

IMPLEMENTASI ALGORITMA C4.5 UNTUK ANALISIS DAMPAK NEGATIF GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TELEPON SELULER TERHADAP OTAK PADA PERIODE 2019-2023

Muhammad Fadly Yassin^{1*}, Beni Rahmat Jaya Nazara², Dilvan Qiblatain³, Kemas Muhammad Rafli Azhary⁴, Muhammad Rizky Andika⁵, Farhan Aditya Hidayatulloh⁶, Baginda Oloan Lubis⁷

Universitas Bina Sarana Informatika

Jl. Kramat Raya No. 98 Jakarta, Indonesia

Email: muhammadfadlyyassin@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received :

19 Desember 2024

Revised :

19 Desember 2024

Accepted :

20 Desember 2024

Kata Kunci: Algoritma C4.5;
Klasifikasi; Dominasi Jenis
Kelamin; Kelompok Usia

Keywords: C4.5 Algorithm;
Classification; Gender
Dominance; Age Group

Abstrak

Seiring kemajuan teknologi, intensitas radiasi elektromagnetik dari berbagai perangkat terus meningkat, dengan dampak beragam terhadap kesehatan manusia. Penggunaan ponsel secara berlebihan dan berkepanjangan dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan, seperti tumor otak (glioma dan acoustic neuroma), serta gangguan fungsi kognitif, termasuk defisit memori kerja dan perubahan perilaku yang menandakan kerusakan pada hipokampus. Hal ini menunjukkan bahwa radiasi dari ponsel memiliki dampak nyata terhadap kesehatan otak. Untuk itu, penyebaran informasi tentang cara mencegah dampak negatif ponsel menjadi sangat penting, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak dan remaja. Dalam rangka memahami lebih lanjut dampak gelombang elektromagnetik, dilakukan penelitian menggunakan algoritma C4.5 yang menghasilkan model pohon keputusan. Analisis ini memberikan wawasan tentang pola risiko, di mana durasi penggunaan ponsel dan jarak perangkat dari kepala menjadi faktor utama yang memengaruhi kesehatan otak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan ponsel lebih dari 4 jam per hari, terutama pada jarak dekat (kurang dari 10 cm), secara signifikan meningkatkan risiko gangguan kesehatan seperti sakit kepala, gangguan tidur, dan penurunan fungsi kognitif. Temuan ini menekankan pentingnya penggunaan ponsel secara bijak untuk meminimalkan risiko kesehatan.

Abstract

As technology advances, the intensity of electromagnetic radiation from various devices continues to increase, with varying impacts on human health. Excessive and prolonged use of mobile phones can increase the risk of health problems, such as brain tumors (glioma and acoustic neuroma), as well as impaired cognitive function, including working memory deficits and behavioral changes that indicate damage to the hippocampus. This shows that radiation from mobile phones has a real impact on brain health. Therefore, disseminating information on how to prevent the negative impacts of mobile phones is very important, especially for vulnerable groups such as children and adolescents. In order to further understand the impact of electromagnetic waves, a study was conducted using the C4.5 algorithm which produces a decision tree model. This analysis provides insight into risk patterns, where the duration of mobile phone use and the distance of the device from the head are the main factors affecting brain health. The results showed that mobile phone use for more than 4 hours per day, especially at close range (less than 10 cm), significantly increased the risk of health problems such as headaches, sleep disorders, and decreased cognitive function. These findings emphasize the importance of using mobile phones wisely to minimize health risks.

PENDAHULUAN

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang tidak membutuhkan medium (perantara) dalam perambatannya, dengan demikian gelombang elektromagnetik dapat merambat pada ruang hampa. Contoh gelombang elektromagnetik adalah gelombang radio, sinar x, sinar gamma dan sinyal televisi. gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terbentuk dari usikan medan magnet dan medan listrik. Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa medan listrik dan medan magnet inilah yang merupakan pembentuk dari gelombang elektromagnetik. Energi elektromagnetik dipancarkan atau dilepaskan pada level yang berbeda. Semakin tinggi level energi dalam suatu sumber energi, maka semakin rendah panjang gelombang dari energi yang dihasilkan akan tetapi semakin tinggi frekuensinya. Spektrum gelombang elektromagnetik terdiri dari gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet, sinar x dan sinar gamma. Dalam kehidupan sehari-hari peralatan yang paling sering dijumpai menghasilkan gelombang elektromagnetik adalah peralatan listrik. Berbagai peralatan listrik mutlak dibutuhkan seperti komputer, televisi, printer dll dalam menunjang berbagai kegiatan khususnya di kantor atau tempat Pendidikan. Medan listrik dan medan magnet secara otomatis tidak dapat dihindarkan. (Jumingin et al., 2022)

