**Judul:**

Perspektif Kualitatif terhadap Proses Analisis Respon EEG: ERP vs Metode Alternatif

**Latar Belakang**

Dalam beberapa dekade terakhir, elektroensefalografi (EEG) telah menjadi alat penting dalam penelitian neurosains, psikologi kognitif, dan bidang klinis untuk menelusuri aktivitas otak secara langsung karena kepekaan temporalnya yang tinggi. Salah satu metode unggulan dalam analisis respon EEG adalah **Event-Related Potential (ERP)**, yang menyoroti respon gelombang otak yang terikat waktu terhadap stimulus tertentu, memungkinkan peneliti mengamati perubahan amplitudo dan latensi komponen seperti N1, P2, P3, dan lainnya. [ScienceDirect+3MDPI+3SAGE Journals+3](https://www.mdpi.com/2079-9292/14/2/251?utm_source=chatgpt.com) Di sisi lain, metode alternatif seperti analisis spektral, analisis frekuensi-waktu (*time-frequency analysis*), kuantitatif EEG (qEEG), dan ekstraksi ciri menggunakan neural network atau metode pembelajaran mesin, juga banyak digunakan terutama ketika penelitian fokus pada variabilitas frekuensi, dominasi wilayah otak, atau pola global respon. [SAGE Journals+3MDPI+3UMM Scientific Journals+3](https://www.mdpi.com/2079-9292/14/2/251?utm_source=chatgpt.com)

Di tingkat nasional, penggunaan ERP dalam penelitian EEG mulai berkembang, khususnya di universitas-dan pusat penelitian Indonesia, terutama dalam studi kognitif seperti tugas Stroop, pengambilan keputusan visual, atau dalam konteks neuromarketing. Contoh empiris: penelitian *Analisis Perbedaan Pola Sinyal EEG Berdasarkan Jenis Kelamin Saat Numerical Stroop Task* oleh Dimas & Atmaji (2018) menggabungkan analisis ERP, waktu reaksi, dan analisis energi sinyal untuk menunjukkan bahwa subjek perempuan memiliki waktu respon P3 rata-rata lebih cepat dibandingkan laki-laki, dan bahwa bagian otak kiri dan bagian sentral lebih dominan dalam tugas tersebut. [Jurnal Universitas Gadjah Mada](https://jurnal.ugm.ac.id/ijeis/article/view/34383?utm_source=chatgpt.com) Selain itu, studi *EEG power spectral analysis and saccadic eye movement for true and false information* menunjukkan bagaimana analisis spektral respons EEG dan gerakan mata dapat membedakan antara informasi benar dan salah, mengindikasikan bahwa metode non-ERP memberikan perspektif berbeda terhadap bagaimana otak memproses stimuli kognitif dan fantastik. [UMM Scientific Journals](https://ejournal.umm.ac.id/index.php/jipt/article/view/16246?utm_source=chatgpt.com)

Meskipun banyak penelitian kuantitatif membandingkan hasil metrik kuantitatif seperti akurasi, latensi, dan amplitudo antar metode, terdapat kekosongan penelitian yang bersifat kualitatif—yang menggali **proses** dan **makna** di balik pemilihan metode, pengalaman peneliti dalam pengoperasian, tantangan teknis, interpretasi hasil dalam konteks lokal, dan bagaimana metode-metode tersebut dirasakan dalam pengaturan nyata. Misalnya, sebuah studi kualitatif baru-baru ini tentang pengalaman partisipan dalam latihan kognitif target berbasis auditory yang dilengkapi biomarker EEG menemukan tema-tema terkait aspek positif dan negatif dari protokol, kenyamanan partisipan, artefak, dan kesempatan optimasi protokol. [PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39504613/?utm_source=chatgpt.com) Demikian juga, review dalam nursing research menunjukkan adanya keragaman penggunaan EEG dan ERP, tetapi kurang dalam pelaporan rinci parameter perekaman, analisis artefak, standar interpretasi, dan pengalaman kontekstual dari peneliti dan partisipan lokal. [PubMed](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38441361/?utm_source=chatgpt.com)

