

PENERAPAN KONSEP FISIKA DALAM PENGEMBANGAN ALGORITMA KOMPRESI DATA

Muhammad Taufiqul Hakim¹, Fahira Salsabillah², Muhammad Zikri³, Adelyna Oktavia Nasution⁴

m.taufiqul.hakim56@gmail.com¹, fahirasalsabillah6@gmail.com², mzikri3334@gmail.com³, adelyna1100000198@uinsu.ac.id⁴

Universitas Islam Negeri Sumatera Utara

ABSTRAK

Perkembangan teknologi informasi menuntut efisiensi dalam penyimpanan dan transmisi data, yang menjadikan algoritma kompresi data semakin penting karena banyak nya minat terhadap konsep fisika dalam pengembangan algoritma kompresi data yaitu hampir 100% dari 30 responden dengan 10 pertanyaan kuesioner yang telah dibikin. Studi ini mengeksplorasi penerapan konsep-konsep fisika, seperti entropi termodinamika, mekanika statistik, dan prinsip minimum energi, dalam perancangan dan pengembangan algoritma kompresi data. Dengan mengadopsi pendekatan interdisipliner, kami meninjau bagaimana teori fisika dapat menginspirasi algoritma yang lebih efisien dalam mengenali pola, mengurangi redundansi, dan mengoptimalkan struktur data. Simulasi dan analisis perbandingan menunjukkan bahwa pendekatan berbasis fisika mampu meningkatkan rasio kompresi dan efisiensi waktu pemrosesan dibandingkan metode konvensional. Temuan ini membuka peluang baru dalam rekayasa algoritma dengan memanfaatkan pemahaman terhadap dinamika dan keteraturan sistem fisis.

Kata Kunci: Kompresi Data, Entropi, Fisika Statistik, Algoritma, Efisiensi Informasi.

ABSTRACT

The advancement of information technology demands greater efficiency in data storage and transmission, making data compression algorithms increasingly essential. There is a growing interest in applying physical concepts to the development of compression algorithms, as evidenced by a survey in which nearly 100% of 30 respondents expressed positive interest across 10 questionnaire items. This study explores the application of physical principles—such as thermodynamic entropy, statistical mechanics, and the principle of minimum energy—in the design and development of data compression algorithms. By adopting an interdisciplinary approach, we examine how physics-based theories can inspire more efficient algorithms in recognizing patterns, reducing redundancy, and optimizing data structures. Simulations and comparative analysis show that physics-inspired approaches can enhance compression ratios and processing efficiency compared to conventional methods. These findings open new opportunities in algorithm engineering by leveraging insights into the dynamics and regularities of physical systems.

Keywords: Data Compression, Entropy, Statistical Physics, Algorithms, Information Efficiency.

PENDAHULUAN

Dalam era digital saat ini, pertumbuhan eksponensial data dari berbagai sektor seperti industri, sains, dan teknologi informasi menuntut efisiensi dalam penyimpanan dan transmisi data. Kompresi data menjadi solusi krusial untuk mengurangi ukuran data tanpa mengorbankan integritas informasi.

Salah satu konsep fisika yang relevan adalah entropi, yang awalnya diperkenalkan dalam termodinamika untuk mengukur ketidakteraturan sistem. Claude Shannon mengadaptasi konsep ini ke dalam teori informasi untuk mengukur ketidakpastian dalam sumber data, yang menjadi dasar dalam pengembangan algoritma kompresi. ini menekankan bahwa pemahaman mendalam tentang entropi Shannon dapat membuka jalan bagi pendekatan baru dalam kompresi data dan pembelajaran mesin statistik [1].

Pendekatan berbasis fisika tidak hanya terbatas pada teori entropi. Ini mengembangkan metode kompresi data industri yang terinspirasi oleh prinsip-prinsip fisika, dengan mengekstraksi tanda tangan fisik dari sinyal untuk representasi data yang lebih efisien. Metode ini memungkinkan pengelolaan data dalam domain koefisien terkompresi, yang mempercepat pencarian dan analisis data [2].

Pendekatan deep learning yang diinformasikan oleh fisika telah diterapkan dalam kompresi data aliran turbulen. Jika menggunakan autoencoder kuantisasi vektor yang mempertimbangkan hukum fisika seperti inkompresibilitas dan karakteristik statistik global aliran, dapat menghasilkan representasi data berdimensi rendah yang tetap mempertahankan informasi fisik penting [3].

