

Analisis Material Berbasis Polyurethane Foam Infill (PUF) Untuk Head Lining Atap Kendaraan.

Alimudin *), Djoko W Karmiadji **)
Sekolah Menengah Kejurusan Negeri 2 Bekasi, Jawa Barat
Email: alie_kng@yahoo.co.id, dkarmiadji@rocketmail.com

ABSTRAK

Headlining yang semula hanya terbuat dari kain, kemudian bergeser terbuat dari vinil maupun plastik yang lebih menarik bentuknya dan mudah dibersihkan. Proses pemasangannya pun relatif mudah dengan hanya menggunakan *adhesive* (lem). *Headlining* seharusnya mempunyai karakter dengan sifat isolasi terhadap suhu tinggi serta kedap suara yang tinggi. Studi dan prediksi dari kemampuan material dalam hal *sound insulation* dan *absorption*, yang meliputi karpet, *headliner trims*, *heavy insulation layers* dan *films*, telah menjadi item yang sangat menarik bagi para konsultan akustik, yang terlibat pada proses desain akustik kendaraan. Penelitian ini membahas susunan material yang dihasilkan untuk *headlining* mampu memenuhi standar performansi sesuai dengan Standar TSL0600G dari target berat dan ketebalan yang telah ditetapkan dan akan digunakan pada salah satu model kendaraan *passenger car*. Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu susunan atau lapisan material *headlining* dalam kendaraan memenuhi target standar TSL0600G yaitu tebal substrate 5 mm, skin 1 mm, berat substrate 465 gsm dan skin 180 gsm tanpa mengurangi *performance* material atau standar *koefisien* penyerapannya. Pengaruh porositas material akustik pada pengujian sampel *headlining* adalah dapat meningkatkan nilai koefisien serapan sampel pada range frekuensi <1000 Hz yang nilai koefisien serapannya dapat meningkat sampai 0,26%. Pada range frekuensi >1000-2500 Hz yang nilai *koefisien* serapannya dapat meningkat sampai 0,85%, Pada range frekuensi >2500-6300Hz yang nilai *koefisien* serapannya dapat meningkat sampai 0,95%. Material *Headlining* yang mampu memenuhi target *substrate* tebal dan berat seperti yang disyaratkan pada TSL3616G-1, yaitu target tebal adalah 5 mm dan target berat sebesar 465 g/m². Material *Headlining* yang mampu memenuhi target *skin* tebal dan berat seperti yang disyaratkan pada TSL3610G-4, yaitu target tebal adalah 1 mm dan target berat sebesar 180 g/m²

Kata kunci : *headlining, polyurethane foam infill, insulasi suara, insulasi termal.*

ABSTRACT

Headlining which was originally only made of cloth, then shifted made of vinyl or plastic which is more attractive in shape and easy to clean. The installation process is also relatively easy by only using *adhesive* (glue). *Headlining* should have character with high temperature and soundproof insulation properties. The study and prediction of material capabilities in terms of sound insulation and absorption, which includes carpets, *headliner trims*, *heavy insulation layers* and *films*, have become very interesting items for acoustic consultants, who are involved in the vehicle acoustic design process. This study discusses the composition of the material produced for *headlining* capable of meeting performance standards in accordance with TSL0600G Standards of the specified target weight and thickness and will be used in one of the passenger car vehicle models. Based on the results of the research that has been obtained, it can be concluded several things, namely the arrangement or layer of *headlining* material in the vehicle meets the TSL0600G standard targets namely substrate thickness 5 mm, skin 1 mm, substrate weight 465 gsm and skin 180 gsm without reducing material performance or coefficient standards its absorption. The influence of acoustic material porosity on *headlining* sample testing is that it can increase the value of the sample absorption coefficient in the frequency range <1000 Hz whose absorption coefficient value can increase up to 0.26%. In the frequency range > 1000-2500 Hz the absorption coefficient value can increase up to 0.85%, in the frequency range > 2500-6300Hz the absorption coefficient value can increase up to 0.95%. *Headlining* material that is able to meet the thickness and weight substrate targets as required in TSL3616G-1, ie the target thickness is 5 mm and the target weight is 465 g/m². *Headlining* material that is able to meet the target skin thickness and weight as required in TSL3610G-4, ie the target thickness is 1 mm and the target weight is 180 g/m²

