

ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMANSI WEB SERVER APACHE PADA JARINGAN 4G DENGAN PROTOKOL HTTP

Ikhlasul Amal¹, Heri Priyanto², Helfi Nasution³
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

ikhlasulamal@student.untan.ac.id, heripriyanto@informatika.untan.ac.id,
helfinas@informatika.untan.ac.id

Abstract (English)

In the current digital era, the quality of cellular networks plays a crucial role in ensuring smooth and fast access to various web services and applications. This research aims to analyze the performance of the Apache HTTP Server web server on a 4G network with Band 1 (2.1 GHz) and Band 3 (1.8 GHz) frequencies provided by one of the providers in Indonesia. Testing was conducted using load testing methods to evaluate Quality of Service (QoS) metrics such as throughput, packet loss, delay, and jitter. The tests were performed using Apache JMeter with varying user loads (200, 400, 600, 800, and 1000). The results of the study indicate that Band 3 (1.8 GHz) has better throughput and jitter performance, while Band 1 (2.1 GHz) shows better results in terms of packet loss. The conclusion of this study shows that overall, both bands have the same average index of 2.25, which falls into the "Unsatisfactory" category according to TIPHON standards. This conclusion provides important insights for internet service providers and application developers in choosing the most suitable frequency to support optimal performance on web servers. These findings can also be used as a reference for improving the quality of cellular networks in Indonesia.

Article History

Submitted: 14 January 2025

Accepted: 22 January 2025

Published: 24 January 2025

Key Words

Apache, Http, Throughput, Packet Loss, Delay, Jitter, Quality Of Service, Band, Web Server.

Abstrak (Indonesia)

Di era digital saat ini, kualitas jaringan seluler memainkan peran penting dalam memastikan akses yang lancar dan cepat ke berbagai layanan web dan aplikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis performa web server Apache HTTP Server pada jaringan 4G dengan frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) yang disediakan oleh salah satu provider yang ada di Indonesia. Pengujian dilakukan menggunakan metode load testing untuk mengevaluasi metrik Quality of Service (QoS) seperti throughput, packet loss, delay, dan jitter. Pengujian dilakukan menggunakan Apache JMeter dengan beban pengguna yang bervariasi (200, 400, 600, 800, dan 1000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Band 3 (1,8 GHz) memiliki performa throughput dan jitter yang lebih baik, sedangkan Band 1 (2,1 GHz) menunjukkan hasil yang lebih baik dalam hal packet loss. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan, kedua Band memiliki indeks rata-rata yang sama yaitu 2,25, yang masuk dalam kategori "Kurang Memuaskan" menurut standar TIPHON. Kesimpulan ini memberikan wawasan penting bagi penyedia layanan internet dan pengembang aplikasi dalam memilih frekuensi yang paling sesuai untuk mendukung performa yang optimal pada server web. Temuan ini juga dapat digunakan sebagai referensi untuk peningkatan kualitas jaringan seluler di Indonesia.

Sejarah Artikel

Submitted: 14 January 2025

Accepted: 22 January 2025

Published: 24 January 2025

Kata Kunci

Apache, HTTP, Throughput, Packet Loss, Delay, Jitter, Quality Of Service, Band, Web server

Pendahuluan

Saat ini, konektivitas internet telah menjadi kebutuhan penting di era digital, di mana kualitas jaringan sangat berpengaruh terhadap akses ke berbagai layanan web dan aplikasi. Seiring meningkatnya ketergantungan terhadap internet, jumlah pengguna di Indonesia pun terus bertambah. Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII) melaporkan pada tahun 2024, ada 221.563.479 pengguna internet dari total populasi 278.696.200 jiwa penduduk di Indonesia tahun 2023. Angka tersebut menunjukkan pengguna internet meningkat dari sebelumnya 78,19% menjadi 79,5%.

Menggunakan internet melalui website telah menjadi aktivitas sehari-hari yang penting. Dalam proses ini, pengguna sebagai klien mengirimkan permintaan (Request) kemudian memproses permintaan dan mengirimkan data kembali ke klien, memungkinkan pengguna untuk mengakses dan berinteraksi dengan konten melalui website. Penggunaan teknologi jaringan seperti 4G dan pemanfaatan frekuensi yang tepat akan mempengaruhi kualitas koneksi dua arah antara klien dan server. Serta penggunaan sumber daya yang tepat akan mempengaruhi kualitas koneksi dua arah antara klien dan Server.

Untuk memastikan kualitas koneksi yang optimal, tidak hanya teknologi jaringan yang berperan penting, tetapi juga kinerja web server yang digunakan. Web Server adalah perangkat lunak yang bertindak sebagai penerima permintaan yang dikirim melalui browser kemudian memberikan respon permintaan dalam bentuk halaman website atau lebih umum seperti dokumen HTML (Kisnandar, 2019). Dalam lingkungan pengembangan saat ini, Apache salah satu web Server paling populer di dunia. Menurut survei dari Netcraft pada tahun 2022 sebanyak 23,4% pengguna situs aktif yang menggunakan web Server Apache (Netcraft, 2022). Dengan arsitektur modular yang memungkinkan penambahan fitur, dukungan berbagai sistem operasi seperti UNIX, Linux, Windows. Apache tetap relevan dan terus diperbarui berkat dukungan komunitas global pengembang open-source (The Apache Software Foundation, n.d.).

Dalam hal ini, peneliti akan menganalisis performa jaringan di jaringan 4G pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) pada web server Apache HTTP Server dengan protokol HTTP. Analisis performa ini akan menggunakan pendekatan Quality of Service (QoS) yang melibatkan pengukuran throughput, packet loss, delay, dan jitter. Tujuan penelitian ini adalah untuk memahami bagaimana masing-masing frekuensi ini dapat mempengaruhi performa web server dalam pengiriman data pada web server Apache HTTP Server. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang performa jaringan melalui pendekatan QoS, pengembang dapat memanfaatkan wawasan ini dalam memilih teknologi jaringan yang paling sesuai untuk mendukung performa yang optimal pada server web Apache HTTP Server, sesuai dengan kebutuhan dan tujuan aplikasi yang dikembangkan.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yang diikuti oleh berbagai aktivitas pendukung. Aktivitas tersebut mencakup Studi literatur, Eksperimen, *Load Testing*, Komparasi, Sintesis, dan Deskripsi. Pengumpulan data awal untuk pengujian performansi pada teknologi jaringan web Server dikumpulkan dengan cara melakukan pengumpulan informasi dari berbagai sumber literatur seperti jurnal, buku, dan literatur penelitian lain yang relevan dengan metode-metode yang akan digunakan dalam pengujian performansi web server dengan berbagai teknologi jaringan.

Pengujian dalam penelitian ini dilakukan pada lokasi dengan koordinat (-0.018109647990475815, 109.30952124578668). Titik ini berada di wilayah Sungai Jawi Dalam, Kota Pontianak, Kalimantan Barat. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada kebutuhan untuk menguji performa jaringan di area perkotaan yang memiliki karakteristik lingkungan tertentu, termasuk potensi interferensi sinyal dan kepadatan populasi yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. Lokasi ini diharapkan memberikan data yang representatif terkait performa jaringan dan web server dalam kondisi yang sesuai dengan skenario penggunaan nyata di daerah perkotaan.

Hasil dan Pembahasan

Setelah semua proses pengujian diselesaikan, hasil pengujian menghasilkan data mentah. Data ini akan diolah dan disajikan dalam format tabel dan grafik.