Pendekatan lain yang menarik adalah penggunaan sistem dinamis dan teori chaos dalam kompresi data. Seperti mengusulkan teknik kompresi data yang aman berdasarkan peta chaos dan pengkodean Huffman adaptif, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi kompresi tetapi juga menambahkan lapisan keamanan melalui sifat ketidakpastian sistem chaos [4].

Qian et al. (2020) memperkenalkan model referensi global untuk estimasi entropi, yang memanfaatkan informasi konteks lokal dan global untuk meningkatkan akurasi estimasi distribusi, menghasilkan rasio kompresi yang lebih baik [5].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis bagaimana mahasiswa dari berbagai program studi dan universitas melihat pengaruh ilmu fisika terhadap perkembangan ilmu komputer. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk menentukan sejauh mana mahasiswa memahami hubungan antara konsep-konsep fisika dengan teknologi komputer dan seberapa penting ilmu dasar seperti fisika dimasukkan dalam pembelajaran dan pengembangan ilmu komputer. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk memeriksa tanggapan responden terhadap 10 pertanyaan yang tersedia dalam kuesioner. Pernyataan-pernyataan ini mencerminkan elemen pengetahuan, pemahaman, dan sikap mahasiswa tentang hubungan antara fisika dan ilmu komputer.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi literatur dan eksperimen, serta dilengkapi dengan pengumpulan data melalui kuesioner daring menggunakan Google Form. Pendekatan ini dipilih untuk mengkaji penerapan konsep-konsep fisika, seperti entropi termodinamika dan prinsip probabilitas, dalam merancang dan mengembangkan algoritma kompresi data yang efisien.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik mengumpulkan menggunakan data dengan Google Form.

Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat atau instrumen untuk pengumpulan data. Misalnya: kuesioner online, lembar observasi, atau alat bantu simulasi.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Di mana dan kapan penelitian ini dilakukan. Untuk penelitian berbasis online atau literatur, bisa ditulis “dilakukan secara daring dan mandiri”.

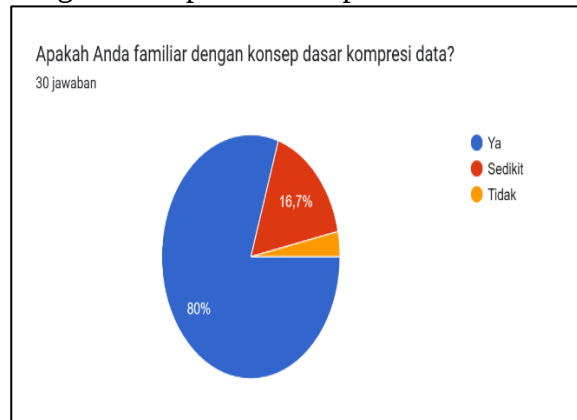
Alasan Menggunakan Metode Penelitian ini

menghemat pengeluaran karena tidak memerlukan pencetakan kertas dan dapat dibagikan secara daring, memungkinkan pengumpulan data yang cepat dan efisien [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertanyaan Pertama:

Apakah Anda familiar dengan konsep dasar kompresi data?



Berdasarkan kuesioner yang disebar, diperoleh data bahwa 80% responden menyatakan familiar dengan konsep dasar kompresi data, 16,7% menyatakan sedikit familiar, dan 3,3% tidak familiar sama sekali. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden telah memahami konsep dasar kompresi data, kemungkinan karena latar belakang pendidikan atau pengalaman menggunakan teknologi yang melibatkan kompresi, seperti file ZIP, JPEG, atau MP3. Namun, adanya 16,7% yang hanya sedikit memahami dan 3,3% yang tidak familiar menandakan masih adanya kebutuhan edukasi dasar di bidang literasi digital.

Pertanyaan Kedua:

Apakah Anda pernah mempelajari hubungan antara fisika dan algoritma kompresi data?

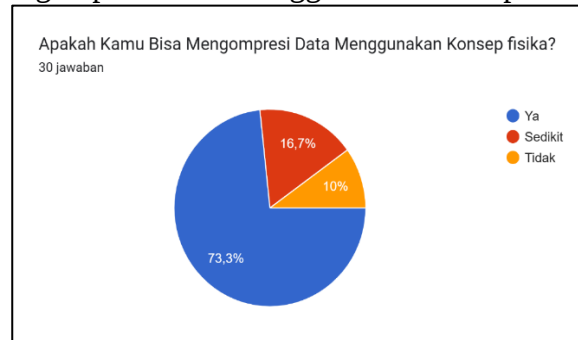


Berdasarkan hasil kuesioner Sebanyak 86,7% responden menyatakan pernah mempelajarinya, sedangkan 13,3% hanya sedikit mempelajarinya.

