

Laminated Aluminum Foil Insulator Experiment With Noise Shielding Capability For Myoelectric Signal Socket Processing Device

Quraish^{*} Susy Susmartini, Ilham Priadythama

Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret

Abstract

This research investigates the problem of electromagnetic noise on myoelectric device. This myoelectric device has a low pass filter response (Butterworth type) with cut-off frequency (f_c) 6 Hz and passing 8 volt signal. The passed signal, then amplified by a differential amplifier for 150 times into 1,2 Volt (20% noise captured system). So we require an approach to electromagnetic shielding to reduce interference from the outside that enter into the device system. In this study utilizing an experimental design using full factorial experiment methods to determine the effect of the type of bahan, the frequency response, and the interaction to the performance of shielding. The experiment results showed that each element and their interactions, significantly affected the value of the shielding performance. Aluminium foil air cell bubble has the highest shielding performance with the average performance of shielding efficiency of 94,80887 %. This bahan used for shielding socket design proposal which based in the Wisconsin department of health service and American heart association standard.

Keywords: experiment, electromagnetic noise, shielding performance, myoelectric signal, socket shielding.

1. Pendahuluan

Myoelectric prosthetic arm merupakan protesa lengan yang dikontrol dengan sinyal perintah dari aktifitas kontraksi otot pada dari bagian *residual limb* untuk menggerakkan protesa (Chandrasekar, 2012). Sepanjang studi literatur yang telah dilakukan, belum ditemukannya publikasi penelitian mengenai pemanfaatan sinyal mioelektrik sebagai sumber gerak protesa lengan di Indonesia. Susmartini (2012) merupakan inisiator pemanfaatan sinyal mioelektrik (SME) pada proses kontraksi otot sebagai sumber gerak protesa lengan di Indonesia. Pada penelitian Susmartini (2012) terdapat kendala *noise* yang berasal dari luar tubuh dan mengganggu proses penangkapan sinyal kontraksi otot. Permasalahan *noise* tersebut, yaitu terdapat radiasi elektromagnetik yang bersumber dari induksi jaringan listrik dan peralatan listrik *non-linear* 50 Hz serta radiasi dari peralatan lain yang mengganggu kinerja alat.

Untuk mendapatkan respon alat sesuai dengan frekuensi sinyal mioelektrik tubuh manusia, alat penangkap dan pengolah SME Susmartini (2012) ini memiliki respon filter aktif (*low pass filter*) jenis *butterworth* dengan frekuensi *cutt off* (f_c) sebesar 6 Hz dan meloloskan sinyal 8 mVolt. Sinyal yang diloloskan tersebut, kemudian diperbesar dengan *differential amplifier* sebesar 150 kali, menjadi 1,2 Volt (20% *noise* yang ditangkap sistem). Akibatnya *output* motor aktuator tetap berputar walaupun tidak mendapatkan *input* kontraksi otot (SME). Oleh karena itu, untuk meminimalkan kendala *noise* tersebut, maka diperlukan suatu insulator dengan pendekatan *electromagnetic shielding* untuk mengurangi gangguan *noise* dari luar tubuh yang masuk ke sistem alat tersebut . Pada penelitian Susmartini (2012), telah dipilih bahan *pure aluminium foil* yang dibelitkan sepanjang lengan diatas penempatan *surface electrode* (elektroda permukaan). Menurut Munawaroh (2010), aluminium memiliki *shielding effectiveness* yang cukup baik, yaitu sebesar 111,92 dB (pada ketebalan bahan 1 mm). Aluminium *foil* sangat cocok digunakan sebagai bahan insulator *socket shielding*, karena sifat bahan yang lunak,

* Correspondance : quraish.alatas@hotmail.com

mudah dibentuk, dan anti-korosi, sehingga aluminium *foil* aman apabila bersentuhan langsung dengan kulit pengguna (EAA, 1999). Namun demikian *pure* aluminium *foil* bersifat sangat rapuh, mudah sobek, serta berlubang sehingga dapat mengurangi efektifitas *noise shielding*.