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan Microsoft Excel 365. Data yang digunakan dalam pengolahan data ini dihasilkan oleh *Agreegate Report* melalui hasil *test plan* yang sudah dilakukan sebelumnya. Data mentah yang diperoleh dari *Agreegate Report* mencakup berbagai metrik yang diukur selama pengujian. Contoh data yang dihasilkan dari *Agreegate Report* dapat dilihat pada Gambar 4.23.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U				
1	timeStamp	elapsed	label	response	responseH	threadName	data	Type	success	failure	Msg	bytes	sentBytes	grpThreads	allThreads	URL	Filename	Latency	SampleCo	ErrorCo	Count	Host	name	IdleTime	Connect
2	1.72101E+12	281	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	275	1	0	LAPTOP-M	0			153	
3	1.72101E+12	256	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	256	1	0	LAPTOP-M	0			148	
4	1.72101E+12	255	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	255	1	0	LAPTOP-M	0			147	
5	1.72101E+12	274	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	274	1	0	LAPTOP-M	0			165	
6	1.72101E+12	269	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	269	1	0	LAPTOP-M	0			157	
7	1.72101E+12	271	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	271	1	0	LAPTOP-M	0			153	
8	1.72101E+12	307	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	307	1	0	LAPTOP-M	0			187	
9	1.72101E+12	281	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	281	1	0	LAPTOP-M	0			162	
10	1.72101E+12	309	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	309	1	0	LAPTOP-M	0			187	
11	1.72101E+12	293	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	293	1	0	LAPTOP-M	0			172	
12	1.72101E+12	281	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	281	1	0	LAPTOP-M	0			153	
13	1.72101E+12	322	HTTP Request	200 OK		Thread Grc text			TRUE			258	254	200	200	http://10.12.0.254/in	322	1	0	LAPTOP-M	0			187	

Gambar 4. 23 Data Hasil dari *Agreegate Report*

Adapun beberapa metrik data yang dibutuhkan untuk menghitung *Throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*. Pada kolom *bytes* menunjukkan jumlah data yang diterima dari *server*, data ini digunakan untuk menghitung *throughput*. Pada kolom *success* menunjukkan apakah *request* berhasil atau gagal, data ini digunakan untuk menghitung *packet loss*. Pada kolom *latency* menunjukkan waktu dari saat *request* dikirim hingga respon pertama diterima, data ini digunakan untuk menghitung *delay* dan *jitter*.

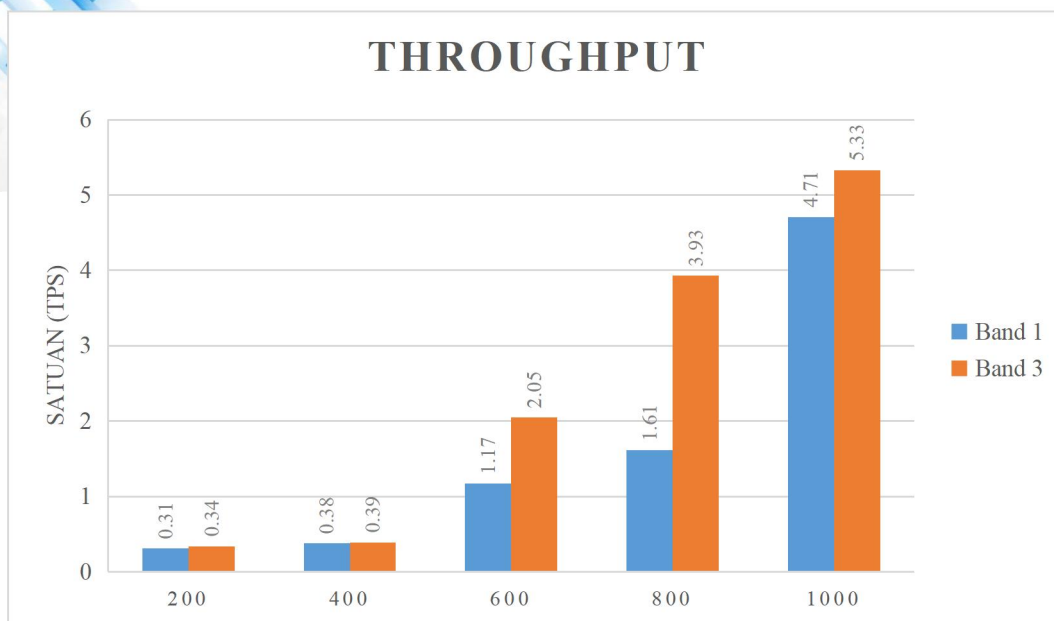
Pengolahan dan visualisasi data ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang jelas tentang kinerja *web server* yang diuji pada jaringan seluler 4G dengan dua frekuensi yang berbeda, yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz). Penjabaran hasil pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa setiap aspek performa *web server*, seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, dapat dipahami dengan baik. Hal ini bertujuan untuk memberikan wawasan mendalam mengenai performa *web server* dalam berbagai kondisi jaringan 4G, sehingga dapat diidentifikasi frekuensi Band yang memberikan kinerja terbaik untuk *web server* Apache HTTP.

4.2.1 Hasil *Throughput* Tiap Frekuensi Band Pada Web Server

Hasil *Throughput* tiap frekuensi band pada *web Server* dihasilkan dari pengolahan data proses pengujian yang kemudian menghasilkan data mentah dalam bentuk CSV dan diolah. Data ini akan disajikan pada Tabel 4.2, yang menampilkan hasil pengujian pada setiap frekuensi Band yang diuji. Grafik *Throughput* untuk setiap beban pengujian ditampilkan pada Gambar 4.24.

Tabel 4. 2 Hasil *Throughput* pada Tiap Band di Web Server

Band	Jumlah User	Jumlah Bytes	Total Waktu (s)	Throughput (Bps)	Throughput (Mbps)
Band 1	200	11659416	300	38865	0,31
	400	14363727	300	47879	0,38
	600	43981950	300	146607	1,17
	800	60424797	300	201416	1,61
	1000	176657643	300	588859	4,71
Band 3	200	12768372	300	42561	0,34
	400	14583777	300	48613	0,39
	600	76747728	300	255826	2,05
	800	147368336	300	491228	3,93
	1000	199714650	300	665716	5,33



Gambar 4. 24 Grafik *Throughput* pada berbagai frekuensi band

Pengujian kinerja *web server* dilakukan dengan membandingkan *throughput* pada dua frekuensi Band 4G, yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz), dengan berbagai jumlah pengguna: 200, 400, 600, 800, dan 1000. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Band 3 konsisten memberikan *throughput* yang lebih tinggi dibandingkan Band 1 pada setiap jumlah pengguna. Pada 200 pengguna, *throughput* pada Band 3 tercatat sebesar 0,34 Mbps, sedikit lebih tinggi dari Band 1 yang mencapai 0,31 Mbps. Peningkatan ini terus berlanjut dengan *throughput* pada Band 3 mencapai 5,33 Mbps untuk 1000 pengguna, dibandingkan *throughput* pada Band 1 yang hanya mencapai 3,93 Mbps. Data ini menunjukkan bahwa Band 3 lebih unggul dalam menangani peningkatan jumlah pengguna, memberikan performa yang lebih konsisten dan baik dalam jaringan seluler 4G. Dengan demikian, frekuensi Band 3 lebih baik dalam mendukung kinerja *web server* Apache HTTP dalam segi *throughput*.

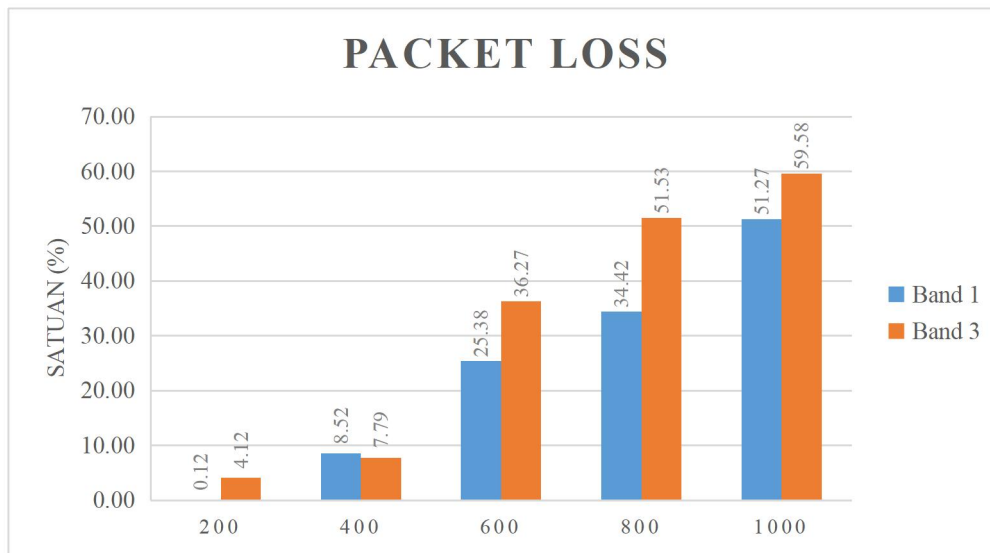
4.2.2 Hasil *Packet Loss* Tiap Frekuensi Band pada *Web Server*

Berikut adalah hasil *packet loss* pada pengujian beban untuk frekuensi Band yang berbeda. *Packet loss* dihitung sebagai persentase dari jumlah total transaksi yang hilang selama transmisi terhadap jumlah total transaksi yang dikirim. Tabel 4.3 menunjukkan *packet loss* pada masing-masing frekuensi Band yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz). Sedangkan Gambar 4.25 menampilkan grafik perbandingan *packet loss* pada frekuensi Band 1 dan Band 3. Data ini memberikan gambaran jelas mengenai *packet loss* yang terjadi di setiap frekuensi Band selama pengujian beban dilakukan.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian *Packet Loss* pada Tiap Band di *Web Server*

