ANALISIS MITIGASI SERANGAN DDOS MENGGUNAKAN ENTROPY DAN PUZZLE BERBASIS PROOF OF WORK PADA SERVER UBUNTU

SKRIPSI

BERLIANNA UPIK NURNIATI 2107421022

PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2025

ANALISIS MITIGASI SERANGAN DDOS MENGGUNAKAN ENTROPY DAN PUZZLE BERBASIS PROOF OF WORK PADA SERVER UBUNTU

SKRIPSI

Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk Memperoleh Diploma Empat Politeknik

BERLIANNA UPIK NURNIATI

2107421022

PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN

JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Berliana Upik Nurniati
NIM	: 2107421022
Jurusan / Program Studi	: Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi	: Analisis Mitigasi Serangan DDoS Menggunakan *Entropy* dan Puzzle Berbasis *Proof of Work* pada Server Ubuntu

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 23 Juli 2025

Yang membuat pernyataan,

(Berlianna Upik Nurniati)

NIM. 2107421022

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Berlianna Upik Nurniati

NIM : 2107421022

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : Analisis Mitigasi Serangan DDoS Menggunakan *Entropy* dan Puzzle Berbasis *Proof Of Work* pada Server Ubuntu

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu, tanggal 9, bulan Juli, tahun 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Disahkan oleh

Pembimbing I : Maria Agustin, S.Kom., M,Kom ( )

Penguji I : Defiana Arnaldy, S.Tp., M,Si ( )

Penguji II : Dr. Indra Hermawan., M.Kom ( )

Penguji III : Chandra Wirawan, M.Kom ( )

Mengetahui

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua

(Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.)

NIP. 197908032003122003

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Analisis Mitigasi Serangan DDoS Menggunakan *Entropy* dan Puzzle Berbasis *Proof of Work* pada Server Ubuntu". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma IV pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikannya tanpa bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Orang tua dan seluruh keluarga tercinta, atas kasih sayang, doa, dan dukuangan moril agar proses penyusunan skripsi penulis berjalan lancar, serta memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi
2. Ibu Maria Agustin, S.Kom., M.Kom. sebagai dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, membantu, mendukung dan memberikan masukan serta saran kepada penulis selama pengerjaan skripsi hingga selesai
3. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, khususnya program studi Teknik Multimedia dan Jaringan, atas ilmu, motivasi, dan inspirasi yang telah diberikan.
4. Teman - teman penulis, Chiara Adristi, Nurul Aulia Dewi, Yazmin Nur'Aini, Layla Rosyidah, Niken Maharani, Ainur Rafika, Qathrah Nadiyah Salsabila, Muhammad Daffa Rasyid, Shoffan Darul, Sandika Arga, Robby Akbar, dan teman teman lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang selalu mendukung, memberikan semangat, dan kebersamaan dalam suka maupun duka selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Depok, 7 Juli 2025

Berlianna Upik Nurniati

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Berlianna Upik Nurniati

NIM : 2107421022

Jurusan / Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Mitigasi Serangan DDoS Menggunakan *Entropy* dan Puzzle Berbasis *Proof Of Work* pada Server Ubuntu

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 25 JULI 2025

Yang menyatakan,

(Berlianna Upik Nurniati)

