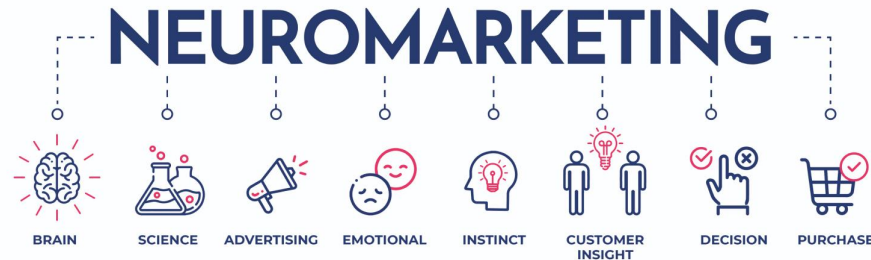


Mindex R&D Case Study Assignment

Hilal Amirudin

Analisis EEG untuk Optimalisasi Strategi Neuromarketing

In the context of neuromarketing, this becomes a powerful tool to understand how consumers make decisions on a subconscious level. Neuromarketing seeks to tap into the automatic, often unconscious, responses that drive consumer behavior—such as the instinctive choice between two products or the immediate reaction to an advertisement. By analyzing the EEG data from this dataset, you can gain insights into how certain stimuli (like product placements or brand messages) influence decision-making before the consumer is even fully aware of it



What is Neuromarketing

Neuromarketing adalah pendekatan pemasaran yang memanfaatkan ilmu neuroscience untuk memahami respons otak manusia terhadap konten pemasaran. Dengan analisis EEG, kita dapat mengukur aktivitas otak secara real-time, membantu kita memahami preferensi konsumen dan respons emosional mereka.

Pengaruh Frekuensi EEG terhadap Pengambilan Keputusan

- **Delta (1-4 Hz):** Berkaitan dengan **relaksasi mendalam** dan pemulihan. Kondisi Delta tinggi membuat keputusan lebih santai dan tenang.
- **Theta (4-8 Hz):** Terkait dengan **refleksi mendalam** dan kreativitas. Theta tinggi mencerminkan pemikiran reflektif sebelum membuat keputusan.
- **Alpha (8-12 Hz):** Mengindikasikan **relaksasi mental** dan stabilitas emosional. Alpha tinggi menunjukkan keputusan yang lebih tenang dan tanpa tekanan.
- **Beta (12-30 Hz):** Berhubungan dengan **fokus dan kewaspadaan**. Beta tinggi menandakan aktivitas kognitif yang intensif saat membuat keputusan.
- **Gamma (30-100 Hz):** Mengindikasikan **pemrosesan informasi kompleks**. Gamma tinggi terjadi saat otak terlibat dalam integrasi informasi yang mendalam dan pemahaman.

Why Neuromarketing?

Kelemahan Pemasaran Konvensional:

- Pemasaran tradisional seringkali bergantung pada survei dan kuesioner, yang rentan terhadap bias sosial dan ketidakjujuran.
- Data perilaku tidak selalu mencerminkan respons emosional dan kognitif yang sebenarnya dari konsumen.

Solusi dari Neuromarketing:

- Neuromarketing menawarkan pendekatan yang lebih objektif dengan menganalisis respons otak secara langsung, memberikan insight yang lebih dalam tentang kondisi mental konsumen saat terpapar konten iklan.

Strategi Marketing Neuromarketing Coca cola



Source

Coca-Cola menggunakan teknik neuromarketing dengan **EEG dan fMRI** untuk mengevaluasi efektivitas kampanye iklan mereka. Dalam studi yang dilakukan pada tahun 2009, mereka menganalisis respons otak konsumen terhadap berbagai konsep iklan untuk mengukur aktivitas otak yang terkait dengan emosi positif seperti kebahagiaan dan nostalgia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa iklan dengan narasi *storytelling* yang kuat memicu respons otak yang lebih positif dibandingkan konsep iklan lainnya.