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terbentuk oleh komponen gelombang elektrik, dan gelombang magnet. Sumbernya bisa berasal dari alam dengan berbagai fenomenanya, maupun peralatan system (elektronika) hasil rekayasa manusia. Gelombang elektromagnetik dapat merambat dari sumber energi gelombang elektromagnetik secara omnidirectional maupun directional, dengan arah perambatan yang lurus, belok, ataupun bias, tergantung jenis perangkat dan media yang digunakan. Tingkat radiasi gelombang elektromagnetik dari berbagai sumber berubah secara signifikan sejalan dengan perkembangan teknologi dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Praduga ini dibenarkan oleh para ahli/peneliti di laboratorium khususnya di bidang telekomunikasi, maupun di bidang kesehatan. Namun tidak sedikit pula bantahan-bantahan dari beberapa pihak yang menyangkal. (Rasiman, 2023).

Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang terdiri dari gelombang magnet dan listrik yang merambat tegak lurus terhadap amplitudo kedua gelombang tersebut. Jika suatu gelombang elektromagnet mengenai bahan listrik, maka gelombang listriknya akan berpengaruh lebih besar dalam menginduksi bahan tersebut, sehingga energi gelombang listriknya akan berkurang dari semula karena telah mengalami suatu proses induksi di dalam bahan, demikian pula halnya jika gelombang elektromagnet mengenai bahan magnet maka gelombang magnetnya akan berpengaruh lebih besar dari pada gelombang listriknya. (Purwarini et al., 2020). Batas normal radiasi elektromagnetik yang diterima oleh tubuh manusia dapat ditoleransi jika bersumber dari peralatan elektronik dalam kehidupan sehari-hari. Akan tetapi, paparan radiasi elektromagnetik secara terus-menerus dan melebihi ambang batas juga mampu berdampak buruk bagi kesehatan manusia (Utoyo et al., 2023).

Radiasi elektromagnetik juga dapat menimbulkan gangguan yang disebut electrical sensitivity. Electrical sensitivity adalah gangguan fisiologis dengan tanda dan gejala neurologis maupun kepekaan seperti gangguan pada organ-organ tubuh manusia berupa kanker otak dan pendengaran, tumor, perubahan pada jaringan mata, termasuk retina dan lensa mata, gangguan pada reproduksi, hilang ingatan dan pusing kepala. Ada juga efek psikologis yang merupakan efek kejiwaan yang ditimbulkan oleh radiasi tersebut misalnya timbulnya stress dan ketidaknyamanan karena penyinaran radiasi berulang-ulang. Selain itu, efek samping yang dikhawatirkan terhadap para pengguna telepon genggam adalah adanya paparan radiasi gelombang elektromagnetik, khususnya pada bagian otak. (Putra, 2021). Kelelahan penglihatan mata tidak bisa dibiarkan, dan jangan dibiasakan bermain smartphone dalam kurun waktu lama hingga mencapai 150 menit atau 2,5 jam. Ini akan mengakibatkan kerusakan mata pada level 1 atau 2 yaitu kerusakan kemampuan penglihatan mata pada jarak tertentu ($< 6/18 - 6/60$ atau $< 6/60 - 3/60$) (Mukhlis et al., 2024).

Banyak factor yang menjadi penyebab terjadinya kelainan otak pada manusia maupun hewan., misalnya bisa jadi terjadi karena factor keturunan, maupun bisa juga terjadi karena factor radiasi elektromagnetik melalui banyak benda yang memancarkan radiasi elektromagnetik. (Wicaksono, 2024). Paparan radiasi elektromagnetik merupakan sesuatu yang dapat membahayakan secara fisik, mengganggu kesehatan bahkan keselamatan manusia. Radiasi elektromagnetik tidak dapat dilihat, diketahui keberadaannya, atau dirasakan, kecuali jika intensitasnya cukup besar dan hanya terasa bagi orang yang hipersensitif saja. (Regia et al., 2023).