Band	Jumlah User	Jumlah Transaksi Yang Dikirim	Jumlah Transaksi Yang Diterima	<i>Packet Loss</i> (%)
Band 1	200	45200	45144	0,12
	400	56400	51593	8,52
	600	73200	54622	25,38
	800	69600	45645	34,42

Band 3	1000	91006	44346	51,27
	200	49800	47748	4,12
	400	57200	52743	7,79
	600	92400	58884	36,27
	800	124184	60192	51,53
	1000	145071	58639	59,58



Gambar 4. 25 Grafik *Packet Loss* pada berbagai frekuensi band

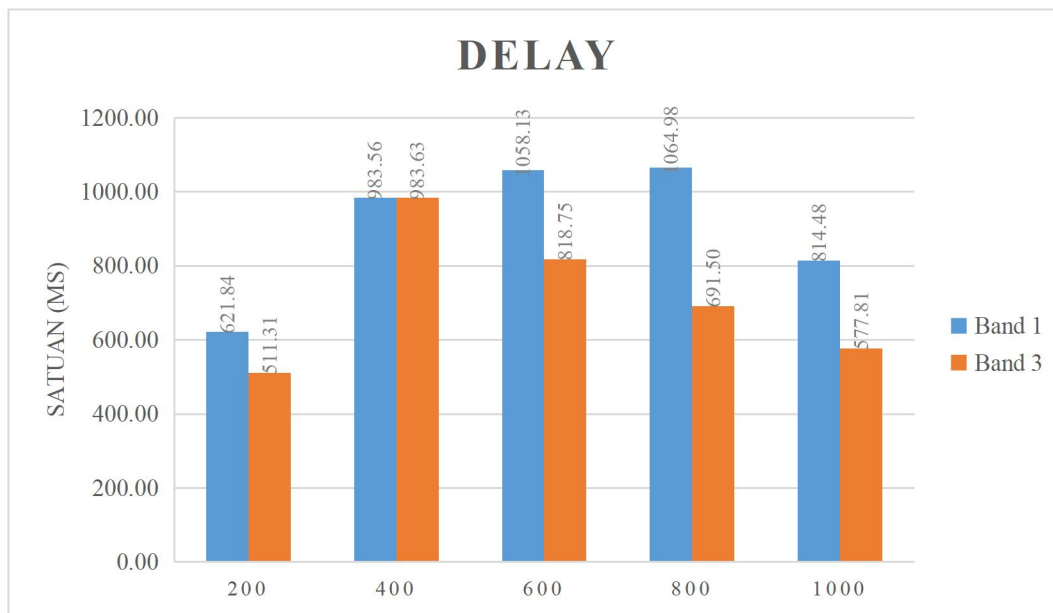
Pengujian *packet loss* dilakukan pada dua frekuensi Band 4G, yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz), dengan berbagai jumlah pengguna 200, 400, 600, 800, dan 1000. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jumlah pengguna (200), Band 1 menunjukkan performa yang lebih unggul dengan *packet loss* yang sangat rendah sebesar 0,12%, dibandingkan dengan Band 3 yang mencapai 4,12%. Namun, seiring dengan peningkatan jumlah pengguna, kedua Band mengalami peningkatan *packet loss* yang signifikan. Pada jumlah pengguna 1000, Band 1 memiliki *packet loss* sebesar 51,27%, sementara Band 3 menunjukkan *packet loss* yang lebih tinggi sebesar 59,58%. Secara keseluruhan, Band 1 lebih unggul dalam hal *packet loss* dan performa pada jumlah pengguna rendah hingga menengah. Meskipun kedua Band mengalami penurunan performa yang signifikan pada beban yang sangat tinggi, Band 1 tetap lebih baik dibandingkan Band 3 dalam menangani peningkatan jumlah pengguna. Oleh karena itu, frekuensi Band 1 dapat dianggap lebih baik dalam menjaga kinerja *web server* Apache HTTP pada jaringan seluler 4G dalam hal *packet loss*.

4.2.3 Hasil Delay Tiap Frekuensi Band pada Web Server

Berikut adalah hasil *delay* pada pengujian beban untuk frekuensi Band yang berbeda - beda. Rata - rata *delay* dihitung sebagai jumlah waktu tunda yang dibutuhkan oleh suatu data yang dikirim dari sumber ke tujuan. Tabel 4.4 menunjukkan *delay* pada masing-masing frekuensi Band, sedangkan Gambar 4. 26 menampilkan grafik perbandingan rata – rata *delay* pada frekuensi Band tersebut. Data ini memberikan gambaran jelas mengenai *delay* di setiap jenis frekuensi Band selama pengujian beban dilakukan.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian *Delay* pada Tiap Band di *Web Server*

Band	Jumlah User	Total Delay	Jumlah Data Yang Diterima	Rata - Rata Delay (ms)
Band 1	200	28107002	45200	621,84
	400	55472746	56400	983,56
	600	77454917	73200	1058,13
	800	74122354	69600	1064,98
	1000	74122354	91006	814,48
Band 3	200	25463014	49800	511,31
	400	56263604	57200	983,63
	600	75652239	92400	818,75
	800	85873763	124184	691,50
	1000	83823256	145071	577,81

**Gambar 4. 26** Grafik *Delay* pada berbagai frekuensi band

Pengujian *delay* dilakukan pada dua frekuensi Band 4G, yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz), dengan berbagai jumlah pengguna 200, 400, 600, 800, dan 1000. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada jumlah pengguna rendah (200), Band 3 memiliki rata-rata *delay* yang lebih rendah (511,31 ms) dibandingkan dengan Band 1 (621,84 ms), menunjukkan performa yang lebih baik. Seiring dengan peningkatan jumlah pengguna, *delay* pada kedua Band meningkat signifikan. Pada jumlah pengguna menengah hingga tinggi (400 hingga 600), kedua Band memiliki *delay* yang hampir serupa, dengan sedikit keunggulan

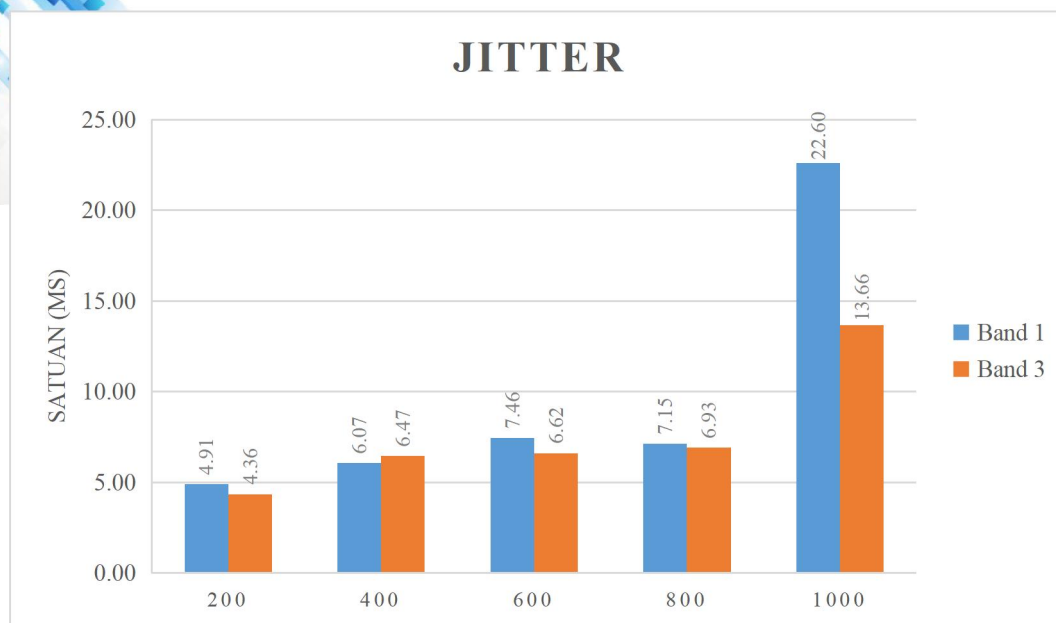
pada Band 3. Pada jumlah pengguna sangat tinggi (800 hingga 1000), Band 3 kembali menunjukkan performa yang lebih baik dengan *delay* yang lebih rendah, mencapai 691,50 ms dan 577,81 ms dibandingkan dengan Band 1 yang mencapai 1064,98 ms dan 814,48 ms. Secara keseluruhan, Band 3 lebih unggul dalam hal *delay*.