Saat ini beredar produk yang mengandung bahan aluminium *foil* dalam bentuk lain di pasaran. Produk tersebut merupakan hasil penggabungan bahan aluminium *foil* dengan bahan lain disebut *laminated* aluminium *foil*, sehingga lebih tahan terhadap sobek, rapuh, berlubang, dan sebagainya. Kemungkinan sifat *shielding* elektromagnetik *laminated* aluminium *foil*, memiliki karakteristik yang berbeda, disebabkan tekstur, ketebalan, dan atau sifat *shielding* dari hasil penggabungan dengan bahan lainnya. Kajian analitik kemampuan penanganan *noise* bahan pada desain *socket* alat penangkap dan pengolah SME Susmartini (2012), merupakan hal yang kompleks karena terdapat beberapa ketidakpastian yang terlibat, seperti geometri, *contour*, dan tekstur. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan metode *full factorial experiment*. Pada eksperimen ini menguji pengaruh dua faktor, yaitu faktor jenis bahan *laminated* aluminium *foil* dan faktor kondisi frekuensi terhadap nilai performansi *shieldingnya*, serta interaksi antar keduanya. Jenis-jenis bahan *laminated* aluminium *foil* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu aluminium *foil* berlapis kertas, aluminium *foil* berlapis anyaman plastik (*woven*), dan aluminium *foil* berlapis plastik *air bubble*, yang dilakukan uji coba di beberapa kondisi frekuensi tertentu, yaitu : 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, dan 50 KHz.

2. Metode Penelitian

a. Bahan

Jenis bahan yang digunakan dalam eksperimen ini berdasarkan proses observasi bahan yang memiliki kriteria *laminated* aluminium *foil*, yaitu : aluminium *foil* kertas *single sided* (SS), aluminium *foil* kertas *double sided* (DS), aluminium *foil woven single sided* (SS), aluminium *foil woven double sided* (DS), dan aluminium *foil air cell bubble*. Sedangkan kondisi frekuensi dipilih berdasarkan proses observasi pengaruh respon frekuensi *amplifier* (penguat) yang digunakan. Sehingga ditentukan frekuensi yang memenuhi setiap kondisi respon *amplifier*, yaitu 50 Hz, 500 Hz, 5 KHz, dan 50 KHz. Pada eksperimen ini menggunakan metode *factorial experiment* dan metode pengacakan data menggunakan *completely randomized design* (CRD).

b. Pengukuran Kebocoran Noise

Pada tahap ini dilakukan pengukuran kebocoran *noise* elektromagnetik pada setiap jenis bahan *laminated* aluminium *foil*, sehingga didapatkan data performansi *shielding* dari setiap bahan tersebut. Prosedur pengukuran kebocoran *noise* dalam eksperimen ini dibagi kedalam 3 bagian, yaitu : *input*, proses, dan *output*. Berikut ini adalah penjelasannya :

1. *Input*

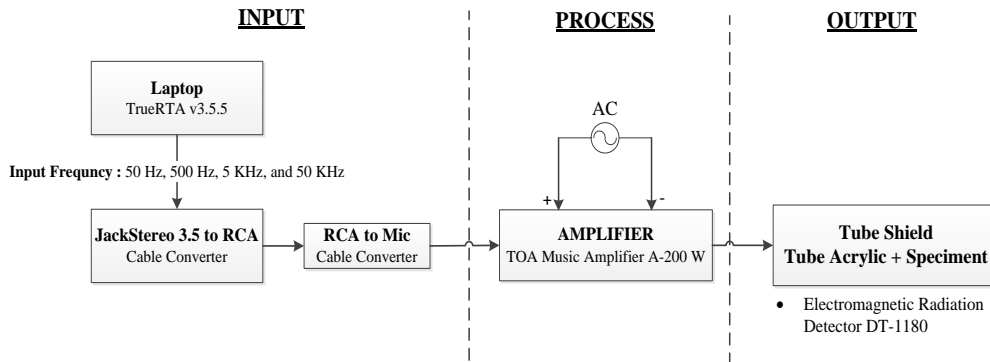
Pada bagian ini meliputi perangkat-perangkat yang dibutuhkan untuk melakukan pengaturan *input* frekuensi penguat (*amplifier*), sehingga memberikan hasil *output* radiasi elektromagnetik sesuai dengan respon *input* frekuensinya. Pada tahap ini juga menggunakan aplikasi TrueRTA v 3.5.5 dengan fitur *generator* menggunakan pengaturan dasar amplitudo maksimal sebesar 20 dB.