Gelombang Elektromagnetik dapat diklasifikasikan menurut panjang gelombang dan frekuensinya. Ada beberapa contoh gelombang elektromagnetik, seperti Gelombang Radio, Mikro Gelombang, sinar inframerah, sinar gamma dan sinar-x (Hakim et al., 2024). Spektrum gelombang elektromagnetik yang kita ketahui mencakup rentang frekuensi yang lebar. Gelombang radio, sinyal televisi, sinar radar, cahaya tak terlihat, sinar-x dan sinar gamma merupakan contoh-contoh gelombang elektromagnetik. Dalam ruang hampa, gelombang ini semuanya merambat dengan kecepatan yang sama, 3×10^8 m/s. Sumber elektromagnetik ada dimana-mana, matahari, bintang, lampu, dan tornado merupakan sumber alamiah dari gelombang elektromagnetik. Ada juga sumber elektromagnetik buatan seperti ledakan nuklir, rangkaian listrik dengan tube vakum atau transistor, diode microwave, laser antena radio dan banyak lagi (Swamardika, 2009). Salah satu aspek yang penting untuk dipahami adalah bagaimana paparan ELF memengaruhi tingkat stres individu secara kualitatif. Untuk memperoleh pemahaman yang mendalam, pertama-tama kita perlu melihat pada faktor-faktor yang memengaruhi interaksi

antara paparan ELF dan respons stres manusia. Pertimbangan utama termasuk intensitas, durasi, dan frekuensi paparan ELF (Galuh Rosida et al., 2024).

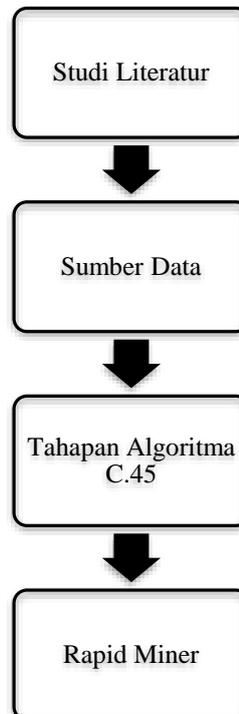
Radiasi gelombang elektromagnetik memiliki spektrum sangat luas, mulai dari frekuensi ekstrem rendah hingga yang sangat tinggi. Perlu diketahui bahwa arus bolak-balik menghasilkan medan elektromagnetik yang dihasilkan peralatan. Paparan medan elektromagnetik Extremely low frequency (ELF) di lingkungan senantiasa semakin meningkat seiring peningkatan teknologi, pemanfaatan peralatan berenergi listrik dalam kehidupan ini. Secara teoritis radiasi elektromagnetik menimbulkan gangguan pada kesehatan jika melebihi ambang batas. Oleh karena itu penulis bertujuan untuk mengetahui tingkat intensitas radiasi medan elektromagnetik dari berbagai jenis telepon selular berdasarkan variasi daya baterai (Situmorang et al., 2020). Komunikasi melalui handphone tidak menggunakan kabel (nirkabel) tetapi menggunakan gelombang radio melalui media transmisi udara yang sudah pasti mengandung energi medan elektromagnetik. Energi medan elektromagnetik ini merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang pada level tertentu dapat membahayakan kesehatan tubuh manusia. Handphone sering sekali dibawa dan digunakan dekat sekali dengan organ tubuh manusia yang memiliki resiko tinggi terhadap paparan radiasi medan elektromagnetik khususnya bagaian kepala seperti otak, gendang telinga, sinusitis, dan lain-lain. Mengingat munculnya cara-cara baru menggunakan telepon seluler, yang mengarah ke sumber-sumber ini medan elektromagnetik frekuensi radio ditempatkan di sekitar tidak hanya kepala, tetapi juga di sekitar bagian tubuh lainnya (Triyono et al., 2020).

Pengaruh radiasi gelombang elektromagnetik pada Ponsel terhadap kesehatan penglihatan mata apabila digunakan dalam jangka waktu lama selama 1 sampai 2 (dua) jam lebih, berpengaruh buruk terhadap penurunan daya tahan penglihatan manusia pada berbagai umur. Peningkatan penurunan daya tahan penglihatan mata manusia pada skor N-Gain adalah 69,37 dengan kategori “Sedang” yang berarti efek radiasi gelombang

