

**SISTEM PENGAMANAN JARINGAN SDN DARI
SERANGAN DDOS BERBASIS MULTI CONTROLLER DAN
LOAD BALANCER**

DRAFT SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
di Program Studi Sistem Telekomunikasi



Husnul Ulfa
2003204

**PROGRAM STUDI SISTEM TELEKOMUNIKASI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
KAMPUS DI PURWAKARTA**

2024

LEMBAR HAK CIPTA
SISTEM PENGAMANAN JARINGAN SDN DARI SERANGAN DDOS
BERBASIS MULTI CONTROLLER DAN LOAD BALANCER

Oleh
Husnul Ulfa

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi Sistem Telekomunikasi

© **Husnul Ulfa 2024**
Universitas Pendidikan Indonesia
April 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, di foto *copy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis


LEMBAR PENGESAHAN

ii

LEMBAR PENGESAHAN

**SISTEM PENGAMANAN JARINGAN SDN DARI SERANGAN DDOS
BERBASIS MULTI CONTROLLER DAN LOAD BALANCER**

Disetujui dan Disahkan Oleh Pendamping

Pembimbing 1


Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219920111101

Pembimbing 2


Ahmad Fauzi, S.SI., MT

NIP. 920171219820915101

Ketua Prodi Sistem Telekomunikasi,



Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T.

NIP. 920190219920111101

PERNYATAAN ANTI PLAGIARISME

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul “Sistem Pengamanan Jaringan SDN Berbasis Multi controller dan Load Balancer” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri.

Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko/sanksi yang diberikan apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Purwakarta, 30 April 2024
Penulis

Husnul Ulfa
NIM: 2003204

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat membuat skripsi dengan judul "Sistem Pengamanan Jaringan SDN dari Serangan DDoS Berbasis *Multi Controller* dan *Load Balancer*". Shalawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, juga kepada keluarganya, sahabat dan kepada umat-Nya yang senantiasa mengikuti dan melaksanakan ajarannya hingga akhir zaman.

Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat dalam pengembangannya. *Aamiin ya Rabbal'alamin*. Segala kebenaran hanya milik Allah SWT, dan seluruh kekurangan hanya milik saya semata

Purwakarta, 26 April 2024

Husnul Ulfa

UCAPAN TERIMA KASIH

Allahumdullilahirabil Alaamiin, puji serta syukur penulis limpahkan kepada Allah SWT, yang telah memberikan penulis rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ Sistem Pengamanan Jaringan SDN dari Serangan DDoS Berbasis *Multi Controller* dan *Load Balancer*” yang merupakan syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Teknik Program Studi Sistem Telekomunikasi Universitas Pendidikan Indonesia. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT dengan segala rahmat serta karunia-Nya, yang selalu memberikan kesehatan, kemudahan, dan kelancaran kepada penulis selama proses penelitian.
2. Bapak Galura Muhammad Suranegara, S.Pd., M.T. selaku ketua prodi Sistem Telekomunikasi dan Dosen pembimbing 1.
3. Bapak Ahmad Fauzi, S.Si., M.T selaku dosen pembimbing II.
4. Bapak Akbari Indra Basuki S.Si., M.T selaku pembimbing penelitian di BRIN.
5. Ibunda penulis, Azhar yang selalu memberikan cinta, kasih sayang, dan doanya.
6. Ayahanda penulis, Syahril yang selalu memberikan cinta, kasih sayang,
7. Seluruh dosen dan tenaga pendidik Sistem Telekomunikasi UPI Kampus Purwakarta yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta motivasi selama penulis berkuliah.
8. Dwi Putri Riani, Muhammad Rifyal, Reza Pebriawan, Rizka Putri Anggraini, Ridha Febriliana, Hana Fatimah Zahra, Devi Anasyafila, Ekanovelia, Eidila Ashalsadiza, Maulida Yasmin, yang telah kebersamai penulis mengerjakan skripsi hingga akhir.
9. Aini Izzati, Rahma Yenni, Putri Nabila Rahmi, Winny Siregar yang selalu mensupport penulis selama mengerjakan skripsi.

