

SKRIPSI

**ANALISIS VARIASI SISTEM KENDALI DAYA
TERDISTRIBUSI DCPC, HDCPC, DAN GDCPC PADA
JARINGAN *CO-TIER FEMTOCELL***

***ANALYSIS OF DISTRIBUTED POWER CONTROL SYSTEM
VARIATIONS IN DCPC, HDCPC, AND GDCPC FOR CO-TIER
FEMTOCELL NETWORKS.***



Disusun oleh:

Fatur Rahman Harahap

20101164

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

SKRIPSI

**ANALISIS VARIASI SISTEM KENDALI DAYA
TERDISTRIBUSI DCPC, HDCPC, DAN GDCPC PADA
JARINGAN *CO-TIER FEMTOCELL***

***ANALYSIS OF DISTRIBUTED POWER CONTROL SYSTEM
VARIATIONS IN DCPC, HDCPC, AND GDCPC FOR CO-TIER
FEMTOCELL NETWORKS.***



Disusun oleh:

Fatur Rahman Harahap

20101164

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

**ANALISIS VARIASI SISTEM KENDALI DAYA
TERDISTRIBUSI DCPC, HDCPC, DAN GDCPC PADA
JARINGAN *CO-TIER FEMTOCELL***

***ANALYSIS OF DISTRIBUTED POWER CONTROL SYSTEM
VARIATIONS IN DCPC, HDCPC, AND GDCPC FOR CO-TIER
FEMTOCELL NETWORKS***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik (S.T)
di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2024**

Disusun oleh:
**Fatur Rahman Harahap
20101164**

Dosen Pembimbing:

**Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T, M.Eng
Khoirun Ni'amah, S.T, M.T**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS VARIASI SISTEM KENDALI DAYA TERDISTRIBUSI DCPC,
HDCPC, DAN GDCPC PADA JARINGAN CO-TIER FEMTOCELL**

**ANALYSIS OF DISTRIBUTED POWER CONTROL SYSTEM VARIATIONS
IN DCPC, HDCPC, AND GDCPC FOR CO-TIER FEMTOCELL NETWORKS**

Disusun oleh:

Fatur Rahman Harahap

20101164

Telah dipertanggungjawabkan dihadapan Tim Penguji pada tanggal 13 Februari 2024

Tim Pembimbing

Pembimbing Utama : Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T, M.Eng

NIDN. 0604097801

Pembimbing Pendamping : Khoirun Ni'amah, S.T, M.T

NIDN. 0619129301

Penguji 1 : Dr. Alfin Hikmaturokhan, S.T., M.T.

NIDN. 0621087801

Penguji 2 : Petrus Kerowe Goran, S.T., M.T.

NIDN. 0620018502



Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi

Institut Teknologi Telkom Purwokerto



Prasetyo Yudiantoro, S.T., M.T.

NIDN. 0600079201

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **FATUR RAHMAN HARAHAHAP**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“ANALISIS VARIASI SISTEM KENDALI DAYA TERDISTRIBUSI DCPC, HDCPC, DAN GDCPC PADA JARINGAN CO-TIER FEMTOCELL”** adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuali melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menerima resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.

Purwokerto, 26 Februari 2024

Yang menyatakan,



(Fatur Rahman Harahap)

PRAKATA

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Variasi Sistem Kendali Daya Terdistribusi DCPC, HDCPC, dan GDCPC pada Jaringan Co-tier Femtocell”**. Penulisan skripsi ini sebagai salah satu syarat kelulusan dalam menempuh pendidikan sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro (FTTE), Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan nikmat dan hidayahnya.
2. keluarga yang selalu meberikan semangat dan mendoakan.
3. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T, M.Eng selaku pembimbing 1.
4. Ibu Khoirun Ni’amah, S.T, M.T. selaku pembimbing 2.
5. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T, M.T selaku Ketua program studi S1 Teknik Telekomunikasi.
6. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom., M.T. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
7. Seluruh dosen program studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
8. Afnan Syam Mediawan T karena telah mau menjelaskan skripsinya pada saya tentang DPC. Angel, Cornel, Irham, Eja, Kiki, Aresh karena ngajak saya main terus saat jenuh skripsian.
9. Zakiy Setiawan telah memfasilitasi printer buat saya dan seluruh teman serta kerabat dari mahasiswa/i Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Purwokerto, 26 Februari 2024

(Fatur Rahman Harahap)