elektromagnetik berpengaruh terhadap peningkatan penurunan daya tahan penglihatan mata manusia walaupun pada kategori “Sedang” (Mukhlis et al., 2024). Ponsel genggam mempunyai dampak yang akan mengganggu kesehatan mulai dari penyakit ringan seperti vertigo hingga penyakit berbahaya seperti kanker dan dapat menyebabkan infertilitas. Radiasi gelombang elektromagnetik handphone dapat menyebabkan terjadinya peningkatan stres oksidatif (Sudirman, 2020). Paparan gelombang elektromagnetik dapat menyebabkan stress fisik dimana tubuh merespon dengan mengeluarkan hormone dari hipotalamus. Peningkatan sekresi hormon di hipotalamus mengakibatkan peningkatan kadar hormone glukokortikoid sehingga meningkatkan kadar kortisol akan menyebabkan penurunan kadar HMG KoA Reduktase. Penurunan kadar HMG KoA reduktase akan menyebabkan penurunan laju sintesis endogen dari kolesterol. Penurunan sintesis endogen akan menyebabkan penurunan kadar kolesterol di dalam plasma (Resti Aulia Fitri, Arni Amir, 2018).

METODE PENELITIAN

Berikut merupakan tahapan penelitian pada penelitian ini:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data berupa studi literatur yaitu analisis studi-studi ilmiah terkait efek gelombang elektromagnetik pada otak dari tahun 2019-2023. Dengan ini, bisa dilakukan pengayaan variabel yang akan dianalisis dengan algoritma C4.5. Serta data medis dimana jika memungkinkan, kumpulkan data medis atau hasil diagnosa dari institusi kesehatan terkait efek pada otak akibat paparan elektromagnetik.

Preprocessing data meliputi cleaning data dimana hilangkan data yang tidak relevan atau duplikasi, serta atasi nilai yang hilang untuk memastikan data berkualitas. Transformasi data dilakukan transformasi data agar sesuai dengan format yang diperlukan oleh algoritma C4.5. Misalnya, ubah data kualitatif menjadi kategorikal atau data numerik sesuai kebutuhan.

Penerapan algoritma C4.5 untuk membangun model pohon keputusan. Algoritma ini digunakan untuk menganalisis data dan menemukan pola atau pengaruh dari paparan gelombang elektromagnetik terhadap kondisi kesehatan otak. Ukur kinerja model menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Ini penting untuk mengetahui seberapa baik model mampu memprediksi pengaruh dari paparan gelombang elektromagnetik. Analisis pola yang dihasilkan oleh pohon keputusan untuk mengidentifikasi faktor-faktor signifikan dalam paparan gelombang elektromagnetik. Interpretasi hasil berdasarkan hasil penelitian untuk menyimpulkan apakah ada pengaruh signifikan dari paparan gelombang elektromagnetik ponsel pada otak dalam periode yang diteliti. Validasi hasil dengan dataset lain atau melalui cross-validation untuk memastikan model cukup stabil dan dapat diandalkan. RapidMiner merupakan sebuah platform perangkat lunak analitik data yang digunakan untuk proses data mining, machine learning, dan prediksi berbasis data. Perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk mengolah data, membangun model prediksi, dan menganalisis hasil dengan cara yang intuitif, bahkan tanpa memerlukan kemampuan pemrograman tingkat lanjut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Mining adalah proses penggalian pola atau informasi berharga dari kumpulan data besar. (Musa et al., 2024) Dalam kasus ini, algoritma C4.5 diterapkan untuk menganalisis potensi pengaruh buruk gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh telepon genggam terhadap otak. Fokusnya adalah mengidentifikasi faktor-faktor yang paling berpengaruh serta membuat model prediksi. (Bachtiar & Mahradianur, 2023)

Klasifikasi dengan Algoritma C4.5

Klasifikasi merupakan salah satu fungsi utama dalam data mining yang bertujuan untuk mengelompokkan data ke dalam kelas-kelas tertentu. (Ifaru et al., 2024) Algoritma C4.5 beroperasi dengan membagi data berdasarkan information gain tertinggi, yang memudahkan dalam memilih atribut terbaik untuk setiap pembagian dalam pohon keputusan. (Tukino, 2019) Metode ini telah banyak diterapkan pada berbagai jenis data untuk meningkatkan akurasi klasifikasi dan mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data. (Sihombing & Arsani, 2021)