Selain itu, Coca-Cola juga menggunakan neuromarketing untuk mendalami bagaimana konsumen merespons elemen-elemen visual dan sensorik dari iklan mereka, seperti warna, suara, dan suasana hati yang dihasilkan. Penggunaan teknologi EEG memungkinkan mereka untuk mendapatkan data yang lebih mendalam tentang bagaimana setiap elemen iklan mempengaruhi emosi penonton, sehingga membantu menciptakan kampanye yang lebih menarik dan berpengaruh.

How to analysis neural data (eeg and local data) for neuromarketing?

Problem:

- Sinyal EEG sangat kompleks, dengan variasi frekuensi yang tinggi dan banyaknya channel data yang harus dianalisis.
- Analisis manual tidak efisien dan rentan terhadap kesalahan interpretasi.

Solution:

- Machine learning dapat digunakan untuk mengenali pola dalam data EEG, memprediksi respons, dan mengklasifikasikan kondisi mental pengguna secara lebih akurat.
- Dengan menggunakan model prediktif, kita bisa memetakan hubungan antara aktivitas otak dan keputusan pengguna dalam waktu nyata.

Machine Learning analysis

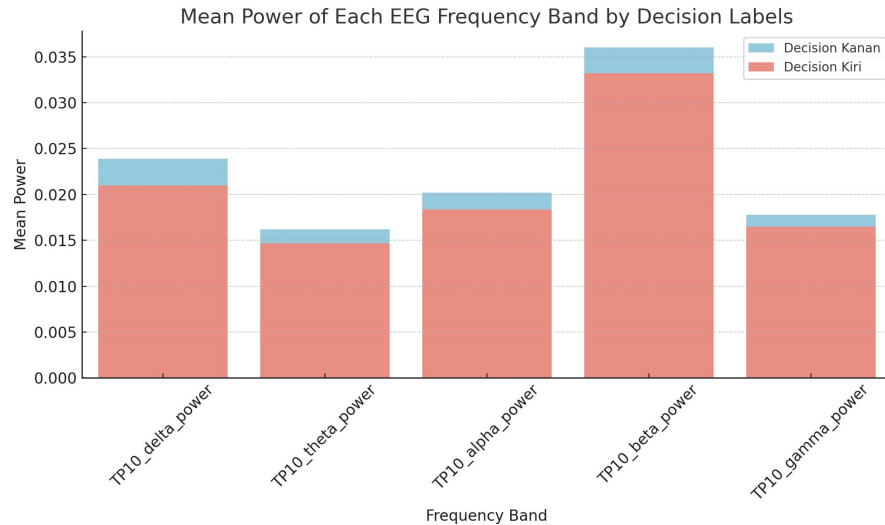
ROC AUC : 0.9958

Nilai ROC AUC mendekati 1 (0.9958) menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan diskriminatif yang sangat baik antara kelas positif dan negatif. Ini berarti model dapat **membedakan secara akurat** antara dua kelas yang dianalisis, seperti **pengambilan keputusan kanan vs. kiri** atau **kondisi mental relaksasi vs. fokus**.

Dalam konteks neuromarketing dan analisis EEG, kemampuan diskriminatif ini sangat penting untuk memahami **respons otak terhadap berbagai stimulus** seperti iklan, konten visual, atau audio. Model dengan ROC AUC tinggi memastikan bahwa keputusan yang dibuat berdasarkan hasil prediksi model dapat dipercaya.