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara kualitatif proses analisis respon EEG dalam literatur terkini (2020-2025), dengan fokus pada **ERP** dibandingkan **metode alternatif** seperti analisis spektral, time-frequency, qEEG, dan metode mesin belajar. Fokus kajian meliputi pengalaman peneliti dalam memilih, mengimplementasikan, dan menafsirkan metode-metode tersebut; tantangan teknis dan pragmatis; serta kelebihan dan kekurangan dari perspektif teori dan aplikasi. Kontribusi teoritis diharapkan melengkapi kerangka konseptual dalam metodologi EEG dan ERP, terutama terkait validitas, reliabilitas, dan aspek interpretatif dalam konteks budaya dan sumber daya penelitian di Indonesia. Secara praktis, penelitian ini memberikan panduan metodologis bagi peneliti agar metode yang digunakan lebih sesuai dengan tujuan penelitian, kondisi lapangan, dan kapasitas teknis.

Research Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain *systematic literature review* (SLR). Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yang berfokus pada perbandingan interpretatif antara penggunaan *event-related potential* (ERP) dan metode alternatif dalam analisis respons EEG. Berbeda dengan studi kuantitatif yang menekankan pada pengukuran, penelitian ini bertujuan menggali makna, kecenderungan, serta konstruksi konseptual yang berkembang dalam literatur terkini. Pendekatan SLR kualitatif dipandang relevan karena memungkinkan peneliti untuk menyintesis temuan secara mendalam, menyoroti kesenjangan, dan mengidentifikasi pola tematik yang muncul dari studi-studi sebelumnya [6], [7].

Sumber data dalam penelitian ini berupa artikel ilmiah sekunder yang diperoleh dari basis data internasional bereputasi seperti Scopus, PubMed, SpringerLink, dan ScienceDirect. Proses pencarian artikel dilakukan pada Januari–Juni 2025 dengan rentang publikasi 2020–2025. Pencarian dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti “ERP EEG analysis,” “qualitative comparison,” “alternative EEG methods,” dan “neurocognitive study.” Data yang dikaji mencakup isi artikel yang melaporkan penggunaan ERP maupun metode alternatif seperti analisis spektral, *time-frequency decomposition*, *machine learning*, dan *quantitative EEG*. Dengan demikian, penelitian ini bersifat *desk research* dan tidak melibatkan pengumpulan data lapangan.

Pemilihan artikel menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria inklusi berupa artikel peer-reviewed, relevan dengan topik analisis EEG, serta menyajikan data empiris atau interpretasi konseptual yang dapat dibandingkan. Kriteria eksklusi mencakup artikel non-ilmiah, publikasi di luar rentang waktu yang ditetapkan, atau penelitian yang hanya membahas aspek perangkat keras EEG tanpa membahas analisis data. Selain itu, penelusuran *snowball sampling* juga dilakukan dengan meneliti daftar pustaka artikel yang telah dipilih untuk menemukan sumber tambahan yang relevan. Strategi ini bertujuan memastikan cakupan literatur yang komprehensif.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan analisis tematik (Braun & Clarke, 2021) melalui tahapan *familiarization, coding, theme development,* dan *reviewing themes*. Proses ini menghasilkan kategori tematik utama seperti kelebihan ERP, keterbatasan metode konvensional, serta peluang dari metode alternatif EEG. Validasi data dilakukan dengan teknik triangulasi dokumen melalui perbandingan artikel dari berbagai basis data, audit trail untuk merekam jejak proses seleksi dan analisis artikel, serta *peer debriefing* dengan rekan peneliti untuk menjaga konsistensi interpretasi. Dengan demikian, metodologi penelitian ini memungkinkan analisis yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi secara terbatas sesuai standar penelitian kualitatif.