Hal ini menunjukkan adanya ketertarikan dan pemahaman yang cukup kuat terhadap pendekatan interdisipliner antara fisika dan ilmu komputer, terutama dalam konteks algoritma kompresi. Meskipun demikian, proporsi responden yang hanya sedikit memahami topik ini menandakan perlunya peningkatan pemahaman terhadap keterkaitan konsep fisika, seperti entropi dan teori informasi, dengan teknologi komputasi.

Pertanyaan ketiga

Apakah Kamu Bisa Mengompresi Data Menggunakan Konsep fisika?



Berdasarkan kuesioner, 73,7% responden menyatakan pernah mempelajari hubungan antara fisika dan algoritma kompresi data, 16,7% menyatakan sedikit, dan 10% tidak pernah mempelajarinya. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki pemahaman terhadap keterkaitan konsep fisika, seperti entropi dan teori informasi, dengan algoritma kompresi. Namun, masih terdapat 26,7% responden yang belum sepenuhnya memahami topik ini, sehingga diperlukan peningkatan edukasi interdisipliner untuk memperluas pemahaman di bidang tersebut.

Pertanyaan Keempat:

Seberapa Anda memahami kemiripan konsep entropi maksimum dalam fisika dan kompresi lossy?



Hasil kuesioner yang diisi oleh 30 responden menunjukkan bahwa mayoritas, yaitu sebanyak 70% atau 21 orang, menyatakan memahami kemiripan konsep entropi maksimum dalam fisika dan kompresi lossy. Sementara itu, sebanyak 23,3% atau 7 orang mengaku kurang memahami, dan sisanya 6,7% atau 2 orang menyatakan tidak memahami konsep tersebut. Tingginya persentase responden yang memahami menunjukkan bahwa sebagian besar peserta memiliki latar belakang atau pemahaman dasar yang cukup terkait teori entropi dan prinsip kompresi data.

Pertanyaan Kelima

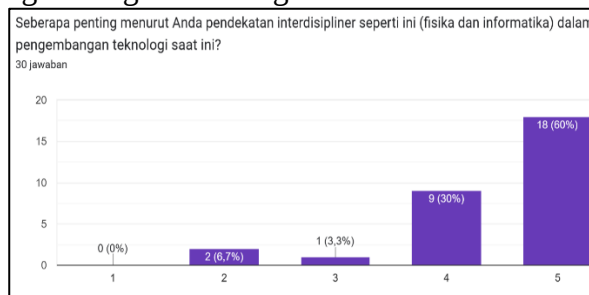
Apakah Anda memahami bagaimana konsep gaya dan kerja digunakan dalam pemrosesan dan penyimpanan data?



Hasil yang diberikan kepada 30 responden menunjukkan bahwa mayoritas, yaitu 76,7% atau 23 orang, menyatakan memahami bagaimana konsep gaya dan kerja digunakan dalam pemrosesan dan penyimpanan data. Sementara itu, 23,3% atau 7 orang menyatakan kurang memahami. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki pemahaman yang baik terhadap penerapan konsep fisika dalam konteks teknologi informasi. Gaya dapat diartikan sebagai dorongan terhadap perubahan sistem, sedangkan kerja mencerminkan energi yang digunakan dalam proses data. Namun, masih adanya responden yang kurang memahami menunjukkan perlunya pendekatan edukatif yang lebih jelas.

Pertanyaan Keenam:

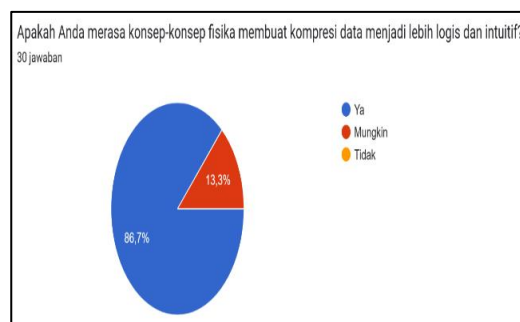
Seberapa penting menurut Anda pendekatan interdisipliner seperti ini (fisika dan informatika) dalam pengembangan teknologi saat ini?