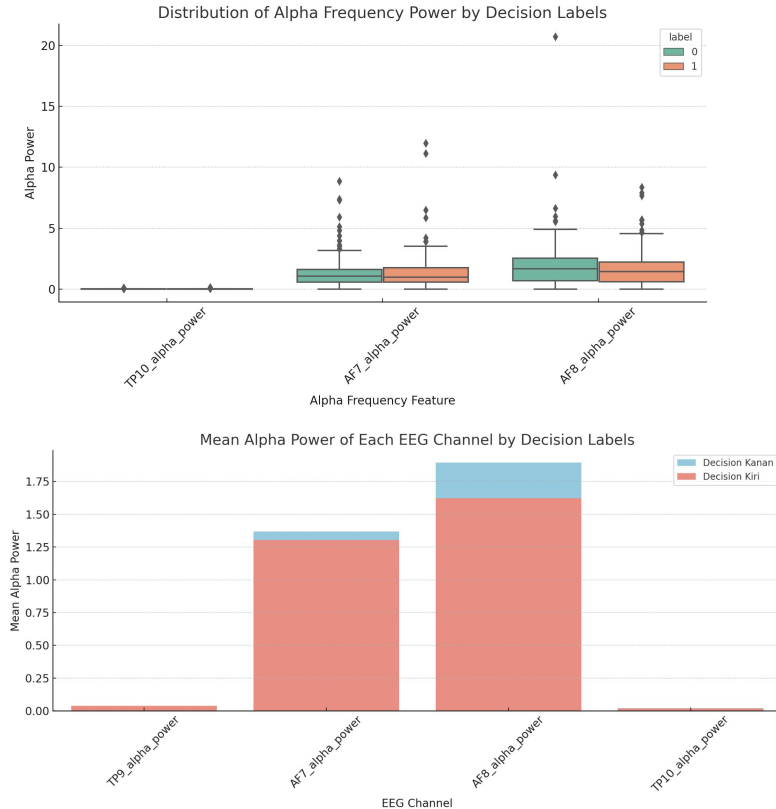
Exploration Data Analysis (EDA)

EEG Frequency Band by Decision Labels



Meskipun perbedaan kekuatan pada pita frekuensi EEG antara keputusan kanan dan kiri tidak signifikan, terdapat pola bahwa keputusan kanan cenderung memiliki kekuatan sinyal yang lebih tinggi pada semua pita frekuensi. Ini bisa disebabkan oleh preferensi atau keyakinan pengguna saat membuat keputusan, yang mempengaruhi aktivitas otak mereka.

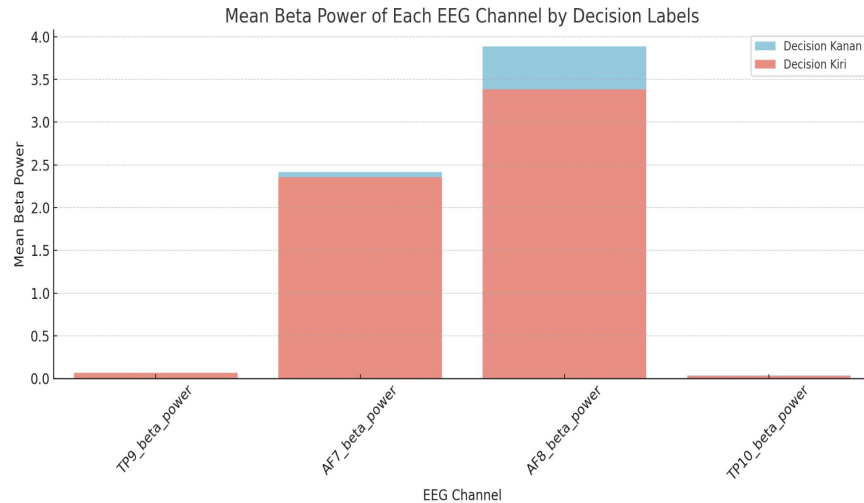
Distribution of Alpha Frequency Power by Decision Labels



Pada semua channel, kekuatan rata-rata frekuensi Alpha sedikit lebih tinggi pada keputusan kanan (label 0) dibandingkan dengan kiri (label 1). Ini mungkin mengindikasikan bahwa saat memilih kanan, pengguna cenderung lebih rileks atau dalam kondisi yang lebih stabil secara emosional dibandingkan saat memilih kiri.

Meskipun perbedaannya kecil, pola ini bisa menjadi indikasi bahwa ada preferensi keputusan yang memengaruhi aktivitas otak dalam pita frekuensi Alpha.