ABSTRAK

Jaringan komunikasi nirkabel mengalami pertumbuhan pesat khususnya *smartphone*, tetapi sumber daya jaringan semakin terbatas terutama di lingkungan *indoor*. Femtocell adalah jaringan seluler kecil namun lebih efisien secara spektrum. Namun, *Femtocell* dengan pengguna terdistribusi menciptakan masalah kendali daya terdistribusi (DPC), memengaruhi daya secara signifikan dan menciptakan interferensi pada jaringan utama. Penelitian ini membahas Metode *Distributed Power Control* (DPC) untuk mengoptimalkan konsumsi daya pengguna dalam jaringan *Co-tier Femtocell*, termasuk variasi seperti *Distributed Constrained Power Control* (DCPC), *Half Distributed Constrained Power Control* (HDCPC), dan *Generalized Distributed Constrained Power Control* (GDCPC). Penelitian menganalisis sistem semi fisibel dimana beberapa daya pengguna telah konvergen tetapi melebihi batas daya maksimal sebesar 50 mW, mempertimbangkan parameter seperti jumlah pengguna, jarak, *channel* yang digunakan, nilai daya maksimal, *power vector non-negative*, *Signal-to-Interference-Noise Ratio* (SINR), dan nilai matriks link gain. Hasil dari penelitian ini, jarak dan penggunaan *channel* mempengaruhi kondisi fisibilitas: fisibel, semi fisibel, dan tidak fisibel. Variasi DPC diterapkan pada kondisi semi fisibel, HDCPC lebih efektif dari DCPC karena penggunaan daya lebih efisien dengan SINR hampir sama, dan lebih mudah diimplementasikan daripada GDCPC karena tidak memerlukan penonaktifan pengguna saat daya melebihi batas maksimal. Variasi DPC dapat mengubah kondisi daya dan SINR dari tidak konvergen menjadi konvergen di bawah atau sama dengan daya maksimal.

Kata kunci: *Distributed Power Control, Femtocell, indoor, smartphone, spektrum.*

ABSTRACT

The wireless communication network has experienced rapid growth, particularly with the proliferation of smartphones, yet network resources are becoming increasingly constrained, especially in indoor environments. Femtocell represents a small-scale cellular network solution that is more spectrum-efficient. However, Femtocell with distributed users poses challenges in distributed power control (DPC), significantly impacting power consumption and creating interference in the main network. This study discusses the Distributed Power Control (DPC) Method to optimize user power consumption in Co-tier Femtocell networks, encompassing variations such as Distributed Constrained Power Control (DCPC), Half Distributed Constrained Power Control (HDCPC), and Generalized Distributed Constrained Power Control (GDCPC). The research analyzes a semi-feasible system where some user powers have converged but exceed the maximum power limit by 50 mW, considering parameters such as the number of users, distance, channels used, maximum power value, non-negative power vector, Signal-to-Interference-Noise Ratio (SINR), and link gain matrix value. The results of this study indicate that distance and channel usage affect feasibility conditions: feasible, semi-feasible, and infeasible. DPC variations are applied to semi-feasible conditions; HDCPC proves more effective than DCPC due to its more efficient power usage with nearly the same SINR, and it is easier to implement than GDCPC as it does not require user deactivation when power exceeds the maximum limit. DPC variations can transform power and SINR conditions from non-convergence to convergence below or equal to the maximum power.

Keywords: *Distributed Power Control, Femtocell, indoor, smartphone, spectrum.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II.....	6
LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Tinjauan Pustaka.....	6
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 <i>Femtocell</i>	8

2.2.2	<i>Interference Femtocell</i>	9
2.2.3	<i>Power Control</i>	12
2.2.4	<i>Uplink Power Control</i>	13
2.2.5	<i>Klasifikasi Power Control</i>	14
2.2.6	<i>Distributed Power Control (DPC)</i>	14
2.2.7	<i>Fisibilitas Distributed Power Control</i>	15
2.2.8	<i>Konvergensi Distributed Power Control</i>	17
2.2.9	<i>Modulasi</i>	18
2.2.10	<i>Distributed Constrained Power Control (DCPC)</i>	19
2.2.11	<i>Half Distributed Constrained Power Control (HDCPC)</i>	20
2.2.12	<i>Generalized Distributed Constrained Power Control (GDCPC)</i> ..	20
BAB III		22
METODE PENELITIAN		22
3.1	Metode Penelitian	22
3.2	Alur Penelitian	22
3.3	Alur Penelitian DPC	24
3.4	Alur Penelitian DCPC	26
3.5	Alur Penelitian HDCPC	28
3.6	Alur Penelitian GDCPC	30
3.7	Pembangkitan Data <i>User</i> dan <i>Channel</i>	32
3.8	Penentuan <i>User</i>	32
3.9	Uji Fisibilitas.....	32
3.10	Uji Konvergensi.....	33
3.11	Pemodelan Sistem.....	33
3.12	Skema multi- <i>channel 5 User</i>	34
3.13	Skema multi- <i>channel 10 User</i>	35