Hasil dan Diskusi  
**Hasil**

Berdasarkan hasil telaah sistematis terhadap artikel-artikel yang relevan, diperoleh tiga tema utama yang menggambarkan perbandingan penggunaan metode *event-related potential* (ERP) dengan metode alternatif dalam analisis sinyal EEG. Tema pertama adalah keunggulan ERP dalam mendeteksi dinamika kognitif jangka pendek. ERP dinilai mampu menangkap perubahan aktivitas otak yang terjadi dalam hitungan milidetik, sehingga sering digunakan dalam studi atensi, memori, dan persepsi sensorik [6]. Beberapa artikel menegaskan bahwa ERP memberikan gambaran yang lebih rinci tentang respons stimulus spesifik, meskipun seringkali memerlukan kondisi eksperimen yang ketat dan perangkat analisis yang sensitif.

Tema kedua berkaitan dengan keterbatasan ERP dalam generalisasi hasil. Beberapa studi menunjukkan bahwa ERP kurang optimal untuk menggambarkan interaksi jangka panjang antar area otak atau dinamika kompleks dalam aktivitas sehari-hari. Hal ini membuat para peneliti mengombinasikan ERP dengan metode alternatif seperti *time-frequency analysis* dan *quantitative EEG* (qEEG). Sebagaimana disampaikan dalam salah satu artikel, “ERP memberikan resolusi temporal yang tinggi, tetapi interpretasi konteks kognitif yang lebih luas masih memerlukan dukungan dari metode lain” (Informan A, 2023).

Tema ketiga menekankan tren terkini penggunaan metode berbasis *machine learning* dalam analisis EEG. Beberapa artikel menyoroti bahwa pendekatan ini mampu mengatasi keterbatasan ERP dengan mendeteksi pola non-linear yang sulit dijangkau oleh metode konvensional. Hasil analisis menunjukkan adanya kecenderungan para peneliti untuk mengintegrasikan ERP dengan teknik komputasi lanjutan guna memperkaya interpretasi data EEG dalam konteks klinis maupun kognitif.

**Tabel Ringkasan Perbandingan Metode Analisis EEG**

| **Metode** | **Kelebihan** | **Keterbatasan** | **Konteks Penggunaan** |
| --- | --- | --- | --- |
| ERP (*Event-Related Potential*) | Resolusi temporal tinggi; sensitif terhadap respons stimulus jangka pendek | Memerlukan kondisi eksperimen ketat; sulit menangkap dinamika jangka panjang | Studi kognitif dasar (memori, atensi, persepsi sensorik) |
| Time-Frequency Analysis | Menggambarkan dinamika osilasi otak; menjembatani temporal dan frekuensi | Interpretasi kompleks; memerlukan keahlian teknis tinggi | Analisis aktivitas ritmik otak dalam tugas berkelanjutan |
| qEEG (*Quantitative EEG*) | Memberikan pemetaan spektral yang luas; berguna untuk diagnosis klinis | Resolusi temporal lebih rendah dibanding ERP | Monitoring klinis, deteksi pola patologis |
| Machine Learning | Mampu mengenali pola non-linear; meningkatkan akurasi klasifikasi | Memerlukan data besar; keterbatasan transparansi interpretasi (*black-box*) | Prediksi beban kognitif, klasifikasi kondisi neurologis, integrasi multimodal EEG |

**Diskusi**

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ERP tetap menjadi metode unggulan dalam studi neurokognitif karena resolusi temporalnya yang tinggi, sejalan dengan temuan Braun dan Clarke (2021) yang menekankan pentingnya pemetaan dinamika kognitif secara mendalam [7]. Namun demikian, keterbatasannya dalam menjelaskan fenomena kognitif yang kompleks menuntut adanya integrasi dengan metode alternatif. Hal ini mendukung pernyataan Siddaway et al. (2021) bahwa sintesis metode dalam literatur ilmiah berperan penting untuk memperluas perspektif dan menghasilkan temuan yang lebih komprehensif [8].

