



**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANCE QOS  
(QUALITY OF SERVICE) PROTOKOL LOAD  
BALANCING METODE ECMP (EQUAL COST MULTI  
PATH) DAN PCC (PER CONNECTION CLASSIFIER)  
DENGAN SKALA BANDWIDTH**

**TESIS**



**UNIVERSITAS  
MERCU BUANA  
ANDIKA NUGRAHA  
55422110007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**



**ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANCE QOS  
(QUALITY OF SERVICE) PROTOKOL LOAD  
BALANCING METODE ECMP (EQUAL COST MULTI  
PATH) DAN PCC (PER CONNECTION CLASSIFIER)  
DENGAN SKALA BANDWIDTH**



**Diajukan sebagai salah satu untuk memperoleh gelar magister**

**MERCU BUANA**

**ANDIKA NUGRAHA**

**55422110007**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO  
PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2024**

## HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Perbandingan Performance QOS (Quality of Service) Protokol Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) dan PCC (Per Connection Classifier) Dengan Skala Bandwidth

Menyatakan bahwa Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Tesis saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 27 Juni 2024



Andika Nugraha

## HALAMAN PENGESAHAN

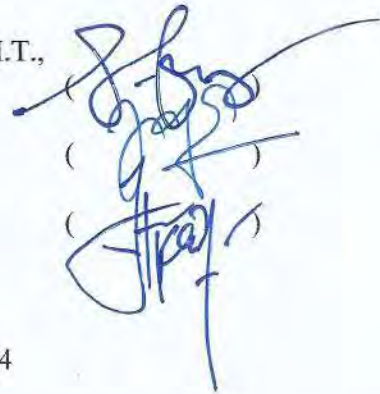
Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Perbandingan Performance QOS (Quality of Service) Protokol Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) dan PCC (Per Connection Classifier) dengan Skala Bandwidth

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Strata 2 pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T.,  
IPM., Asean-Eng., APEC-Eng.  
NIDN : 0312118206  
Ketua Penguji : Yudhi Gunardi, S.T., M.T., Ph.D.  
NIDN : 0330086902  
Penguji : Dr. Eng Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.  
NIDN : 0314089201




Jakarta, 27 Juni 2024  
Mengetahui,

Dekan/Direktur Program Pascasarjana

Ketua Program Studi

  
Dr. Zulfa Fitri Katrinasari, M.T.

  
Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto, S.T.,  
M.T., IPM., Asean-Eng., APEC-Eng.

## PERNYATAAN SIMILARITY CHECK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh:

Nama : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro

Dengan judul “Analisis Perbandingan Performance QOS (Quality of Service) Protokol Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) dan PCC (Per Connection Classifier) dengan Skala Bandwidth” telah dilakukan pengecekan similarity dengan sistem Turnitin pada tanggal 27 Juni 2024 didapatkan nilai persentase sebesar 27%.

Jakarta, 27 Juni 2024

Administrator Turnitin



Saras Nur Praticha, S.Psi., M.M

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tesis ini. Penulisan Tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Elektro pada Program Pascasarjana Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Rektor Universitas Mercu Buana, Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti dan menyelesaikan pendidikan;
2. Ibu Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T. sebagai Dekan Fakultas Teknik memberikan kesempatan kepada penulis untuk menjadi mahasiswa Program Pasca Sarjana Universitas Mercu Buana;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T., IPM., Asean-Eng., APEC-Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro dan Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
4. Seluruh Dosen mata kuliah program Magister Teknik Elektro yang telah memberikan pengetahuan dan pemahaman selama menempuh studi.
5. Keluarga, rekan dan seluruh mahasiswa Magister Teknik Elektro (MTE) Angkatan 31 yang memberikan dukungan dan doa agar dapat menyelesaikan studi dengan baik dan meraih gelar magister di UMB.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Jakarta, 27 Juni 2024

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Perbandingan Performance QOS (Quality of Service) Protokol Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) dan PCC (Per Connection Classifier) dengan Skala Bandwidth

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana *Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)* atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 27 Juni 2024

Yang menyatakan,

Andika Nugraha

## ABSTRAK

Nama : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Program Studi : Magister Teknik Elektro  
Judul Tesis : Analisis Perbandingan Performance QOS (Quality of Service) Protokol Load Balancing Metode ECMP (Equal Cost Multi Path) dan PCC (Per Connection Classifier) dengan Skala Bandwidth  
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T., IPM., Asean-Eng., APEC-Eng.

