

Analisis Spektral Daya dan Koherensi Sinyal *Electroencephalography (EEG)* Area Frontal Pada Pecandu Rokok

Nita Handayani^{1*}, Gebrina Rahmah¹

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia.

*E-mail: nitahandayani@yahoo.com

INTISARI

Pada penelitian ini akan dibahas tentang karakteristik sinyal listrik otak area frontal pada pecandu rokok saat sebelum dan sesudah merokok berdasarkan analisis *QEEG (Quantitative Electroencephalography)*. Beberapa teknik *neuroimaging* digunakan untuk memahami hubungan antara fungsionalitas otak. *Quantitative Electroencephalography (QEEG)* adalah sebuah teknik non-invasif yang dapat digunakan untuk memberikan gambaran fungsionalitas otak melalui beberapa besaran fisis yang dikaji. Perekaman sinyal otak menggunakan Emotiv Epoc 14 elektroda dan hanya berfokus pada 8 elektroda area frontal (AF3, F7, F3, FC5, FC6, F4, F8, AF4) dan 2 channel referensi. Jumlah subjek uji dalam penelitian sebanyak 5 orang, berjenis kelamin laki-laki dengan rentang usia antara 20-25 tahun. Perekaman otak dilakukan pada kondisi mata terbuka, mata tertutup, dan *tasking* mengerjakan soal matematika. Metode analisis data meliputi *pre-processing* data EEG untuk menghilangkan noise dan artefak, perhitungan spektral daya menggunakan periodogram Welch, dan analisis konektivitas fungsional otak dengan menghitung besarnya koherensi *intra-hemisphere* dan *inter-hemisphere*. Hasil analisis dari spektral daya menunjukkan bahwa saat sebelum merokok peningkatan spektral daya terjadi pada frekuensi gelombang delta dan alpha, dan penurunan terjadi pada frekuensi gelombang theta. Sedangkan pada saat sesudah merokok peningkatan terjadi pada frekuensi gelombang delta, alpha dan beta dan penurunan terjadi pada frekuensi gelombang theta. Hasil analisis koherensi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada koherensi *intra-hemisphere* kanan frekuensi gelombang theta dan koherensi *inter-hemisphere* frekuensi gelombang beta saat sebelum dan sesudah merokok.

Kata Kunci: Koherensi, Pecandu Rokok, Spektral Daya

ABSTRACT

This study will discuss the characteristics of the frontal area brain electrical signals in cigarette addicts before and after smoking based on *QEEG* analysis. Several *neuroimaging* techniques are used to understand the relationships between brain functionality. *Quantitative Electroencephalography (QEEG)* is a non-invasive technique that can be used to provide an overview of brain functionality through several physical quantities being assessed. Recording of brain signals using Emotiv Epoc 14 electrodes and only focuses on 8 frontal area electrodes (AF3, F7, F3, FC5, FC6, F4, F8, AF4) and 2 reference channels. The number of test subjects in the study was 5 people, male with an age range between 20-25 years. Brain recording was done when the eyes were open, eyes closed, and the task was to do math problems. Data analysis methods include *pre-processing* of EEG data to remove noise and artifacts, calculation of spectral power using Welch's periodogram, and analysis of brain functional connectivity by calculating the amount of *intra-hemisphere* and *inter-hemisphere* coherence. The results of the analysis of the spectral power showed that before smoking an increase in the spectral power occurred at the delta and alpha wave frequencies, and a decrease occurred in the theta wave frequencies. Meanwhile, after smoking an increase occurred in the frequency of delta, alpha and beta waves and a decrease occurred in the frequency of theta waves. The coherence analysis results showed a significant difference in the coherence of the right *intra-hemisphere* of theta wave frequency and the *inter-hemisphere* coherence of beta wave frequencies before and after smoking.

Keywords: Cigarette Addict, Coherence, Power Spectral

Pendahuluan

Di Indonesia aktivitas merokok sudah menjadi kebiasaan sehari-hari. Di dalam rokok terkandung zat kimia yang disebut dengan nikotin, yang mana dapat memberikan efek kecanduan bagi penggunanya [1]. Menurut *World Health Organization (WHO)*, perokok diklasifikasikan menjadi tiga kelompok berdasarkan jumlah rokok yang dihisap per hari, yaitu seseorang yang menghisap satu sampai lima batang per hari disebut perokok ringan, lima sampai sepuluh batang per hari disebut perokok sedang, dan lebih dari sepuluh batang per hari disebut sebagai perokok berat [2].