Keywords : *headlining, polyurethane foam infill, sound insulation, thermal insulation*

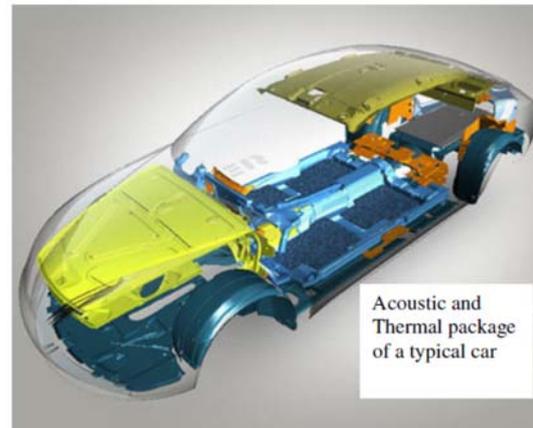
PENDAHULUAN

Headlining yang semula hanya terbuat dari kain, kemudian bergeser terbuat dari vinil maupun plastik yang lebih menarik bentuknya dan mudah dibersihkan [1]. Proses pemasangannya pun relatif mudah dengan hanya menggunakan *adhesive* (lem). *Headlining* adalah sesuatu yang dipasang di langit-langit pada kendaraan roda 4 (mobil), dengan tujuan menjadi dekorasi, isolasi suhu, kedap suara, serta perlindungan terhadap penumpang [2]. *Headlining* seharusnya mempunyai karakter dengan sifat isolasi terhadap suhu tinggi serta kedap suara yang tinggi. Studi dan prediksi dari kemampuan material dalam hal *sound insulation* dan *absorption*, yang meliputi karpet, *headliner trims*, *heavy insulation layers* dan *films*, telah menjadi item yang sangat menarik bagi para konsultan akustik, yang terlibat pada proses desain akustik kendaraan [3]. Mengoptimalkan kinerja akustik dari kendaraan di komponen atau sistem tingkat selalu merupakan tantangan untuk para konsultan akustik. Konsumen biasanya memandang kenyamanan dan ketenangan dalam interior kendaraan sebagai indikasi kualitas kendaraan. Kebisingan dan getaran mempengaruhi kenyamanan pengendara dalam hal kelelahan dan stress, dimana tingkat kebisingan dan getaran dalam kendaraan kisaran di bawah 500 Hz [4].

Hasil riset menunjukkan *property* dari material akustik dapat diukur pada tingkat akurasi yang diinginkan, dan selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung dan memprediksi response akustik independent pada contoh material yang terkontrol dan terisolasi. Berbagai metode evaluasi akustik seperti *room reverberation*, *metode alpha cabin*, metode *Johnson Control* untuk *Transmission Loss*, dan sebagainya telah banyak diriset dan diterapkan pada evaluasi *independent* ini [5].

Sementara itu, dalam kasus sistem akustik yang memiliki kombinasi dari berbagai bahan akustik, termasuk salah satu pabrikan otomotif terkemuka di Indonesia yang terus melakukan *improvement* guna memajukan konsumennya sehingga mengeluarkan Standar tersendiri yaitu standar dengan nomor TSL0600G (XXXX *spesification layer*) untuk material *headlining* dan

mempunyai rincian standart (*Polyurethane mats for molded headlining TSL3616G*) untuk substrate headliner, standar (*SKIN-Molded Headlining Cover Material TSL3610G*) untuk skin headliner [6]. Sehingga memaksa para vendor perusahaan tersebut khususnya yang mensuplai material *headlining* berusaha keras untuk selalu melakukan *improvement* dari akustik *insulation* dan *in-cabin absorpsi* dari *headlining* kendaraan sesuai dengan standar yang ditetapkan dan ditargetkan [7].