4.2.4 Hasil *Jitter* Tiap Frekuensi Band pada *Web Server*

Berikut adalah hasil *jitter* pada pengujian beban untuk frekuensi Band yang berbeda-beda. *Jitter* dihitung sebagai variasi waktu tunda antara pengiriman paket data yang berturut-turut. Tabel 4.5 menunjukkan *jitter* pada masing-masing frekuensi Band, sedangkan Gambar 4.27 menampilkan grafik perbandingan rata-rata *jitter* pada frekuensi Band tersebut. Data ini memberikan gambaran jelas mengenai variasi waktu tunda (*jitter*) di setiap jenis frekuensi Band selama pengujian beban dilakukan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Band dengan *jitter* yang lebih rendah memiliki kinerja yang lebih baik dalam menjaga kualitas transmisi data di bawah kondisi beban tinggi.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Jitter pada Tiap Band di *Web Server*

Band	Jumlah User	Total Variasi Delay	Jumlah Data Yang Diterima	Rata - Rata Jitter (ms)
Band 1	200	221932	45200	4,91
	400	342399	56400	6,07
	600	545749	73200	7,46
	800	497306	69600	7,15
	1000	2056483	91006	22,60
Band 3	200	217055	49800	4,36
	400	369887	57200	6,47
	600	611970	92400	6,62
	800	860119	124184	6,93
	1000	1982118	145071	13,66



Gambar 4. 27 Grafik *Jitter* pada berbagai frekuensi band

Pengujian *jitter* dilakukan pada dua frekuensi Band 4G, yaitu Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz), dengan berbagai jumlah pengguna 200, 400, 600, 800, dan 1000. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Band 3 memiliki rata-rata *jitter* yang lebih rendah dibandingkan Band 1 pada semua jumlah pengguna. Pada 200 pengguna, Band 3 mencatat *jitter* sebesar 4,36 ms, sementara Band 1 sebesar 4,91 ms. Seiring dengan peningkatan jumlah pengguna, *jitter* pada kedua Band meningkat, namun peningkatan *jitter* pada Band 3 tetap lebih rendah. Pada 1000 pengguna, Band 3 memiliki *jitter* sebesar 13,66 ms, jauh lebih rendah dibandingkan Band 1 yang mencapai 22,60 ms. Data ini menunjukkan bahwa Band 3 lebih unggul dalam hal *jitter*, dengan variasi waktu tunda yang lebih rendah. Oleh karena itu, frekuensi Band 3 lebih baik dalam menjaga kualitas transmisi data di bawah kondisi beban tinggi di jaringan seluler 4G.

4.1 Analisis Hasil Pengujian

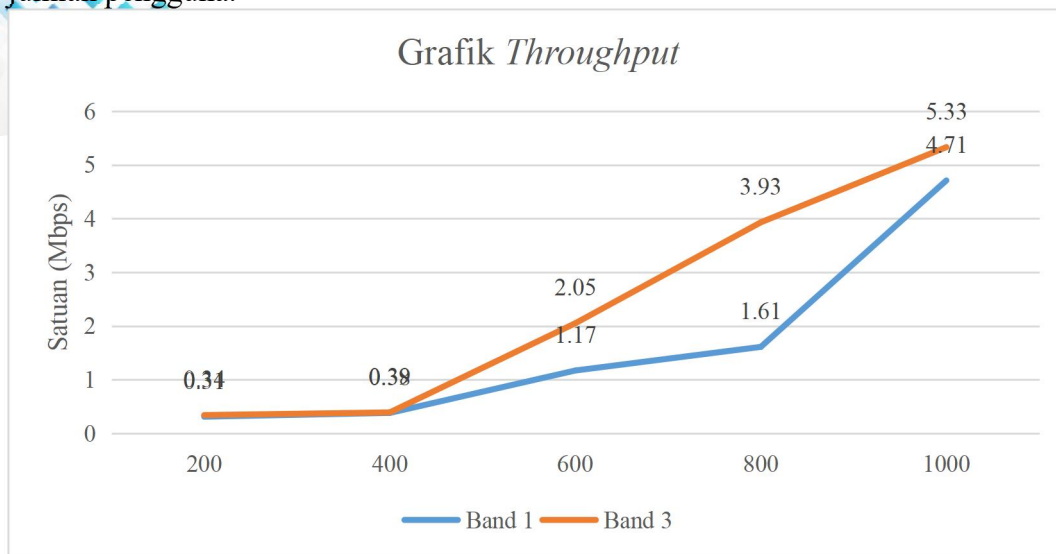
4.3.1 Analisis *Throughput* Tiap Frekuensi Band Pada *Web Server*

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat adanya perbedaan signifikan antara *throughput* pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) di jaringan 4G. Pada beban rendah dengan 200 pengguna, frekuensi Band 3 menunjukkan performa awal yang lebih baik dengan *throughput* 0,34 Mbps dibandingkan dengan frekuensi Band 1 yang memiliki *throughput* 0,31 Mbps. Ketika beban meningkat menjadi 400 pengguna, Band 3 tetap lebih unggul dengan *throughput* 0,39 Mbps, sedangkan Band 1 meningkat menjadi 0,38 Mbps, menunjukkan peningkatan sebesar Band 3 14% dan Band 1 23%.

Pada 600 pengguna, perbedaan *throughput* menjadi lebih signifikan, dengan Band 3 mencatat *throughput* sebesar 2,05 Mbps (peningkatan 426%), sedangkan Band 1 mencapai 1,17 Mbps (peningkatan 206%). Saat jumlah pengguna meningkat menjadi 800, *throughput* pada Band 3 meningkat hingga 3,93 (peningkatan 92%), sementara Band 1 meningkat menjadi 1,61, menunjukkan penurunan sebesar 37%.

Pada beban maksimum dengan 1000 pengguna, *throughput* Band 3 mencapai 5,33 Mbps (peningkatan 36%), sedangkan Band 1 meningkat menjadi 4,71 Mbps dengan peningkatan sebesar 192%. Data ini menunjukkan bahwa Band 1 dan Band 3 mampu

mempertahankan dan meningkatkan *throughput* secara signifikan dengan meningkatnya jumlah pengguna.



Gambar 4. 28 Grafik *Throughput*

Tabel 4. 6 Peningkatan *Throughput*

Band	Jumlah User	Throughput (Mbps)	Peningkatan Throughput (%)
Band 1	200	0,31	-
	400	0,38	23%
	600	1,17	206%
	800	1,61	37%
	1000	4,71	192%
Band 3	200	0,34	-
	400	0,39	14%
	600	2,05	426%
	800	3,93	92%
	1000	5,33	36%

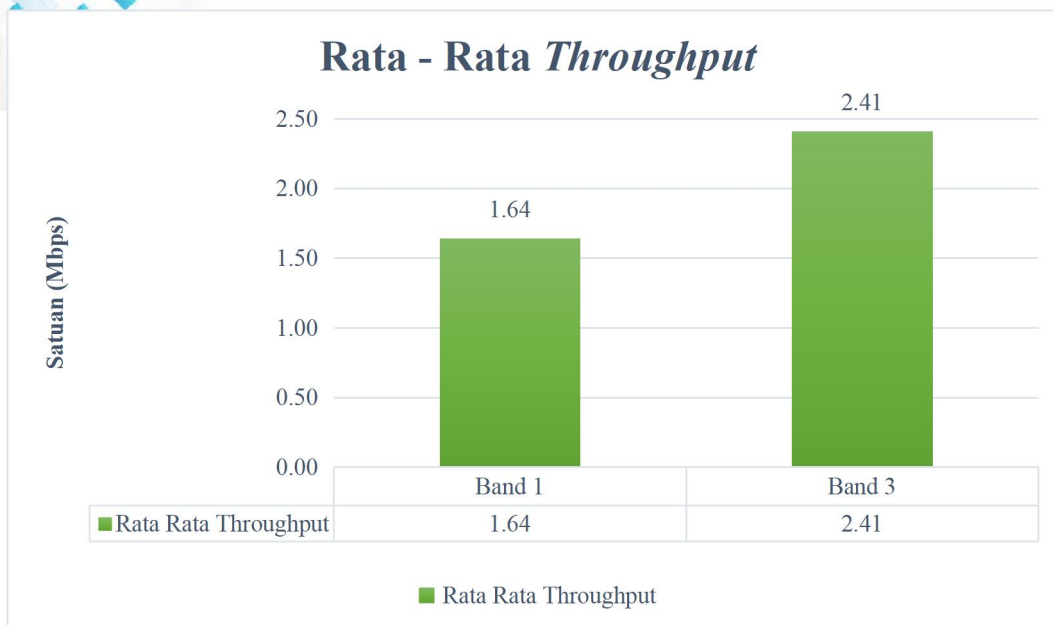
Analisis *throughput* menunjukkan bahwa Band 3 (1,8 GHz) lebih unggul dalam menangani peningkatan jumlah pengguna dibandingkan Band 1 (2,1 GHz). Dengan rata – rata peningkatan pada Band 1 sekitar 115% dan pada Band 3 sekitar 142%. Rata – rata ini menunjukkan peningkatan pada band 3 lebih signifikan dibanding band 1. Hal ini mengindikasikan bahwa Band 3 lebih baik dalam mempertahankan dan meningkatkan performa *web server* Apache HTTP Server di jaringan 4G saat jumlah pengguna meningkat, sehingga lebih cocok untuk digunakan dalam kondisi beban tinggi.

