

Penurunan Efek EMI (*Electromagnetic Interference*) *Power Line* Terhadap Sinyal *OpenBCI* Berbahan Pelindung Tembaga dan Campuran Nikel dan Tembaga

Kasto Wijoyo Teguh Guntoro^{1,*}

¹Kasto Wijoyo Teguh Guntoro, Laboratorium Ergonomika Fakultas Teknik UGM,

*Corresponding author. E-mail: kastowijoyoteguhguntoro@ugm.ac.id

Submisi: 22 Agustus 2023; Penerimaan: 26 Oktober 2023

ABSTRAK

Electromagnetic interference (EMI) Power Line merupakan gangguan sinyal terbesar pada *OpenBCI*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan sinyal EMI yang diterima oleh *OpenBCI* menggunakan bahan tembaga dan bahan komposit tembaga dan nikel. Metode penelitian yang digunakan adalah pretest-posttest dengan variabel perlakuan notch filter 50 Hz, bahan tembaga, dan komposit tembaga dan nikel pada *Casing Box*, serta variabel bahan tembaga dan komposit tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line*. Metode analisis sinyal menggunakan *Fast Fourier Transform (FFT)* pada *MATLAB*. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga pada *Casing Box* adalah 72,57 dB. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah 72,96 dB. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah 6,38 dB. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line* adalah 7,15 dB. Berdasarkan uji statistik *T-test* didapatkan hasil terjadi penurunan signifikan pada perlakuan bahan tembaga maupun komposit tembaga dan nikel, namun tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara kedua bahan tersebut pada pengujian *Casing Box* maupun *Casing Box* dan *Line*.

Kata kunci: *Electromagnetic interference (EMI); Power Line; OpenBCI; Tembaga; Nikel.*

PENDAHULUAN

OpenBCI GB merupakan salah satu peralatan Laboratorium Ergonomika UGM yang berfungsi sebagai *electroencephalogram (EEG)* dan *electromyography (EMG)*. *OpenBCI* biasanya digunakan untuk EEG di Laboratorium Ergonomika UGM dikarenakan pengukuran EMG menggunakan EMG Betalino. *OpenBCI* dengan fungsi EEG digunakan untuk merekam sinyal listrik aktivitas otak dari partisipan (Trapsilawati dkk, 2022). Sinyal listrik yang terbaca pada EEG pada umumnya terdapat gangguan sinyal frekuensi 50 Hz (Teplan, 2002). Umumnya gangguan sinyal tersebut disebabkan oleh medan listrik *Power*

Line. Energi potensial yang direkam EGG kurang dari 300 μV (Shaker, 2006). Sinyal EEG terbagi menjadi *Delta* (1-3 Hz), *Theta* (4-7 Hz), *Low Alpha* (8-9 Hz), *High Alpha* (10-12 Hz), *Low Beta* (13-17 Hz), *High Beta* (18-30 Hz), *Low Gamma* (31-40 Hz) and *High Gamma* (41-50Hz) (Edla dkk, 2018). Gangguan sinyal yang disebabkan oleh medan listrik *Power Line* mengganggu pembacaan sinyal *High Gamma*.

Sinyal analog EEG difilter menggunakan *band-pass filter* analog eksternal dengan frekuensi *cutoff* 0,15-50 Hz (Perez, 2020). Penambahan filter analog tidak efisien dari biaya, dimensi, dan hasil perekaman sinyal yang tidak menyeluruh. *Notch filter* 50 Hz digunakan untuk mengurangi interferensi sinyal

gangguan dari *power line* (Srinivasan, 2007) (O'Sullivan, 2018). Penggunaan *notch filter* 50 Hz pada *OpenBCI* akan menghilangkan sinyal 50 Hz yang direkam dari otak. *OpenBCI* GUI menyediakan fitur *notch filter* 50 Hz, namun hanya untuk menampilkan data pada GUI. Hasil rekaman sinyal hasil *notch filter* 50 Hz *OpenBCI* masih belum diketahui sehingga perlu pengkajian lebih lanjut. Solusi tepat untuk menurunkan interferensi sinyal *power line* tanpa menambah dimensi, perangkat elektronik tambahan, dan tanpa menghilangkan sinyal yang direkam dari otak adalah dengan menggunakan bahan pemblokir sinyal medan listrik dari *power line*.