Dalam otak manusia terdapat senyawa kimia yang disebut dengan asetilkolin pada sel-sel saraf yang dihasilkan tubuh untuk membantu komunikasi antar saraf dan otot. Pada saat seseorang merokok, kadar asetilkolin akan terganti fungsinya oleh nikotin sehingga apabila perokok berhenti merokok dalam beberapa waktu, tubuhnya akan meminta nikotin sebagai pengganti asetilkolin untuk merangsang kinerja otak [3]. Ketika kadar asetilkolin menurun, perokok akan merasa lebih tegang dan kehilangan konsentrasi, sebaliknya jika kadar asetilkolin meningkat akan memberikan rasa rileks bagi perokok. Kondisi dimana saat kinerja otak seseorang dalam keadaan rileks maupun dalam keadaan tegang dapat dianalisis dengan menggunakan *Electroencephalography (EEG)* [4]. Saat manusia beraktivitas, otak akan bekerja dan akan menghasilkan sinyal gelombang otak. Gelombang otak dibagi menjadi lima rentang frekuensi yaitu delta, theta, alpha, beta dan gamma, masing-masing terkait dengan aktivitas mental yang berbeda-beda.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis secara komprehensif menggunakan data *Quantitative Electroencephalography (QEEG)* hasil pengukuran pada pecandu rokok saat sebelum merokok untuk dibandingkan dengan saat sesudah merokok berfokus pada area frontal otak. Karakterisasi QEEG yang akan dilakukan mencakup analisis spektral daya dan koherensi.

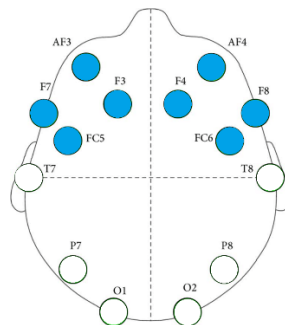
Metode Penelitian

Subjek Uji

Jumlah subjek uji dalam penelitian sebanyak 5 orang, dengan klasifikasi sehat jasmani dan rohani, berjenis kelamin laki-laki, dan tergolong sebagai pecandu rokok. Subjek uji yang diwakili diminta untuk mengisi *informed consent* sebagai bukti persetujuan keikutsertaan dalam kegiatan penelitian.

Perekaman Data EEG

Perekaman sinyal otak menggunakan Emotiv Epc 14 elektroda, berfokus pada 8 elektroda area frontal otak (AF3, F7, F3, FC5, FC6, F4, F8, AF4) dan 2 *channel* referensi. Posisi peletakan elektroda sesuai dengan sistem Internasional 10-20 seperti terlihat pada Gambar 1. Perekaman otak dilakukan pada kondisi mata terbuka 3 menit, mata tertutup 5 menit, dan tasking mengerjakan soal matematika 5 menit dilakukan saat sebelum dan sesudah merokok.



Gambar 1. Posisi Peletakan 8 elektroda area frontal

Analisis Data EEG

Tahap analisis data EEG hasil perekaman meliputi:

1. Tahap *pre-processing* sinyal EEG mencakup *centering*, *filtering* dan *rejecting data* dari noise dan artefak seperti kedipan mata dan gerakan otot sekitar mata.
2. Analisis spektral daya dengan Periodogram Welch. Estimasi spektral pada Periodogram Welch dilakukan dengan cara segmentasi data menjadi p bagian, panjang segmen L dan overlap sedemikian sehingga satu segmen terhadap segmen lainnya tergeser sepanjang M data ($M \leq L$) yang dirumuskan [5]:

$$S(k) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L \phi_l(k) \quad (1)$$

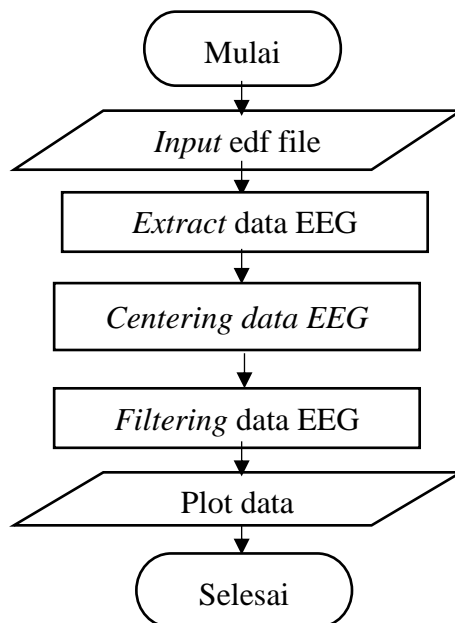
Dengan:

$S(k)$ = Spektral estimasi periodogram

ϕ_l = Spektral estimasi Welch

P = Fungsi normalisasi window

Langkah-langkah analisis spektral daya dapat dilihat pada Gambar 2.