Pemanfaatan Entropy dan Information Gain

Entropy dan Information Gain adalah konsep kunci dalam algoritma C4.5 untuk menentukan atribut terbaik dalam membagi dataset. (Jatmika & Taufik, 2021) Entropy mengukur tingkat ketidakpastian dalam dataset, sementara Information Gain berfungsi untuk mengurangi ketidakpastian tersebut dengan memilih atribut yang memberikan pemisahan terbaik. (Faisal, 2019) Gabungan kedua konsep ini memastikan bahwa pohon keputusan yang dihasilkan menjadi lebih efisien dan akurat dalam proses klasifikasi. (Setiawansyah, 2024)

Menghitung Entropy untuk Atribut Utama

Entropy adalah ukuran ketidakpastian atau kekacauan dalam data. Dalam konteks pengambilan keputusan, terutama dalam pembelajaran mesin, seperti pohon keputusan, entropy digunakan untuk mengevaluasi tingkat impurity (ketidakmurnian) suatu dataset berdasarkan distribusi label target. Secara matematis, entropy $E(S)$ untuk dataset S dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$E(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log_2(p_i) \quad (1)$$

Penjelasan:

S : himpunan kasus

N : jumlah partisi S

P_i : proporsi dari S_i terhadap S

(-) : Digunakan karena logaritma probabilitas selalu negatif

Menghitung Information Gain (G)

Gain (atau Information Gain) adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan efektivitas suatu atribut dalam memisahkan dataset menjadi subset yang lebih homogen (lebih murni). Dengan kata lain, Gain mengukur pengurangan Entropy setelah data dipisahkan berdasarkan suatu atribut tertentu.

$$GAIN(S, A) = E(S) - \sum_{v \in \text{values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot E(S_v) \quad (2)$$

Penjelasan:

S : himpunan data awal

A : atribut yang di gunakan untuk membagi data

Values : nilai-nilai unik dari atribut A

$|S_v|$: subset data S yang memiliki nilai v pada atribut A

$\frac{|S_v|}{|S|}$: proporsi data dalam subset S_v terhadap total S

$E(S_v)$: entropy dari subset S_v

Tabel 1. Data Set

ID	Intensitas (mW/cm ²)	Durasi Paparan (jam/hari)	Jarak (meter)	Pelindung	Usia (tahun)	Jenis Kelamin	Frekuensi (kali/hari)	Kondisi Otak
1	3.95	3	2.06	Ya	56	Laki-laki	2	Normal
2	3.9	5	1.91	Tidak	56	Perempuan	2	Normal
3	3.09	4	0.61	Tidak	60	Perempuan	15	Tidak Normal
4	2.7	5	1.24	Tidak	34	Laki-laki	11	Tidak Normal
5	1.33	6	1.29	Ya	54	Laki-laki	5	Normal
6	1.53	1	2.64	Tidak	43	Perempuan	16	Normal
7	3.9	8	0.53	Tidak	22	Perempuan	4	Normal
8	2.5	4	0.52	Ya	55	Laki-laki	10	Normal
9	2.16	5	0.15	Ya	55	Laki-laki	4	Tidak Normal
10	0.66	8	0.55	Tidak	50	Laki-laki	17	Normal
11	1.58	4	0.37	Ya	44	Perempuan	19	Tidak Normal
12	2.52	1	1.02	Tidak	56	Perempuan	14	Normal
13	3.46	6	2.44	Tidak	31	Perempuan	13	Tidak Normal
14	4.55	6	1.55	Tidak	49	Laki-laki	16	Normal

Dengan menerapkan model C4.5 pada data baru, kita dapat memanfaatkan hasil analisis untuk mengklasifikasikan risiko secara efisien. Proses ini memberikan gambaran prediktif berdasarkan pola dalam dataset pelatihan, mendukung pengambilan keputusan di bidang kesehatan dan edukasi tentang penggunaan telepon genggam.

Row No.	Kondisi Otak	ID	Intensitas [...]	Durasi Papa...	Jarak (meter)	Pelindung	Usia (tahun)	Jenis Kelamin	Frekuensi (k...
1	Normal	1	3.950	3	2.060	Ya	56	Laki-laki	2
2	Normal	2	3.900	5	1.910	Tidak	56	Perempuan	2
3	Tidak Normal	3	3.090	4	0.610	Tidak	60	Perempuan	15
4	Tidak Normal	4	2.700	5	1.240	Tidak	34	Laki-laki	11
5	Normal	5	1.330	6	1.290	Ya	54	Laki-laki	5
6	Normal	6	1.530	1	2.640	Tidak	43	Perempuan	16
7	Normal	7	3.900	8	0.530	Tidak	22	Perempuan	4
8	Normal	8	2.500	4	0.520	Ya	55	Laki-laki	10
9	Tidak Normal	9	2.160	5	0.150	Ya	55	Laki-laki	4
10	Normal	10	0.660	8	0.550	Tidak	50	Laki-laki	17
11	Tidak Normal	11	1.580	4	0.370	Ya	44	Perempuan	19
12	Normal	12	2.520	1	1.020	Tidak	56	Perempuan	14
13	Tidak Normal	13	3.460	6	2.440	Tidak	31	Perempuan	13
14	Normal	14	4.550	6	1.550	Tidak	49	Laki-laki	16