Electromagnetic interference (EMI) *shielding* merupakan bahan yang dapat memantulkan maupun menyerap radiasi elektromagnetik (Chung, 2000). Radiasi medan elektromagnetik bersumber dari peralatan elektronik seperti televisi, ponsel, radio, radar, dan peralatan elektronik yang lainnya (Vasquez, 2009). Bahan-bahan yang umumnya digunakan untuk EMI *shielding* adalah perak, tembaga, emas, nikel, aluminium, dan sebagainya. Bahan komposit tembaga dan nikel merupakan bahan yang baik untuk EMI *shielding* (Wu, 2022). *Shielded Box Method* merupakan salah satu teknik aplikasi EMI *shielding* (Geetha, 2009). Penerapan *Shielded Box Method* menggunakan bahan komposit tembaga dan nikel perlu dilakukan menurunkan sinyal EMI yang diterima oleh *OpenBCI*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan sinyal EMI yang diterima oleh *OpenBCI* GB menggunakan bahan komposit tembaga dan nikel, dan bahan tembaga.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Ergonomika. Alat dan

bahan yang digunakan pada penelitian yaitu: *OpenBCI Ganglion Board*, *Gold Cup Electrodes*, *Carbon Conductive Paint*, *Conductive Tape* bahan tembaga dan nikel, *Conductive Tape* bahan tembaga, *Casing Box* 7.5x 10 x 3.5 cm, MUSTOOL MT525 *electromagnetic radiation tester*, kabel *mini-USB*, Charger 5 V 2 A, Jangka Sorong, Meteran, dan *software* MATLAB.

Metode penelitian ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu:

1. Pengujian perlakuan *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box*.
2. Pengujian perlakuan bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box* dan *Line*.

Pengujian EMI Perlakuan pada *Casing Box*

Pengujian EMI perlakuan pada *Casing Box* dilakukan berberapa tahap diantaranya:

1. Persiapan *Casing Box* dengan rincian *Casing Box* yang pertama tanpa lapisan, *Casing Box* yang kedua dilapisi oleh *Conductive Tape* bahan tembaga, dan *Casing Box* yang ketiga dilapisi oleh *Conductive Tape* bahan tembaga dan nikel.
2. Pembuatan jalur hambatan menggunakan *Carbon Conductive Paint* sebagai impedansi tiruan pada *OpenBCI*.
3. Pembuatan jalur kotak EMI *Power Line* ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. *Power Line* bentuk kotak

4. Memasang impedansi tiruan ke *OpenBCI Channel* dan menempatkan *OpenBCI* ke dalam *Casing Box* ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. *OpenBCI* di dalam *Casing Box* dan dipasang impedansi tiruan

5. Menghidupkan *OpenBCI*, membuka aplikasi *OpenBCI GUI*, dan menghubungkan aplikasi *OpenBCI GUI* dengan *OpenBCI*.
6. Pemeriksaan impedansi di *OpenBCI GUI* kemudian merekam data selama 1 menit.
7. Pengambilan sampel menggunakan 3 buah *OpenBCI* dengan variasi jarak antara *Casing Box* dengan *Power Line* adalah 0,5 cm. Jarak terdekat antara *Casing Box* dengan *Power Line* adalah 0 cm dan terjauh adalah 4,5 cm. Setiap pengambilan sampel diukur medan listrik dan medan magnetnya. Masing-masing *OpenBCI* diambil 10 sampel data *notch filter* 50 Hz dan 10 sampel data *notch filter* 60 Hz. Total sampel setiap perlakuan adalah 30 sampel. Pengambilan data pengujian EMI pada *OpenBCI* dalam *Casing Box* ditunjukkan Gambar 3.



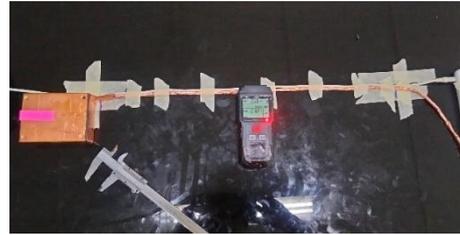
Gambar 3. Pengambilan data pengujian EMI pada *OpenBCI* pada *Casing Box*

8. Analisis sinyal EMI menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada software MATLAB.
9. Metode penelitian menggunakan *pretest-posttest* dengan perlakuan perlakuan *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box*. Uji statistik menggunakan *Paired Sampel T-test* untuk mengetahui penurunan variabel setelah perlakuan dan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk sebagai syarat data berdistribusi normal sebelum melakukan *Paired Sampel T-test*.
10. Uji beda variabel *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box* menggunakan uji statistik *One Way Anova* dan uji homogenitas menggunakan *Levene Test* sebagai syarat data bersifat homogen sebelum melakukan uji statistik *One Way Anova*. Uji statistik *Post Hoc Test* dilakukan untuk mengetahui secara rinci perbedaan setiap variabel.