Penulis menyadari dalam penyusunan terdapat kekurangan yang tidak disadari. Oleh karena itu, penulis amat sangat terbuka untuk menerima saran dan kritik yang membangun agar mampu menjadi suatu karya yang lebih baik kedepannya.

ABSTRAK

SISTEM PENGAMANAN JARINGAN SDN DARI SERANGAN DDoS BERBASIS *MULTI CONTROLLER* DAN *LOAD BALANCER*

Serangan DDoS terhadap jaringan SDN mengakibatkan satu titik kegagalan yang berpotensi merusak kinerja keseluruhan jaringan. *Single controller* berpotensi mengalami *buffer overload*, yang menyebabkan kemacetan lalu lintas karena *switch* harus menunggu respon dari *controller* sebelum meneruskan paket jaringan. Penelitian ini mengimplementasikan keamanan dengan menggunakan pendekatan *multi controller* dan *load balancer*, untuk meningkatkan ketahanan jaringan SDN terhadap serangan DDoS. Sistem ini bekerja dengan cara mendistribusikan beban kerja dari *controller* utama ke *controller back-up* melalui *load balancer* ketika terdeteksi indikasi serangan DDoS. Indikasi serangan ditentukan berdasarkan nilai *miss rate* dari *unique forwarding request* yang melebihi *threshold*. Parameter pengujian penelitian ini mencakup responsivitas dan *high availability* jaringan. Pada kondisi serangan *multi controller* berhasil meningkatkan responsivitas yang lebih cepat 50,60% dibandingkan *single controller* yaitu 102,4%. Respons yang cepat, menunjukkan pertahanan yang baik saat terjadi serangan dibandingkan dengan *single controller*. *Latency multi controller* mengalami penurunan 0,02% dibandingkan *single controller*. Hasil ini mengindikasikan bahwa *latency multi controller* pada saat terjadi serangan lebih efisien dalam menanggapi serangan dibandingkan *single controller*. *Throughput multi controller* mengalami kenaikan 28% dibandingkan *single controller* yaitu 21%. *Jitter multi controller* mengalami kenaikan 376% dibandingkan *single controller*. Hasil dari pendekatan ini terbukti mampu meningkatkan kehandalan, *responsivitas* dan kualitas trafik jaringan SDN saat menghadapi serangan DDoS.

Kata Kunci: DDoS, *Load Balancer*, *multi-controller*, *availabilityoverload*

ABSTRACT***SDN NETWORK SECURITY SYSTEM FROM DDOS ATTACKS BASED ON
MULTI CONTROLLERS AND LOAD BALANCERS***

DDoS attacks on SDN networks result in a potential single point of failure that could potentially disrupt the overall network performance. The single controller is prone to buffer overload, leading to traffic congestion as switches have to wait for responses from the controller before forwarding network packets. This research implements security using a multi-controller approach and a load balancer to enhance the SDN network's resilience against DDoS attacks. The system works by distributing workload from the main controller to backup controllers via a load balancer when DDoS attack indications are detected. Attack indications are determined based on the miss rate values of unique forwarding requests that exceed a threshold. The parameters tested in this research include network responsiveness and high availability. During attack conditions, the multi-controller successfully improved responsiveness by 50.60% faster compared to the single controller, which is 102.4%. The faster response demonstrates effective defense during attacks compared to the single controller. The latency of the multi-controller experienced a decrease of 0.02% compared to the single controller. This result indicates that the multi-controller latency is more efficient in responding to attacks compared to the single controller. The throughput of the multi-controller experienced an increase of 28% compared to the single controller, which is 21%. The jitter of the multi-controller experienced an increase of 376% compared to the single controller. The results of this approach have proven to enhance the reliability, responsiveness, and quality of SDN network traffic when facing DDoS attacks.