Gambar 1. Paket akustik dan termal dari sebuah kendaraan. [7]

Tipikal paket akustik dan termal sebuah kendaraan seperti digambarkan pada gambar.1, dan pada penelitian ini akan memfokuskan *improvement* dari akustik *insulation* dan *in-cabin absorpsi* dari *headlining* kendaraan sesuai dengan standar TSL0600G [7].

Tujuan dari penelitian ini yaitu diharapkan mampu menghasilkan material untuk *headlining* kendaraan yang memenuhi target Standar TSL0600G, dengan tanpa mengurangi standar koefisien penyerapannya, menganalisis pengaruh material *polyurethane foam infill* (PUF) terhadap insulasi suara/absorpsi kebisingan pada *head lining* atap kendaraan, menganalisis pengaruh material *polyurethane foam infill* (PUF) terhadap insulasi termal pada *headlining* atap kendaraan.

Didalam membuat penelitian ini, maka penulis membutuhkan data pembandingan dari penelitian-penelitian sebelumnya mengenai teori peredaman kebisingan pada interior kendaraan yang didapat dari jurnal-jurnal, seperti pada penelitian Khotimah tahun 2015 dan Uyang diuraikan dibawah ini.

Khotimah dan Soeprianto tahun 2015, melakukan penelitian untuk mengetahui sifat fisik penyerapan suara dari serat batang pisang (SBP) dengan matriks poliester. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SBP dengan komposit poliester mampu menyerap suara dengan koefisien serapan suara $\alpha = 0,84$ pada fraksi volume serat 50%. Dengan demikian komposit SBP dapat menyerap suara untuk frekuensi rendah dan menengah, berdasarkan standar ISO 11654: 1997 (E) di mana minimum koefisien penyerapan suara bahan akustik adalah $\alpha = 0,15$ [8].

Samuel Budi Utomo tahun 2017, melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoselulosa sebagai filler terhadap stabilitas termal, koefisien absorpsi suara, dan konduktivitas termal. Penambahan nanoselulosa dari STKKS cenderung menaikkan stabilitas termal, absorpsi suara, dan konduktivitas termalnya [9].

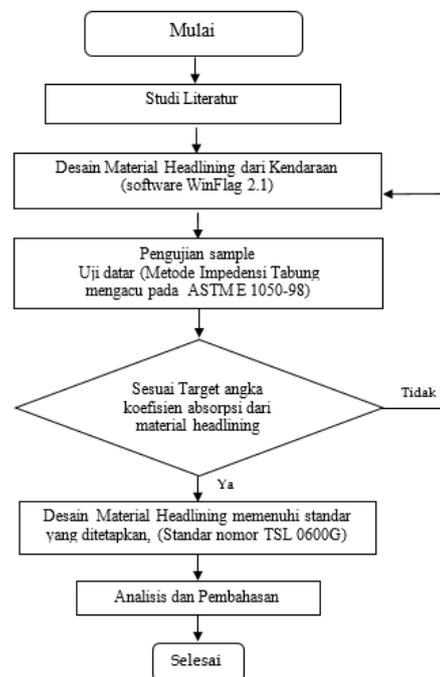
METODE PENELITIAN

Konfigurasi sampel yang digunakan dalam penelitian disajikan pada tabel.1 dibawah ini menunjukkan bahwa strukturnya terbuat dari komposisi material dengan *core foam urethane* yang berbeda densitasnya sesuai dengan tabel. Pada pembuatan sampel di buat 4 sampel dengan variasi yang berbeda, sampel 1 memakai *foam urethane* yang berdensitas 27 g/m^3 , sampel 2 memakai *foam urethane* yang berdensitas 28 g/m^3 dan sampel 3 memakai *foam urethane* yang berdensitas 29 g/m^3 . Bahan di tumpuk sesuai metode *sandwich* dengan urutan sesuai dengan target desain, lalu bahan yang sudah ditumpuk kemudian dimasukkan ke dalam cetakan/presan. Proses pengepresan dilakukan selama sehari, kemudian sampel dikeluarkan dari cetakan dan dibiarkan mengering secara alami. Setelah sampel kering, sampel dipotong dengan diameter $\pm 100 \text{ mm}$. Hal ini dimaksudkan agar sampel dapat tepat dimasukkan kedalam tabung impedansi untuk diukur koefisien serapan bunyinya.