NIM. 2107421022

ANALISIS MITIGASI SERANGAN DDOS MENGGUNAKAN ENTROPY DAN PUZZLE BERBASIS PROOF OF WORK PADA SERVER UBUNTU

ABSTRAK

Server yang terhubung ke jaringan publik rentan terhadap berbagai jenis serangan siber, salah satunya adalah serangan *Distributed Denial of Service* (DDoS) yang bertujuan melumpuhkan layanan dengan membanjiri server menggunakan permintaan palsu secara terus-menerus. Penelitian ini mengusulkan metode mitigasi serangan DDoS menggunakan pendekatan dua tahap, yaitu deteksi berbasis *entropy* dan verifikasi berbasis *puzzle Proof of Work* (PoW). Deteksi dilakukan dengan menghitung nilai *entropy* dari distribusi alamat IP yang mengakses *endpoint* login server Ubuntu secara *real time*. Jika nilai *entropy* turun di bawah ambang batas tertentu atau pola trafik menunjukkan anomali, sistem akan mengaktifkan mitigasi. Selanjutnya, hanya klien yang dapat menyelesaikan tantangan puzzle kriptografi (berbasis SHA-256) yang diizinkan melanjutkan proses login. Mekanisme ini mencegah penyerang mengakses sistem tanpa autentikasi dan meminimalkan false positive pada pengguna sah. Pengujian dilakukan dalam lingkungan lokal dengan berbagai skenario jumlah *attacker* dan volume serangan menggunakan tools HTTP Flood. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kombinasi metode *entropy* dan puzzle PoW mampu mengklasifikasikan trafik dengan akurasi mencapai 100%, serta menjaga performa server tetap stabil saat terjadi serangan.

Kata Kunci: Ubuntu Server, DDoS, Entropy, Proof of Work (PoW)

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital telah mendorong peningkatan ketergantungan masyarakat terhadap layanan daring dan infrastruktur jaringan. Dalam kondisi ini, keamanan siber menjadi isu yang sangat krusial, karena sistem informasi terbuka terhadap berbagai jenis ancaman, salah satunya adalah serangan Distributed Denial of Service (DDoS). Serangan DDoS merupakan upaya untuk mengganggu ketersediaan layanan dengan membanjiri server target menggunakan lalu lintas jaringan secara berlebihan, sehingga menyebabkan layanan menjadi lambat atau bahkan tidak dapat diakses sama sekali (Wu et al., 2022).

Ancaman DDoS menjadi semakin berbahaya karena teknik yang digunakan oleh penyerang semakin canggih dan bersifat terdistribusi. Serangan ini tidak hanya berdampak pada gangguan layanan, tetapi juga dapat menyebabkan kerugian finansial, turunnya kepercayaan pengguna, serta terhambatnya operasional bisnis. Menurut laporan ID-SIRTII/CC (Indonesia Security Incident Response Team on Internet Infrastructure), lebih dari satu juta insiden serangan siber terjadi di Indonesia dalam kurun waktu satu tahun, dan tren ini terus meningkat akibat kelemahan sistem dan aplikasi yang dieksploitasi secara masif (Chotimah, 2019).

Salah satu platform yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem layanan berbasis web adalah Ubuntu Server, karena sifatnya yang open source, ringan, serta kompatibel dengan berbagai tools keamanan dan web server seperti Apache2 (Gorave, 2019). Namun demikian, server berbasis open-source seperti Ubuntu juga menjadi target potensial serangan DDoS, terutama karena banyaknya layanan publik yang di-host di dalamnya tanpa perlindungan adaptif yang memadai (Aydın et al., 2022; Xiong et al., 2020).

Pendekatan mitigasi tradisional seperti penggunaan firewall, intrusion detection system (IDS), dan blacklist IP sering kali tidak cukup efektif dalam menghadapi serangan DDoS berskala besar, terutama ketika serangan bersifat terdistribusi dan menyamar sebagai lalu lintas normal. Misalnya, dalam penelitian oleh (Patil & G,

2023), ditemukan bahwa serangan DDoS terhadap infrastruktur cloud berbasis OpenStack mampu melumpuhkan firewall dan IDS karena perangkat tersebut tidak dirancang untuk memfilter lalu lintas dalam jumlah besar yang tampak seperti trafik normal. Dalam skenario simulasi menggunakan tools seperti LOIC dan Slowloris, firewall gagal membedakan antara trafik sah dan trafik berbahaya, sementara IDS mengalami beban berlebih hingga menurunkan performa sistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan yang lebih adaptif dan dinamis dalam mendeteksi serta merespons anomali lalu lintas yang mengindikasikan adanya serangan (Aydın et al., 2022).