3.14	Parameter Simulasi	36
BAB IV	.....	37
HASIL DAN PEMBAHASAN	.....	37
4.1	Topologi Jaringan	37
4.1.1	Topologi Jaringan fisibel	37
4.1.2	Topologi Jaringan Semi Fisibel	38
4.1.3	Topologi Jaringan tidak fisibel	40
4.2	Sistem Fisibel	40
4.2.1	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 5 user SINR target 6,8 dB	41
4.2.2	Pengujian <i>power vector</i> skema 5 user SINR target 6,8 dB	43
4.2.3	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 5 user SINR target 9,9 dB	43
4.2.4	Pengujian <i>power vector</i> skema 5 user SINR target 9,9 dB	46
4.2.5	Uji konvergensi skema 5 user SINR target 6,8 dB dan 9,9 dB	46
4.2.6	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 10 user SINR target 6,8 dB	50
4.2.7	Pengujian <i>power vector</i> skema 10 user SINR target 6,8 dB	52
4.2.8	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 10 user SINR target 9,9 dB	53
4.2.9	Pengujian <i>power vector</i> skema 10 user SINR target 9,9 dB	56
4.2.10	Uji konvergensi skema 10 user SINR target 6,8 dB dan 9,9 dB ...	57
4.3	Sistem Semi Fisibel	61
4.3.1	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 5 user SINR target 6,8 dB	61
4.3.2	Pengujian <i>power vector</i> skema 5 user SINR target 6,8 dB	63
4.3.3	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 5 user SINR target 9,9 dB	64
4.3.4	Pengujian <i>power vector</i> skema 5 user SINR target 9,9 dB	66
4.3.5	Uji konvergensi daya dan SINR 5 user SINR target 6,8 dB	67
4.3.6	Uji konvergensi daya dan SINR 5 user SINR target 9,9 dB	74
4.3.7	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 10 user SINR target 6,8 dB	81

4.3.8	Pengujian <i>power vector</i> skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB	84
4.3.9	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB	84
4.3.10	Pengujian <i>power vector</i> skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB	87
4.3.11	Uji konvergensi daya dan SINR 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB	88
4.3.12	Uji konvergensi daya dan SINR 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB	96
4.4	Sistem Tidak Fisibel	103
4.4.1	Pengujian <i>eigenvalue</i> pada skema 5 <i>user</i> SINR target 6,8 dB	104
4.4.2	Pengujian <i>power vector</i> skema 5 <i>user</i> SINR target 6,8 dB.....	106
4.4.3	Uji konvergensi daya dan SINR 5 <i>user</i> SINR target 6,8 dB.....	106
BAB V	.....	108
PENUTUP	.....	108
5.1	KESIMPULAN.....	108
5.2	SARAN	108
DAFTAR PUSTAKA	.....	109
LAMPIRAN	.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Topologi Jaringan <i>Femtocell</i>	9
Gambar 2. 2 Topologi Inteferensi <i>Cross-tier</i> Jaringan <i>Femtocell</i>	10
Gambar 2. 3 Topologi Interferensi <i>Co-tier</i> Jaringan <i>Femtocell</i>	11
Gambar 2. 4 Klasifikasi <i>Power Control</i>	14
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	23
Gambar 3. 2 Alur Penelitian Metode DPC	25
Gambar 3. 3 Alur penelitian DCPC	27
Gambar 3. 4 Alur penelitian HDCPC	29
Gambar 3. 5 Alur penelitian GDCPC	31
Gambar 3. 6 Model Sistem Jaringan <i>Femtocell</i>	33
Gambar 3. 7 Skema <i>Channel</i> pada 5 <i>user</i>	34
Gambar 3. 8 Skema <i>Channel</i> Untuk 10 <i>User</i>	35
Gambar 4. 1 Topologi Jaringan skema 5 dan 10 <i>User</i> fisibel	37
Gambar 4. 2 Topologi Jaringan Skema 5 dan 10 <i>User</i> Semi Fisibel	38
Gambar 4. 3 Topologi Jaringan skema 5 <i>User</i> tidak fisibel	40
Gambar 4. 4 Iterasi Daya dan SINR pada skema 5 <i>User</i> SINR 6,8 dB	48
Gambar 4. 5 Iterasi Daya dan SINR pada skema 5 <i>User</i> SINR target 9,9 dB.....	49
Gambar 4. 6 Iterasi daya pada skema 10 <i>User</i> SINR target 6,8 dB	59
Gambar 4. 7 Iterasi daya dan SINR pada skema 10 <i>User</i> SINR target 9,9 dB	60
Gambar 4. 8 Konvergensi Daya dan SINR skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB semifisibel.....	67
Gambar 4. 9 konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB DCPC.....	69
Gambar 4. 10 konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB DCPC.	69
Gambar 4. 11 Konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB HDCPC. 70	
Gambar 4. 12 Konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB HDCPC. 71	
Gambar 4. 13 Konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB GDCPC. 72	
Gambar 4. 14 Konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 6,8 dB GDCPC. 72	
Gambar 4. 15 Konvergensi Daya dan SINR skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB semifisibel.....	74
Gambar 4. 16 Konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB DCPC....	76
Gambar 4. 17 Konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB DCPC... 76	