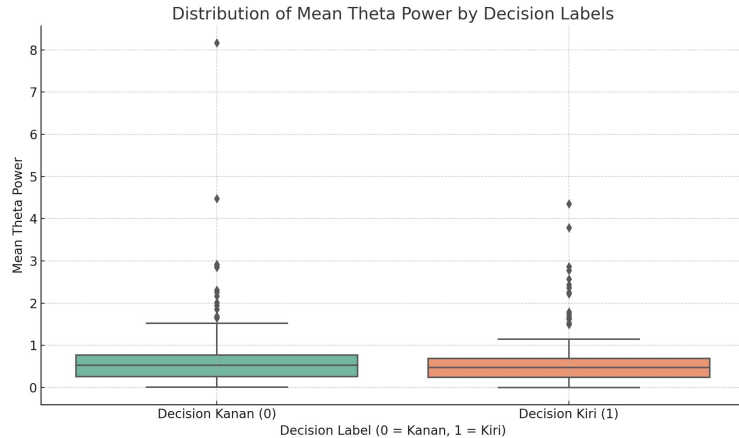
Mean Beta Power of Each EEG Channel by Decision Labels



Aktivitas Beta yang lebih tinggi di area frontal (**AF7** dan **AF8**) menunjukkan bahwa bagian ini lebih dominan dalam proses pemrosesan informasi, perhatian, dan pemikiran kritis selama pengambilan keputusan.

Pola ini bisa mengindikasikan bahwa saat memilih kanan, pengguna cenderung dalam kondisi yang lebih waspada atau sedang melakukan pemrosesan mental yang lebih mendalam dibandingkan saat memilih kiri.

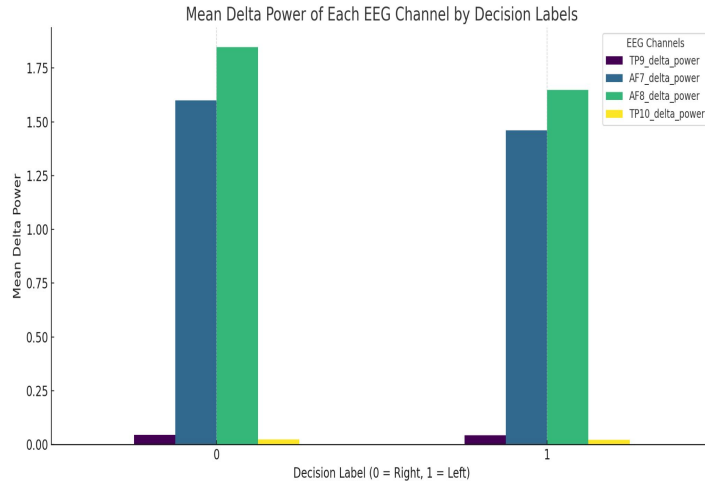
Distribution of Mean Theta Power by Decision Labels



Peningkatan Theta saat memilih kanan dapat mengindikasikan bahwa pengguna berada dalam kondisi pemikiran yang lebih mendalam atau lebih terhubung dengan pengalaman yang lebih reflektif. Ini bisa dimanfaatkan untuk menargetkan emosi atau kondisi tertentu saat membuat konten atau iklan yang mengarah pada pengambilan keputusan kanan.

Theta yang lebih rendah pada keputusan kiri mungkin menandakan bahwa pengguna cenderung membuat keputusan kiri dengan lebih cepat atau tanpa banyak refleksi, yang berarti strategi yang berfokus pada keputusan kiri bisa lebih direct dan tanpa banyak elaborasi.

Mean Delta Power of Each EEG Channel by Decision Labels

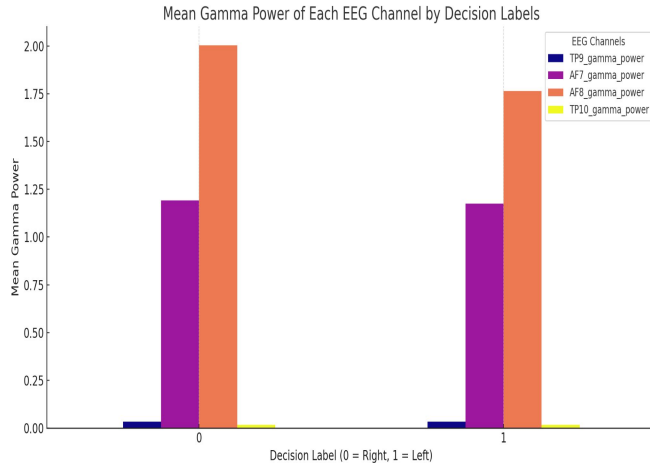


AF7 dan AF8: Peningkatan kekuatan Delta di area **AF7** dan **AF8** (area frontal) menunjukkan bahwa area ini lebih aktif pada kondisi relaksasi saat membuat keputusan kanan. Ini mengindikasikan bahwa keputusan kanan cenderung dibuat dalam kondisi mental yang lebih santai dan tanpa banyak tekanan kognitif.