Keywords: DDoS, Load Balancer, multi-controller, availability, overload

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ANTI PLAGIARISME	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan penelitian.....	4
1.4 Batasan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Struktur Organisasi Skripsi	5
BAB II.....	6
KAJIAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Software Defined Networking</i>	6
2.2 <i>Multi Controller</i> Dalam SDN.....	10
2.3 <i>Load Balancing</i> dalam Konteks SDN	11
2.4 Serangan DDoS Dalam Jaringan SDN.....	12
2.5 <i>Quality of Service (QoS)</i>	13
2.6 Responsivitas.....	15
2.7 Tantangan Keamanan Di Jaringan SDN	15
2.8 Penelitian yang Relevan	16
BAB III	23
METODE PENELITIAN.....	23
3.1 Alur Penelitian.....	23

3.1.1 Riset Literatur.....	23
3.1.2 Menentukan Topik Penelitian	23
3.1.3 Identifikasi dan Rumusan Masalah	23
3.1.4 Tujuan penelitian.....	24
3.1.5 Instalasi.....	24
3.1.6 Implementasi dan Konfigurasi	24
3.1.7 Pengecekan Fungsional sistem.....	24
3.1.8 Pengukuran.....	25
3.1.9 Analisis dan Evaluasi	28
3.2 Desain Penelitian.....	29
3.3 Teknik Analisis Data.....	36
BAB IV	37
PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN	37
4.1 Implementasi Multi Controller berbasis Load Balancer	37
4.2 Hasil Penelitian	43
4.3 Analisis Hasil Penelitian	57
BAB V.....	66
KESIMPULAN, SARAN DAN REKOMENDASI.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN.....	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arsitektur Jaringan SDN	6
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	23
Gambar 3. 2 Perintah Pengukuran Parameter Throughput	26
Gambar 3. 3 Pengukuran Parameter Jitter.....	27
Gambar 3. 4 Perintah Pengukuran Latency.....	28
Gambar 3. 5 Desain Penelitian.....	29
Gambar 3. 6 Desain Arsitektur Perancangan Sistem Multi-Controller.....	31
Gambar 3. 7 Desain Arsitektur perancangan Sistem Single-Controller	32
Gambar 3. 8 Diagram Alur Rancangan Sistem Multi-Controller Berbasis Load Balancer.....	33
Gambar 3. 9 Diagram Alur Rancangan Pengujian Sistem Single Controller	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar <i>Latency</i> menurut TIPHON (Eddyta Putri Cintasari, 2018).....	14
Tabel 2. 2 Standar <i>Throughput</i> menurut TIPHON (Eddyta Putri Cintasari, 2018)	14
Tabel 2. 3 Standar <i>Jitter</i> menurut TIPHON (Purwahid & Triloka, 2019)	15
Tabel 2. 4 Perbandingan Riset Penanganan Serangan DDoS	17
Tabel 3. 1 Kebutuhan Penelitian	29
Tabel 3. 2 Skenario Pengujian Sistem.....	30
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian ke -I.....	43
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian ke -II	45
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian ke -III	48
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian ke- IV	50
Tabel 4. 5 Hasil <i>Latency</i> Pengujian I dan II.....	53
Tabel 4. 6 Hasil <i>Throughput</i> TCP Pengujian I dan II	54
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian <i>Jitter</i> UDP Pengujian I dan II.....	54
Tabel 4. 8 Hasil <i>Latency</i> Pengujian III dan IV.....	55
Tabel 4. 9 Hasil <i>Throughput</i> TCP Pengujian III dan IV	55
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian <i>Jitter</i> UDP Pengujian III dan IV.....	56
Tabel 4. 11 Perbandingan Respons <i>Delay</i> pada <i>Multi</i> dan <i>Single Controller</i> dalam Skenario Serangan dan Tidak Serangan.....	57
Tabel 4. 12 Hasil Pengukuran <i>Latency</i>	60
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian <i>Throughput</i>	61
Tabel 4.14 Hasil Pengukuran <i>Jitter</i>	63

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Konfigurasi Controller Main	72
Lampiran 2 Konfigurasi Controller Backup	79
Lampiran 3 Lampiran Konfigurasi Single Controller	82
Lampiran 4. Script Background Traffic	85
Lampiran 5 Lampiran packet normal	85
Lampiran 6 Topologi single controller	85
Lampiran 7 Topologi multi controller.....	86
Lampiran 8 Hasil Pengukuran.....	88
Lampiran 9. Daftar Riwayat Hidup Penulis	89