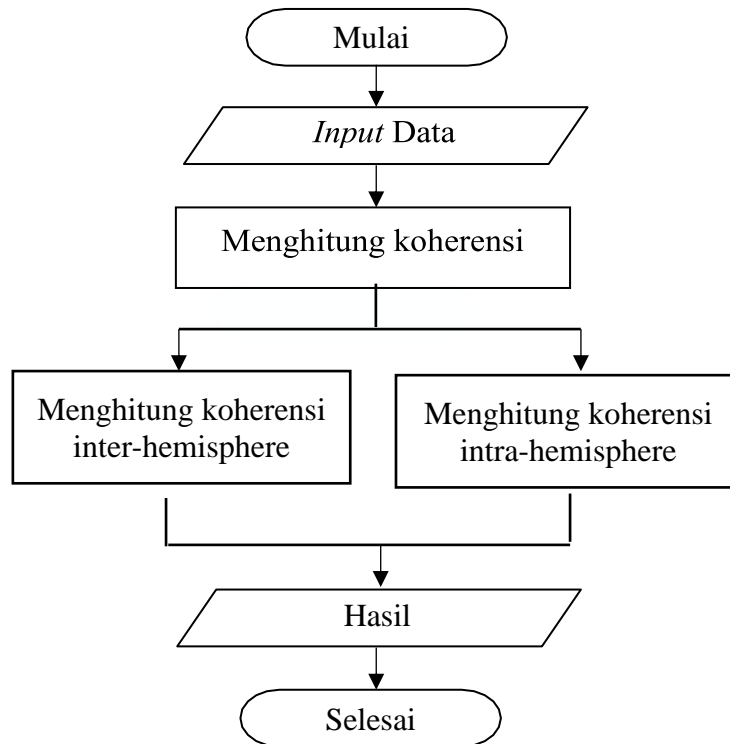
Gambar 2. Diagram Alir Analisis Periodogram Welch

3. Analisis koherensi sinyal EEG yang mencakup koherensi *inter-hemisphere* dan koherensi *intra-hemisphere*. Koherensi merupakan ukuran dari korelasi antara dua sinyal sebagai fungsi frekuensi yang dihitung dari besarnya densitas spektral daya yang dituliskan [6]:

$$C_{xy}(f) = \frac{|W_{xy}|^2(f)}{W_x(f) * W_y(f)} \quad (2)$$

dengan W_{xx} adalah cross-spectral density dari dua sinyal x dan y , f adalah frekuensi, W_x adalah Power Spectral Density (PSD) dari x dan W_y adalah PSD dari y .

Adapun langkah-langkah analisis koherensi ditunjukkan pada Gambar 3.



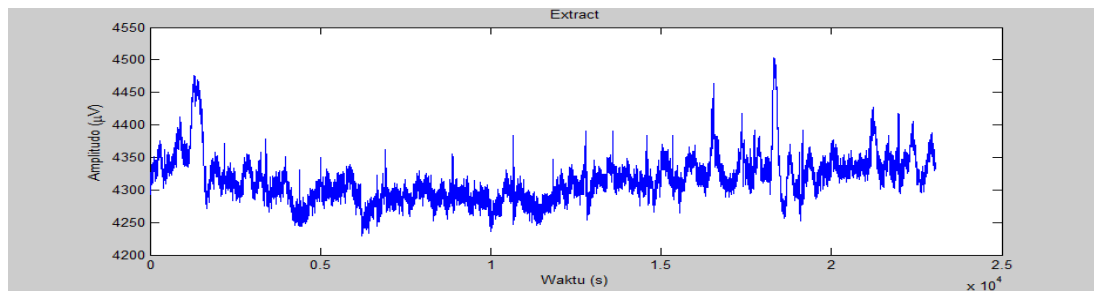
Gambar 3. Diagram Alir Analisis Koherensi

- Uji statistik dengan menggunakan Mann-Whitney test, yaitu sebuah uji non-parametrik yang digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan pada nilai koherensi saat sebelum dan sesudah merokok yang dinyatakan dalam p-value. P-value yang rendah mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan.