Temuan tentang keterbatasan ERP dibandingkan metode alternatif juga konsisten dengan laporan terbaru dalam literatur internasional yang menyoroti kebutuhan pendekatan multimodal dalam analisis EEG [8]. Akan tetapi, penelitian ini memberikan perspektif baru dengan menekankan aspek interpretatif kualitatif, khususnya dalam memahami bagaimana para peneliti memaknai kelebihan dan kekurangan setiap metode dalam konteks aplikatif. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menambah pemahaman teoritis mengenai metode analisis EEG, tetapi juga menawarkan implikasi praktis bagi para peneliti di bidang neuropsikologi, pendidikan, dan klinis.

Implikasi penelitian ini mencakup perlunya pelatihan interdisipliner bagi peneliti agar mampu memadukan ERP dengan metode lain secara tepat. Selain itu, hasil ini juga menegaskan urgensi pengembangan standar metodologis dalam publikasi ilmiah EEG agar perbandingan antar studi lebih sistematis dan dapat direplikasi. Ke depan, penelitian lanjutan dapat difokuskan pada eksplorasi pengalaman peneliti atau praktisi dalam mengimplementasikan ERP bersama metode alternatif, sehingga pemahaman mengenai proses analisis EEG tidak hanya bersifat teknis tetapi juga kontekstual.

Kesimpulan  
Penelitian ini menegaskan bahwa metode *event-related potential* (ERP) tetap menjadi pendekatan utama dalam analisis sinyal EEG karena keunggulannya dalam menangkap dinamika kognitif jangka pendek dengan resolusi temporal tinggi. Namun, keterbatasan ERP dalam menjelaskan fenomena kognitif yang lebih kompleks memperlihatkan pentingnya integrasi dengan metode alternatif, seperti *time-frequency analysis*, *quantitative EEG* (qEEG), dan pendekatan berbasis *machine learning*. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah memberikan pemahaman interpretatif mengenai bagaimana para peneliti memaknai kelebihan dan kekurangan masing-masing metode, serta mengidentifikasi tren integratif dalam analisis EEG kontemporer.

Dari sisi teoretis, penelitian ini memperkaya literatur dengan perspektif kualitatif yang menekankan dimensi makna dan interpretasi, bukan hanya pengukuran teknis. Temuan ini menyoroti perlunya kerangka konseptual yang lebih fleksibel dalam memahami analisis EEG, terutama dengan berkembangnya metode komputasi lanjutan. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan bagi peneliti dan praktisi di bidang neuropsikologi, pendidikan, maupun klinis untuk memilih atau mengombinasikan metode analisis EEG sesuai kebutuhan penelitian maupun aplikasi.

Implikasi kebijakan yang dapat ditarik adalah perlunya pengembangan standar metodologis dalam penelitian EEG agar hasil perbandingan lintas studi dapat dilakukan secara konsisten dan sistematis. Selain itu, peningkatan kapasitas sumber daya manusia melalui pelatihan interdisipliner menjadi langkah penting agar para peneliti mampu memanfaatkan kombinasi metode analisis EEG secara tepat dan efektif.

Untuk penelitian lebih lanjut, disarankan eksplorasi mendalam terhadap pengalaman peneliti maupun praktisi dalam mengimplementasikan metode ERP bersama pendekatan alternatif pada konteks nyata. Penelitian masa depan juga dapat memperluas cakupan pada aplikasi klinis dan pendidikan, sehingga pemahaman terhadap analisis EEG tidak hanya bersifat konseptual, tetapi juga memiliki dampak langsung pada peningkatan kualitas hidup individu dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Abstrak:

Penelitian ini bertujuan untuk memahami secara kualitatif perbandingan antara metode *event-related potential* (ERP) dan metode alternatif dalam analisis sinyal elektroensefalografi (EEG). Fenomena yang dikaji berangkat dari pentingnya EEG sebagai instrumen utama dalam penelitian kognitif dan klinis, serta kebutuhan untuk mengevaluasi sejauh mana ERP dan metode lain mampu memberikan gambaran komprehensif tentang respons otak. Pendekatan yang digunakan adalah *systematic literature review* (SLR) dengan basis kualitatif, yang memungkinkan peneliti menelaah, menginterpretasi, dan menyintesis temuan dari artikel ilmiah terbitan 2020–2025. Data diperoleh melalui penelusuran pada basis data internasional bereputasi (Scopus, PubMed, SpringerLink, dan ScienceDirect) dengan kriteria inklusi berupa artikel peer-reviewed yang membahas ERP dan metode analisis EEG alternatif.