2. *Process*

Pada bagian ini meliputi perangkat *amplifier* berjenis *integrated amplifier*, yang mempunyai 2 fitur *tone control* yaitu *bass* dan *treble* yang menggunakan pengaturan maksimal. Fungsi *amplifier* pada pengukuran kebocoran *noise* ini adalah untuk menguatkan sinyal suara dalam bentuk arus listrik *output* yang lebih besar dari pada *inputnya*.

3. *Output*

Pada bagian ini meliputi perangkat *tube shield* yang terdiri dari *tube* induksi dan *tube acrylic*. Tujuan dari pembuatan *tube shield* ini yaitu sebagai sumber *noise* buatan yang memiliki tingkat radiasi elektromagnetik diatas radiasi induksi PLN 220 v ; 50 Hz. Berdasarkan pada kasus alat mioelektrik Susmartini (2012), bahwa medan elektrik (*E*) sangat berpengaruh terhadap *noise* yang masuk ke sistem alat yang berada pada rentang frekuensi rendah. Dengan demikian digunakanlah alat pendeteksi radiasi elektromagnetik DT-1180 dengan mode frekuensi rendah 5Hz – 400KHz. Berikut ini adalah skema prosedur pengukuran kebocoran *noise* :



Gambar 1. Prosedur Pengukuran Kebocoran *Noise*

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan proses pengukuran kebocoran *noise* dari setiap jenis bahan dan di kondisi frekuensi tertentu, maka didapatkan nilai performansi *shielding* di setiap faktor yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Pengukuran Performansi *Shielding* (volt/meter)

Performansi <i>Shielding</i> (Volt/Meter)					
Jenis Material (A)					
Kondisi Frekuensi (B)	Aluminium Foil Kertas Single Sided (SS)	Aluminium Foil Kertas Double Sided (SS)	Aluminium Foil Woven Single Sided (SS)	Aluminium Foil Woven Double Sided (SS)	Aluminium Foil Air Cell Bubble
	A1	A2	A3	A4	A5
50 Hz (B1)	255	256	255	255	256
	254	254	256	255	256
	255	255	255	256	255
	255	255	254	256	256
	255	256	255	255	256
500 Hz (B2)	610	622	604	617	646
	609	621	606	621	646
	611	621	605	620	646
	610	620	604	610	645
	610	622	607	620	645
5 KHz (B3)	496	520	504	486	535
	496	521	504	487	535
	495	521	505	487	534
	495	522	504	488	533
	494	521	505	490	535
50 KHz (B4)	402	424	412	398	438
	402	424	414	399	438
	403	423	414	400	438
	408	423	413	400	436
	403	424	414	399	436