Detail perbandingan rata – rata *throughput* pada setiap Band serta nilai standar *throughput* berdasarkan TIPHON sesuai pada penjelasan di poin 2.9.1 Terdapat pada Tabel 4.7, sementara grafik perbandingan rata – rata *throughput* setiap Band terdapat pada Gambar 4.29.

Tabel 4. 7 Perbandingan rata-rata *Throughput* berdasarkan TIPHON

Jenis Band	Rata - Rata Throughput (Mbps)	Nilai Throughput Berdasarkan TIPHON	Kategori
Band 1	1,64	3	Baik

Band 3	2,41	4	Sangat Baik
--------	------	---	-------------



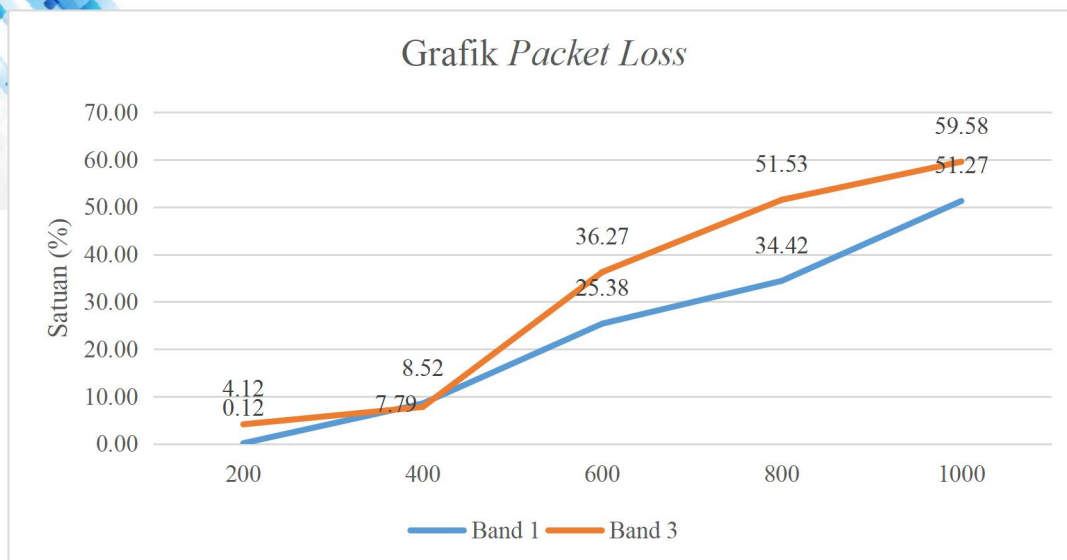
Gambar 4. 29 Perbandingan Rata – Rata *Throughput*

Berdasarkan standar TIPHON, nilai *throughput* untuk Band 1 adalah 3, yang masuk dalam kategori "Baik", sementara nilai *throughput* untuk Band 3 adalah 4, yang masuk dalam kategori "Sangat Baik". Ini menunjukkan bahwa Band 3 menunjukkan performa yang unggul dalam hal *throughput*, sesuai dengan standar TIPHON yang mengindikasikan bahwa frekuensi ini lebih baik dalam mendukung kinerja *web server* Apache HTTP di jaringan seluler 4G dalam segi *Throughput*.

4.3.2 Analisis *Packet Loss* Tiap Frekuensi Band Pada *Web Server*

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat adanya perbedaan signifikan antara *packet loss* pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) di jaringan 4G. Pada beban rendah dengan 200 pengguna, frekuensi Band 1 menunjukkan performa yang lebih baik dengan *packet loss* sebesar 0,12% dibandingkan dengan frekuensi Band 3 yang memiliki *packet loss* 4,12%. Ketika beban meningkat menjadi 400 pengguna, Band 1 mengalami *packet loss* sebesar 8,52%, sementara Band 3 mencatat *packet loss* sebesar 7,79%.

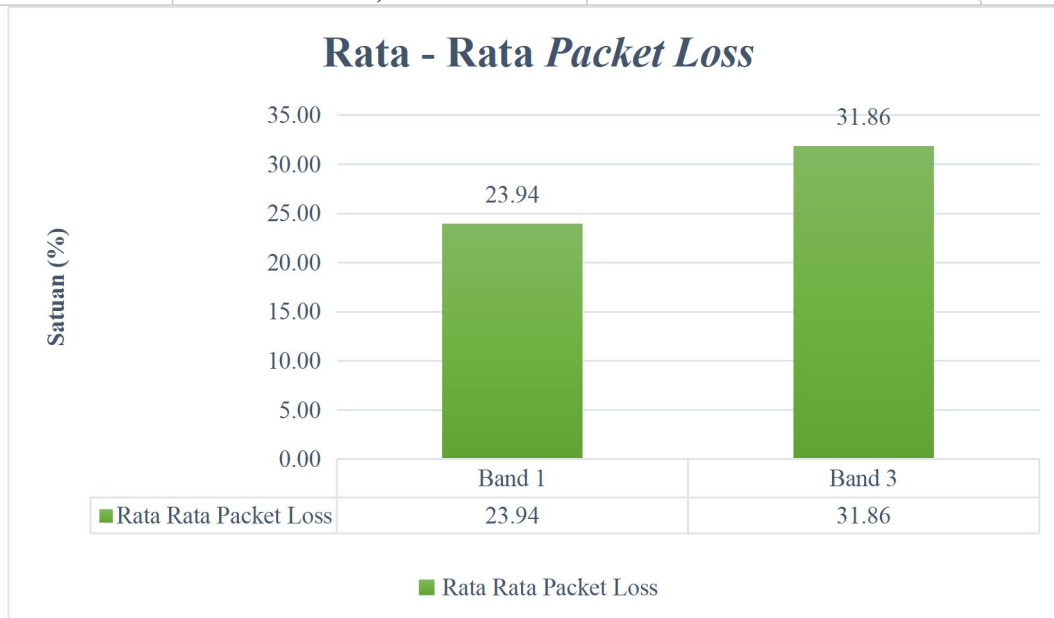
Pada 600 pengguna, perbedaan *packet loss* menjadi lebih signifikan, dengan Band 3 mencatat *packet loss* sebesar 36,27%, sedangkan Band 1 mencapai 25,38%. Saat jumlah pengguna meningkat menjadi 800, *packet loss* pada Band 3 meningkat hingga 51,53%, sementara Band 1 mencapai 34,42%. Pada beban maksimum dengan 1000 pengguna, *packet loss* pada Band 3 mencapai 59,58%, sedangkan Band 1 memiliki *packet loss* sebesar 51,27%. Data ini menunjukkan bahwa Band 1 mampu mempertahankan *packet loss* yang lebih rendah dibandingkan Band 3 saat jumlah pengguna meningkat. Band 3 cenderung mengalami peningkatan *packet loss* yang lebih tinggi pada beban tinggi, menunjukkan bahwa Band 1 lebih stabil dalam menangani beban pengguna yang lebih besar dalam sisi *Packet Loss*.

Gambar 4. 30 Grafik *Packet Loss*

Detail perbandingan rata – rata *packet loss* pada setiap Band serta nilai standar *packet loss* berdasarkan TIPHON sesuai pada penjelasan di poin 2. terdapat pada Tabel 4.8, sementara grafik perbandingan rata – rata *throughput* setiap Band terdapat pada gambar 4.31.