Gambar 2. Example Set (Apply Model)

Untuk menghitung entropy dan gain dari data di atas, kita akan menggunakan formula dari Information Gain dalam algoritma Decision Tree (ID3). Perhitungan dilakukan berdasarkan kondisi target variabel "Kondisi Otak". Langkah Perhitungan Entropy dan Gain dapat dilakukan dengan cara Entropy (E) $|E(S) = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i)|$ Di mana (p_i) adalah proporsi setiap kategori pada target variabel. Information Gain (Gain) $|Gain(S, A) = E(S) - \sum_{v \in \text{values}(A)} \frac{|S_v|}{|S|} \cdot E(S_v)|$.

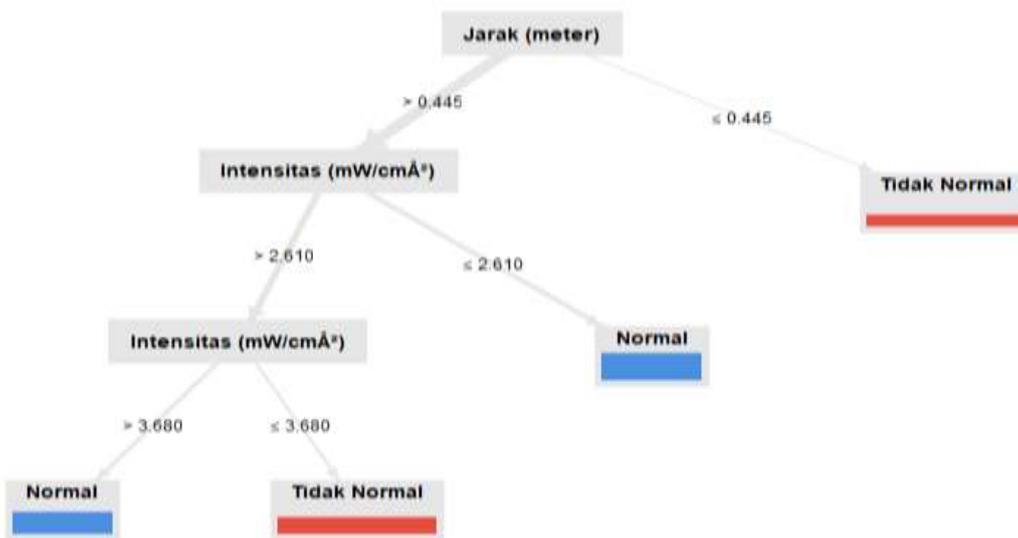
Di mana $E(S)$ adalah entropy sebelum atribut dibagi dan $E(S_v)$ adalah subset data yang memenuhi nilai atribut (A) . Atribut yang akan dihitung berupa pelindung (Ya/Tidak), jenis kelamin (Laki-laki/Perempuan), intensitas (Dikategorikan, misal ≤ 2.5 atau > 2.5) dan frekuensi (Dikategorikan, misal ≤ 10 atau > 10). Perhitungan dengan Entropy Awal (Parent Node) untuk "Kondisi Otak" kemudian menghitung gain dari setiap atribut. Setelah itu, saya bisa menyediakan tabel hasilnya. Hasil perhitungan entropy dan gain diperoleh entropy awal 0.940 sedangkan information gain* untuk masing-masing atribut pelindung 0.003, jenis kelamin 0.016 dan frekuensi 0.797. Berdasarkan hasil ini, atribut Frekuensi memiliki Information Gain tertinggi (0.797), sehingga atribut ini paling signifikan untuk membagi data berdasarkan kondisi otak. Selanjutnya, membagi kategori Intensitas atau membuat tabel periodik lebih lanjut. Menjadi alat penting untuk menilai kualitas model C4.5 dalam mengidentifikasi efek buruk gelombang elektromagnetik.

```

PerformanceVector:
accuracy: 100.00%
ConfusionMatrix:
True:   Normal  Tidak Normal
Normal: 9       0
Tidak Normal: 0       5
    
```

Gambar 3. Performance Vector

Pohon keputusan bekerja dengan membagi data menjadi subset-subset berdasarkan fitur tertentu hingga mencapai klasifikasi yang jelas. Algoritma C4.5 adalah salah satu metode populer untuk membangun pohon keputusan.



