

OPTIMALISASI KINERJA JARINGAN KOMPUTER MELALUI PENERAPAN STRUKTUR DATA DAN ALGORITMA: SEBUAH KAJIAN LITERATUR

Muhammad Ilham A Siregar¹⁾, Wahyuni Yahyan²⁾, Jusmita Weriza³⁾

^{1,2,3}Manajemen Informatika, Universitas Ekasakti

Corresponding Author: pakonlineilham@gmail.com

Abstract. Modern computer networks urgently require optimal management mechanisms to accommodate the exponential surge in data traffic. This study unpacks the theoretical foundations of data structures and algorithms, examining their direct correlation with network performance efficiency. Utilizing a qualitative-descriptive literature review methodology, this paper investigates how fundamental data structures—including arrays, linked lists, queues, trees, hash tables, and graphs—integrated with algorithmic strategies such as greedy methods, divide-and-conquer, and dynamic programming, serve as the backbone for critical networking operations. These operations encompass shortest-path routing, packet scheduling, address resolution, and topology management. The discussion specifically highlights the deployment of graph-based algorithms (Dijkstra and Kruskal) for shortest-path calculation and spanning tree construction, hash tables for address mapping, priority queues for Quality of Service (QoS) scheduling, and trie structures for executing longest-prefix-matching in routing tables. The synthesis of existing literature demonstrates that algorithmic complexity inherently dictates latency, throughput, and system scalability. Consequently, selecting the appropriate data structure emerges as a pivotal variable for sustainable network design, particularly within contemporary paradigms like Software-Defined Networking (SDN) and the Internet of Things (IoT).

Keywords: Data Structures; Algorithms; Computer Networks; Performance Efficiency; Algorithmic Complexity

Abstrak Sistem jaringan komputer masa kini dituntut memiliki mekanisme pengelolaan yang optimal guna menampung lonjakan volume lalu lintas data. Studi ini mengkaji landasan teoretis struktur data dan algoritma serta keterkaitannya dengan efisiensi performa jaringan komputer. Kajian dilakukan melalui metode tinjauan pustaka kualitatif-deskriptif. Artikel ini menganalisis implementasi struktur data seperti array, linked list, queue, tree, hash table, dan graph. Struktur data tersebut diintegrasikan dengan taktik algoritmik seperti greedy, divide and conquer, serta dynamic programming, yang menjadi pilar utama dalam mendukung operasional penting jaringan, meliputi penentuan jalur (routing), pengorganisasian paket, penyelesaian alamat, hingga tata kelola topologi. Pembahasan berfokus pada pemanfaatan algoritma berbasis graf (Dijkstra dan Kruskal) untuk pencarian rute terpendek serta perancangan spanning tree, pemanfaatan hash table pada pemetaan alamat, priority queue untuk manajemen kualitas layanan (Quality of Service), dan arsitektur trie dalam memproses tabel routing berbasis longest prefix matching. Temuan literatur mengindikasikan bahwa tingkat kompleksitas suatu algoritma secara langsung menentukan parameter latensi, throughput, dan tingkat skalabilitas sistem. Oleh karena itu, ketepatan dalam menentukan jenis struktur data menjadi variabel yang sangat krusial, terutama pada ekosistem jaringan modern seperti Software-Defined Networking (SDN) dan Internet of Things (IoT). Kontribusi utama studi ini adalah menyusun peta konseptual yang menghubungkan tiap jenis struktur data dan algoritma dengan kompleksitas

waktu serta domain penerapannya pada jaringan komputer, sehingga dapat dijadikan acuan praktis dalam perancangan sistem jaringan yang lebih efisien.

Katakunci: Struktur Data; Algoritma; Jaringan Komputer; Efisiensi Performa; Kompleksitas Algoritma

Pendahuluan

Akselerasi teknologi informasi memicu lonjakan volume lalu lintas data secara masif dan eksponensial. Fenomena ini didorong oleh adopsi platform berbasis *cloud computing*, layanan pengaliran video (*streaming*), serta integrasi ekosistem *Internet of Things* (IoT) dalam skala global. Dalam situasi ini, infrastruktur jaringan komputer dituntut untuk mentransmisikan, memproses, dan memelihara aliran data secara tangkas, aman, dan efisien. Di sisi lain, arsitektur jaringan yang semakin rumit kerap memicu berbagai persoalan teknis, seperti penumpukan data (*congestion*), penundaan pengiriman (*latency*), serta keterbatasan kapasitas komputasi pada perangkat keras seperti *router* dan *switch*. Untuk mengatasi kendala tersebut, penerapan konsep struktur data dan algoritma menjadi instrumen yang sangat vital. Keduanya bertindak sebagai penentu metode penyimpanan, pengorganisasian, serta pemrosesan informasi di dalam ekosistem jaringan.