Pengujian EMI Perlakuan pada *Casing Box* dan *Line*

Pengujian EMI perlakuan pada *Casing Box* dan *Line* dilakukan berberapa tahap diantaranya:

1. Persiapan *Casing Box* dan *Line* dengan rincian *Casing Box* dan *Line* yang pertama tanpa lapisan, *Casing Box* dan *Line* yang kedua dilapisi oleh *Conductive Tape* bahan tembaga, dan *Casing Box* dan *Line* yang ketiga dilapisi oleh *Conductive Tape* bahan tembaga dan nikel.
2. Pembuatan jalur hambatan menggunakan *Carbon Conductive Paint* sebagai impedansi tiruan pada *OpenBCI*.
3. Pembuatan jalur EMI *Power Line* sepanjang 50 cm ditunjukkan Gambar 4.
4. Memasang impedansi tiruan ke *OpenBCI Channel* dan menempatkan *OpenBCI* ke dalam *Casing Box* ditunjukkan Gambar 2.
5. Menghidupkan *OpenBCI*, membuka aplikasi *OpenBCI GUI*, dan menghubungkan aplikasi *OpenBCI GUI* dengan *OpenBCI*.
6. Pemeriksaan impedansi di *OpenBCI GUI* kemudian merekam data selama 1 menit.
7. Pengambilan sampel menggunakan 3 buah *OpenBCI* dengan variasi jarak antara *Casing Box* dan *Line* dengan *Power Line* adalah 0,25 cm. Jarak terdekat antara *Casing Box* dan *Line* dengan *Power Line* adalah 0 cm dan terjauh adalah 2,25 cm. Setiap pengambilan sampel diukur medan listrik dan medan magnetnya. Masing-masing *OpenBCI* diambil 10 sampel data *notch filter* 50 Hz dan 10 sampel data *notch filter* 60 Hz. Total sampel setiap perlakuan adalah 30 sampel. Pengambilan data pengujian EMI pada *OpenBCI* dalam *Casing Box* ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan data pengujian EMI pada *OpenBCI* pada *Casing Box* dan *Line*

8. Analisis sinyal EMI menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada *software MATLAB*.
9. Metode penelitian menggunakan *pretest-posttest* dengan perlakuan perlakuan bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box*. Uji statistik menggunakan *Paired Sampel T-test* untuk mengetahui penurunan variabel setelah perlakuan dan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk sebagai syarat data berdistribusi normal sebelum melakukan *Paired Sampel T-test*.
10. Uji beda variabel bahan tembaga dengan bahan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box* dan *Line* menggunakan uji statistik *Independent Sampel T-test* dan uji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk sebagai syarat data berdistribusi normal sebelum melakukan *Paired Sampel T-test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil uji amplitudo sinyal *OpenBCI* menggunakan metode FFT sebelum dan setelah perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1. Pada perlakuan penggunaan *notch filter* terjadi penurunan rerata amplitudo. Pada perlakuan penggunaan bahan pelindung tembaga ataupun tembaga dan besi terjadi penurunan rerata amplitudo. Uji normalitas Shapiro-Wilk pada masing-masing kelompok

sampel dilakukan untuk mengetahui data penelitian berdistribusi normal atau tidak. Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk pada beberapa variabel penelitian didapatkan bahwa data pada kelima kelompok perlakuan terdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga memenuhi persyaratan untuk dilakukan uji *T-test*. Hasil uji homogenitas Levene pada beberapa variabel penelitian didapatkan bahwa data pada ketiga kelompok perlakuan terdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga memenuhi persyaratan untuk dilakukan uji *One Way Anova*.

Nilai perubahan amplitudo sinyal *OpenBCI* sebelum dan setelah menggunakan *notch Filter* 50 Hz adalah $0,5097 \pm 0,7628$ uV dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi penurunan yang signifikan antara rerata amplitudo sebelum dan setelah menggunakan *notch Filter* 50 Hz.