Tabel 1. Parameter komposisi material.

NO	LAYER	MATERIAL	density	weight	ticknees
1	SUBSTRATE	BACKING NON WOVEN FABRIC pp nonwoven polypropylene headliner fabric was made of 100% polypropylene.	275 g/m^3	50 gsm	0,55 mm
2		BARRIER SHEET from Mylar™ surface density of 70 g/m^2	70 g/m^3	10 gsm	0,15 mm
3		GLASS MATHRIAL E-Glass Emulsion 0.35mm Fiberglass Mat for Car Headliner	500 g/m^3	100 gsm	0,35 mm
4		URATHANE RESIN		35 gsm	0,5 mm
5		CORE FOAM URATHANE SPF Foam density of 27-29 kg/m^3	27, 28, 29 g/m^3	135 gsm	2,5 mm
6		URATHANE RESIN		35 gsm	0,5 mm
7		GLASS MATHRIAL E-Glass Emulsion 0.35mm Fiberglass Mat for Car Headliner	500 g/m^3	100 gsm	0,35 mm
				465 gsm	5 mm
8	SKIN	nonwoven skin for headlining, Brand Name : Transun; Place of Origin : Zhejiang, China (Mainland), Weight : 100-1500 gsm. Thicknes : 0.8-10mm	80 g/m^3	180 gsm	1 mm

Langkah-langkah yang dilakukan didalam penelitian ini dijelaskan pada gambar diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada gambar.2 dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbedaan besar yang diamati pada nilai-nilai porositas karena mikro yang berbeda dari sampel. Keragaman ini sangat menarik karena

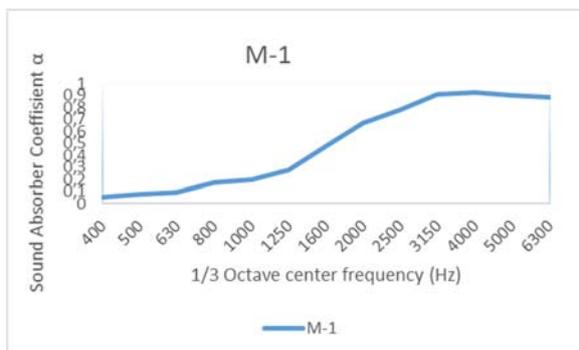
dapat memberikan mikro berpori yang sangat berbeda dan sifat akustik akibatnya berbeda. porositas didistribusikan antara pori-pori dengan ukuran yang berbeda (mulai dari 1 μm sampai 1 mm) ke dalam dan antara partikel dan pengikat. Nilai yang diperoleh ditunjukkan pada tabel.2 dibawah ini.

Tabel 2. Hasil pengujian non akustik/mikro struktur dari material.

Sampel	Porosity	Tortuosity	Flow Resistivity (Pa s m^{-2})
M-1	0,951	3799	36517
M-2	0,936	3649	35633
M-3	0,922	3749	35033
M-4	0,908	3540	29133

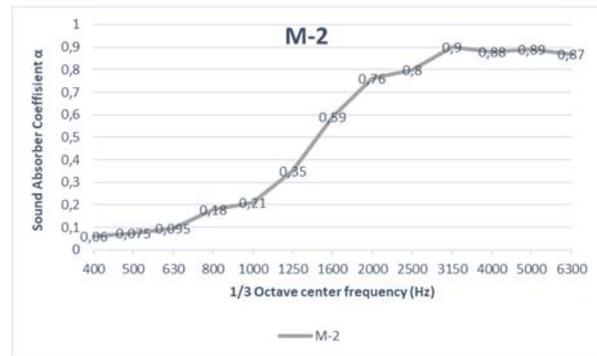
Jumlah, ukuran dan jenis pori-pori adalah faktor penting yang satu harus dipertimbangkan saat belajar mekanisme penyerapan suara dalam bahan berpori. Untuk memungkinkan disipasi suara oleh gesekan, gelombang suara harus memasukkan bahan berpori. Ini berarti, harus ada pori-pori yang cukup pada permukaan material supaya suara bisa melewati. Dari hasil pengujian terlihat jelas bahwa dengan menambahkan air space pada sampel, nilai porositas meningkat. Aliran resistivitas ditentukan oleh porositas, Aliran resistivitas semakin meningkat apabila nilai porositas dari material meningkat. Tabel.2 menunjukkan perbedaan besar dalam nilai-nilai tortuositas mereka karena mikro yang berbeda dari sampel. Ini mungkin menunjukkan bahwa kisaran ini dari tortuositas dapat menjadi hasil dari konstiksi dari pori-pori serta perubahan orientasi atau konsentrasi pengikat.