Koneksi internet yang tidak stabil menjadi masalah yang sering terjadi untuk pengguna internet. Pengguna internet menginginkan koneksi internet yang stabil. Perkembangan teknologi pada jaringan komputer terdapat salah satu metode sebagai solusi dari masalah koneksi internet yang tidak stabil. Load balancing merupakan salah satu teknik untuk mengatasi masalah koneksi internet yang tidak stabil dengan konsep mengurangi beban lalu lintas berlebih pada salah satu koneksi internet melalui pembagian beban lalu lintas sehingga koneksi internet menjadi stabil. Load balancing dapat diterapkan pada dua atau lebih jaringan internet yang dapat mencadangkan koneksi saat salah satu ISP mengalami gangguan. Metode load balancing yang diterapkan pada penelitian ini adalah *Equal Cost Multi-Path* (ECMP) dan *Per Connection Classifier* (PCC) dengan menambahkan perbandingan skala bandwidth sebagai variabel pelengkap. Penelitian ini dilakukan dalam design simulasi, eksperimental dan perbandingan yang akan dibuat sesuai dengan aktual lapangan dan sesuai dengan *device* yang digunakan. Dalam penelitian ini bertujuan untuk menemukan perbandingan dan pengaruh faktor-faktor pada kondisi tertentu, menjelaskan perbandingan antara metode load balancing berbeda pada sebuah sistem jaringan. Pengukuran performansi QoS dari sistem jaringan yang diterapkan. Metode ECMP memberikan kemudahan konfigurasi maka metode ECMP ini layak diimplementasikan dalam sebuah jaringan. Metode PCC dapat menstabilkan jaringan saat mengakses situs atau *browsing*. Parameter QoS pada metode PCC baik diimplementasikan ketika pengguna melakukan streaming YouTube dibandingkan metode ECMP, metode PCC ini lebih stabil. Metode PCC skala 1:2 bandwidth pada pengujian terhadap beban streaming YouTube menghasilkan throughput paling tinggi sebesar 897767,56 bps (897,76756 Kbps) yang masuk dalam kategori throughput baik versi TIPHON dengan indeks 3. Delay paling rendah sebesar 12,14 ms yang masuk dalam kategori delay sangat bagus versi TIPHON dengan indeks 4 dan ITU-T hasil ini masuk dalam kategori baik dengan indeks 3. Jitter sebesar 12,2 ms yang masuk dalam kategori bagus versi TIPHON dengan indeks 3. Packet loss sebesar 0% yang masuk dalam kategori sangat bagus versi TIPHON dengan indeks 4 dan ITU-T yang masuk dalam kategori baik dengan indeks 3. Berdasarkan



penelitian ini metode yang dapat diterapkan dengan hasil yang paling baik untuk pengujian QOS adalah load balancing dengan metode PCC skala 1:2 bandwidth.

**Kata Kunci: Quality of Service, Load Balancing, Equal Cost Multi Path, Per Connection Classifier, Internet Service Provider**



## **ABSTRACT**

Name : Andika Nugraha  
NIM : 55422110007  
Study Program : Master of Electrical Engineering  
Title of Thesis : Comparative Analysis of Performance QoS (Quality of Service) Load Balancing Protocol ECMP (Equal Cost Multi Path) and PCC (Per Connection Classifier) Methods with Bandwidth Scale  
Counsellor : Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanto, S.T., M.T., IPM., Asean-Eng., APEC-Eng.

