana, Puspita, F. M., & Lestari, M. P. (2014). Cobb-Douglass utility function in optimizing the internet pricing scheme model. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 12(1), 227–240.
- Indrawati, Puspita, F. M., Erlita, S., & Nadeak, I. (2017). Optimasi Model Cloud Radio Access Network (C-Ran) pada Efisiensi Konsumsi Bandwidth dalam Jaringan. *Prosiding Annual Research Seminar 2017 Computer Science and ICT, Universitas Sriwijaya, Palembang*, 3(1), 117–120.
- Indrawati, Puspita, F. M., Resmadona, Yuliza, E., Dwipurwani, O., & Octarina, S. (2021). Analysis of Information Service Pricing Scheme Model Based on Customer Self-Selection. *Science and Technology Indonesia*, 6(4), 337–343.

- Indrawati, Puspita, F. M., Wahyuni, D., Yuliza, E., & Dwipurwani, O. (2021). Improved cloud radio access network based fair network model in internet pricing. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(2), 968–975.
- Mahmoodi, T., & Jiang, M. (2016). Traffic Management in 5G Mobile Networks: Selfish Users and Fair Network. *Transactions on Networks and Communications*, 4(1).
- Nurajizah, S., Ambarwati, N. A., & Muryani, S. (2020). Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Internet Service Provider Terbaik Dengan Metode Analytical Hierarchy Process. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi)*, 6(3), 231–238.
- Peng, M., Zhang, K., Jiang, J., Wang, J., & Wang, W. (2015). Energy-Efficient Resource Assignment and Power Allocation in Heterogeneous Cloud Radio Access Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 64(11), 5275–5287.
- Perawati, R., Nainggolan, B. R. (2024). Model Skema Pembiayaan Improved Dynamic Spectrum Dan Traffic Management Berbasis Demand Response Dengan Fungsi Utilitas Model Skema Pembiayaan Improved Dynamic Spectrum Dan Traffic Management Berbasis Demand Response Dengan Fungsi Utilitas.
- Puspita, F. M., Wahyuni, D., Indrawati, Yuliza, E., & Dwipurwani, O. (2020). Fair Network Optimization with the Cellular Network Traffic Management Model Using Lingo 13.0. *172(Siconian 2019)*.
- Puspita, F. M., Yuliza, E., Rezky, B. J., Simarmata, A. N. Y., & Hartono, Y. (2020). The improved model of incentive-pricing of internet schemes for Cobb-Douglas utility function by using LINGO 13.0. *Journal of Physics: Conference Series*, 1663(1), 0–9.
- Puspita, F. M., Arda, S., Sitepu, R., Yunita, Yuliza, E., Octarina, S., & Yahdin, S. (2022). Validation of Improved Dynamic Spectrum and Traffic Management Models of Internet Pricing of Fair DSL-LTE Multiple QoS Network. *Science and Technology Indonesia*, 7(1), 49–57.
- Puspita, F. M., Wulandari, A., Yuliza, E., Sitepu, R., & Yunita. (2020). Modification of Wireless Reverse Charging Scheme with Bundling Optimization Issues. *2020 3rd International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems, ISRITI 2020*, 556–561.
- Rahmani-Andebili, M. (2016). Modeling nonlinear incentive-based and price-based demand response programs and implementing on real power markets. *Electric Power Systems Research*, 132, 115–124.

- Rodoshi, R. T., Kim, T., & Choi, W. (2020). Resource management in cloud radio access network: Conventional and new approaches. *Sensors (Switzerland)*, 20(9), 1–32.
- Sari, B. (2014). Diktat Bahan Ajar Matematika Ekonomi Dan Bisnis. In *Mitra Wacana Media*.
- Siano, P. (2014). Demand response and smart grids - A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 461–478.
- Sihombing, Z. M., Wibowo, R. S., & Aryani, N. K. (2019). Dynamic Economic Dispatch Mempertimbangkan Demand Response Menggunakan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2).
- Utami, P. R. (2020). Analisis Perbandingan Quality of Service Jaringan Internet Berbasis Wireless Pada Layanan Internet Service Provider (Isp) Indihome Dan First Media. *Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa*, 25(2), 125–137.
- Wu, S. Y., & Banker, R. D. (2010). Best pricing strategy for information services. *Journal of the Association for Information Systems*, 11(6), 339–366.
- Wu, S. Y., Hitt, L. M., Chen, P. Y., & Anandalingam, G. (2008). Customized bundle pricing for information goods: A nonlinear mixed-integer programming approach. *Management Science*, 54(3), 608–622.