TP9 dan TP10: Channel ini, yang terletak di area temporal, memiliki kontribusi Delta yang lebih rendah pada kedua keputusan, menunjukkan bahwa area temporal mungkin kurang berperan dalam pengambilan keputusan yang terkait dengan kondisi relaksasi.

Mean Delta Power dari channel EEG menunjukkan bahwa **aktivitas Delta lebih tinggi pada area frontal (AF7 dan AF8)** ketika peserta membuat keputusan kanan. Ini mengindikasikan bahwa **keputusan kanan** cenderung diambil dalam kondisi **relaksasi yang lebih mendalam** dibandingkan keputusan kiri, yang mungkin terjadi ketika peserta dalam keadaan yang lebih tenang atau santai. Insight ini dapat digunakan untuk memahami preferensi pengguna dalam pengambilan keputusan serta merancang strategi neuromarketing yang memicu kondisi relaksasi ini

Mean Gamma Power of Each EEG Channel by Decision Labels



Aktivitas Gamma terkait dengan **pemrosesan informasi kompleks** dan **fokus kognitif**. Kekuatan Gamma yang lebih tinggi pada keputusan kanan di area **AF8** (frontal kanan) menunjukkan bahwa pengambilan keputusan kanan mungkin melibatkan **pemrosesan informasi yang lebih intens** atau **fokus yang lebih tinggi**.

Perbedaan yang signifikan di area AF8 dibandingkan dengan AF7 mengindikasikan bahwa **area frontal kanan** lebih dominan dalam mempengaruhi pengambilan keputusan kanan.

Secara keseluruhan, interaksi Gamma dengan keputusan menunjukkan bahwa **keputusan kanan** melibatkan **aktivitas Gamma yang lebih tinggi di area frontal kanan**, menandakan pemrosesan kognitif yang lebih tinggi atau fokus yang lebih mendalam dibandingkan keputusan kiri.

Analysis by Frequency

Delta:

- Kekuatan Delta lebih tinggi pada keputusan kanan dibandingkan kiri, menunjukkan bahwa Delta berperan saat pengguna berada dalam kondisi relaksasi.
- Frekuensi Delta memiliki pengaruh besar pada **pengambilan keputusan dalam kondisi tenang dan relaksasi mendalam**.

Theta:

- Frekuensi Theta lebih aktif pada area frontal (AF7 dan AF8) dan terkait dengan **pemikiran reflektif** serta **kreativitas**.
- Theta berperan dalam pengambilan keputusan yang melibatkan pemikiran yang lebih mendalam dan refleksi.

Alpha:

- Alpha lebih tinggi pada keputusan kanan dibandingkan kiri, menunjukkan bahwa Alpha terlibat dalam **stabilitas emosi** dan **kondisi tenang** saat membuat keputusan.
- Pengaruh Alpha signifikan di area frontal kanan (AF8), menunjukkan peran dalam pengambilan keputusan yang lebih tenang dan stabil.

Analysis by Frequency

Beta:

- Beta cenderung lebih tinggi pada keputusan kiri, menunjukkan bahwa Beta berperan dalam **fokus dan kewaspadaan**.
- Frekuensi Beta aktif pada pengambilan keputusan yang membutuhkan perhatian tinggi dan pemrosesan kognitif yang lebih aktif.

Gamma:

- Gamma lebih tinggi pada keputusan kanan di area frontal (AF8), menandakan bahwa **pemrosesan informasi kompleks** dan **pemahaman mendalam** lebih aktif saat membuat keputusan kanan.
- Frekuensi Gamma berperan penting dalam **integrasi informasi dan pemrosesan lanjutan** saat mengambil keputusan.