Berdasarkan variasi sampel yang telah dibuat, maka diperoleh hasil pengukuran berupa grafik yang ditampilkan oleh gambar.3 s/d gambar.6 sebagai berikut:



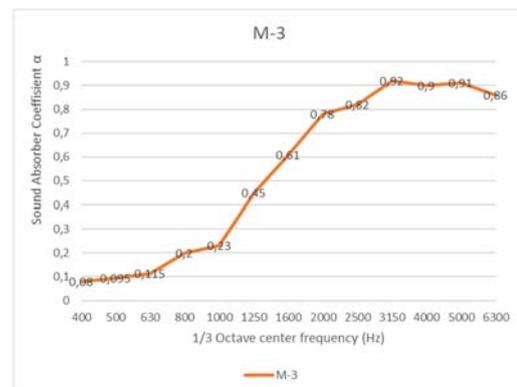
Gambar 3. Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel M-1.

Pada grafik gambar.3 terlihat bahwa pada *range* frekuensi (< 1000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 800 Hz – 1000 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,2. Pada *range* frekuensi > 1000 Hz - 2.500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 2000 Hz – 2500 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,78. Untuk *range* frekuensi >2000 Hz, nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 3150 Hz – 6000 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,93.



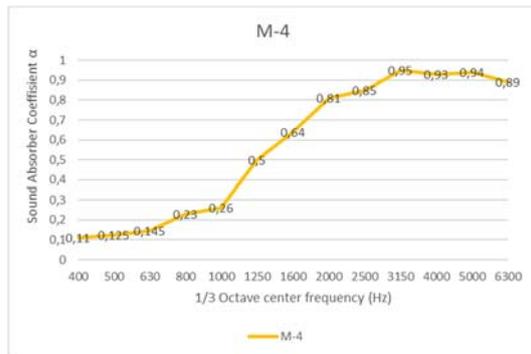
Gambar 4. Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel M-2.

Pada grafik gambar.4 diatas terlihat bahwa pada *range* frekuensi (< 1000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 800 Hz – 1000 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,21. Pada *range* frekuensi > 1000 Hz - 2.500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 2000 Hz – 2500 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,80. Sedangkan *range* frekuensi >2000 Hz, nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 3150 Hz – 6000 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,90.



Gambar 5. Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel M-3.

Pada grafik gambar.5 diatas terlihat bahwa pada range frekuensi (< 1000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 800 Hz – 1000 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,23. Pada range frekuensi > 1000 Hz - 2.500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 2000 Hz – 2500 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,82. Untuk range frekuensi >2000 Hz, nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 3150 Hz – 6000 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,92.



Gambar 6. Grafik frekuensi terhadap koefisien serapan sampel M-4.

Pada grafik gambar.6 diatas terlihat bahwa pada range frekuensi (< 1000 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 800 Hz – 1000 Hz dengan nilai koefisien serapan 0,26. Pada range frekuensi > 1000 Hz - 2.500 Hz), koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 2000 Hz – 2500 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,85. Untuk range frekuensi >2000 Hz, nilai koefisien serapan sampel mencapai nilai maksimum pada frekuensi 3150 Hz – 6000 Hz dengan nilai koefisien serapan sampel 0,95.

Pada tabel.3 dibawah ini menyajikan 1/3 octave center frequency yang telah didapatkan dari keempat sampel uji.

Tabel 3. Tabel 1/3 octave center frequency dari sampel uji.