Untuk menyelesaikan masalah tersebut, diperlukan pendekatan mitigasi yang lebih adaptif dan cerdas, yang mampu melakukan deteksi dini dan respons otomatis terhadap anomali lalu lintas jaringan. Salah satu pendekatan yang dilakukan adalah analisis *entropy*, yaitu pengukuran tingkat ketidakpastian dalam distribusi trafik. Ketika trafik normal terjadi, distribusi alamat IP yang mengakses server cenderung merata, menghasilkan nilai *entropy* yang tinggi. Namun, ketika serangan DDoS terjadi, terutama pada jenis serangan berbasis botnet atau HTTP Flood, permintaan banyak dikirimkan dari IP yang sama atau jumlah IP yang sangat sedikit, menyebabkan penurunan drastis pada nilai *entropy*, menjadi indikator bahwa sedang terjadi trafik mencurigakan karena data *real time* dalam membaca pola trafik jaringan. (Hassan et al., 2024; Jawahar et al., 2024). Metode ini memiliki keunggulan karena tidak membutuhkan pelatihan data dan mampu berjalan secara *real time* dengan penggunaan sumber daya minimal (M, 2024).

Di sisi lain, deteksi trafik mencurigakan saja tidak cukup sistem juga memerlukan respon aktif dalam bentuk mekanisme mitigasi, untuk mencegah bot atau pelaku serangan melanjutkan permintaan ke server. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penerapan puzzle berbasis *Proof of Work* (PoW). PoW memaksa klien menyelesaikan teka-teki komputasi, misalnya dengan mencari *nonce* yang menghasilkan hash SHA-256 berawalan nol sebanyak n digit. Puzzle ini ringan bagi pengguna manusia yang hanya melakukan satu permintaan login, tetapi menjadi sangat berat bagi bot yang melakukan ratusan permintaan per detik. Strategi ini menjadikan PoW sebagai semacam *rate limiter* kriptografis yang tidak

mengganggu pengguna sah, tetapi sangat memperlambat pelaku serangan (Chakraborty et al., 2022).

Penelitian oleh (Bazzanella & Gangemi, 2023) memperkenalkan sistem PoW adaptif yang mengatur tingkat kesulitan berdasarkan beban jaringan, dengan bukti bahwa pendekatan ini dapat secara signifikan mengurangi efektivitas botnet dan memaksa penyerang mengalokasikan sumber daya komputasi yang besar untuk setiap permintaan. Lebih lanjut, studi oleh (Bostanov, 2021) menekankan bahwa implementasi server side dari SHA-256 PoW dapat divalidasi dalam waktu kurang dari 20 milidetik, sehingga tidak membebani performa server secara signifikan jika proses komputasi klien menghasilkan *nonce*, *hash*, dan *base* yang valid secara efisien, yakni dalam satu atau dua iterasi hash pada tingkat kesulitan rendah. Dengan solusi penggabungan metode *entropy* untuk deteksi dan PoW sebagai mitigasi, sistem akan mampu mengidentifikasi serta memperlambat atau bahkan menghentikan serangan DDoS secara efisien, tanpa mengganggu akses pengguna sah (Alviano, 2023; Chakraborty et al., 2022).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hal hal yang sudah disampaikan di atas, maka rumusan masalah yang dijadikan fokus pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana metode *entropy* dapat digunakan untuk mendeteksi potensi serangan DDoS berdasarkan distribusi lalu lintas IP pada server Ubuntu?
2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem mitigasi serangan DDoS dengan menggunakan puzzle berbasis *Proof of Work* (PoW) secara dinamis saat terdeteksi trafik mencurigakan?
3. Bagaimana performa kombinasi metode *entropy* dan puzzle PoW dalam membedakan pengguna sah dan penyerang selama simulasi serangan DDoS?
4. Bagaimana dampak penerapan sistem mitigasi *entropy* dan puzzle PoW terhadap performa dan stabilitas server Ubuntu saat menghadapi trafik tinggi atau serangan DDoS?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian yang dilakukan untuk analisis mitigasi serangan ddos menggunakan *entropy* dan puzzle berbasis *Proof of Work* pada server ubuntu, memiliki sejumlah batasan masalah. Batasan-batasan tersebut adalah:

1. Jenis serangan DDoS yang dianalisis terbatas pada HTTP Flood (layer 7), dengan target utama endpoint login.php pada server web.
2. Deteksi dini serangan dilakukan menggunakan metode perhitungan *entropy* berbasis distribusi IP dan jumlah request.
3. Mekanisme mitigasi dirancang menggunakan puzzle berbasis *Proof of Work* (PoW) dengan algoritma SHA-256, yang dikerjakan oleh klien menggunakan JavaScript (client-side) dan diverifikasi oleh server menggunakan PHP.
4. Lingkungan pengujian dilakukan dalam jaringan lokal (private LAN) menggunakan platform VirtualBox, dengan skenario simulasi serangan dilakukan dari VM attacker ke VM target (Ubuntu Server).
5. Perangkat lunak (tools) yang digunakan untuk simulasi serangan adalah HTTP *Flood tools* GoldenEye.
6. Sistem yang diuji dan diimplementasikan berbasis Ubuntu Server dan tidak mencakup sistem operasi lain seperti Windows Server atau distribusi Linux lainnya.
7. Analisis efektivitas sistem dibatasi pada parameter-parameter seperti nilai *entropy*, status mitigasi, validitas puzzle, dan performa sistem (login success, CPU usage, dan logging), tanpa membandingkan dengan pendekatan machine learning atau IDS konvensional.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Adapun Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan mengimplementasikan metode deteksi serangan DDoS berbasis *entropy* dengan memanfaatkan distribusi IP dan jumlah permintaan dalam jangka waktu tertentu pada server Ubuntu.

2. Untuk mengembangkan sistem mitigasi dinamis terhadap serangan DDoS menggunakan puzzle berbasis *Proof of Work* (PoW) yang aktif hanya ketika trafik mencurigakan terdeteksi.
3. Untuk menganalisis dampak penerapan sistem mitigasi terhadap stabilitas dan performa server, khususnya dalam aspek validitas puzzle, tingkat keberhasilan login, serta penggunaan sumber daya selama kondisi serangan.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan studi di bidang keamanan jaringan dan sistem informasi, khususnya dalam pendekatan mitigasi serangan DDoS berbasis statistik dan kriptografi.
2. Menawarkan solusi ringan dan efisien untuk mengamankan endpoint web login dari serangan HTTP Flood tanpa membebani server.
3. Memungkinkan administrator sistem untuk menerapkan mitigasi DDoS tanpa memerlukan perangkat keras tambahan atau lisensi berbayar, karena sistem ini dapat dibangun sepenuhnya dengan *software open source*.
4. Menjadi referensi dalam pengembangan penelitian lanjutan, baik pada sisi deteksi anomali, algoritma mitigasi dinamis, maupun integrasi dengan model machine learning.
5. Memberikan referensi implementatif bagi praktisi keamanan jaringan maupun pengembang sistem web dalam membangun mekanisme pertahanan terhadap DDoS berbasis *web layer (Layer 7)*.
6. Memberikan dasar bagi pengembang dan penyedia layanan web untuk membangun sistem anti-DDoS sederhana namun efektif, yang dapat diterapkan pada server produksi dengan biaya rendah.

1.5 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan proposal penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

   Bab pertama pendahuluan, menguraikan tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah yang didapat dari latar belakang, Batasan masalah pada penelitian ini, serta manfaat dan tujuan dalam penelitian ini.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

   Bab kedua menguraikan tentang landasan-landasan teori dan konsep-konsep terkait dengan sebuah permasalahan pada penelitian ini, serta beberapa penelitian yang relevan terkait dari penelitian-penelitian terdahulu untuk dikaji dalam penelitian ini.