Secara teoretis, struktur data merupakan sebuah metode untuk menyusun dan menyimpan informasi agar proses modifikasi dan akses memori dapat berjalan optimal. Sementara itu, algoritma diartikan sebagai sekumpulan prosedur logis dan terstruktur yang dirancang untuk memecahkan persoalan komputasi tertentu (Cormen et al., 2022). Parameter efisiensi dari sebuah algoritma umumnya dievaluasi melalui kalkulasi kompleksitas waktu dan ruang yang direpresentasikan dalam notasi

Big-O. Notasi ini menjadi indikator utama untuk melihat ketahanan algoritma ketika menangani volume data berskala besar. Di dalam ekosistem jaringan komputer, kaidah-kaidah tersebut diimplementasikan pada beragam fungsi vital, mulai dari kalkulasi rute terbaik, manajemen antrian paket data, hingga pemeliharaan tabel alamat perangkat (Kurose & Ross, 2021; Tanenbaum & Wetherall, 2021). Studi ini diarahkan untuk mengulas secara komprehensif implementasi teoretis dari berbagai struktur data dan desain algoritma pada arsitektur serta operasional jaringan, sekaligus melihat kontribusinya dalam mendorong efisiensi performa jaringan di tengah era interkoneksi global saat ini.

Metode Penelitian

Studi ini dijalankan dengan menerapkan metode kajian literatur (*literature review*) yang mengedepankan pendekatan deskriptif-kualitatif. Informasi dikumpulkan dari sumber sekunder yang mencakup buku-buku referensi utama (*grand theory*) di bidang struktur data, perancangan algoritma, dan sistem jaringan komputer. Selain itu, riset ini didukung oleh artikel ilmiah dari jurnal nasional maupun internasional bereputasi yang terbit dalam rentang waktu satu dekade terakhir. Proses pelacakan referensi memanfaatkan basis data akademik terpercaya seperti ScienceDirect, IEEE Access, arXiv, serta repositori jurnal ilmiah nasional. Pencarian dokumen dipandu oleh kata kunci spesifik seperti struktur data, algoritma, tingkat

kompleksitas algoritma, dan performa jaringan komputer. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan metode tematis. Penulis mengelompokkan konsep-konsep struktur data dan algoritma berdasarkan kluster penerapannya pada domain jaringan, meliputi aspek *routing*, tata kelola pengalaman, regulasi antrean paket, dan arsitektur topologi. Hasil pengelompokan ini kemudian dibedah secara mendalam untuk memberikan gambaran teoretis dan aplikatif mengenai korelasi antara efisiensi performa jaringan dengan ketepatan pemodelan struktur data-algoritma.

Hasil dan Pembahasan

Konsep Dasar Struktur Data dan Algoritma

Model pengorganisasian data secara garis besar terbagi menjadi dua kategori, yakni struktur linear dan non-linear. Tipe linear—seperti *array*, *linked list*, *stack*, dan *queue*—berfungsi menyimpan elemen data dalam urutan yang konsisten, sehingga sangat ideal untuk pemrosesan yang sifatnya berurutan, seperti pengelolaan *buffer* pada antrean paket data jaringan. Sebaliknya, tipe non-linear seperti *tree* dan *graph* dioptimalkan untuk menggambarkan relasi yang bersifat hierarkis maupun hubungan antar-entitas yang kompleks. Karakteristik ini serupa dengan representasi topologi jaringan, di mana perangkat dianalogikan sebagai simpul (*node*) dan jalur komunikasi digambarkan sebagai garis penghubung (*edge*) (Sedgewick & Wayne, 2011; Weiss, 2014).

Di sisi lain, metodologi algoritma dikelompokkan menurut strategi eksekusinya. Terdapat algoritma *greedy* yang menitikberatkan pada pemilihan opsi paling optimal di setiap tahapan lokal, teknik *divide and conquer* yang membagi problem besar menjadi beberapa sub-masalah berskala kecil, serta *dynamic programming* yang bekerja dengan menyimpan dan memanfaatkan kembali solusi dari sub-masalah yang telah diselesaikan sebelumnya (Knuth, 1997; Cormen et al., 2022). Tingkat efisiensi dari setiap pendekatan ini ditakar lewat parameter kompleksitas waktu (*time complexity*) serta kompleksitas ruang (*space complexity*). Analisis inilah yang memandu para insinyur jaringan dalam menentukan jenis algoritma yang paling reliabel untuk diintegrasikan ke dalam infrastruktur telekomunikasi skala makro.