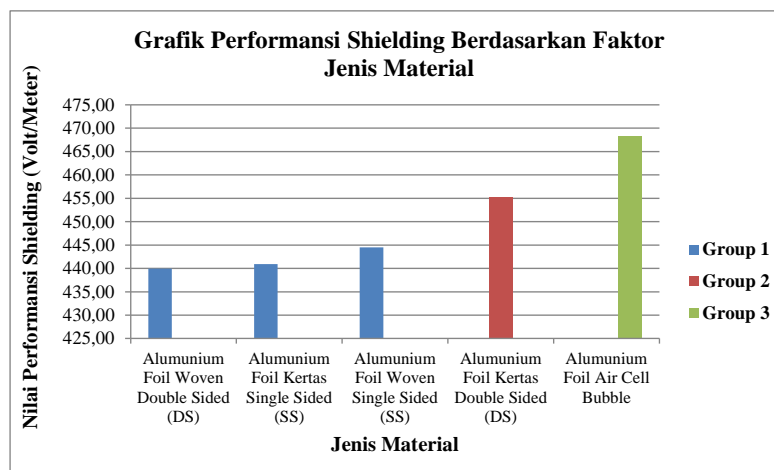
Data nilai performansi *shielding* disetiap faktor, kemudian dilakukan uji asumsi data dan kemudian dilanjutkan uji *Two-way ANOVA* untuk mengetahui pengaruh yang signifikan antar faktor serta interaksi antar faktor tersebut terhadap performansi *shielding*. Berikut ini adalah hasil uji *Two-way ANOVA* menggunakan aplikasi SPSS versi 17 :

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji *Two-way* ANOVA menggunakan SPSS

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1802584.51	19	94872.8689	48281.3582	0.000
Intercept	20229305.29	1	20229305.3	10294811.9	0.000
Jenis_Material	11488.46	4	2872.115	1461.63613	0.000
Frekuensi	1785645.07	3	595215.023	302908.409	0.000
Jenis_Material * Frekuensi	5450.98	12	454.248333	231.169635	0.000
Error	157.2	80	1.965		
Total	22032047	100			
Corrected Total	1802741.71	99			

Berdasarkan perhitungan uji ANOVA tersebut, diketahui bahwa perbedaan faktor jenis bahan dan faktor kondisi frekuensi berpengaruh secara signifikan terhadap besarnya performansi *shielding*, serta interaksi antar kedua faktor tersebut. Hal ini dikarenakan nilai signifikansinya (P) lebih kecil dari selang kepercayaan (α), yaitu 0,05.

Masing – masing faktor dan interaksi faktor, kemudian dilanjutkan dengan uji pembandingan ganda, berfungsi untuk mengetahui variabel manakah yang memiliki perbedaan yang signifikan. Pada penelitian ini menggunakan uji pembandingan ganda dengan metode *Tukey*, hal ini karena uji asumsi homogenitas terpenuhi.

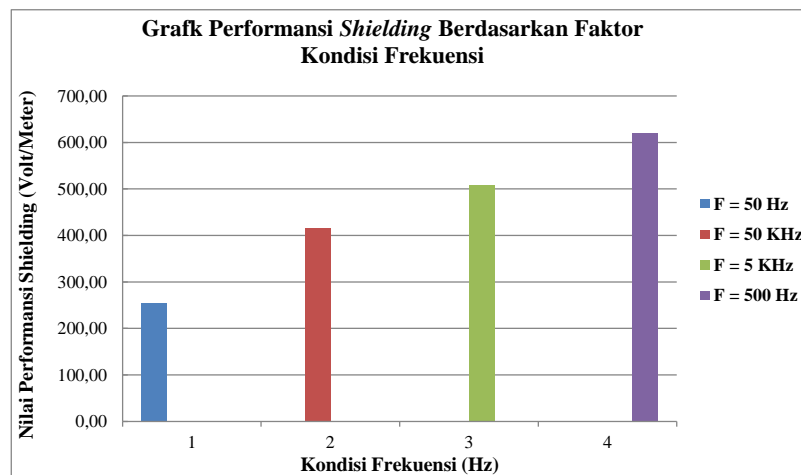
**Gambar 2.** Grafik Nilai Performansi *Shielding* Berdasarkan Faktor Jenis Bahan

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa jenis bahan aluminium *foil woven double sided* (DS), aluminium *foil kertas single sided* (SS), dan aluminium *foil woven single sided* (SS) tidak memiliki perbedaan secara signifikan pada nilai performansi *shielding*nya. Sedangkan jenis bahan aluminium *foil air cell bubble* memiliki nilai performansi *shielding* tertinggi yaitu dengan rata-rata sebesar 468,25 v/m. Aluminium *foil air cell bubble* memiliki bentuk permukaan yang bersifat lunak, sehingga dapat memberikan efek redaman absorpsi yang baik.