Gambar 4. Hasil Decision Tree

Hasil analisis data mining menggunakan algoritma C4.5 menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara durasi penggunaan, jarak telepon, dan usia dengan potensi efek buruk gelombang elektromagnetik pada otak. Analisis ini memberikan wawasan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesadaran masyarakat tentang bahaya penggunaan telepon genggam secara berlebihan dan menyediakan rekomendasi praktis untuk meminimalkan risiko.

```

Jarak (meter) > 0.445
|  Intensitas (mW/cm²) > 2.610
|  |  Intensitas (mW/cm²) > 3.680: Normal {Normal=4, Tidak Normal=0}
|  |  Intensitas (mW/cm²) <= 3.680: Tidak Normal {Normal=0, Tidak Normal=3}
|  Intensitas (mW/cm²) <= 2.610: Normal {Normal=5, Tidak Normal=0}
Jarak (meter) <= 0.445: Tidak Normal {Normal=0, Tidak Normal=2}
    
```

Gambar 5. Hasil Decision Tree

KESIMPULAN

Hasil analisis menghasilkan pohon keputusan yang memberikan wawasan tentang pola risiko, di mana durasi penggunaan telepon genggam dan jarak perangkat dari kepala menjadi faktor utama yang memengaruhi kesehatan otak. Penggunaan telepon lebih dari 4 jam per hari dan paparan dalam jarak dekat (kurang dari 10 cm)

menunjukkan risiko yang lebih tinggi terhadap gangguan seperti sakit kepala, gangguan tidur, dan penurunan kognitif.

Secara keseluruhan, penerapan algoritma C4.5 memberikan kontribusi penting dalam membantu masyarakat memahami risiko paparan gelombang elektromagnetik dan menyediakan dasar ilmiah untuk pengambilan kebijakan kesehatan publik yang lebih baik. Temuan ini juga dapat menjadi panduan untuk mengurangi dampak buruk dengan memodifikasi kebiasaan penggunaan telepon genggam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, L., & Mahradianur, M. (2023). Analisis Data Mining Menggunakan Metode Algoritma C4.5 Menentukan Penerima Bantuan Langsung Tunai. *Jurnal Informatika*, 10(1), 28–36. <https://doi.org/10.31294/inf.v10i1.15115>
- Faisal, S. (2019). Klasifikasi Data Mining Menggunakan Algoritma C4.5 Terhadap Kepuasan Pelanggan Sewa Kamera Cikarang. *Techno Xplore : Jurnal Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.36805/technoxplore.v4i1.541>
- Galuh Rosida, A. S., Sudarti, S., & Yushardi, Y. (2024). Artikel Review: Gelombang Electromagnetic Extremely Low Frequency (Elf) Dan Tingkat Stress Manusia. *OPTIKA: Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 195–204. <https://doi.org/10.37478/optika.v8i1.4179>
- Hakim, I., Al Dalilah, H., Apdilah, Y., & Maulida, N. (2024). Pengaruh Radiasi Elektromagnetik: Mengidentifikasi Faktor Utama Radiasi Pada Telepon Seluler. *BERSATU: Jurnal Pendidikan Bhinneka Tunggal Ika*, 2(1), 233–244.
- Ifaru, C. I., Zahra, A., Aenuddin, M. H., Setiawan, E. N., Maulana, C. A., Pratama, R. P., Lubis, B. O., & Khasanah, N. (2024). Penentuan Sparepart Genset Paling Sering Digunakan Pada Operator Indosat Ooredoo Hutchison Dengan Algoritma C4.5. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi*, 5(1), 300–309. <https://doi.org/10.35957/jtsi.v5i1.7481>
- Jatmika, D., & Taufik, G. (2021). Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Klasifikasi Keberhasilan Pengiriman Barang. *Invotek Polbeng*, 8(1), 12–26.
- Jumingin, J., Atina, A., Iswan, J., Haziza, N., & Ashari, B. (2022). Radiasi Gelombang Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Peralatan Listrik Di Lingkungan Universitas Pgri Palembang. *Journal Online of Physics*, 7(2), 48–53. <https://doi.org/10.22437/jop.v7i2.17267>
- Mukhlis, Fakhri, Y., & Herpadiar, F. (2024). Pengaruh efek radiasi ponsel terhadap kesehatan manusia. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 1(1), 39–46.
- Musa, D. M., Sakti, D., Shantiony, K. A., Zega, S. K. P., Hamzah, S., Zega, Y. J., & Lubis, B. O. (2024). Penerapan Data Mining Untuk Klasifikasi Data Penjualan Pakan Ternak Terlaris Dengan Algoritma C4.5. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 10(1), 168–182. <https://doi.org/10.37012/jtik.v10i1.1985>
- Purwarini, D., Marjunus, R., & Syafriyadi, S. (2020). Pemantulan Dan Pembiasan Gelombang Elektromagnetik Terpolarisasi-p Pada Bidang Batas Kanan Bahan Antiferomagnetik FeF₂ Di Dalam Konfigurasi Faraday. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(1), 11. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i1.52013>
- Putra, C. B. P. E. (2021). Dampak Radiasi Elektromagnetik Telepon Genggam pada Otak Manusia. *Indonesian Journal of Nursing and Health Sciences*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.37287/ijnhs.v2i1.263>
- Rasiman, Y. (2023). 4. Gelombang Elektromagnetik (Gem) Telepon Seluler Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan. *TNI Angkatan Udara*, 2(1), 1–7. <https://doi.org/10.62828/jpb.v2i1.54>
- Regia, R. A., Lestari, R. A., As'ad, N. F., & Zulkarnain, R. (2023). Analisis Paparan Radiasi Elektromagnetik di Jaringan Distribusi 20 KV PT PLN (Persero) Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Payakumbuh. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 755–765. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.755-765>
- Resti Aulia Fitri, Arni Amir, A. A. (2018). PENGARUH LAMA PAPARAN RADIASI MEDAN MALONDIALDEHID DAN KADAR KOLESTEROL PADA TIKUS (*Rattus norvegicus*) STRAIN WISTAR ALBINO. 7(Supplement 2), 26–29.
- Setiawansyah, S. (2024). Penerapan Metode Entropy dan Grey Relational Analysis dalam Evaluasi Kinerja Karyawan. *Journal of Data Science and Information Systems*, 2(1), 29–39.