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkareem, N. M., & Zeebaree, S. R. M. (2022). Optimization of Load Balancing Algorithms to Deal with Ddos Attacks Using Whale optimization Algorithm. *the journal of duhok university*, 25(2), 65–85. <https://doi.org/10.26682/sjuod.2022.25.2.7>
- Adi Iman Utama. (2018). *IMPLEMENTASI LOAD BALANCING UNTUK KONTROLER SOFTWARE DEFINED NETWORK*.
- Ahmad, F., Glasgow, K., Penuh, B. L., Dan, D., Banjir, M., Berbahaya, D., Jaringan, D., Ditetapkan, Y., & Lunak, P. (2023). *Ubaid ur Rehman Artikel Penelitian Universitas Tekstil Nasional Universitas Tekstil Nasional Lisensi: ÿ ÿ Karya ini dilisensikan dengan Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2421818/v2>
- Ateya, A. A., Muthanna, A., Vybornova, A., Algarni, A. D., Abuarqoub, A., Koucheryavy, Y., & Koucheryavy, A. (2019). Chaotic salp swarm algorithm for SDN multi-controller networks. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(4), 1001–1012. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2018.12.015>
- Biondi, P. (2005). *Problematic Scapy Network discovery and attacks Network packet manipulation with Scapy Philippe BIONDI Network packet manipulation with Scapy*.
- Budiman, A., Ficky Duskarnaen, M., & Ajie, H. (2020). *ANALISIS QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN INTERNET SMK NEGERI 7 JAKARTA*.
- Dewanto, R., Munadi, R., & Negara, R. M. (2018). Improved Load Balancing on Software Defined Network-based Equal Cost Multipath Routing in Data Center Network. *JURNAL INFOTEL*, 10(3), 157. <https://doi.org/10.20895/infotel.v10i3.379>
- EDDYTA PUTRI CINTASARI. (2018). *Analisis Kinerja Jaringan Software Defined Network*.
- Ejaz, S., Iqbal, Z., Azmat Shah, P., Bukhari, B. H., Ali, A., & Aadil, F. (2019). Traffic Load Balancing Using Software Defined Networking (SDN) Controller as Virtualized Network Function. *IEEE Access*, 7, 46646–46658. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2909356>
- Faiz, M. N., Somantri, O., Supriyono, A. R., & Muhammad, A. W. (2022). Impact of Feature Selection Methods on Machine Learning-based for Detecting DDoS Attacks: Literature Review. *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, 5(2), 305–314. <https://doi.org/10.31289/jite.v5i2.6112>
- Fang, M., Wang, Y., & Ye, M. (2019). A Multi-Controller Deployment Method of SDN Network Based on FPGA. *Proceedings - 2019 15th International Conference on Computational Intelligence and Security, CIS 2019*, 262–266. <https://doi.org/10.1109/CIS.2019.00062>
- Fath, S. J., Fields, L., Malott, M. K., & Grossett, D. (1982). *JOURNAL OF THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF BEHAVIOR RESPONSE RATE, LATENCY, AND RESISTANCE TO CHANGE*.
- Gebremeskel, T. G., Gameda, K. A., Krishna, T. G., & Ramulu, P. J. (2023). DDoS Attack Detection and Classification Using Hybrid Model for Multicontroller SDN. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2023, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2023/9965945>