Nilai perubahan amplitudo sinyal *OpenBCI* sebelum dan setelah

menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box* adalah $2,6626 \pm 1,7466$ uV dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi penurunan yang signifikan antara rerata amplitudo sebelum dan setelah menggunakan menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box*.

Nilai perubahan amplitudo sinyal *OpenBCI* sebelum dan setelah menggunakan bahan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah $2,6623 \pm 1,7449$ uV dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi penurunan yang signifikan antara rerata amplitudo sebelum dan setelah menggunakan bahan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box*. Perubahan nilai amplitudo *OpenBCI* sebelum dan setelah penggunaan bahan tembaga dan campuran nikel dan tembaga pada *Casing Box* bisa dilihat pada Gambar 5.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Perlakuan

Variabel	n	Rerata Amplitudo (uV)	
		<i>pretest</i>	<i>posttest</i>
<i>Notch filter</i> 50 Hz	30	2,6996	2,1899
Tembaga pada <i>Casing Box</i>	30	2,6996	0,0372
Tembaga dan nikel pada <i>Casing Box</i>	30	2,6996	0,037
Tembaga pada <i>Casing Box</i> dan <i>Line</i>	30	0,6632	0,1039
Tembaga dan nikel pada <i>Casing Box</i> dan <i>Line</i>	30	0,6632	0,0927

Keterangan: n = jumlah sampel

Tabel 2. Perubahan Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan *notch Filter* 50 Hz

Variabel	n	Amplitudo (uV)	p
<i>Pretest</i>	30	$2,6996 \pm 1,7433$	0,001*
<i>Posttest</i>	30	$2,1899 \pm 1,4786$	

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi $p < 0,05$

Tabel 3. Perubahan Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga pada *Casing Box*

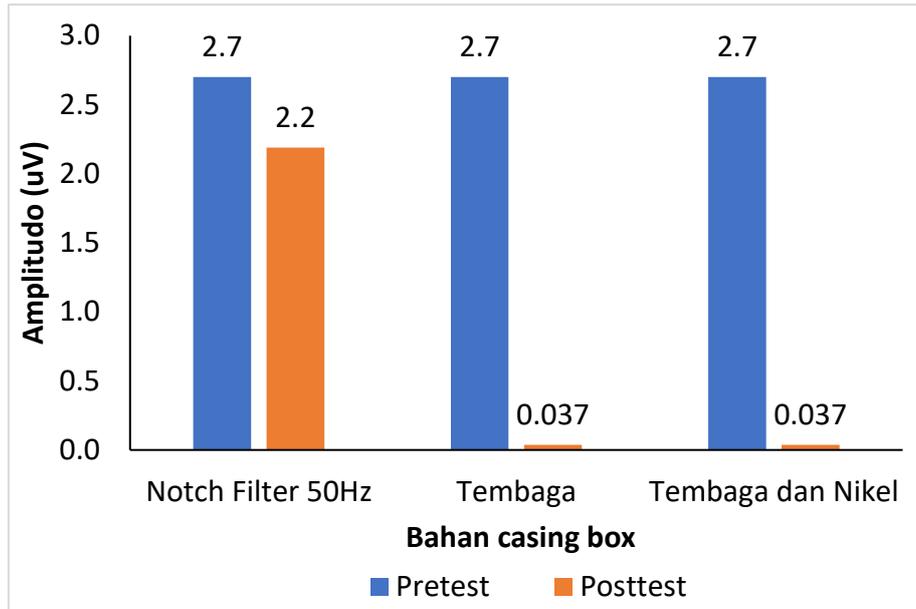
Variabel	n	Amplitudo (uV))	p
<i>Pretest</i>	30	$2,6996 \pm 1,7433$	0,000*
<i>Posttest</i>	30	$0,0372 \pm 0,0197$	

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi $p < 0,05$

Tabel 4. Perubahan Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga dan Nikel pada *Casing Box*

Variabel	n	Amplitudo (uV)	p
<i>Pretest</i>	30	2,6996±1,7433	0,000*
<i>Posttest</i>	30	0,037±0,0202	

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi p<0,05



Gambar 5. Perubahan Nilai Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga dan Campuran Nikel dan Tembaga pada *Casing Box*

Tabel 5. Perbandingan Amplitudo *OpenBCI* *Notch filter* 50 Hz, Bahan Tembaga dan Campuran Tembaga dan Nikel pada *Casing Box*