Tabel 4. 8 Perbandingan Rata-Rata *Packet Loss* Berdasarkan TIPHON

Jenis Band	Rata - Rata <i>Packet Loss</i> (%)	Nilai <i>Packet Loss</i> Berdasarkan TIPHON	Kategori
Band 1	23,94	2	Cukup
Band 3	31,86	1	Buruk

Gambar 4. 31 Perbandingan Rata – Rata *Packet Loss*

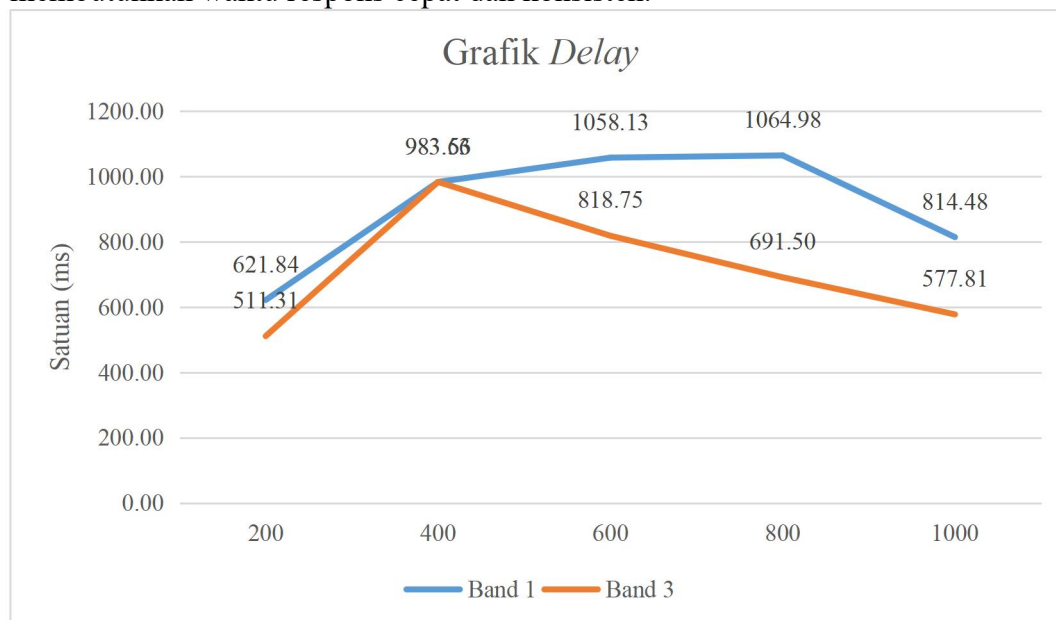
Dari tabel dan grafik di atas, terlihat bahwa Band 1 (2,1 GHz) memiliki rata-rata *packet loss* sebesar 23,94%, sedangkan Band 3 (1,8 GHz) memiliki rata-rata *packet loss* sebesar 31,86%. Berdasarkan standar TIPHON, nilai *packet loss* untuk Band 1 adalah 2, yang masuk dalam kategori "Cukup", sementara nilai *packet loss* untuk Band 3 adalah 1, yang

masuk dalam kategori "Buruk". Ini menunjukkan bahwa Band 1 menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal *packet loss*, sesuai dengan standar TIPHON yang mengindikasikan bahwa frekuensi ini lebih baik dalam menangani beban pengguna yang tinggi di jaringan seluler 4G.

4.3.3 Analisis Delay Tiap Frekuensi Band Pada Web Server

Berdasarkan hasil pengujian *delay*, terlihat adanya perbedaan signifikan antara kinerja *web server* pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) di jaringan 4G. Pada beban rendah dengan 200 pengguna, Band 3 menunjukkan performa yang lebih baik dengan rata-rata *delay* sebesar 511,31 ms dibandingkan dengan Band 1 yang memiliki rata-rata *delay* sebesar 621,84 ms. Saat jumlah pengguna meningkat menjadi 400, *delay* pada kedua Band hampir serupa, dengan Band 1 memiliki rata-rata *delay* sebesar 983,56 ms dan Band 3 sebesar 983,63 ms. Namun, pada 600 pengguna, perbedaan menjadi lebih signifikan, dengan Band 3 memiliki rata-rata *delay* yang lebih rendah sebesar 818,75 ms dibandingkan dengan Band 1 yang mencapai 1058,13 ms.

Ketika jumlah pengguna meningkat lebih lanjut menjadi 800, Band 3 tetap menunjukkan performa yang unggul dengan rata-rata *delay* sebesar 691,50 ms, jauh lebih rendah dibandingkan Band 1 yang memiliki rata-rata *delay* sebesar 1064,98 ms. Pada beban maksimum dengan 1000 pengguna, Band 3 kembali menunjukkan performa yang lebih baik dengan rata-rata *delay* sebesar 577,81 ms, dibandingkan dengan Band 1 yang memiliki rata-rata *delay* sebesar 814,48 ms. Data ini menunjukkan bahwa Band 3 secara konsisten memberikan *delay* yang lebih rendah dibandingkan Band 1 pada semua tingkat beban pengguna, terutama pada beban tinggi. *delay* yang lebih baik pada Band 3 menunjukkan bahwa frekuensi ini lebih bagus dalam menjaga kinerja optimal *web server* Apache HTTP di jaringan seluler 4G, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk aplikasi yang membutuhkan waktu respons cepat dan konsisten.

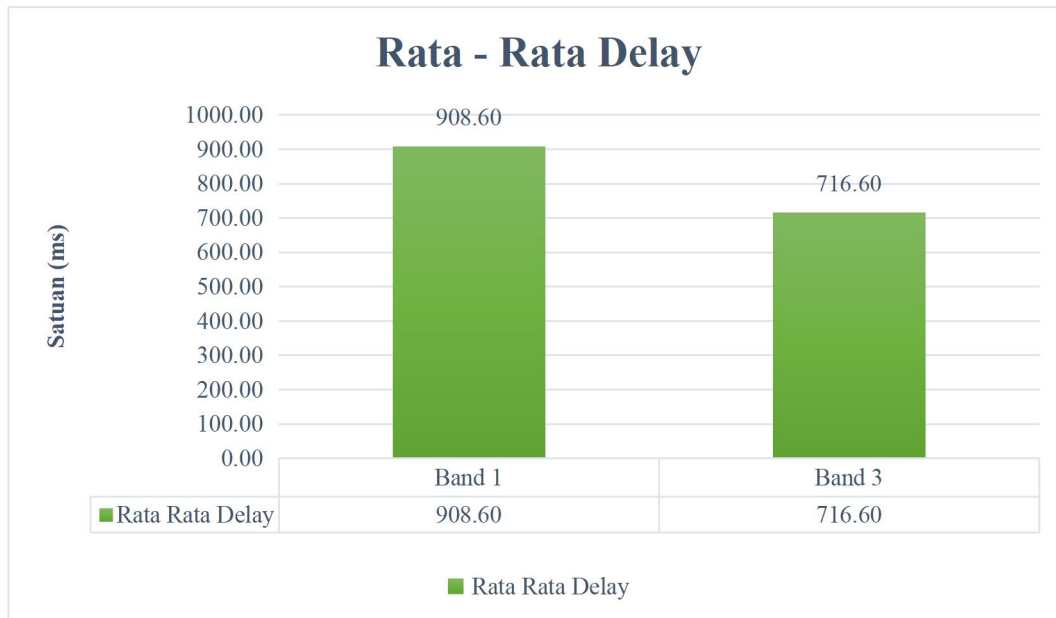


Gambar 4. 32 Grafik Delay

Detail perbandingan rata – rata *delay* pada setiap Band serta nilai standar *packet loss* berdasarkan TIPHON sesuai pada penjelasan di poin 2. terdapat pada Tabel 4.8, sementara grafik perbandingan rata – rata *throughput* setiap Band terdapat pada gambar 4.33.