- Sihombing, P. R., & Arsani, A. M. (2021). Comparison of Machine Learning Methods in Classifying Poverty in Indonesia in 2018. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 2(1), 51–56. <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2021.2.1.52>
- Situmorang, R. A., Mislal, & Rinaldi, A. (2020). Analisis Radiasi Medan Elektromagnetik Yang Ditimbulkan Oleh Telepon Seluler Berdasarkan Variasi Daya Baterai. *Geosains Kutai Basin*, 3, 0–4.
- Sudirman, A. W. (2020). Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Genggam Terhadap Perkembangan Sperma. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*, 12(2), 708–712. <https://doi.org/10.35816/jiskh.v12i2.385>
- Swamardika, I. B. A. (2009). PENGARUH RADIASI GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK TERHADAP KESEHATAN MANUSIA (Suatu Kajian Pustaka). *Pengaruh Radiasi Gelombang Elektromagnetik Terhadap Kesehatan Manusia*, 8(1), 1–4.
- Triyono, E., Nursyahid, A., Subagio, B. B., Anggraeni, D., & Khamami. (2020). Radiasi Gelombang Elektromagnetik Telepon Seluler pada Manusia. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Polines*, 3, 33–41.
- Tukino, T. (2019). Penerapan Algoritma C4.5 Untuk Memprediksi Keuntungan Pada PT SMOE Indonesia. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, 9(1), 39. <https://doi.org/10.21456/vol9iss1pp39-46>
- Utoyo, E. B., Azmi, F., & Sudarti. (2023). Analisis Dampak Paparan Medan Magnet Extremely Low Frequency (ELF) Oleh SUTET Terhadap Resiko Kanker dan Masalah Reproduksi Pada Manusia. *CERMIN: Jurnal Penelitian*, 7(1), 58–68.
- Wicaksono, H. O. (2024). Pengaruh Paparan Radiasi Gelombang Elektromagnetik Extremely Low Frequency (Elf) Terhadap Kesehatan Otak. *JK: Jurnal Kesehatan*, 2(6), 366–372.