Variabel 1	Variabel 2	n	Selisih amplitudo (uV)	p
<i>Notch filter</i> 50 Hz	Tembaga pada <i>Casing Box</i>	30	2,1526	0,000*
<i>Notch filter</i> 50 Hz	Tembaga dan nikel pada <i>Casing Box</i>	30	2,1528	0,000*
Tembaga pada <i>Casing Box</i>	Tembaga dan nikel pada <i>Casing Box</i>	30	0,002	0,913

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi p<0,05

Tabel 6. Perubahan Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga pada *Casing Box* dan *Line*

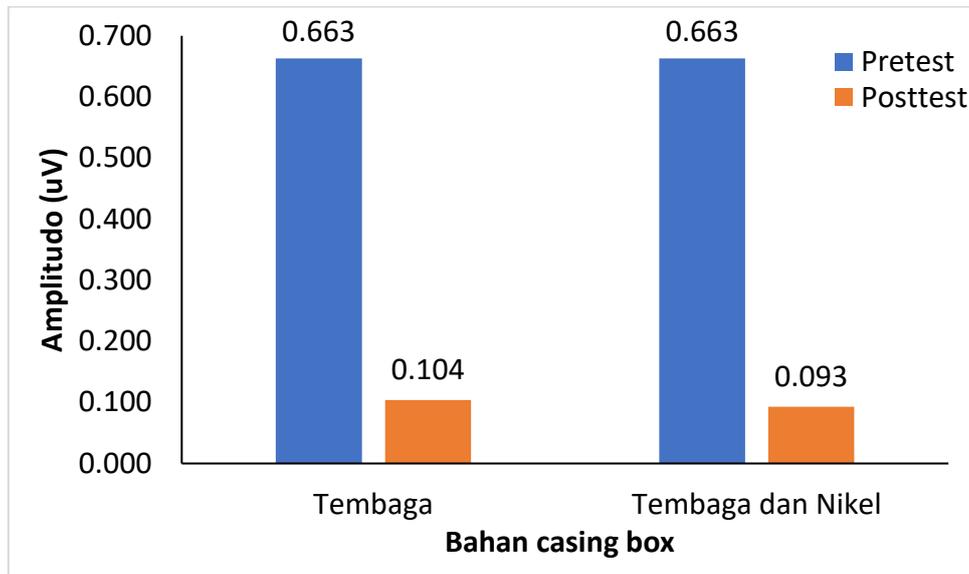
Variabel	n	Amplitudo (uV)	p
<i>Pretest</i>	30	0,6632±0,4365	0,000*
<i>Posttest</i>	30	0,1039±0,0579	

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi p<0,05

Tabel 7. Perubahan Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga dan Nikel pada *Casing Box* dan *Line*

Variabel	n	Amplitudo (uV)	p
<i>Pretest</i>	30	0,6632±0,4365	0,000*
<i>Posttest</i>	30	0,0927±0,0352	

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, *signifikansi p<0,05



Gambar 6. Perubahan Nilai Amplitudo *OpenBCI* Sebelum dan Setelah Penggunaan Bahan Tembaga dan Campuran Nikel dan Tembaga pada *Casing Box* dan *Line*

Tabel 8. Perbandingan Amplitudo *OpenBCI* Bahan Tembaga dan Campuran Tembaga dan Nikel pada *Casing Box* dan *Line*

Variabel	n	Amplitudo (uV)	p
Tembaga pada <i>Casing Box</i> dan <i>Line</i>	30	0,1039±0,0579	0,369
Tembaga dan nikel pada <i>Casing Box</i> dan <i>Line</i>	30	0,0927±0,0352	0,369

Keterangan: n = jumlah sampel, SD = *Standard Deviation*, p = signifikansi

Nilai perbedaan amplitudo sinyal *OpenBCI* menggunakan *notch filter* 50 Hz dengan bahan tembaga pada *Casing Box* adalah 2,1526 uV dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai perbedaan amplitudo sinyal *OpenBCI* menggunakan *notch filter* 50 Hz dengan bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah 2,1528 uV. Nilai perbedaan amplitudo sinyal *OpenBCI* menggunakan bahan tembaga dengan tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah 0,0002 uV. Hasil dari *Post Hoc Test* yang didapatkan adalah $p > 0,05$ sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara rerata amplitudo menggunakan bahan tembaga dengan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box*. Hasil dari *Post Hoc Test* yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi perbedaan signifikan antara rerata amplitudo menggunakan *notch filter* 50

Hz dengan bahan tembaga dan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box*. Hasil dari uji *One Way Anova* yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi perbedaan signifikan antara amplitudo menggunakan *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box*.