Tabel 4. 9 Perbandingan Rata-Rata *Delay* Berdasarkan TIPHON

Jenis Band	Rata - Rata <i>Delay</i> (ms)	Nilai <i>Delay</i> Berdasarkan TIPHON	Kategori
Band 1	908,60	1	Buruk
Band 3	716,60	1	Buruk

**Gambar 4. 33** Perbandingan Rata – Rata *Delay*

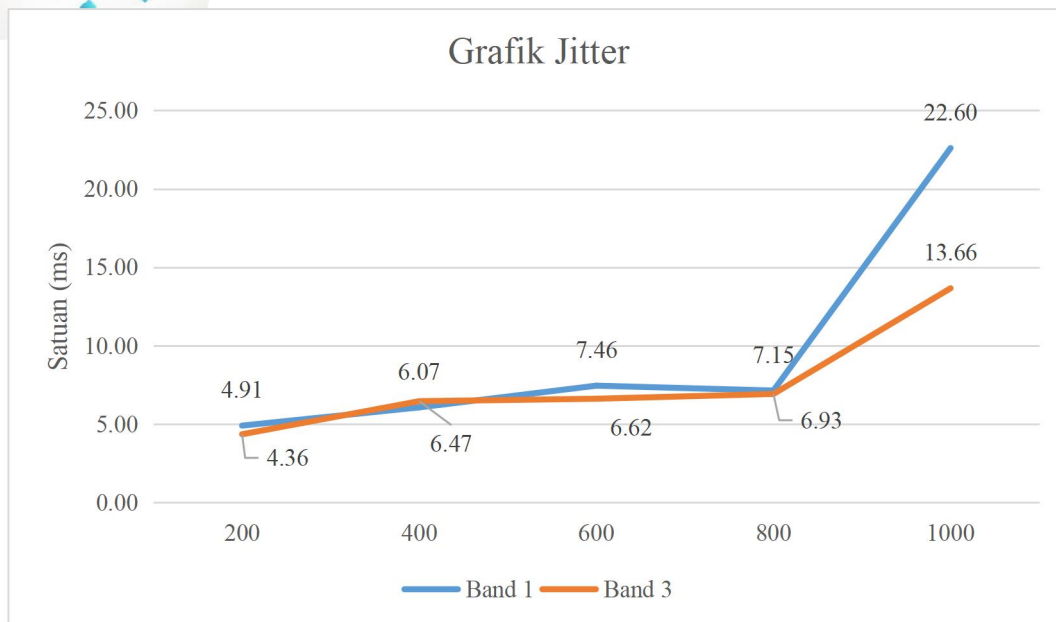
Dari tabel dan grafik di atas, terlihat bahwa Band 3 (1,8 GHz) memiliki rata-rata *delay* sebesar 716,60 ms, lebih rendah dibandingkan dengan Band 1 (2,1 GHz) yang memiliki rata-rata *delay* sebesar 908,60 ms. Berdasarkan standar TIPHON, kedua Band masuk dalam kategori "Buruk" untuk nilai *delay*. Meskipun demikian, Band 3 menunjukkan performa yang lebih baik dengan *delay* yang lebih rendah, menunjukkan bahwa frekuensi ini lebih baik dalam menjaga kinerja optimal *web server* Apache HTTP di jaringan seluler 4G.

4.3.4 Analisis *Jitter* Tiap Frekuensi Band Pada *Web Server*

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat adanya perbedaan signifikan antara *jitter* pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz) di jaringan 4G. Pada beban rendah dengan 200 pengguna, Band 3 menunjukkan performa yang lebih baik dengan rata-rata *jitter* sebesar 4,36 ms dibandingkan dengan Band 1 yang memiliki rata-rata *jitter* sebesar 4,91 ms. Ketika jumlah pengguna meningkat menjadi 400, *jitter* pada Band 3 sedikit lebih tinggi sebesar 6,47 ms dibandingkan dengan Band 1 yang memiliki *jitter* sebesar 6,07 ms. Namun, pada 600 pengguna, Band 3 kembali menunjukkan keunggulannya dengan rata-rata *jitter* yang lebih rendah sebesar 6,62 ms dibandingkan dengan Band 1 yang mencapai 7,46 ms. Saat jumlah pengguna meningkat lebih lanjut menjadi 800, Band 3 menunjukkan performa yang lebih stabil dengan rata-rata *jitter* sebesar 6,93 ms, sementara Band 1 memiliki rata-rata *jitter* sebesar 7,15 ms. Pada beban maksimum dengan 1000 pengguna, Band 3 kembali menunjukkan performa yang lebih baik dengan rata-rata *jitter* sebesar 13,66 ms, dibandingkan dengan Band 1 yang memiliki rata-rata *jitter* sebesar 22,60 ms.

Data ini menunjukkan bahwa Band 3 secara konsisten memberikan variasi waktu tunda yang lebih rendah dibandingkan Band 1 pada semua tingkat beban pengguna, terutama pada beban tinggi. Stabilitas *jitter* yang lebih baik pada Band 3 menunjukkan bahwa

frekuensi ini lebih baik dalam menjaga kinerja optimal *web server* Apache HTTP di jaringan seluler 4G. Oleh karena itu, frekuensi Band 3 dapat dianggap lebih unggul dalam memastikan pengalaman pengguna yang lebih konsisten dan responsif dalam aplikasi yang memerlukan waktu respons cepat dan variasi waktu tunda yang minimal.



Gambar 4. 34 Grafik *Jitter*

Detail perbandingan rata – rata *jitter* pada setiap Band serta nilai standar *packet loss* berdasarkan TIPHON sesuai pada penjelasan di poin 2. terdapat pada Tabel 4.9, sementara grafik perbandingan rata – rata *throughput* setiap Band terdapat pada gambar 4. 35.

Tabel 4. 10 Perbandingan Rata-Rata *Jitter* Berdasarkan TIPHON

Jenis Band	Rata - Rata <i>Jitter</i> (ms)	Nilai <i>Jitter</i> Berdasarkan TIPHON	Kategori
Band 1	9,64	3	Baik
Band 3	7,61	3	Baik



Gambar 4. 35 Perbandingan Rata – Rata *Jitter*

Dari tabel di atas, terlihat bahwa Band 3 (1,8 GHz) memiliki rata-rata *jitter* sebesar 7,61 ms, lebih rendah dibandingkan dengan Band 1 (2,1 GHz) yang memiliki rata-rata *jitter* sebesar 9,64 ms. Berdasarkan standar TIPHON, kedua Band masuk dalam kategori "Baik" untuk nilai *jitter*. Meskipun demikian, Band 3 menunjukkan performa yang lebih baik dengan *jitter* yang lebih rendah, menunjukkan bahwa frekuensi ini lebih baik dalam menjaga kinerja optimal *web server* Apache HTTP di jaringan seluler 4G.

4.3.5 Evaluasi Nilai QoS pada Performa *Web Server* di Jaringan Seluler 4G

Setelah mendapatkan nilai TIPHON dari *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter*, dilakukan kalkulasi nilai rata-rata QoS untuk setiap metrik. Nilai-nilai tersebut dirangkum dalam tabel berikut, dengan perhitungan indeks rata-rata berdasarkan Standar Persentase dan Nilai QoS oleh TIPHON sesuai pada poin 2.2.

Tabel 4. 11 Hasil Rata - Rata Metrik QoS pada Band 1

Metrik QoS	Rata - Rata Nilai Metrik	Indeks	Kategori
<i>Throughput</i> (Mbps)	1,64	3	Baik
<i>Packet Loss</i> (%)	23,94	2	Cukup
<i>Delay</i> (ms)	908,60	1	Buruk
<i>Jitter</i> (ms)	9,64	3	Baik
Indeks Rata - Rata		2,25	Kurang Memuaskan

Tabel 4. 12 Hasil Rata - Rata Metrik QoS pada Band 3

Metrik QoS	Rata - Rata Nilai Metrik	Indeks	Kategori
<i>Throughput</i> (Mbps)	2,41	4	Sangat Baik
<i>Packet Loss</i> (%)	1,00	1	Buruk
<i>Delay</i> (ms)	716,60	1	Buruk
<i>Jitter</i> (ms)	7,61	3	Baik
Indeks Rata - Rata		2,25	Kurang Memuaskan

Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun kedua frekuensi (Band 1 dan Band 3) memiliki indeks rata-rata yang sama dan masuk dalam kategori "Kurang Memuaskan" secara keseluruhan, ada keunggulan masing-masing pada metrik tertentu. Band 3 unggul dalam hal *throughput* dan *jitter*, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan tinggi dan stabilitas waktu tunda. Di sisi lain, Band 1 menunjukkan performa yang lebih baik pada *packet loss*, menjadikannya lebih andal untuk aplikasi yang sensitif terhadap kehilangan data.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap metrik QoS yaitu *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* dalam pengujian performa *web server* di jaringan seluler 4G pada frekuensi Band 1 (2,1 GHz) dan Band 3 (1,8 GHz). Maka kesimpulannya adalah.

1. Kecepatan *web server* diukur berdasarkan *Throughput*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa jaringan dengan frekuensi Band 3 menunjukkan *throughput* rata – rata lebih tinggi dengan 2,41 Mbps, yang dikategorikan sebagai “Sangat Baik” menurut standar TIPHON. Hal ini menunjukkan bahwa Band 3 lebih baik dalam menangani jumlah data yang besar dalam waktu singkat. Band 1, dengan *throughput* rata – rata sebesar 1,64 Mbps, dikategorikan sebagai “Baik”. Dengan performa yang unggul ini, Band 3

sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan *bandwidth* tinggi dan dapat diandalkan untuk memberikan kecepatan dan kinerja yang optimal.