Jenis bahan ini memiliki ketebalan bahan yang lebih dominan jika dibandingkan jenis *laminated aluminium foil* lainnya. Ketebalan bahan tersebut paling dipengaruhi oleh komposisi lapisan *bubble carriernya*, karena berbentuk gelembung udara yang terisolasi pada lapisan tersebut, sehingga dapat memberikan efek redaman absorpsi yang baik.

Redaman absorpsi yang baik akan memberikan efek penyerapan energi pada kondisi frekuensi tinggi (Henry, 2009). Selain memiliki performansi *shielding* yang baik, aluminium *foil air cell bubble* juga memiliki sifat elastisitas yang cukup baik, sehingga bersifat tahan terhadap defect akibat pemakaian pengguna. Aluminium *foil* ini juga bersifat *non-toxic* sehingga aman digunakan apabila bersentuhan langsung dengan kulit baik dalam jangka waktu yang lama

atau tidak. Dengan demikian jenis aluminium *foil air cell bubble* yang digunakan sebagai bahan *socket shielding* alat penangkap dan pengolah Susmartini (2012).



Gambar 3. Grafik Nilai Performansi *Shielding* Berdasarkan Faktor Kondisi Frekuensi

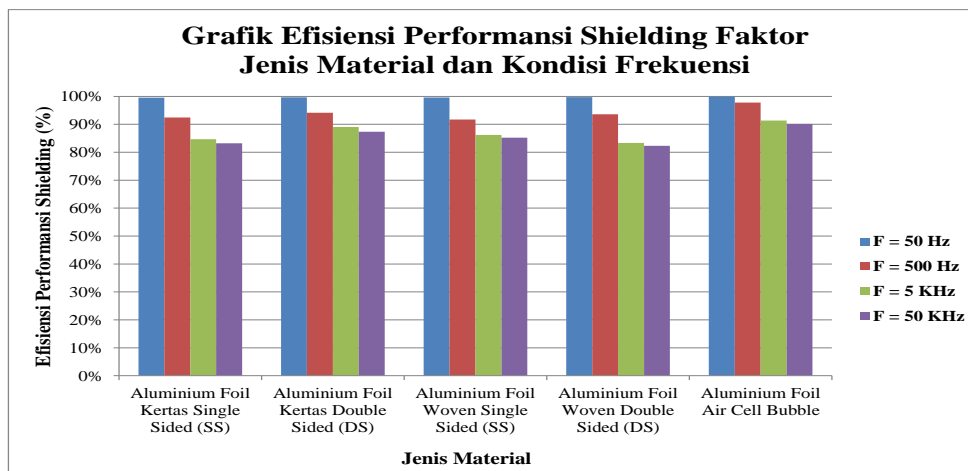
Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa pada frekuensi 50 Hz memiliki pengaruh respon frekuensi yang rendah terhadap *performansi shielding*, kemudian disusul dengan frekuensi paling tinggi yaitu 50 KHz. Sedangkan pada frekuensi 500 Hz, memiliki pengaruh respon frekuensi yang paling tinggi terhadap *performansi shieldingnya*. Hal ini disebabkan karena pengaruh dari penguat (*amplifier*) yang memiliki keterbatasan dalam hal kemampuan melewatkan frekuensi sumber sinyal. Suatu penguat (*amplifier*) secara umum hanya mampu melewatkan daerah frekuensi menengah, sehingga respon frekuensi suatu penguat (*amplifier*) akan menurun baik pada frekuensi rendah dan frekuensi tinggi. Dengan demikian, frekuensi sangat berpengaruh terhadap perubahan nilai *shielding performance*, sehingga semakin tinggi atau rendahnya suatu frekuensi sumber *noise* sangat mempengaruhi efisiensi *performansi shielding*.