Analysis by EEG Channels

AF7 dan AF8 (Area Frontal):

- Area frontal (AF7 dan AF8) menunjukkan peran yang lebih besar dibandingkan area temporal (TP9 dan TP10) dalam pengambilan keputusan.
- **AF8** (frontal kanan) menunjukkan aktivitas yang lebih tinggi pada frekuensi Delta, Alpha, dan Gamma, menandakan bahwa area ini lebih dominan dalam pengambilan keputusan yang melibatkan kondisi tenang (Alpha dan Delta) serta pemrosesan informasi yang kompleks (Gamma).

TP9 dan TP10 (Area Temporal):

- Aktivitas Delta, Theta, Alpha, dan Gamma pada area TP9 dan TP10 relatif lebih rendah dibandingkan area frontal.
- Ini menunjukkan bahwa area temporal mungkin kurang berpengaruh secara langsung terhadap keputusan yang dibuat berdasarkan respons otak yang terkait dengan kondisi mental.

Hipotesis Testing

	t statistic	p_value
TP9_delta_power	0.5937919779841626	0.5529676962280312
AF7_delta_power	0.6167518680700832	0.5377299265617766
AF8_delta_power	0.7660208023600362	0.4442001414351522
TP10_delta_power	0.9486652995532877	0.34333782844601013
TP9_theta_power	0.26978334582878355	0.787456538501207
AF7_theta_power	0.22227551846598775	0.8242051224661389
AF8_theta_power	1.59648524391126	0.11155647909303552
TP10_theta_power	0.6994181812082723	0.4846755713939359
TP9_alpha_power	0.4427632930555709	0.6581663958151367
AF7_alpha_power	0.5043131835982292	0.6143082963968971
AF8_alpha_power	1.6223435270266067	0.10568698481214141
TP10_alpha_power	1.0442762356983666	0.29697294279602315
TP9_beta_power	0.20629738318774438	0.8366601302699066
AF7_beta_power	0.2829587374737478	0.7773504445301381
AF8_beta_power	1.568716673259243	0.11756211991704854
TP10_beta_power	0.895435992664676	0.3710810903905455
TP9_gamma_power	0.045115173086084495	0.9640376387805005
AF7_gamma_power	0.153849712455639	0.8778047036189273
AF8_gamma_power	1.4188728040290453	0.1567389470120177
TP10_gamma_power	0.8016087166982149	0.42325044375181664

Tidak ada fitur EEG yang memiliki p-value < 0.05, artinya tidak ada perbedaan signifikan yang terdeteksi antara dua kondisi keputusan pada masing-masing fitur EEG.

Conclusion Analysis

1. Area Frontal (AF7, AF8) Menunjukkan Aktivitas Lebih Tinggi daripada Area Temporal (TP9, TP10)

- Rata-rata kekuatan frekuensi EEG pada area frontal (AF7, AF8) lebih tinggi dibandingkan area temporal (TP9, TP10) untuk setiap frekuensi (Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma).
- Ini menunjukkan bahwa **area frontal lebih berperan** dalam proses pengambilan keputusan dibandingkan dengan area temporal.
- Aktivitas yang lebih tinggi di area frontal, terutama pada frekuensi **Delta, Alpha, dan Gamma**, mengindikasikan bahwa area ini lebih terlibat dalam pemrosesan informasi kompleks dan stabilitas emosional saat membuat keputusan.

2. Interaksi Frekuensi EEG dengan Keputusan

- **Delta**: Frekuensi Delta lebih tinggi pada keputusan kanan, menunjukkan bahwa keputusan kanan mungkin diambil dalam kondisi relaksasi yang lebih tinggi.
- **Theta**: Frekuensi Theta menunjukkan sedikit peningkatan pada area frontal untuk keputusan kanan, menunjukkan bahwa ada sedikit refleksi mendalam saat membuat keputusan kanan.
- **Alpha**: Kekuatan Alpha lebih tinggi di area frontal pada keputusan kanan, menunjukkan bahwa pengguna lebih tenang dan stabil secara emosional saat membuat keputusan kanan.
- **Beta**: Aktivitas Beta yang lebih tinggi pada keputusan kiri menunjukkan bahwa pengguna lebih fokus dan siap secara kognitif saat membuat keputusan kiri.
- **Gamma**: Kekuatan Gamma yang lebih tinggi di area frontal pada keputusan kanan menunjukkan pemrosesan informasi yang lebih mendalam dan integrasi yang lebih kuat saat memilih keputusan kanan.