Gambar 4. 18 Konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB HDCPC.	77
Gambar 4. 19 Konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB HDCPC.	78
Gambar 4. 20 Konvergensi Daya skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB GDCPC.	79
Gambar 4. 21 Konvergensi SINR skema lima <i>user</i> SINR target 9,9 dB GDCPC.	79
Gambar 4. 22 Konvergensi daya skema sepuluh <i>user</i> SINR target 6,8 dB semifisibel	88
Gambar 4. 23 Konvergensi Daya skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB DCPC.	90
Gambar 4. 24 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB DCPC.	90
Gambar 4. 25 Konvergensi daya skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB HDCPC.	91
Gambar 4. 26 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB HDCPC. ..	92
Gambar 4. 27 Konvergensi daya skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB GDCPC.	93
Gambar 4. 28 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB GDCPC. ..	93
Gambar 4. 29 Konvergensi daya dan SINR skema sepuluh <i>user</i> SINR target 9,9 dB semifisibel.....	96
Gambar 4. 30 Konvergensi Daya skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB DCPC.	97
Gambar 4. 31 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB DCPC.	98
Gambar 4. 32 Konvergensi daya skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB HDCPC.	99
Gambar 4. 33 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB HDCPC. ..	99
Gambar 4. 34 Konvergensi daya skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB GDCPC. ...	100
Gambar 4. 35 Konvergensi SINR skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB GDCPC.	100
Gambar 4. 36 Konvergensi Daya dan SINR skema 5 <i>user</i> SINR target 6,8 dB tidak fisibel.....	107

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai SIR Terhadap Modulasi	18
Tabel 3. 1 Parameter Simulasi	36
Tabel 4. 1 Koordinat FAP dan FUE 5 <i>User</i> fisibel	38
Tabel 4. 2 Koordinat FAP dan FUE 10 <i>User</i> fisibel	38
Tabel 4. 3 Koordinat FAP dan FUE 5 <i>User</i> semi fisibel	39
Tabel 4. 4 Koordinat FAP dan FUE 10 <i>User</i> semi fisibel	39
Tabel 4. 5 Koordinat FAP dan FUE 5 <i>User</i> tidak fisibel.....	40
Tabel 4. 6 Iterasi Daya dan SINR Skema 5 <i>user</i>	47
Tabel 4. 7 Iterasi Daya dan SINR Skema 10 <i>user</i>	58
Tabel 4. 8 Dampak variasi terhadap SINR	73
Tabel 4. 9 Iterasi konvergensi pada skema 5 <i>user</i> SINR target 6,8 dB	74
Tabel 4. 10 Dampak variasi terhadap SINR	80
Tabel 4. 11 Iterasi konvergensi pada skema 5 <i>user</i> SINR target 9,9 dB	80
Tabel 4. 12 Dampak variasi terhadap SINR	94
Tabel 4. 13 Iterasi konvergensi pada skema 10 <i>user</i> SINR target 6,8 dB	95
Tabel 4. 14 Dampak variasi terhadap SINR	102
Tabel 4. 15 Iterasi konvergensi pada skema 10 <i>user</i> SINR target 9,9 dB	103

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Program Topologi Jaringan 5 User.....	124
Lampiran 2 Program Topologi Jaringan 10 User.....	126
Lampiran 3 Program 5 User.....	128
Lampiran 4 Program 10 User.....	130
Lampiran 5 Program Variasi 5 User.....	132
Lampiran 6 Program Variasi 10 User.....	138

DAFTAR SINGKATAN

<i>FAP</i>	: <i>Femtocell Acces Point</i>
<i>BER</i>	: <i>Bit Error Rate</i>
<i>SINR</i>	: <i>Signal to Interferences and Noise Ratio</i>
<i>BTS</i>	: <i>Base Transceiver Station</i>
<i>UE</i>	: <i>User Equipment</i>
<i>CPC</i>	: <i>Centralized Power Control</i>
<i>DPC</i>	: <i>Distributed Power Control</i>
<i>FUE</i>	: <i>Femtocell User Equipment</i>
<i>MUE</i>	: <i>Macrocell User Equipment</i>
<i>HeNB</i>	: <i>Home Enhanced NodeB</i>
<i>OLPS</i>	: <i>Open Loop Power Setting</i>
<i>CLPS</i>	: <i>Close Loop Power Setting</i>
<i>DCPC</i>	: <i>Distributed Constrained Power Control</i>
<i>HDCPC</i>	: <i>Half Distributed Constrained Power Control</i>
<i>GDCPC</i>	: <i>Generalized Distributed Constrained Power Control</i>