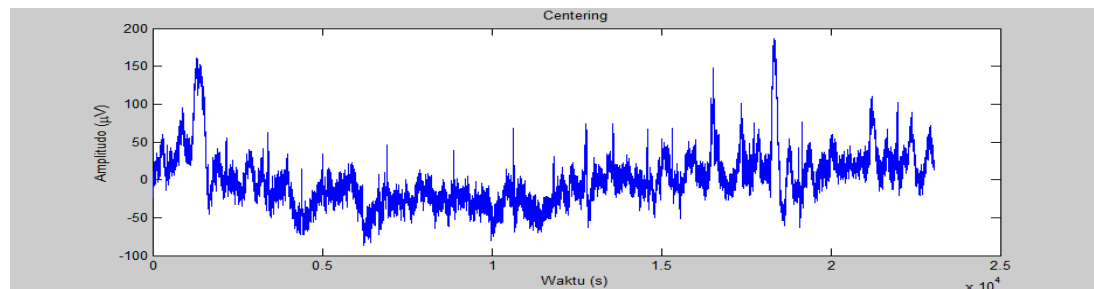
Hasil dan Pembahasan

Pada studi ini, QEEG digunakan untuk mempelajari karakteristik fungsionalitas otak pada pecandu rokok. Parameter yang digunakan yaitu spektral daya dan nilai koherensi. Analisis QEEG dari data mentah EEG yang ditransformasi ke dalam domain frekuensi menggunakan metode Periodogram Welch. Transformasi ini bertujuan untuk memberikan informasi konten harmonik dari sinyal. Sedangkan analisis koherensi bertujuan untuk mengetahui konektivitas antara pasangan hemisphere.

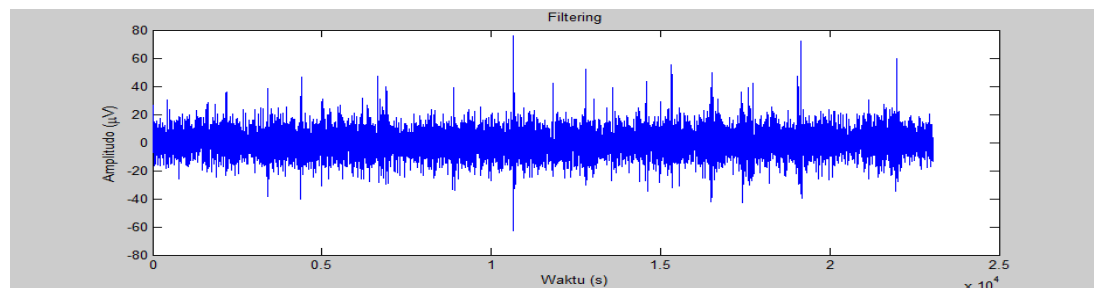
Sebelum analisis secara kuantitatif, dilakukan tahap *pre-processing* terlebih dahulu. Pertama, *extract* data EEG bertujuan untuk menarik data dari *source* sistem dan memasukkannya ke dalam area *stage* tertentu termasuk inialisasi variabel input. Selanjutnya, dilakukan *centering* data EEG yang bertujuan untuk menghilangkan DC *offset*, kemudian dilakukn *filtering* data EEG yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang terdapat pada data EEG. Berikut dapat dilihat pada Gambar 4., Gambar 5. dan Gambar 6. menunjukkan contoh hasil *pre-processing* data pada subjek 1 sebelum merokok dengan kondisi rileks mata tertutup pada area frontal otak untuk elektroda AF3.