3. BAB III METODE PENELITIAN

   Bab ketiga dalam penelitian ini akan menjabarkan tentang metode penelitian yang akan digunakan, baik berhubungan dengan perancangan penelitian, tahapan-tahapan yang akan ditempuh dalam penelitian, objek dari penelitian, model penelitian, begitu juga teknik pengumpulan dan analisis data, hingga jadwal pelaksanaan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

   Bab keempat pada penelitian ini berisikan analisis kebutuhan,perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian, dan analisis hasil mitigasi serangan terhadap sistem yang telah dibuat.

5. BAB V PENUTUP

   Bab kelima berisikan penjelasan mengenai hasil akhir dari penelitian berupa kesimpulan dan saran untuk penelitian berikutnya.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah dicapai dalam penelitian skripsi ini, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode entropy terbukti efektif untuk mendeteksi potensi serangan DDoS pada server Ubuntu. Sistem berhasil mengamati penurunan nilai entropy secara real-time pada setiap skenario serangan (3 VM, 5 VM, dan 9 VM), dengan nilai entropy turun hingga <1.0 saat serangan aktif. Sistem juga mempertimbangkan status cooldown untuk mencegah false negative. Tingkat keberhasilan deteksi serangan tercatat 100% dari seluruh skenario pengujian.
2. Sistem mitigasi dengan puzzle PoW berhasil diimplementasikan secara adaptif dan selektif. Puzzle dikirim hanya kepada IP yang terdeteksi mencurigakan saat mitigasi aktif. Validasi puzzle di sisi server memastikan bahwa hanya pengguna yang menyelesaikan puzzle dan memiliki kredensial valid yang dapat login, memperkuat keamanan tanpa mengganggu user sah.
3. Performa sistem dalam membedakan pengguna sah dan penyerang sangat tinggi, dibuktikan dengan hasil confusion matrix pada tiga skenario:
   - Akurasi mencapai >99% pada semua pengujian,
   - Precision berada pada kisaran 98.52%–98.64%,
   - Recall sempurna 100%,
   - F1-Score rata-rata >99%.

Hasil ini menunjukkan sistem sangat efektif dalam mengenali dan memblokir trafik berbahaya tanpa kesalahan deteksi attacker (FN = 0).

4. Penerapan sistem mitigasi berdampak pada peningkatan beban server, namun performa sistem tetap berada dalam tingkat yang dapat diterima dan tidak mengganggu fungsionalitas layanan secara keseluruhan.
   - Saat mode normal, rata-rata penggunaan CPU sekitar 12%, memory 40%, dan traffic sekitar 7 PPS.

- Saat mode mitigasi, CPU melonjak hingga 92%, dan traffic mencapai 264 PPS, menandakan server bekerja intensif untuk memproses puzzle dan validasi serangan.
- Response time juga meningkat:
  - Mode normal: rata-rata 3,32 detik
  - Mode mitigasi: rata-rata 51,97 detik
- Login delay user sah bertambah, dari 0,68 detik (tanpa serangan) menjadi 2,77 detik (saat mitigasi aktif), namun tetap tidak menyebabkan kegagalan login.

Keseluruhan hasil menunjukkan bahwa sistem mitigasi DDoS berbasis *entropy* dan puzzle PoW yang dirancang telah berhasil mendeteksi serangan secara adaptif, memitigasi secara selektif, serta mempertahankan aksesibilitas pengguna sah dengan dampak minimal terhadap performa server. Sistem ini dinilai layak diimplementasikan dalam lingkungan nyata untuk meningkatkan keamanan server terhadap ancaman DDoS berbasis HTTP Request.