Kompleksitas Algoritma dan Efisiensi Kinerja Jaringan

Tingkat kompleksitas sebuah algoritma memiliki korelasi langsung terhadap performa operasional perangkat jaringan, khususnya terkait aspek latensi pemrosesan data, kapasitas keluaran (*throughput*), dan efisiensi ruang memori. Penggunaan algoritma dengan tingkat kompleksitas $O(1)$ atau $O(\log n)$ —misalnya pengoperasian *hash table* atau *balanced tree* untuk pencarian entri—menawarkan efisiensi yang jauh lebih tinggi ketimbang algoritma berbobot $O(n)$ atau $O(n^2)$ saat dihadapkan pada tabel *routing* atau tabel *forwarding* yang memiliki jutaan data.

Riset yang dilakukan oleh Ros-Giralt et al. (2018) membuktikan bahwa modifikasi pada aspek struktur data—seperti adopsi *priority queue* multi-resolusi serta implementasi *hash table* bebas hambatan (*lockless*)—mampu mengakselerasi proses inspeksi lalu lintas data hingga lima kali lipat pada jalur transmisi berkecepatan 10 Gbps. Temuan empiris ini mengukuhkan argumentasi bahwa pemilihan struktur data bukan sekadar bahasan teoretis di atas kertas, melainkan sebuah kebutuhan krusial yang berdampak langsung pada stabilitas infrastruktur jaringan riil, terutama bagi perangkat krusial yang memproses beban trafik tinggi seperti *router backbone* dan *network appliance*.

Penerapan Graf dan Algoritma Routing

Implementasi paling mendasar dari konsep graf dan pemrosesan algoritma dalam dunia jaringan komputer dapat dilihat pada mekanisme *routing*. Dalam konteks ini, arsitektur topologi jaringan dipetakan sebagai sebuah graf berbobot. Algoritma penentu rute terpendek seperti Dijkstra digunakan sebagai motor penggerak untuk menetapkan jalur paling efisien dalam pengiriman paket informasi, yang menjadi basis operasi protokol *routing* dinamis seperti OSPF dan BGP (Vesselinova et al., 2020). Selain itu, skema algoritma Kruskal diterapkan untuk mengonstruksi pohon penyerentang minimum (*minimum spanning tree*). Konsep ini mendasari cara kerja *Spanning Tree Protocol* (STP) dalam mengeliminasi potensi terjadinya putaran data tanpa akhir (*looping*) pada

jaringan *switch* (Loppies & Manggau, 2014).

Efisiensi penghitungan rute pada jaringan berskala makro juga sangat dipengaruhi oleh ketepatan pemilihan representasi graf, baik melalui metode *adjacency matrix* maupun *adjacency list* (Ahmat, 2009; Webb et al., 2015). Lebih lanjut, pada arsitektur jaringan *ad hoc* dan jaringan sensor nirkabel, model berbasis graf ini kerap dikombinasikan dengan teknik pengiriman parsial (*partial flooding*) untuk menciptakan keseimbangan ideal antara aspek keawetan konsumsi energi perangkat dengan tingkat keandalan transmisi informasi (Abdallah, 2016).

Struktur Data dalam Pengalamatan dan Penjadwalan Jaringan

Di samping fungsi *routing*, struktur data memegang peranan vital dalam sistem pemetaan alamat dan manajemen antrian trafik. Mekanisme *hash table* diimplementasikan secara masif pada struktur tabel MAC address di perangkat switch, sistem *Address Resolution Protocol* (ARP) cache, hingga layanan pemetaan nama domain (DNS). Hal ini dikarenakan *hash table* mampu memberikan performa pencarian yang sangat instan dengan rata-rata waktu akses $O(1)$ (Dharma, 2018). Untuk pengelolaan tabel routing IP pada *router backbone* yang menampung jutaan data rute, struktur data *trie* beserta variannya seperti *Patricia trie* dimanfaatkan untuk memfasilitasi proses *longest prefix matching* secara efisien dan cepat.

Sementara itu, untuk mendukung regulasi *Quality of Service* (QoS), arsitektur *priority queue* diaplikasikan

dalam sistem penjadwalan paket. Mekanisme ini memastikan data dengan urgensi tinggi—seperti lalu lintas suara (VoIP) atau konferensi video—mendapatkan prioritas pemrosesan utama dibandingkan dengan paket data biasa. Integrasi yang harmonis antara struktur data yang adaptif dan algoritma penjadwalan yang andal menjadi kunci utama dalam mempertahankan mutu layanan jaringan di tengah tingginya variasi karakteristik trafik data saat ini.