- Harja, D. P., Rakhmatsyah, A., & Nugroho, M. A. (2019). Implementasi untuk Meningkatkan Keamanan Jaringan Menggunakan Deep Packet Inspection pada Software Defined Networks. *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)*, 4(1), 133. <https://doi.org/10.21108/indojc.2019.4.1.286>
- Hasanul Fahmi. (2018). *ANALISIS QOS (QUALITY OF SERVICE) PENGUKURAN DELAY, JITTER, PACKET LOST DAN THROUGHPUT UNTUK MENDAPATKAN KUALITAS KERJA RADIO STREAMING YANG BAIK ANALYSIS QOS (QUALITY OF SERVICE) MEASUREMENT OF DELAY , JITTER, PACKET LOST AND THROUGHPUT TO GET GOOD QUALITY OF RADIO STREAMING WORK* (Vol. 7, Nomor 2).
- Hoitash, Kogan, & Srivastava. (2006). Measuring Information Latency. *The International Journal of Digital Accounting Research*. https://doi.org/10.4192/1577-8517-v6_1
- Huda, I. M., & Suartana, I. M. (2021). Implementasi Intrusion Prevention System Untuk Mencegah Serangan DDOS pada Software Defined Network. *Journal of Informatics and Computer Science*, 03.
- Kalkan, K., Altay, L., Gür, G., & Alagöz, F. (2018a). JESS: Joint Entropy-Based DDoS Defense Scheme in SDN. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 36(10), 2358–2372. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2018.2869997>
- Kalkan, K., Altay, L., Gür, G., & Alagöz, F. (2018b). JESS: Joint Entropy-Based DDoS Defense Scheme in SDN. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 36(10), 2358–2372. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2018.2869997>
- KANTINIT. (2023). *Software Defined Network (SDN): Karakteristik, Jenis dan Cara Kerja*.
- Kaur, S., Kumar, K., Aggarwal, N., & Singh, G. (2021). A comprehensive survey of DDoS defense solutions in SDN: Taxonomy, research challenges, and future directions. Dalam *Computers and Security* (Vol. 110). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2021.102423>
- Khorsandroo, S., Sánchez, A. G., Tosun, A. S., Arco, J. M., & Doriguzzi-Corin, R. (2021). Hybrid SDN evolution: A comprehensive survey of the state-of-the-art. *Computer Networks*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.107981>
- Krishnan, P., Duttagupta, S., & Achuthan, K. (2019). VARMAN: Multi-plane security framework for software defined networks. *Computer Communications*, 148, 215–239. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.09.014>
- Luthfi Faishal. (2020). *UNIVERSITAS INDONESIA Analisis Serangan DDoS Untuk Mengukur Kinerja CPU, Memori dan Latensi pada Platform Software Defined Network (SDN) Berbasis Emulator Mininet dan Open Network Operating System (ONOS) SKRIPSI*.
- Mulligan, K., Grant, J. T., Mockabee, S. T., & Monson, J. Q. (2003). Response Latency Methodology for Survey Research: Measurement and Modeling Strategies. *Political Analysis*, 11(3), 289–301. <https://doi.org/10.1093/pan/mpg004>
- Nadeem, M. W., Goh, H. G., Ponnusamy, V., & Aun, Y. (2022). Ddos detection in sdn using machine learning techniques. *Computers, Materials and Continua*, 71(1), 771–789. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.021669>
- Nisa, F., & Ramadona, S. (2023). *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi https://jsisfotek.org/index.php Sistem Pencegahan Serangan Distributed Denial Of Service Pada Jaringan SDN*. 5(3). <https://doi.org/10.60083/jsisfotek.v5i3.269>
- Paliwal, M., Shrimankar, D., & Tembhurne, O. (2018). Controllers in SDN: A review