2. *Packet loss* dianalisis untuk menilai keandalan data yang dikirim melalui jaringan. *Packet loss* merupakan metrik penting yang menunjukkan seberapa banyak data yang hilang selama proses transmisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Band 1 menunjukkan *packet loss* rata – rata sebesar 23,94%, yang masuk dalam kategori “Cukup”. Ini menunjukkan bahwa Band 1 lebih andal dalam menjaga data dengan lebih sedikit kehilangan data. Sebaliknya, Band 3 memiliki *packet loss* rata – rata lebih tinggi sebesar 31,86% yang masuk dalam kategori “Buruk”. Tingginya *packet loss* pada Band 3 dapat menyebabkan gangguan dalam aplikasi yang sensitif terhadap kehilangan data.
3. *Delay* dianalisis untuk menilai responsivitas jaringan dalam mengirim dan menerima data. *Delay* atau latensi adalah waktu yang dibutuhkan oleh paket data untuk berpindah dari sumber ke tujuan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *delay* rata – rata pada Band 1 adalah 908,60 ms yang masuk dalam kategori “Buruk”. *Delay* yang tinggi ini dapat menyebabkan jeda yang signifikan dalam komunikasi data. Band 3 memiliki *delay* rata – rata lebih rendah, yaitu 716,60 ms, namun masih dalam kategori “Buruk”. Meskipun demikian, *delay* yang lebih rendah pada Band 3 menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan Band 1.
4. *Jitter* dianalisis untuk menilai konsistensi waktu pengiriman paket data dalam jaringan. *Jitter* merupakan variasi waktu antar penerimaan data yang dapat mempengaruhi kualitas aplikasi yang memerlukan pengiriman data yang stabil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa Band 3 memiliki *jitter* yang lebih rendah dengan rata – rata 7,61 ms, yang dikategorikan sebagai “Baik”. *Jitter* yang rendah ini menunjukkan bahwa Band 3 mampu memberikan stabilitas *delay* yang lebih baik. Band 1, dengan *jitter* rata – rata sebesar 9,64 ms, juga dikategorikan sebagai “Baik”, namun dengan perbedaan yang sedikit, Band 3 lebih baik dibandingkan Band 1 dalam hal *jitter*.

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa Secara keseluruhan, kedua Band memiliki indeks rata-rata yang sama yaitu 2,25, yang masuk dalam kategori "Kurang Memuaskan" menurut standar TIPHON. Namun, Band 3 menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal *throughput* dan *jitter*, menjadikannya lebih optimal untuk aplikasi yang membutuhkan kecepatan transfer data tinggi dan stabilitas *delay* yang baik. Di sisi lain, Band 1 menunjukkan performa yang lebih baik dalam hal *packet loss*, menjadikannya lebih cocok untuk aplikasi yang sensitif terhadap kehilangan data.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan ini, berikut adalah beberapa saran untuk penelitian dan pengembangan lebih lanjut:

1. Optimasi jaringan diperlukan pada jaringan seluler yaitu 5G, terutama daerah yang sudah *support* lingkungan jaringan 5G agar mendapatkan hasil variasi yang berbeda.
2. Melakukan pengujian dengan *Packet ping* untuk komparasi hasil.
3. Penggunaan Frekuensi band lainnya agar dapat membandingkan dengan frekuensi lain.
4. Pemanfaatan *web Server* lain sehingga dapat dibandingkan dengan *web Server* lainnya.
5. Penambahan jumlah beban yang lebih besar agar signifikan dalam hasil.
6. Melakukan pengujian pada sistem operasi yang beda dan jenis jaringan dengan frekuensi yang berbeda.

Dengan mengimplementasikan saran-saran di atas, diharapkan performa *web server* dapat lebih dioptimalkan dan hasil penelitian dapat menjadi referensi yang lebih komprehensif untuk pengembangan *web server* di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinata. (2022). *Band 4G DI Indonesia*. Retrieved 13 June 2024 from <https://midteknologi.com/blog/Band-4g-di-indonesia/>
- Anwar, M. S. (2022). Analisis QoS (*Quality of Service*) Manajemen *Bandwidth* menggunakan Metode Kombinasi *Simple Queue* dan PCQ (*Per Connection Queue*) pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara. *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 1(2), 82–97. <https://doi.org/10.56211/sudo.v1i2.24>
- Astuti, I. K. (2018). Jaringan Komputer. *Jurnal Universitas Mitra Indonesia*.
- Azizah, N., Imansyah, F., & W, F. T. P. (2020). Analisis *Quality of Service* Jaringan Internet PT. Jawa Pos National Network Medialink Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro*, 01 (01).
- Chandra, A. Y. (2019). Analisis Performansi Antara Apache & Nginx Web Server Dalam Menangani *Client Request*. *Jurnal Sistem Dan Informatika (JSI)*, 14(1), 48–56. <https://doi.org/10.30864/jsi.v14i1.248>.
- Hardani., Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Sukmana, D. J., & Istiqomah, R. R. (2020). Buku Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif. Yogyakarta: CV. Pustaka Ilmu Grup
- Hasbullah, M. S. (2018). Analisis Perbandingan Web Server Apache dan Nginx Menggunakan Apache Jmeter Pada Server Aplikasi Ais Yang Berbasis Clustering Server. UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Kisnandar, R. B. (2019). Analisis Perbandingan Kinerja Web Server NGINX, Apache, dan LIGHTTPD Dengan Metode Stress Test. STIMIK Akakom Yogyakarta.
- Lenni, M. N. (2020). Analisis Data Penelitian Kuliitatif. *Jurnal Hikmah*, 15(2), 409–420. [http://eprints.unm.ac.id/20838/1/buku Sapto METODOLOGI.pdf](http://eprints.unm.ac.id/20838/1/buku%20Sapto%20METODOLOGI.pdf)
- Netcraft. (2022). Web Server Survey. Retrieved December 13 2023 from <https://www.netcraft.com/blog/january-2022-web-server-survey/>.
- Permatasari, D. I. (2020). Pengujian Aplikasi menggunakan metode Load Testing dengan Apache JMeter pada Sistem Informasi Pertanian. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JUSTIN)*, 8(1), 135. <https://doi.org/10.26418/justin.v8i1.34452>.

- Pragestu, S., Sujaini, H., & Faja, E. (2023). Analisis Skalabilitas Web Server Apache Tomcat , Node Js Dan Go Pada Protokol Hypertext Transfer Protocol (HTTP) Dan Message Queue Telemetry Transport (MQTT) Scalability Analysis of Apache Tomcat , Node . Js and Go Web Servers on Hypertext Transfer. JUSTIN (Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi), 11(4), 605–611. <https://doi.org/10.26418/justin.v11i4.71607>.
- Prasetyo, F., Putra, E., Riski, M., Yahya, M. S., & Ramadhan, M. H. (2023). Mengenal Teknologi Jaringan Nirkabel Terbaru Teknologi 5G. Jurnal Sistim Informasi Dan Teknologi, 5(2), 167–174. <https://doi.org/10.37034/jsisfotek.v5i1.233/>
- Restadi, O. B. (2019). Implementasi Protokol Nstreme Wireless Mikrotik Untuk Meningkatkan Throughput. Jurnal Manajemen Informatika, 9, 44–49.
- Riswandi, Kasim, & Raharjo, M. F. (2020). Evaluasi Kinerja Web Server Apache menggunakan Protokol HTTP2. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science*, 2(1), 19–31. <https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas-0201.92>.
- Rusdi, M. S. (2020). Hipoglikemia Pada Pasien Diabetes Militus. *Jurnal Syifa Sciences and Clinical Research*, 2 (2). <https://doi.org/10.37311/jsscr.v2i2.4575>.
- Sofyan, A. R., & Kusuma, S. D. Y. (2022). Implementasi Load Balancing Web Server menggunakan Haproxy pada Virtual Server Direktorat SMK Kemendikbudristek. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6 (2).
- The Apache Software Foundation. (n.d.). *The Apache HTTP Server Project*. Retrieved June 30, 2024, from <https://httpd.apache.org/>
- 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. <https://doi.org/10.35760/tr.2020.v25i2.2723>
- Yani, A., Saputra, B., & Jurnal, R. T. (2018). Rancang Bangun Sistem Informasi Evaluasi Siswa Dan Kehadiran Guru Berbasis Web. *Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika (PETIR)*, 11(2), 107–124. <https://doi.org/10.33322/petir.v11i2.344>.