Berdasarkan hasil uji ANOVA dan hasil *post hoc test*, menunjukkan bahwa jenis bahan aluminium *foil air cell bubble* memiliki rata-rata nilai *performansi shielding* yang paling tinggi disetiap kondisi frekuensi, dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Berikut ini adalah nilai efisiensi *performansi shielding* (%) pada setiap jenis bahan dan disetiap kondisi frekuensi tertentu :

Tabel 3. Nilai Efisiensi *Performansi Shielding* Faktor Jenis Bahan dan Kondisi Frekuensi.

Kondisi Frekuensi	Jenis Material				
	Aluminium Foil Kertas Single Sided (SS)	Aluminium Foil Kertas Double Sided (DS)	Aluminium Foil Woven Single Sided (SS)	Aluminium Foil Woven Double Sided (DS)	Aluminium Foil Air Cell Bubble
50 Hz	99.5313%	99.6875%	99.6094%	99.7656%	99.9219%
500 Hz	92.4242%	94.1212%	91.6970%	93.5758%	97.8182%
5 KHz	84.6496%	89.0598%	86.2222%	83.3504%	91.3504%
50 KHz	83.2165%	87.3402%	85.2371%	82.3093%	90.1443%

Berikut ini adalah grafik efisiensi performansi *shielding* berdasarkan faktor jenis bahan di setiap kondisi frekuensi :



Gambar 4. Grafik Efisiensi Performansi *Shielding* Jenis Bahan dan Kondisi Frekuensi

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa, pada jenis bahan aluminium *foil air cell bubble* memiliki rata-rata penurunan efisiensi performansi *shielding* yang paling kecil. Pada jenis bahan aluminium *foil woven double sided* (DS) memiliki rata-rata efisiensi performansi *shielding* yang cukup tinggi di frekuensi 50 Hz dan 500 Hz yaitu sebesar 96,6707 %, akan tetapi pada frekuensi 5 KHz dan 50 KHz memiliki rata-rata efisiensi performansi *shielding* yang paling rendah yaitu sebesar 82,8299 %. Sedangkan pada kondisi frekuensi 50 Hz dan 500 Hz, jenis bahan aluminium *foil woven single sided* (SS) memiliki rata-rata efisiensi performansi *shielding* terendah yaitu sebesar 95,6532 %. Hal-hal tersebut sesuai dengan pendapat Celozzi (2008), yaitu terdapat beberapa jenis bahan yang memiliki performansi *shielding* yang baik di frekuensi rendah dan buruk di frekuensi tinggi, begitu pula sebaliknya yang dipengaruhi oleh karakteristik bahan dan komponen *shielding effectiveness* suatu bahan. Berdasarkan hasil dari eksperimen tersebut, bahwa jenis bahan aluminium *foil air cell bubble* memiliki performansi *shielding* tertinggi. Untuk selanjutnya dilakukan perancangan *socket* shiding yang mengacu pada teori standar ukuran *socket Wisconsin Department of Health Service* (2010) dan *American Heart Association* (1997), berikut ini adalah standar ukuran tersebut :