- report. Dalam *IEEE Access* (Vol. 6, hlm. 36256–36270). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2846236>
- Agusriandi5. (2016). *ANALISIS DELAY JITTER, THROUGHPUT, DAN PAKET LOST MENGGUNAKAN IPERF3*. <http://kpmmmjogja.com>
- Perez-Diaz, J. A., Valdovinos, I. A., Choo, K. K. R., & Zhu, D. (2020). A Flexible SDN-Based Architecture for Identifying and Mitigating Low-Rate DDoS Attacks Using Machine Learning. *IEEE Access*, 8, 155859–155872. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3019330>
- Prathima Mabel, J., Vani, K. A., & Rama Mohan Babu, K. N. (2019). SDN Security: Challenges and Solutions. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 545, 837–848. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5802-9_73
- Priyadarsini, M., & Bera, P. (2021). Software defined networking architecture, traffic management, security, and placement: A survey. Dalam *Computer Networks* (Vol. 192). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2021.108047>
- Purnomo, R., & Rizky Arisandi, P. (2019). ANALISIS QOS DENGAN VIRTUAL TENANT NETWORK PADA SOFTWARE DEFINE NETWORKING. Dalam *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer* | (Vol. 5, Nomor 2).
- Putra Pratama, M., & Hari Trisnawan, P. (2022). *Sistem Pendeteksi DDoS menggunakan Algoritma CUSUM pada OpenFlow SDN* (Vol. 6, Nomor 5). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Putu, I., Pratama, A. E., & Dharmesta, P. A. (2018). IMPLEMENTASI TEKNIK DEEP PACKET INSPECTION DENGAN MENGGUNAKAN WIRESHARK PADA SISTEM OPERASI UBUNTU (STUDI KASUS: INTRANET JURUSAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS UDAYANA). Dalam 79 *JURNAL RESISTOR* (Vol. 1, Nomor 2). Online. <http://jurnal.stiki-indonesia.ac.id/index.php/jurnalresistor>
- Rasudin. (2014). *QUALITY OF SERVICE (QOS) PADA JARINGAN INTERNET DENGAN METODE HIERARCHY TOKEN BUCKET Rasudin*.
- Saleh, H. H., Mishkal, I. A., & Ibrahim, D. S. (2022). Controller placement problem in software defined networks. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 27(3), 1704–1711. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i3.pp1704-1711>
- Salman, O., Elhajj, I. H., Kayssi, A., & Chehab, A. (2016, Juni 20). SDN controllers: A comparative study. *Proceedings of the 18th Mediterranean Electrotechnical Conference: Intelligent and Efficient Technologies and Services for the Citizen, MELECON 2016*. <https://doi.org/10.1109/MELCON.2016.7495430>
- Singh, A. K., Maurya, S., & Srivastava, S. (2020). Varna-based optimization: a novel method for capacitated controller placement problem in SDN. *Frontiers of Computer Science*, 14(3). <https://doi.org/10.1007/s11704-018-7277-8>
- Suryana, O. (2013). *Server dan Web Server*. <https://www.researchgate.net/publication/327338081>
- Tayfour, O. E., & Marsono, M. N. (2020). Collaborative Detection and Mitigation of Distributed Denial-of-Service Attacks on Software-Defined Network. *Mobile Networks and Applications*, 25(4), 1338–1347. <https://doi.org/10.1007/s11036-020-01552-0>
- Ummah, I. (2016). Perancangan Simulasi Jaringan Virtual Berbasis Software-Define Networking. *Indonesian Journal on Computing (Indo-JC)*, 1(1). <https://doi.org/10.21108/indojc.2016.1.1.20>
- Wang, Y. C., & Chang, E. J. (2020). Cooperative Flow Management in Multi-domain

- SDN-based Networks with Multiple Controllers. *HONET 2020 - IEEE 17th International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life using ICT, IoT and AI*, 82–86. <https://doi.org/10.1109/HONET50430.2020.9322815>
- Yue, M., Wang, H., Liu, L., & Wu, Z. (2020). Detecting DoS Attacks Based on Multi-Features in SDN. *IEEE Access*, 8, 104688–104700. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999668>
- Yusuf, A., & Prasetyo Rohmawan, E. (2024). Analisa Quality Of Service Jaringan VSAT Menggunakan Wireshark. Dalam *Analisa Quality Of Service Jaringan VSAT Menggunakan Wireshark P* (Vol. 20, Nomor 1).
- Zebari, R. R., Zeebaree, S. R. M., Sallow, A. B., Shukur, H. M., Ahmad, O. M., & Jacksi, K. (2020). Distributed Denial of Service Attack Mitigation using High Availability Proxy and Network Load Balancing. *3rd International Conference on Advanced Science and Engineering, ICOASE 2020*, 174–179. <https://doi.org/10.1109/ICOASE51841.2020.9436545>
- Zhang, J., Guo, H., Liu, J., & Zhang, Y. (2020). Task Offloading in Vehicular Edge Computing Networks: A Load-Balancing Solution. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 69(2), 2092–2104. <https://doi.org/10.1109/TVT.2019.2959410>
- Zhang, Y., Cui, L., Wang, W., & Zhang, Y. (2018). A survey on software defined networking with multiple controllers. Dalam *Journal of Network and Computer Applications* (Vol. 103, hlm. 101–118). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.11.015>