Relevansi dalam Arsitektur Jaringan Modern

Urgensi dari pemanfaatan struktur data dan perancangan algoritma semakin krusial pada arsitektur jaringan kontemporer, seperti *Software-Defined Networking* (SDN) dan ekosistem *Internet of Things* (IoT). Dalam konsep SDN, adanya demarkasi yang jelas antara *control plane* dan *data plane*

memungkinkan kalkulasi manajemen beban (*load balancing*) serta penentuan rute dihitung secara tersentralisasi. Proses komputasi tersebut memanfaatkan struktur data graf yang memetakan seluruh topologi jaringan, sehingga menghasilkan keputusan instruksi yang lebih adaptif dan efisien (Ma, 2024). Di lain sisi, pada jaringan IoT yang mengintegrasikan miliaran gawai berspesifikasi minim, minimalisasi beban memori dan daya komputasi melalui optimasi struktur data pada perangkat *edge* menjadi sebuah keharusan demi menjaga efisiensi daya.

Tabel 1 menyajikan ringkasan mengenai variasi struktur data dan algoritma utama, disertai dengan domain implementasinya di lingkup jaringan serta estimasi kompleksitas waktu pada kondisi rata-rata (*average case*).

Tabel 1. Pemetaan Struktur Data, Algoritma, dan Kompleksitas pada Jaringan Komputer

No.	Struktur Data / Algoritma & Domain Penerapan	Kompleksitas Waktu
1	Hash Table – Manajemen tabel MAC address, ARP cache, resolusi DNS	$O(1)$
2	Algoritma Dijkstra (Graf) – Penentuan rute terpendek pada protokol OSPF	$O(E \log V)$
3	Algoritma Kruskal (Graf) – Pembuatan skema bebas loop (<i>spanning tree</i>) pada STP	$O(E \log E)$
4	Priority Queue – Pengaturan prioritas antrian paket data berbasis QoS	$O(\log n)$
5	Trie / Patricia Tree – Eksekusi <i>longest prefix matching</i> pada tabel routing IP	$O(k)$

Sumber: Hasil sintesis mandiri berdasarkan analisis literatur akademis (2026)

Kesimpulan

Ulasan literatur ini menegaskan bahwa struktur data dan algoritma merupakan fondasi konseptual utama dalam mewujudkan efisiensi performa jaringan komputer. Pemanfaatan model seperti hash table, graf, tree, dan priority queue yang dikombinasikan dengan algoritma seperti Dijkstra, Kruskal, dan divide and conquer terbukti berperan signifikan dalam mendukung operasional fundamental jaringan. Operasional tersebut mencakup pencarian rute, sistem pengalamatan, regulasi antrean paket, serta tata kelola topologi fisik maupun logis. Kompleksitas algoritma yang diterapkan memiliki pengaruh linear terhadap parameter latensi, throughput, dan skalabilitas jaringan.

Daftar Pustaka

- Abdallah, A. E. (2016). Smart partial flooding routing algorithms for 3D ad hoc networks. *Procedia Computer Science*, 94, 264–271.
- Ahmat, K. A. (2009). Graph theory and optimization problems for very large networks. *arXiv preprint arXiv:0907.3099*.
- Cormen, T. H., Leiserson, C. E., Rivest, R. L., & Stein, C. (2022). *Introduction to algorithms* (4th ed.). MIT Press.
- Dharma, A. (2018). Aplikasi pembelajaran linked list berbasis mobile learning. *Riau Journal of Computer Science*, 4(1), 1–11.
- Knuth, D. E. (1997). *The art of computer programming, Volume 1: Fundamental algorithms* (3rd ed.). Addison-Wesley.
- Kurose, J. F., & Ross, K. W. (2021). *Computer networking: A top-down approach* (8th ed.). Pearson.
- Loppies, S., & Manggau, F. (2014). Algoritma Kruskal untuk menentukan rute terpendek pada jaringan komputer. *Mustek Anim Ha*, 3(3), 226–238.
- Ma, X. (2024). A summary of the routing algorithm and their optimization, performance. *arXiv preprint arXiv:2402.15749*.
- Peterson, L. L., & Davie, B. S. (2021). *Computer networks: A systems approach* (6th ed.). Morgan Kaufmann.
- Ros-Giralt, J., Commike, A., Cullen, P., & Lethin, R. (2018). Algorithms and data structures to accelerate network analysis. *Future Generation Computer Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.future.2018.04.034>
- Sedgewick, R., & Wayne, K. (2011). *Algorithms* (4th ed.). Addison-Wesley.
- Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2021). *Computer networks* (6th ed.). Pearson.

- Vesselinova, N., Steinert, R., Perez-Ramirez, D. F., & Boman, M. (2020). Learning combinatorial optimization on graphs: A survey with applications to networking. *IEEE Access*, 8. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3004964>
- Webb, J., Docemmilli, F., & Bonin, M. (2015). Graph theory applications in network security. *arXiv preprint arXiv:1511.04785*.
- Weiss, M. A. (2014). *Data structures and algorithm analysis in C++* (4th ed.). Pearson.