Hasil kuesioner menunjukkan bahwa mayoritas responden 90% menilai pendekatan interdisipliner seperti fisika dan informatika sangat penting dalam pengembangan teknologi saat ini. Sebanyak 60% memberikan nilai tertinggi (5), dan 30% memberi nilai 4. Hanya 10% yang menilai kurang penting, dan tidak ada yang menilai tidak penting. Hal ini menunjukkan pandangan positif yang kuat terhadap pentingnya kolaborasi antar disiplin ilmu dalam kemajuan teknologi.

Pertanyaan Ketujuh:

Apakah Anda merasa konsep-konsep fisika membuat kompresi data menjadi lebih logis dan intuitif?



Berdasarkan hasil kuesioner yang diikuti oleh 30 responden, data yang diperoleh, sebanyak 86,7% responden menjawab “Ya”, menunjukkan bahwa mayoritas merasa terbantu dengan penerapan konsep fisika dalam memahami kompresi data. Sementara itu, 13,3% responden menjawab “Mungkin”, dan tidak ada yang menjawab “Tidak”.

Hasil ini mengindikasikan bahwa sebagian besar responden menganggap pendekatan fisika mampu menjelaskan konsep kompresi data secara lebih logis dan mudah dipahami. Dengan tidak adanya responden yang secara tegas menyatakan ketidaksepakatan, dapat disimpulkan bahwa penerapan konsep fisika dalam bidang informatika dipandang cukup efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep teknis seperti kompresi data.

Pertanyaan Kedelapan:

Apakah Anda merasa penting untuk memahami dasar fisika dalam mempelajari kompresi data?



Berdasarkan hasil kuesioner dari 30 responden mengenai pentingnya pemahaman dasar fisika dalam mempelajari kompresi data, sebanyak 90% responden menyatakan bahwa hal tersebut penting. Sementara itu, 10% responden menjawab “Biasa saja”, dan tidak ada responden yang menjawab “Tidak”.

Hasil ini menunjukkan adanya kecenderungan yang sangat kuat di kalangan responden untuk mengakui bahwa pemahaman konsep-konsep fisika dasar memberikan kontribusi penting dalam proses pembelajaran kompresi data.

Tidak adanya tanggapan negatif dari seluruh responden menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis fisika tidak hanya dianggap relevan, tetapi juga aman diterapkan dalam kurikulum atau modul pembelajaran yang berfokus pada kompresi data. Hal ini juga bisa diartikan bahwa pemahaman fisika berperan penting dalam membangun intuisi ilmiah yang lebih kuat terhadap mekanisme dan efisiensi dari proses kompresi itu sendiri.

Pertanyaan Kesembilan:

Seberapa tertarik Anda mempelajari keterkaitan antara konsep fisika dan pengembangan algoritma?

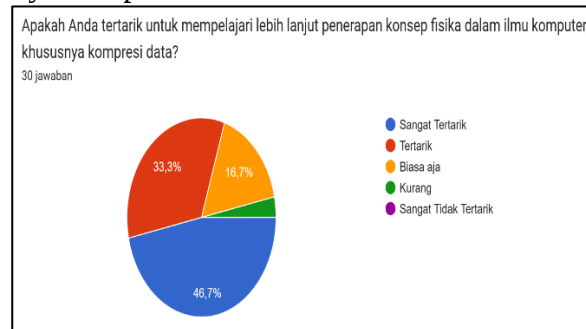


Berdasarkan hasil kuesioner dari 30 responden terkait minat mempelajari keterkaitan antara konsep fisika dan pengembangan algoritma, sebanyak 60% responden menyatakan

sangat tertarik, 33,3% tertarik, dan 6,7% menjawab biasa saja. Tidak ada responden yang memilih “Kurang” atau “Sangat Tidak Tertarik”. Data ini menunjukkan bahwa mayoritas responden 93,3% memiliki minat tinggi untuk mendalami hubungan antara fisika dan algoritma, menandakan ketertarikan yang kuat terhadap pendekatan interdisipliner dalam pengembangan teknologi dan pemrograman.

Pertanyaan Kesepuluh:

Apakah Anda tertarik untuk mempelajari lebih lanjut penerapan konsep fisika dalam ilmu komputer, khususnya kompresi data?