Nilai perubahan amplitudo sinyal *OpenBCI* sebelum dan setelah menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah $0,5592 \pm 0,4252$ uV dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi penurunan yang signifikan antara rerata amplitudo sebelum dan setelah menggunakan menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line*.

Nilai perubahan amplitudo sinyal *OpenBCI* sebelum dan setelah menggunakan bahan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line* adalah $0,5704 \pm 0,4212 \mu\text{V}$ dapat dilihat pada Tabel 7. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p < 0,05$ sehingga terjadi penurunan yang signifikan antara rerata amplitudo sebelum dan setelah menggunakan bahan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line*.

Perubahan nilai amplitudo *OpenBCI* sebelum dan setelah penggunaan bahan tembaga dan campuran nikel dan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* bisa dilihat pada Gambar 6.

Nilai perbedaan amplitudo sinyal *OpenBCI* menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah $0,0002 \mu\text{V}$ dapat dilihat pada Tabel 8. Hasil dari uji statistik yang didapatkan adalah $p > 0,05$ sehingga tidak ada perbedaan signifikan antara rerata amplitudo menggunakan bahan tembaga dengan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line*.

Pembahasan

Berdasarkan hasil uji statistik *Paired Sampel T-test* pada perlakuan penggunaan *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box*, didapatkan hasil penurunan yang signifikan antara *pretest* dengan *posttest*. Perbandingan perlakuan *notch filter* 50 Hz, bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel menggunakan uji statistik *One Way Anova* didapatkan hasil perbedaan yang signifikan ketiga variabel *posttest* tersebut. Bila dibandingkan antara perlakuan *notch filter* 50 Hz dengan bahan tembaga serta campuran tembaga dan nikel menggunakan uji statistik *Post Hoc Tests* didapatkan hasil terjadi perbedaan yang signifikan. Nilai amplitudo *notch filter* 50 Hz lebih tinggi

$2,15 \mu\text{V}$ dibandingkan dengan bahan tembaga dan campuran tembaga dan nikel. Nilai *absorption attenuation* bahan tembaga pada *Casing Box* adalah $72,57 \text{ dB}$, sehingga lebih baik dibandingkan dengan perhitungan teori sebesar $0,46 \text{ dB}$ (Saadi & Oussaid, 2007). Nilai *absorption attenuation* bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah $72,96 \text{ dB}$, sehingga lebih baik dibandingkan dengan perhitungan teori sebesar $2,08 \text{ dB}$ (Saadi & Oussaid, 2007).

Penurunan gangguan sinyal menggunakan *notch filter* 50 Hz adalah 23%. Nilai amplitudo yang disebabkan EMI tersebut lebih tinggi dikarenakan *notch filter* 50 Hz hanya menurunkan gangguan EMI di dalam plot FFT pada *OpenBCI* GUI seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Menurut Purdon tahun 2005 menyatakan bahwa, rata-rata gangguan sinyal yang diterima oleh EEG adalah $0,1517 \mu\text{V}/\text{Hz}$. Gangguan yang dihasilkan oleh *Power Line* dengan frekuensi 50 Hz jika dihitung dengan gangguan $0,1517 \mu\text{V}/\text{Hz}$ adalah $7,585 \mu\text{V}$. Penurunan gangguan sinyal yang dihasilkan menggunakan *subtraction method* yang pernah dilakukan oleh Purdon tahun 2005 adalah 19% lebih baik dibandingkan dengan menggunakan *notch filter OpenBCI* GUI. Oleh karena itu perlu adanya bahan pelindung elektromagnetik pada *OpenBCI*. Penurunan gangguan sinyal menggunakan bahan tembaga dan campuran tembaga dan nikel mempunyai penurunan yang sama yaitu 99% lebih baik dibandingkan dengan *subtraction method* sebesar 19%.