5.1 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut beberapa saran yang dapat dijadikan masukan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Penelitian ini dilakukan dalam jaringan lokal. Pengujian lebih lanjut perlu dilakukan di lingkungan nyata agar sistem dapat dievaluasi dalam kondisi trafik yang lebih kompleks.
2. Pengujian hanya melibatkan sedikit perangkat. Disarankan menambah variasi perangkat dan jaringan user sah untuk menguji ketepatan sistem dalam membedakan pengguna dan attacker.
3. Sistem perlu dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan firewall (seperti iptables) dan IDS (seperti Snort) guna memperkuat mitigasi serangan.
4. Sistem saat ini fokus pada serangan HTTP GET. Pengembangan lanjutan diperlukan untuk mendeteksi serangan aplikasi seperti HTTP POST Flood.

DAFTAR PUSTAKA

Afifah Rodhiyatun Nisa, A., Anandito Daffa Wijayanto, Arya Prabudi Jaya Priana, & Setiawan, A. (2024). Analisis Log Server untuk mendeteksi Serang DDoS pada Keamaan Jaringan di Website. *Journal of Internet and Software Engineering*, *1*(3), 17. https://doi.org/10.47134/pjise.v1i3.2612

Alviano, M. (2023). Hashcash Tree, a Data Structure to Mitigate Denial-of-Service Attacks. *Algorithms*, *16*. https://doi.org/10.3390/a16100462

Asa'ari Lubis, B., Yanuar Ar-Rafi, D., Widiyani, I., Lestari, K. I., & Zy, A. T. (2024). *Analysis and Mitigation Technique of DDoS on Server Networks Based on Modern Technology*.

Aydın, H., Orman, Z., & Aydın, M. A. (2022). A long short-term memory (LSTM)-based distributed denial of service (DDoS) detection and defense system design in public cloud network environment. *Computers and Security*, *118*. https://doi.org/10.1016/j.cose.2022.102725

Bashurov, V., & Safonov, P. (2023). Anomaly detection in network traffic using entropy-based methods: application to various types of cyberattacks. *Issues in Information Systems*, *24*(4), 82–94. https://doi.org/10.48009/4_iis_2023_107

Bazzanella, D., & Gangemi, A. (2023). Bitcoin: a new proof-of-work system with reduced variance. *Financial Innovation*, *9*. https://doi.org/10.1186/s40854-023-00505-2

Bostanov, V. (2021). Client Puzzle Protocols as Countermeasure against Automated Threats to Web Applications. *IEEE Access*, *9*, 75722–75728. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3082037

Center Canadian for Cyber. (2024). *Defending against distributed denial of service (DDoS) attacks*. https://www.cyber.gc.ca/en/guidance/defending-against-distributed-denial-service-ddos-attacks-itsm80110

Chakraborty, T., Mitra, S., Mittal, S., & Young, M. (2022). AI_Adaptive_POW: An AI assisted Proof Of Work (POW) framework for DDoS defense. *Software Impacts*, *13*. https://doi.org/10.1016/j.simpa.2022.100335

Chotimah, H. C. (2019). Tata Kelola Keamanan Siber dan Diplomasi Siber Indonesia di Bawah Kelembagaan Badan Siber dan Sandi Negara [Cyber Security Governance

and Indonesian Cyber Diplomacy by National Cyber and Encryption Agency]. *Jurnal Politica Dinamika Masalah Politik Dalam Negeri Dan Hubungan Internasional*, *10*(2), 113–128. https://doi.org/10.22212/jp.v10i2.1447

Cloudflare. (n.d.). *What is a DDoS attack?* https://www.cloudflare.com/learning/ddos/what-is-a-ddos-attack/

Documentation, U. (2025). *Ubuntu Server documentation*. Https://Documentation.Ubuntu.Com/Server/.