Tabel 4. Ukuran Rekomendasi *cuff/socket* Usulan *Socket Shielding*

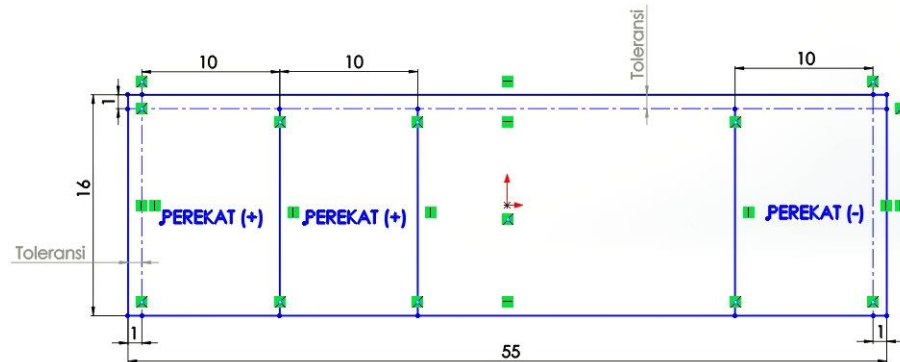
Recommended Cuff Sizes		
Adult Cuff Size	Arm Circumference	Width
Small Adult	22 to 26 cm	7.5 to 9.0 cm
Adult	27 to 34 cm	11.5 to 13.0 cm
Large Adult	35 to 44 cm	14 to 15 cm
Adult Thigh	45 to 52 cm	18 to 19 cm

Sumber : *Wisconsin Department of Health Services*, 2010 dan *American Heart Association*, 1997

Berdasarkan standar ukuran tersebut, maka dibuat desain *socket* usulan dengan memperhatikan aspek-aspek tertentu. Untuk bahan dasar *socket* itu sendiri menggunakan jenis bahan yang sesuai standar *cuff* pada umumnya, yaitu *polyester* dan *nylon*. Pada perancangan *socket shielding* ini menggunakan standar ukuran lengan dewasa (*large adult*), yaitu memiliki lebar (*l*) *cuff* sebesar 14 sampai 15 cm dengan keliling/lingkar lengan (*arm circumference*) antara 35 sampai 44 cm. Usulan *socket shielding* ini memiliki toleransi ukuran lengan yang memenuhi standar ukuran dewasa yang dapat digunakan oleh orang dewasa dengan lingkar

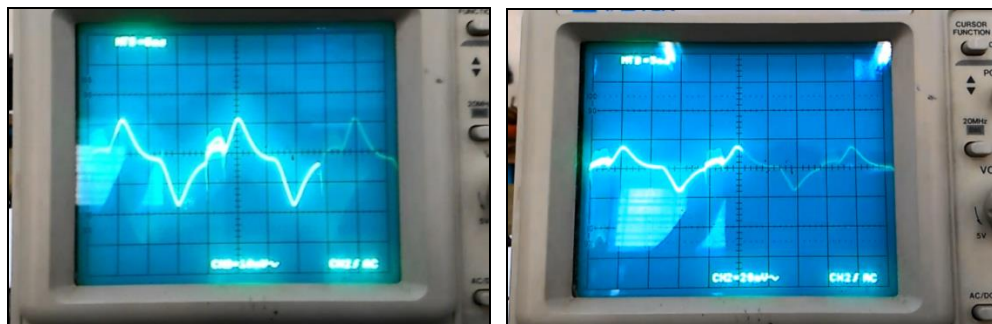
lengan normal (< 35 cm) pada batas tertentu, sampai dengan lingkaran besar sebesar 35 sampai dengan 45 cm.

Berikut ini adalah hasil dari rancangan desain *socket shielding* usulan tersebut :



Gambar 5. Desain Rancangan *Socket Shielding* Usulan

Setelah proses perancangan *socket shielding* usulan, kemudian dilakukan validasi hasil rancangan tersebut. Validasi ini dilakukan dengan cara mengaplikasikan hasil usulan *socket shielding* yang telah terhubung dengan modul penangkap dan pengolah SME Susmartini (2012), kepada salah satu partisipan dengan tangan yang masih normal serta tidak memiliki kelainan dalam sistem gerak. Untuk proses validasi ini tidak dilakukan pengkondisian sumber *noise* di lingkungan sekitar. Pada tahap ini, dilakukan pemantauan sinyal mioelektrik yang ditangkap alat SME dengan bantuan Osiloskop *Instek GOS-6103* (100MHz).