Gambar 4. Hasil *Extract* Data

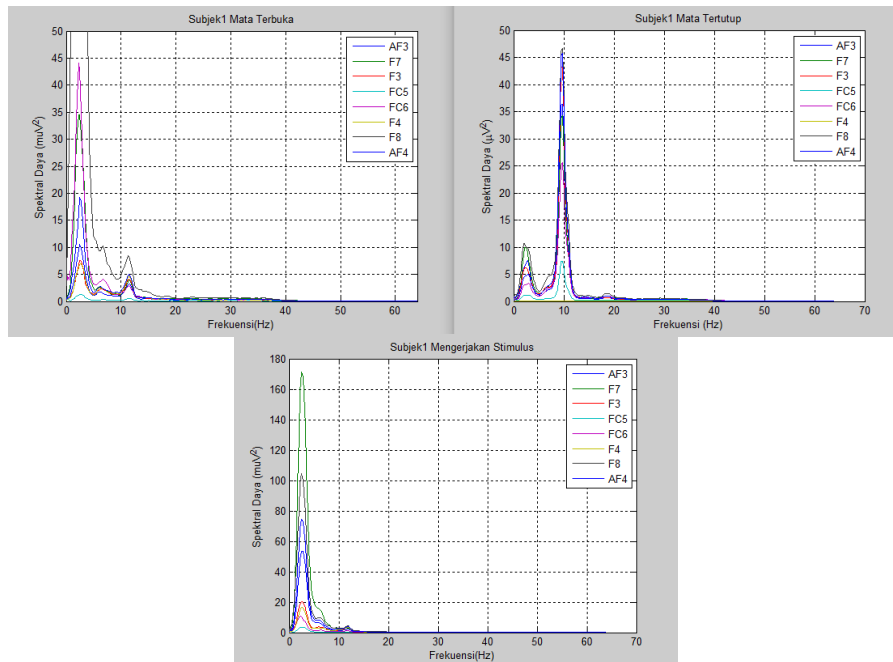


Gambar 5. Hasil *Centering* Data

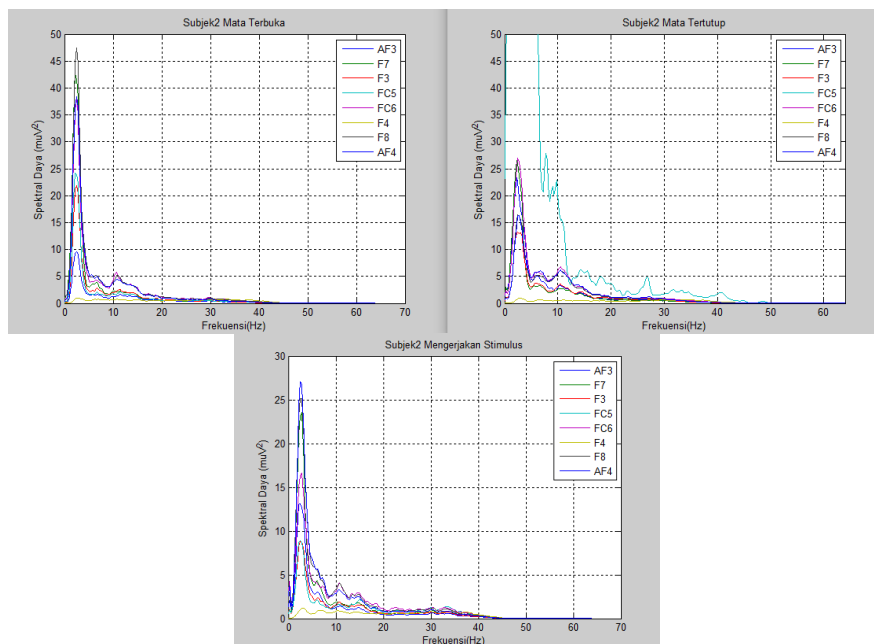


Gambar 6. Hasil *Filtering* Data

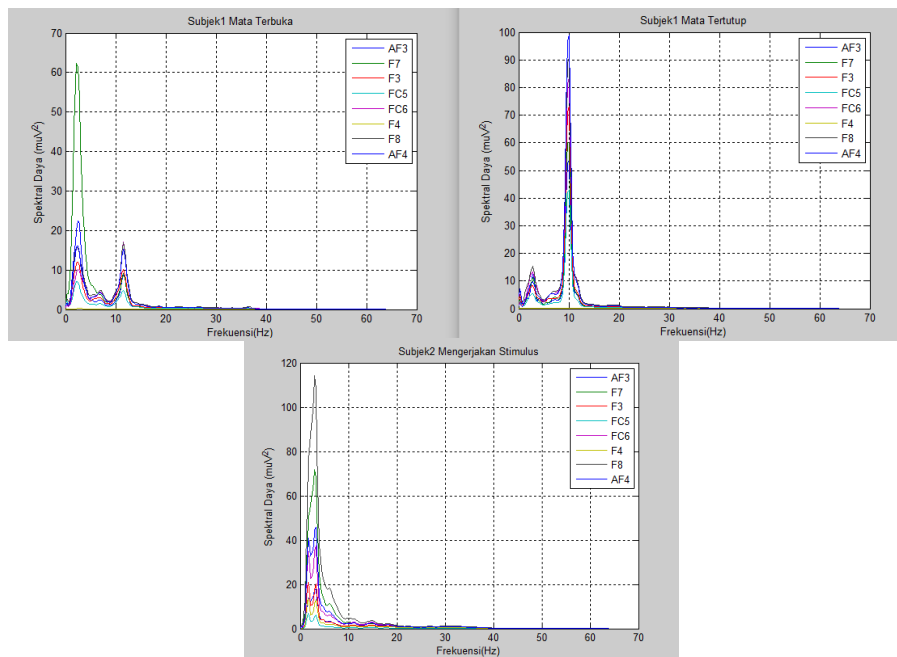
Setelah *pre-processing* data, tahap selanjutnya yaitu analisis spektral daya menggunakan Periodogram Welch. Contoh grafik hasil analisis spektral daya pada subjek 1 dan subjek 2 saat sebelum merokok ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 dimana terlihat bahwa pecandu rokok saat sebelum merokok pada kondisi mata terbuka, mata tertutup dan *tasking* dengan mengerjakan soal matematika mengalami peningkatan spektral daya pada frekuensi gelombang delta (0-4 Hz) dan frekuensi gelombang alpha (8-13 Hz). Sebaliknya, mengalami penurunan spektral daya pada frekuensi gelombang theta (4-8 Hz). Sedangkan saat sesudah merokok ditunjukkan pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 