Gorave, A. (2019). Ambient Intelligence for Rehabilitation: A Survey General Terms. In *International Journal of Computer Applications* (Vol. 178, Issue 38). www.ijcaonline.org

Hassan, A. I., El Reheem, E. A., & Guirguis, S. K. (2024). An entropy and machine learning based approach for DDoS attacks detection in software defined networks. *Scientific Reports*, *14*. https://doi.org/10.1038/s41598-024-67984-w

Jawahar, A., Kaythry, P., Vinoth Kumar, C., Vinu, R., Amrish, R., Bavapriyan, K., & Gopinaath, V. (2024). DDoS mitigation using blockchain and machine learning techniques. *Multimedia Tools and Applications*, *83*, 60265–60278. https://doi.org/10.1007/s11042-023-18028-4

Kurniawan, M. T. (2023). *UNIVERSITAS INDONESIA PENGEMBANGAN METODE ENTROPY UNTUK DETEKSI SERANGAN DISTRIBUTED DENIAL OF SERVICE (DDoS) PADA SOFTWARE DEFINED NETWORK (SDN) DAN DENGAN PENERAPAN FEATURE SELECTION*.

M, J. (2024). *Entropy: A Mathematical Approach to DDoS Protection*. Https://Medium.Com/%40remind.Stephen.to.Do.Sth/Entropy-a-Mathematical-Approach-to-Ddos-Protection-71a2af38ab91.

openssh. (2023). *OpenSSHManual Pages*. Https://Www.Openssh.Com/Manual.Html.

Patil, R., & G, N. D. (2023). *Mitigation of DDoS Attacks using Entropy and Proof-of-Work Based Puzzle in OpenStack Cloud*. https://doi.org/10.1109/CONIT59222.2023.10205888

Pebrianto, J., & Suryani, V. (2025). Adaptive DDoS Attack Detection: Entropy-Based Model With Dynamic Threshold and Suspicious IP Reevaluation. *IEEE Access*, *13*, 55858–55876. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3553144

Seidl, J. (2020). *GitHub - jseidl/GoldenEye: GoldenEye Layer 7 (KeepAlive+NoCache) DoS Test Tool*. Https://Github.Com/Jseidl/GoldenEye.

Sumayyah, Z. I., Permana, S. D. S., Tsabit, M., & Setiawan, A. (2024). Penerapan dan Mitigasi Teknik Slowloris dalam Serangan Distributed Denial-of-Service (DDos) terhadap Website Ilegal dengan Kali Linux. *Journal of Internet and Software Engineering*, *1*(2), 14. https://doi.org/10.47134/pjise.v1i2.2694

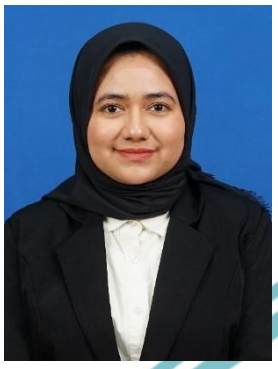
Süzen, A. A. (2021). UNI-CAPTCHA: A Novel Robust and Dynamic User-Non-Interaction CAPTCHA Model Based on Hybrid biLSTM+Softmax. *Journal of Information Security and Applications*, *63*. https://doi.org/10.1016/j.jisa.2021.103036

Tao, T. (2017, January). *The Erdos discrepancy problem*.

Wu, X., Xiao, L., Sun, Y., Zhang, J., Ma, T., & He, L. (2022). A survey of human-in-the-loop for machine learning. In *Future Generation Computer Systems* (Vol. 135, pp. 364–381). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.future.2022.05.014

Xiong, J., Chen, L., Bhuiyan, M. Z. A., Cao, C., Wang, M., Luo, E., & Liu, X. (2020). A secure data deletion scheme for IoT devices through key derivation encryption and data analysis. *Future Generation Computer Systems*, *111*, 741–753. https://doi.org/10.1016/j.future.2019.10.017

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Berlianna Upik Nurniati

Lahir di Magetan, 14 Juni 2002, anak pertama dari dua bersaudara. Lulus dari SD Negeri Kemanggisan 06 Pagi pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 111 Jakarta Barat dan lulus pada tahun 2018, dan selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 16 Jakarta Barat dan lulus pada tahun 2021.

Setelah itu pada tahun 2021, penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Jakarta Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Program Studi Teknik Multimedia dan jaringan.