Gambar 6. Hasil Validasi Sebelum (Kiri) dan Sesudah (Kanan) *Socket Shielding* Digunakan.

Berdasarkan hasil tersebut, disimpulkan bahwa hasil rancangan *socket shielding* usulan tidak mempengaruhi karakteristik *output* sinyal alat penangkap dan pengolah SME Susmartini 2012. Hal ini dikarenakan, tidak terdapatnya perubahan karakteristik frekuensi output dari alat tersebut baik sebelum atau sesudah *socket shielding* tersebut diaplikasikan. Dengan demikian, hasil rancangan *socket shielding* tersebut, aman digunakan terhadap adanya isu perubahan karakteristik *noise* setelah dilakukan penggunaan *socket shielding* tersebut.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil usulan rancangan ini, memiliki efektivitas yang lebih baik, yaitu efektivitas penutupan elektroda yang lebih baik serta dapat meminimalisir kebocoran *noise* yang disebabkan adanya rongga/celah dan hal-hal lain yang bersifat mengganggu proses penangkapan dan pengolahan sinyal mioelektrik (SME).

2. Aluminium *foil* air cell bubble memiliki performansi *shielding* tertinggi disemua kondisi frekuensi dan jenis bahan ini tidak mempengaruhi karakteristik *output* sinyal alat terhadap adanya isu perubahan karakteristik *noise*.

Daftar Pustaka

- Celozzi, S., Araneo, R., dan Lovat, G. (2008). *Electromagnetic Shielding*. John Wiley & Sons Inc, Hoboken, New Jersey.
- Chandrasekar, P.S, (2012). *Design Of Myoelectric Prosthetic Arm*. International Journal of Advance Science, Engineering and Tecnology (Vol 1, Issue 1, 2012, pp 21-25), Kolhapur, India.
- Damayanti, R.W. (2009). *Handout Perancangan Eksperimen*. Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
- European Aluminum Association. (1999). *Aluminum Foil Containers*. Training in Aluminium Application Technologies, The Aluminium Foil Container Manufacturers Association (AFCMA), Brussels.
- Henry, W.O. (2009). *Electromagnetic Compability Engineering*. A John Wiley & Sons Inc, Canada.
- Hicks, C.R. (1993). *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Oxford University Press, New York.
- McGimpsey, G. dan Bradford, T.C. (2006). *Limb Prosthetics Services And Devices*. Worcester Polytecnic Institution, England.
- Munawaroh, S., (2010). *Perencanaan Shielding Room Untuk Labolatorium Antena dan Propagasi Dengan Memanfaatkan Container PT. Telkom Ex. Sentral Otomat*. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya, Indonesia.
- Ottobock Health Care. (2013). *Everything Within Reach !*. Ottobock Bionic Mobility Catalogue, Jerman, http://www.ottobock.com.au/cps/rde/xchg/ob_au_en/hs.xsl/24525.html, Diunduh pada 17 Mei 2014.
- Oussaid R. (2009). *Study of The Bahans Improvement in Electromagnetic Compability*. Journal of Electrical Systems, Algeria.
- Pratama, Y.Y. 2014. *Pengaruh Perlakuan Alkali Fraksi Volume Serat, dan Panjang Serat Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Sabut Kelapa-Polyester*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia.
- Setioningsih E.D., Purwanto J., dan Sardjono T.A. (2010). *Analisa Efek Terapi Panas Terhadap Kelelahan Otot*. Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Surabaya, Indonesia.
- Susmartini, S., Roeshadi, D., Toha, IS., Tulaar AMB. 2012. *Utilization of Myo-Electric Signal on Muscle Contraction Process as Trigger for Actuator Motor Movement*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist 2nd edition, IMECS, Hong Kong (14-16 Maret 2012).
- Weir, F.F, dan Richard. (2004). *Standard Handbook Of Biomedical Engineering And Design*. McGraw-Hill Companies, Chicago, United States Of America (USA).