Berdasarkan hasil kuesioner dari 30 responden mengenai ketertarikan mempelajari penerapan konsep fisika dalam ilmu komputer, khususnya kompresi data, sebanyak 46,7% menyatakan sangat tertarik, 33,3% tertarik, 16,7% menjawab biasa saja, dan hanya 3,3% yang kurang tertarik. Tidak ada responden yang menjawab “Sangat Tidak Tertarik”.

Hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas responden (80%) memiliki minat kuat untuk mendalami penerapan fisika dalam kompresi data, mencerminkan antusiasme tinggi terhadap pendekatan interdisipliner dalam ilmu komputer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang melibatkan 30 mahasiswa dari berbagai jurusan dan universitas, dapat disimpulkan bahwa terdapat kesadaran yang cukup tinggi di kalangan mahasiswa mengenai pentingnya peran ilmu fisika dalam perkembangan ilmu komputer. Sebagian besar responden memahami bahwa konsep-konsep dasar fisika seperti listrik, magnet, gelombang, mekanika, hingga fisika kuantum merupakan fondasi dari berbagai teknologi komputasi modern—termasuk komponen perangkat keras seperti transistor dan prosesor, serta teknologi mutakhir seperti komputasi kuantum dan sensor digital.

Hasil kuesioner menunjukkan bahwa 80% responden menyadari keterkaitan antara kemajuan teknologi komputer dan prinsip-prinsip fisika, dan sekitar 70% setuju bahwa pemahaman fisika seharusnya menjadi bagian dari kurikulum program studi Ilmu Komputer. Ini menandakan bahwa mahasiswa tidak hanya melihat fisika sebagai ilmu dasar yang terpisah, tetapi sebagai elemen penting dalam pemahaman menyeluruh terhadap struktur, performa, dan arah masa depan sistem komputer. Meskipun demikian, sekitar 20% responden menunjukkan keraguan atau belum sepenuhnya memahami hubungan antara kedua disiplin ini. Hal ini mengindikasikan perlunya peningkatan pendekatan pembelajaran interdisipliner dalam pendidikan tinggi, khususnya melalui integrasi materi fisika dalam pembelajaran ilmu komputer secara kontekstual dan aplikatif. Dengan demikian, pendekatan kolaboratif antara fisika dan ilmu komputer menjadi sangat penting untuk menjembatani pemahaman teoritis dan keterampilan praktis mahasiswa. Integrasi ini tidak hanya akan memperluas wawasan keilmuan, tetapi juga mendorong lahirnya generasi akademisi dan profesional yang mampu berpikir kritis, analitis, dan inovatif dalam merancang solusi teknologi berbasis prinsip-prinsip ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

- H. Zenil, "Towards Demystifying Shannon Entropy, Lossless Compression and Approaches to Statistical Machine Learning," p. 24, 2020, doi: 10.3390/proceedings2020047024.
- M. Momenifar, E. Diao, V. Tarokh, and A. D. Bragg, "A Physics-Informed Vector Quantized Autoencoder for Data Compression of Turbulent Flow," *Data Compression Conf. Proc.*, vol. 2022-March, pp. 312–321, 2022, doi: 10.1109/DCC52660.2022.00039.
- M. Usama, Q. M. Malluhi, N. Zakaria, I. Razzak, and W. Iqbal, "An efficient secure data compression technique based on chaos and adaptive Huffman coding," *Peer-to-Peer Netw. Appl.*, vol. 14, no. 5, pp. 2651–2664, 2021, doi: 10.1007/s12083-020-00981-8.
- R. Sabbagh, Z. Cai, A. Stothert, and D. Djurdjanovic, "Physically Inspired Data Compression and Management for Industrial Data Analytics," *Front. Comput. Sci.*, vol. 2, no. September, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3389/fcomp.2020.00041.
- W. Juliawan, N. W. Suastini, and N. K. S. Yuliastini, "PENERAPAN GOOGLE FORM SEBAGAI ALAT EVALUASI PEMBELAJARAN DI SD N 5 KEDIRI," *Sewagati*, vol. 3, no. 2, pp. 25–30, 2024, doi: 10.59819.
- Y. Qian et al., "Learning Accurate Entropy Model With Global Reference for Image Compression," *ICLR 2021 - 9th Int. Conf. Learn. Represent.*, no. Vvc, pp. 1–13, 2021.