*Unstable internet connections are a frequent problem for internet users. Internet users want a stable internet connection. There is one method of technological developments in computer networks as a solution to the problem of unstable internet connections. Load balancing is a technique for overcoming the problem of unstable internet connections with the concept of reducing excess traffic load on one internet connection by dividing the traffic load so that the internet connection becomes stable. Load balancing can be applied to two or more internet networks which can back up connections when one of the ISPs experiences problems. The load balancing method applied in this research is Equal Cost Multi-Path (ECMP) and Per Connection Classifier (PCC) by adding a bandwidth scale comparison as a complementary variable. This research is carried out in a simulation, experimental and comparison design which will be made according to the actual field and according to the device used. This research aims to find the comparison and influence of factors in certain conditions, explaining the comparison between different load balancing methods in a network system. Measuring the QoS performance of the implemented network system. The ECMP method provides easy configuration, so this ECMP method is feasible to be implemented in a network. The PCC method can stabilize the network when accessing sites or browsing. The QoS parameters in the PCC method are better implemented when users stream YouTube compared to the ECMP method, this PCC method is more stable. The 1:2 bandwidth scale PCC method in testing YouTube streaming loads produces the highest throughput of 897767.56 bps (897.76756 Kbps) which is included in the good throughput category of the TIPHON version with index 3. The lowest delay is 12.14 ms which is included in the very good delay category the TIPHON version with index 4 and ITU-T this result is in the good category with index 3. Jitter is 12.2 ms which is in the good category of the TIPHON version with index 3. Packet loss is 0% which is in the category the TIPHON version is very good with an index of 4 and the ITU-T is in the good category with an index of 3. Based on this research, the method that can be applied with the best results for QoS testing is load balancing with the PCC method on a 1:2 bandwidth scale.*

***Keywords: Quality of Service, Load Balancing, Equal Cost Multi Path, Per Connection Classifier, Internet Service Provider***



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN SIMILARITY CHECK.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan & Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Metodologi Penelitian.....	5
1.5 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>8</b>
2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
2.2 Virtual Machine Software.....	10
2.3 Graphical Network Simulator-3 (GNS-3).....	13
2.4 Load Balancing.....	14
2.4.1 Equal Cost Multi Path (ECMP) .....	17
2.4.2 Nth.....	17
2.4.3 Per Connection Classifier (PCC).....	18
2.4.4 Static Route.....	18
2.5 Definisi & Parameter QoS .....	19
2.6 Firewall .....	24
2.6.1 Fungsi Firewall .....	25
2.6.2 Mikrotik sebagai Firewall.....	26
2.7 Winbox.....	27
2.8 Wireshark.....	28

2.9	Protocol.....	29
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>31</b>
3.1	Pendekatan Penelitian.....	31
3.2	Komponen Penelitian.....	32
3.2.1	Perangkat Keras .....	32
3.2.2	Perangkat Lunak .....	32
3.2.3	Data .....	32
3.3	Metode Penelitian.....	33
3.4	Rancangan Sistem .....	34
3.4.1	Akses Internet dengan Menggunakan Load Balancing.....	34
3.5	Pengaturan ECMP 1:1 Skala Bandwidth .....	37
3.6	Pengaturan ECMP 1:2 Skala Bandwidth .....	38
3.7	Pengaturan PCC 1:1 Skala Bandwidth .....	38
3.8	Pengaturan PCC 1:2 Skala Bandwidth .....	38
3.9	Pengujian Permintaan Data.....	38
3.9.1	Pengujian Throughput, Delay, Jitter & Paket Loss.....	39
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Data Hasil Pengujian .....	40
4.1.1	Pengujian ECMP Skala 1:1 .....	40
4.1.2	Pengujian ECMP Skala 1:2 .....	43
4.1.3	Pengujian PCC Skala 1:1.....	46
4.1.4	Pengujian PCC Skala 1:2.....	49
4.2	Analisis Data Hasil Pengujian.....	52
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>58</b>
5.1	Kesimpulan .....	58
5.2	Saran .....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>60</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jurnal perbandingan .....	8
Tabel 2.2 Kategori throughput versi TIPHON.....	21
Tabel 2.3 Kategori delay versi TIPHON.....	22
Tabel 2.4 Kategori delay versi ITU-T.....	22
Tabel 2.5 Kategori Jitter versi TIPHON .....	23
Tabel 2.6 Kategori packet loss versi TIPHON.....	24
Tabel 2.7 Kategori packet loss versi ITU-T .....	24
Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat keras komputer .....	36
Tabel 3.2 Perangkat lunak aplikasi .....	37
Tabel 3.3 Alamat IP .....	37
Tabel 4.1 Hasil pengujian ECMP skala 1:1 .....	41
Tabel 4.2 Hasil pengujian ECMP skala 1:2 .....	44
Tabel 4.3 Hasil pengujian PCC skala 1:1.....	47
Tabel 4.4 Hasil pengujian PCC skala 1:2.....	50
Tabel 4.5 Hasil pengujian terhadap beban streaming YouTube.....	53