Suggestion Analysis

Tidak Ditemukan Perbedaan Signifikan antara Keputusan Kanan dan Kiri pada Fitur EEG

- Berdasarkan uji **t-test** pada setiap frekuensi EEG (Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma) di channel EEG (TP9, AF7, AF8, TP10), **tidak ada fitur yang menunjukkan perbedaan signifikan** antara dua kondisi keputusan (keputusan kanan dan kiri).
- **P-value** dari setiap uji statistik lebih besar dari 0.05, yang menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan secara statistik antara kedua kondisi tersebut.
- Hal ini mengindikasikan bahwa **aktivitas otak yang terekam pada data EEG tidak cukup berbeda** untuk membedakan keputusan kanan dan kiri secara statistik.

Keterbatasan Data dan Model

- **Kualitas Data EEG:** Data mungkin memiliki noise atau artefak yang dapat mempengaruhi hasil analisis.
- **Variasi Antar Subjek:** Variasi respons EEG antar individu mungkin membuat perbedaan antar keputusan menjadi kurang jelas.
- **Kondisi Eksperimental:** Keputusan yang diambil mungkin tidak cukup mempengaruhi aktivitas otak secara signifikan, sehingga variasi yang diharapkan tidak teramati pada data EEG.
- **Model memiliki nilai ROC-AUC yang tinggi** hal ini bisa terindikasi bahwasannya model mengalami overfit sehingga tidak mampu beradaptasi dengan data baru karena terlalu memahami data pelatihan

Correlation EEG Analysis with Neuromarketing

Memahami Pengaruh Kondisi Mental terhadap Respons Konsumen

- **Frekuensi Beta dan Gamma pada Pengambilan Keputusan:**
 - Aktivitas Beta yang lebih tinggi pada keputusan kiri menunjukkan bahwa keputusan ini terkait dengan **kewaspadaan tinggi** dan **aktivitas kognitif** yang lebih intens. Ini berarti keputusan kiri lebih sering diambil saat pengguna dalam kondisi lebih fokus atau siap.
 - Dalam neuromarketing, konten yang merangsang **kewaspadaan** (seperti informasi yang lebih detail, kompleksitas, atau pernyataan yang menantang) dapat digunakan untuk memicu kondisi fokus dan meningkatkan perhatian konsumen terhadap detail produk atau layanan.

Segmentasi Audiens Berdasarkan Kondisi Otak

Dengan memantau aktivitas EEG seperti Delta, Theta, Alpha, Beta, dan Gamma, perusahaan dapat **mensegmentasikan audiens berdasarkan respons otak** mereka terhadap konten iklan. Misalnya, audiens yang menunjukkan **aktivitas Beta tinggi** cenderung lebih responsif terhadap **iklan edukatif** atau **narasi informatif**, sedangkan audiens dengan **aktivitas Alpha dan Delta tinggi** lebih cocok untuk **iklan yang menenangkan** atau berhubungan dengan **relaksasi**.

Optimalisasi Desain Iklan dan Konten Visual

- Aktivitas EEG di area **frontal (AF7, AF8)** menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap pengambilan keputusan. Ini berarti bahwa elemen visual dan konten yang memicu area frontal dapat berperan dalam **meningkatkan efektivitas iklan**.
- Misalnya, dalam neuromarketing, elemen **visual yang melibatkan cerita atau konsep abstrak** dapat meningkatkan aktivitas di area frontal (Gamma tinggi), yang berhubungan dengan pemrosesan informasi kompleks. Hal ini dapat membantu meningkatkan daya ingat dan pemahaman konsumen terhadap pesan yang ingin disampaikan.

Terima Kasih