dimana terlihat bahwa pecandu rokok saat sesudah merokok pada kondisi mata terbuka, mata tertutup, dan *tasking* dengan mengerjakan soal matematika secara umum terlihat adanya peningkatan spektral daya pada frekuensi gelombang delta (0-4 Hz) dan frekuensi gelombang alpha (8-13 Hz). Selain itu juga terjadi peningkatan spektral daya pada frekuensi gelombang beta (13-30 Hz), meskipun peningkatan spektral daya yang terjadi cukup kecil akan tetapi memiliki pengaruh yang cukup besar, dikarenakan pada frekuensi gelombang beta menunjukkan bahwa kondisi mental pecandu rokok sedang dalam konsentrasi yang bagus dibandingkan saat sebelum merokok. Penurunan spektral daya terjadi pada frekuensi gelombang theta (4-8 Hz).



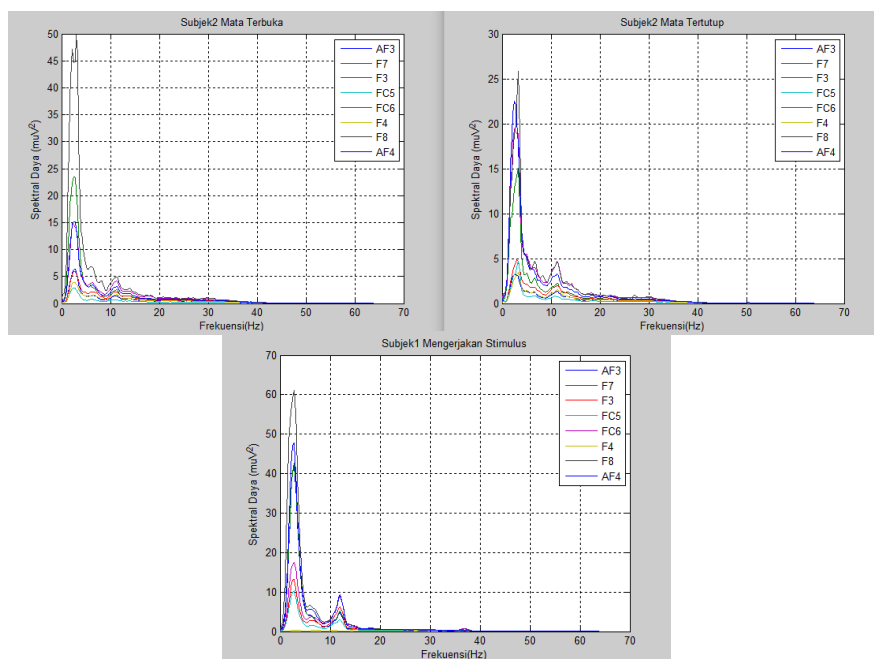
Gambar 7. Spektral Daya Sebelum Merokok Pada Subjek1 (a) Mata Terbuka (b) Mata Tertutup (c) Tasking Mengerjakan Soal Matematika