Berdasarkan hasil uji statistik *Paired Sampel T-test* pada perlakuan penggunaan bahan tembaga, dan campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box* dan *Line*, didapatkan hasil penurunan yang signifikan antara *pretest* dengan *posttest*. Perbandingan perlakuan bahan tembaga, dan

campuran tembaga dan nikel di dalam *Casing Box* dan *Line* menggunakan uji statistik *Independent Sampel T-test* didapatkan hasil tidak ada perbedaan yang signifikan. Nilai *absorption attenuation* bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah 6,38 dB, sehingga lebih baik dibandingkan dengan perhitungan teori sebesar 0,46 dB (Saadi & Oussaid, 2007). Nilai *absorption attenuation* bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line* adalah 7,15 dB, sehingga lebih baik dibandingkan dengan perhitungan teori sebesar 2,08 dB (Saadi & Oussaid, 2007). Penurunan gangguan sinyal menggunakan bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah 84 % lebih baik dengan *subtraction method* sebesar 19%. Penurunan gangguan sinyal menggunakan bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line* adalah 86 % lebih baik dengan *subtraction method* sebesar 19%.

PENUTUP

Kesimpulan

Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga pada *Casing Box* adalah 72,57 dB dan terjadi penurunan yang signifikan. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* adalah 72,96 dB dan terjadi penurunan yang signifikan. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan bahan tembaga dengan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box*. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga pada *Casing Box* dan *Line* adalah 6,38 dB dan terjadi penurunan yang signifikan. Penurunan rerata amplitudo bahan tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line* adalah 7,15 dB dan terjadi penurunan yang signifikan. Tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan bahan tembaga dengan campuran tembaga dan nikel pada *Casing Box* dan *Line*.

Saran

Hasil penelitian ini diharapkan dapat diterapkan di laboratorium yang menggunakan *OpenBCI* ataupun peralatan pengujian sinyal listrik pada manusia.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Gadjah Mada melalui Ketua Departemen Teknik Mesin dan Teknik Industri. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Kepala Laboratorium Ergonomika Departemen Teknik Mesin dan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah mendukung dan memberikan fasilitas untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chung, D.D.L. 2000. *Materials for electromagnetic interference shielding*. Journal of Materials Engineering and performance, 9, pp.350-354.
- Edla, D.R., Mangalorekar, K., Dhavalikar, G. and Dodia, S. 2018. *Classification of EEG data for human mental state analysis using Random Forest Classifier*. Procedia computer science, 132, pp.1523-1532.
- Geetha, S., Satheesh Kumar, K.K., Rao, C.R., Vijayan, M. and Trivedi, D.C. 2009. *EMI shielding: Methods and materials—A review*. Journal of applied polymer science, 112(4), pp.2073-2086.
- O'Sullivan, M., Popovici, E., Bocchino, A., O'Mahony, C., Boylan, G. and Temko, A. 2018. *System level framework for assessing the accuracy of neonatal EEG acquisition*. In 2018 40th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (pp. 4339-4342). IEEE.
- Perez, J. and Tarrillo, J. 2020. *Implementation of an active-filtering circuit for*

- electroencephalographic signal acquisition using an 8-bit microcontroller*. In 2020 IEEE 14th Dallas Circuits and Systems Conference (DCAS) (pp. 1-5). IEEE.
- Purdon, P. L. 2005. *Multimodal Neuroimaging with Simultaneous Electroencephalogram and High-Field Functional Magnetic Resonance Imaging* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Saadi, H., & Oussaid, R. 2007. *Materials effect on shielding effectiveness*. In 2007 IEEE International Conference on Signal Processing and Communications (pp. 999-1002). IEEE.
- Shaker, M.M. 2006. *EEG waves classifier using wavelet transform and Fourier transform*. *brain*, 2(3), pp.169-174.
- Srinivasan, N. 2007. *Cognitive neuroscience of creativity: EEG based approaches*. *Methods*, 42(1), pp.109-116.
- Teplan, M. 2002. *Fundamentals of EEG measurement*. *Measurement science review*, 2(2), pp.1-11.
- Trapsilawati, F., Prastiwi, P.B., Vista, Y., Myesha, Z., Herliansyah, M.K. and Wijayanto, T. 2022. *Investigating traffic and controller factors in spatial multitasking: the context of air traffic conflict resolution*. *International journal of transportation science and technology*, 11(3), pp.536-544.
- Vasquez, H., Espinoza, L., Lozano, K., Foltz, H. and Yang, S., 2009. *Simple device for electromagnetic interference shielding effectiveness measurement*. *IEEE EMC Soc. Newslett*, 220, pp.62-68.
- Wu, Y., Huang, K., Weng, X., Wang, R., Du, P., Liu, J., Lin, S., Huang, K., Yang, H. and Lei, M. 2022. *PVB coating efficiently improves the high stability of EMI shielding fabric with Cu/Ni*. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 5(1), pp.71-82.