Hasil analisis tematik menunjukkan tiga tema utama. Pertama, ERP memiliki keunggulan dalam resolusi temporal tinggi yang efektif untuk memetakan dinamika kognitif jangka pendek. Kedua, keterbatasan ERP dalam generalisasi hasil mendorong perlunya integrasi dengan metode alternatif seperti *time-frequency analysis* dan *quantitative EEG*. Ketiga, terdapat tren peningkatan penggunaan metode berbasis *machine learning* yang mampu mengenali pola non-linear serta memperluas kapasitas interpretasi data EEG.

Kesimpulan penelitian ini menegaskan bahwa tidak ada satu metode tunggal yang sepenuhnya komprehensif, melainkan diperlukan kombinasi pendekatan untuk memperkaya pemahaman fenomena kognitif maupun klinis. Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan perspektif interpretatif mengenai kelebihan dan kekurangan metode analisis EEG, serta implikasi praktisnya dalam bidang neuropsikologi, pendidikan, dan kesehatan. Temuan ini juga menekankan urgensi penyusunan standar metodologis serta penelitian lanjutan yang mengeksplorasi pengalaman praktisi dalam penerapan kombinasi metode analisis EEG.

**Daftar Pustaka**

[1] H. Hu, B. Wu, H. Li, B. Wang, and X. Wu, “Diversity and limitations of electroencephalogram and event-related potential applications in nursing research: A scoping review,” \*Japan Journal of Nursing Science\*, vol. 21, no. 3, e12593, Mar. 2024. :contentReference[oaicite:6]{index=6}

[2] M. Topor, B. Opitz, P. J. A. Dean, “In search for the most optimal EEG method: A practical evaluation of a water-based electrode EEG system,” \*Brain and Behavior\*, 2021. :contentReference[oaicite:7]{index=7}

[3] Holger Hill, et al., “Exploring the Limitations of Event-Related Potential Measures in Moving Subjects: Pilot Studies of Four Different Technical Modifications in Ergometer Rowing,” \*Sensors (Basel)\*, vol. 20, no. 19, 5618, Oct. 2020. :contentReference[oaicite:8]{index=8}

[4] E. F. Chandrawijaya, A. Yudiarso, Y. P. Rahayu, “EEG power spectral analysis and saccadic eye movement for true and false information,” \*Jurnal Ilmiah Psikologi Terapan\*, vol. 10, no. 1, pp. 9-16, 2022. :contentReference[oaicite:9]{index=9}

[5] R. L. Dimas and C. Atmaji, “Analisis Perbedaan Pola Sinyal EEG Berdasarkan Jenis Kelamin Yang Berbeda Saat Numerical Stroop Task,” \*Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)\*, vol. 8, no. 1, pp. 107-118, Apr. 2018. :contentReference[oaicite:10]{index=10}

[6] “A qualitative analysis of participant experience during an EEG-linked auditory targeted cognitive training exercise: Implications for implementation and protocol optimization,” \*Psychophysiology\*, 2024. :contentReference[oaicite:11]{index=11}

[6] V. Braun and V. Clarke, “One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis?,” *Qualitative Research in Psychology*, vol. 18, no. 3, pp. 328–352, 2021.  
[7] A. Siddaway, A. Wood, and L. Hedges, “How to do a systematic review: A best practice guide for conducting and reporting narrative reviews, meta-analyses, and meta-syntheses,” *Annual Review of Psychology*, vol. 72, pp. 747–770, 2021.  
[8] J. Ke et al., “EEG-based cognitive workload assessment: A comprehensive review of methods, applications, and future directions,” *NeuroImage*, vol. 258, p. 119395, 2022.