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Load balancing dengan dua provider.....	15
Gambar 3.1 Topologi load balancing.....	31
Gambar 3.2 Diagram alir penelitian .....	33
Gambar 3.3 Topologi pengujian metode load balancing .....	35
Gambar 4. 1 Grafik throughput pengujian ECMP skala 1:1 .....	42
Gambar 4.2 Grafik delay pengujian ECMP skala 1:1 .....	43
Gambar 4.3 Grafik troughput pengujian ECMP skala 1:2 .....	45
Gambar 4.4 Grafik delay pengujian ECMP skala 1:2 .....	46
Gambar 4.5 Grafik throughput pengujian PCC skala 1:1 .....	48
Gambar 4.6 Grafik delay pengujian PCC skala 1:1.....	49
Gambar 4.7 Grafik throughput pengujian PCC skala 1:2 .....	51
Gambar 4.8 Grafik delay pengujian PCC skala 1:2.....	52
Gambar 4.9 Grafik throughput pengujian streaming YouTube.....	53
Gambar 4.10 Grafik delay pengujian streaming YouTube .....	54



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengaturan IP 10.10.10.10/30 pada Mikrotik	CHR6.48.6-1	65
Lampiran 2 Pengaturan default routing pada Mikrotik	CHR6.48.6-1	65
Lampiran 3 Pengaturan NAT pada Mikrotik	CHR6.48.6-1	66
Lampiran 4 Pengaturan IP 172.16.30.30/30 pada MikroTik	CHR6.48.6-2	66
Lampiran 5 Pengaturan default routing pada MikroTik	CHR6.48.6-2	67
Lampiran 6 Pengaturan NAT pada MikroTik	CHR6.48.6-2	67
Lampiran 7 Pengaturan IP pada MikroTik	CHR7.11.2-1	68
Lampiran 8 Pengaturan DHCP IP pada MikroTik	CHR7.11.2-1	68
Lampiran 9 Pengaturan NAT pada MikroTik	CHR7.11.2-1	69
Lampiran 10 Pengaturan DNS pada MikroTik	CHR7.11.2-1	69
Lampiran 11 Simple queues 3 Mbps MikroTik	CHR6.48.6-1	70
Lampiran 12 Simple queues 3 Mbps MikroTik	CHR6.48.6-2	70
Lampiran 13 Route list ECMP dan PCC 1:1 MikroTik	7.11.2-1	71
Lampiran 14 Simple queues 2 Mbps MikroTik	CHR6.48.6-1	71
Lampiran 15 Simple queues 4 Mbps MikroTik	CHR6.48.6-2	72
Lampiran 16 Route list ECMP dan PCC 1:2 MikroTik	7.11.2-1	72
Lampiran 17 Mangle PCC 1:1 skala bandwidth MikroTik	7.11.2-1	73
Lampiran 18 Mangle PCC 1:2 skala bandwidth MikroTik	7.11.2-1	73
Lampiran 19 Analisis streaming YouTube ECMP 1:1 skala bandwidth		74
Lampiran 20 Analisis ping Google pada ECMP 1:1 skala bandwidth		74
Lampiran 21 Analisis ping Gmail pada ECMP 1:1 skala bandwidth		75
Lampiran 22 Analisis streaming YouTube ECMP 1:2 skala bandwidth		75
Lampiran 23 Analisis ping Google pada ECMP 1:2 skala bandwidth		76
Lampiran 24 Analisis ping Gmail pada ECMP 1:2 skala bandwidth		76
Lampiran 25 Analisis streaming YouTube PCC 1:1 skala bandwidth		77
Lampiran 26 Analisis ping Google pada PCC 1:1 skala bandwidth		77
Lampiran 27 Analisis ping Gmail pada PCC 1:1 skala bandwidth		78
Lampiran 28 Analisis streaming YouTube PCC 1:2 skala bandwidth		78
Lampiran 29 Analisis ping Google pada PCC 1:2 skala bandwidth		79
Lampiran 30 Analisis ping Gmail pada PCC 1:2 skala bandwidth		79