Gambar 8. Spektral Daya Sebelum Merokok Pada Subjek2 (a) Mata Terbuka (b) Mata Tertutup (c) Tasking Mengerjakan Soal Matematika



Gambar 9. Spektral Daya Sesudah Merokok Pada Subjek1 (a) Mata Terbuka (b) Mata Tertutup (c)Tasking Mengerjakan Soal Matematika



Gambar 10. Spektral Daya Sesudah Merokok Pada Subjek2 (a) Mata Terbuka (b) Mata Tertutup (c) Tasking Mengerjakan Soal Matematika

Untuk mengetahui konektivitas fungsional otak, selanjutnya dilakukan analisis koherensi. Koherensi merupakan ukuran derajat asosiasi atau kopling antara dua sinyal EEG yang direkam dari lokasi *scalp* yang berbeda pada pita frekuensi tertentu. Pada paper ini, analisis koherensi dibedakan menjadi dua yaitu analisis koherensi intra-hemisphere dan koherensi inter-hemisphere. Koherensi intrahemisphere hanya melibatkan pasangan elektroda dari masing-masing hemisphere, sedangkan koherensi interhemisphere melibatkan pasangan elektroda dari kedua bagian hemisphere kiri dan kanan. Pasangan elektroda yang dianalisis mencakup AF3-

F7, AF3-F3, AF3-FC5, F7-F3, F7-FC5, F3-FC5 untuk hemisphere kiri dan AF4-F8, AF4-F4, AF4-FC6, F8-F4, F8-FC6, F4-FC6 untuk hemisphere kanan. Sedangkan analisis koherensi inter-hemisphere mencakup pasangan elektroda yang homolog yaitu AF3-AF4, F7-F8, F3-F4, dan FC5-FC6

Tabel 1. Koherensi intra-hemisphere kiri untuk semua pita frekuensi pada saat sebelum dan sesudah merokok

Mata Terbuka				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-F7	0.92	0.75	0.33	0.29
AF3-F3	1.00	0.46	0.71	0.46
AF3-FC5	0.14	0.22	0.35	0.40
F7-F3	0.35	0.34	0.75	0.17
F7-FC5	0.09	0.12	0.35	0.29
F3-FC5	0.92	0.92	0.53	0.92
Mata Tertutup				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-F7	0.60	0.92	0.92	0.83
AF3-F3	0.17	0.75	0.92	0.17
AF3-FC5	0.92	0.92	0.92	0.12
F7-F3	0.75	0.25	0.40	1.00
F7-FC5	0.75	0.83	0.92	0.92
F3-FC5	0.60	0.83	1.00	0.46
Tasking Mengerjakan Soal Matematika				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-F7	0.75	0.75	0.92	0.75
AF3-F3	0.67	0.40	0.83	0.46
AF3-FC5	1.00	0.75	0.46	0.40
F7-F3	0.92	0.52	0.83	0.67
F7-FC5	0.92	0.60	0.92	0.46
F3-FC5	0.53	0.92	0.34	0.60

Tabel 2. Koherensi intra-hemisphere kanan untuk semua pita frekuensi pada saat sebelum dan sesudah merokok

Mata Terbuka				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF4-F8	0.53	1.00	0.35	0.09
AF4-F4	0.21	0.83	0.45	0.92
AF4-FC6	0.75	0.25	0.17	0.09
F8-F4	0.14	0.83	0.83	0.92
F8-FC6	0.75	0.75	0.53	0.09
F4-FC6	0.75	1.00	0.65	0.92
Mata Tertutup				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF4-F8	0.09	0.03*	0.46	0.17
AF4-F4	0.83	0.60	0.05	0.60
AF4-FC6	0.08	0.17	0.83	0.17
F8-F4	0.92	0.75	0.14	0.66
F8-FC6	0.05	0.08	0.67	0.53
F4-FC6	0.91	0.11	0.20	0.59
Tasking Mengerjakan Soal Matematika				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta

AF4-F8	0.46	0.75	0.83	0.75
AF4-F4	0.32	0.92	0.83	0.52
AF4-FC6	0.05	0.21	0.12	0.17
F8-F4	0.83	0.92	0.83	0.46
F8-FC6	0.53	0.75	0.25	0.14
F4-FC6	0.59	0.14	0.17	0.67

Tabel 3. Koherensi inter-hemisphere untuk semua pita frekuensi pada saat sebelum dan sesudah merokok

Mata Terbuka				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-AF4	0.46	0.83	0.71	0.35
F7-F8	0.21	0.29	0.09	0.17
F3-F4	0.92	0.20	0.46	0.33
FC5-FC6	0.83	0.29	0.05	0.17
Mata Tertutup				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-AF4	0.09	0.83	1.00	0.02*
F7-F8	0.60	0.60	0.40	0.53
F3-F4	0.83	0.29	0.24	0.34
FC5-FC6	0.83	0.75	0.60	0.17
Tasking Mengerjakan Soal Matematika				
Pasangan Elektroda	P-value Delta	P-value Theta	P-value Alpha	P-value Beta
AF3-AF4	0.75	0.92	0.92	0.60
F7-F8	0.46	0.75	0.53	0.92
F3-F4	0.17	0.75	0.52	0.40
FC5-FC6	0.17	0.46	0.12	0.35

*Pasangan elektroda dengan p-value <0.05

Pasangan elektroda intra-hemisphere yang memiliki nilai p-value <0.05 adalah intra-hemisphere kanan AF4-F8 pada frekuensi theta dengan nilai p-value 0.03 yang artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai koherensi intra-hemisphere kanan antara saat sebelum dan sesudah merokok. Pada pasangan elektroda intra-hemisphere kiri tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari keempat pita frekuensi dikarenakan nilai p-valuenya >0.05. Sedangkan pada pasangan elektroda inter-hemisphere terdapat perbedaan yang signifikan pada pasangan elektroda AF3-AF4 pada frekuensi beta dengan nilai p-value 0.02. Penurunan konektivitas pada saat sebelum merokok sering dikaitkan dengan menurunnya konsentrasi sehingga seorang pecandu rokok akan mengalami stress (tegang). Sedangkan, jika terjadi peningkatan konektivitas saat sesudah merokok sering dikaitkan dengan seorang pecandu rokok sedang mengalami rasa rileks dan lebih konsentrasi [7].

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil studi QEEG di atas, diperoleh informasi tentang perbedaan spektral daya dan koherensi pada pecandu rokok saat sebelum dan sesudah merokok. Peningkatan spektral daya pada frekuensi gelombang beta (13-30 Hz) menyatakan bahwa sesudah merokok kondisi mental dari pecandu rokok sedang dalam konsentrasi yang baik. Hasil analisis koherensi menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dari nilai koherensi pada frekuensi beta saat sebelum dan sesudah merokok. Sehingga dapat disimpulkan bahwa saat sesudah merokok konektivitas otak pada pecandu rokok lebih baik daripada saat sebelum merokok. Adapun saran untuk melengkapi penelitian ini adalah dapat membandingkan kondisi mental antara perokok ringan, perokok sedang dan perokok berat.

Received 18 February 2021; Accepted 16 May 2021

Available online 21 May 2021

ISSN: 2715-0402

Daftar Rujukan

- [1] Depkes. 2015. “*Infodatin pusat data dan informasi kementerian kesehatan RI: Situasi penyakit kanker di Indonesia.*” <http://www.depkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/infodatinkanker.pdf> . Diakses pada tanggal 11 Desember 2019.
- [2] Gupta, C. 2001. “*The public Health Impact Tobacco*”. Current Science.
- [3] Benowitz, N. L. 2010. “*Nicotine Addiction.*” The New England Journal of Medicine.
- [4] Sanei, S., Chambers, J.A. (2007). “*EEG Signal Processing*”. John Wiley & Sons.: England.
- [5] Parhi, K. K., dan Ayalana, M. 2014. “*Low-complexity welch power spectral density computation*”. IEEE Trans. Circuits Syst.
- [6] Roach, B. J., dan Mathalon, D. H. 2008. “*Event-related EEG time-frequency analysis: an overview of measures and an analysis of early gamma band phase locking in schizophrenia.* Schizophr Bull”.
- [7] Junjie Bu, dkk. 2019. “*Low-Theta Electroencephalography Coherence Predicts Cigarette Craving in Nicotine Addiction*”. Jurnal. Japan: Chiba University.