SAMPSEL	Koefisien Serapan												
	1/3 Octave Center Frequency (Hz)												
	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300
M-1	0,05	0,074	0,094	0,17	0,2	0,28	0,48	0,67	0,78	0,91	0,93	0,9	0,89
M-2	0,06	0,075	0,095	0,18	0,21	0,35	0,59	0,76	0,8	0,9	0,88	0,89	0,87
M-3	0,08	0,095	0,115	0,2	0,23	0,45	0,61	0,78	0,82	0,92	0,9	0,91	0,86
M-4	0,11	0,125	0,145	0,23	0,26	0,5	0,64	0,81	0,85	0,95	0,93	0,94	0,89

Pada realitasnya, kondisi cavity interior kendaraan adalah merupakan semi-statistical field

dimana terdapat middle dan high frekuensi range (315-10000 Hz). Namun, frekuensi yang lebih tinggi (biasanya berkisar 1000 Hz pada kendaraan), hipotesis dari local diffuse field dapat dibuat seperti statistical energy analysis (S.E.A) Untuk melakukan validasi prosedur ini, maka angka koefisien absorpsi dari poro-elastic material pada reverberant room dari berbagai ukuran diperlukan.

Dari penelitian ini akan didapatkan hasil hasil sebagai berikut :

- 1) Material Headlining yang mampu memenuhi standar yang disarankan pada TSL0060G.
- 2) Material Headlining yang mampu memenuhi target substrate tebal dan berat seperti yang disarankan pada TSL3616G-1, dalam hal ini:
 - a) Target Tebal : 5 mm
 - b) Target Berat : 465 g/m²
- 3) Material Headlining yang mampu memenuhi target skin tebal dan berat seperti yang disarankan pada TSL3610G-4, dalam hal ini:
 - a) Target Tebal : 1 mm
 - b) Target Berat : 180 g/m²

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan beberapa kesimpulan yaitu bahwa susunan atau lapisan material headlining dalam kendaraan memenuhi target standar TSL0600G yaitu tebal substrate 5 mm, skin 1 mm, berat substrate 465 gsm dan skin 180 gsm tanpa mengurangi performance material atau standar koefisien penyerapannya.

Pengaruh porositas material akustik pada pengujian sampel headlining adalah dapat meningkatkan nilai koefisien serapan sampel pada range frekuensi <1000 Hz yang nilai koefisien serapannya dapat meningkat sampai 0,26%. Pada range frekuensi >1000-2500 Hz yang nilai koefisien serapannya dapat meningkat sampai 0,85%, Pada range frekuensi >2500-6300 Hz yang nilai koefisien serapannya dapat meningkat sampai 0,95%.

Material headlining yang mampu memenuhi target substrate tebal dan berat seperti yang disarankan pada TSL3616G-1, yaitu target

tebal adalah 5 mm dan target berat sebesar 465 g/m². Sedangkan material *headlining* yang mampu memenuhi target *skin* tebal dan berat seperti yang disyaratkan pada TSL3610G-4, yaitu target tebal adalah 1 mm dan target berat sebesar 180 g/m².

Pada interior Mobil," *Jurnal ITS*, 2017.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Conrad, *Engineering Acoustics and Noise Control*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1983.
- [2] L. L. Beranek, *Noise Reduction*, Prepared for a Special Summer Program at MIT, New York: McGraw-Hill, 1960.
- [3] A. Blinkhorn, T. Cheney, L. Barsotti, G. Knoll and E. Haque, "Development of a New Composites Material With Improved Structural and Acoustical Properties for Automotive interiors," *Owen Corning Automotive*, no. November.
- [4] Bruel and Kjaer, "Application Note: Measurements in Building Acoustics," 1998. [Online]. Available: www.bk.de.
- [5] W. Xu and A. Subic, "Vehicle Sound Package optimization Study Using Statistical Energy Analysis Method," in *Conference Paper School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering, RMIT University*, Victoria, Australia, 2007.
- [6] J. K. Thomas, "Design & Analysis of Acoustically Improved Vehicle Floor Carpets, A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering.," School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering RMIT University., 2008.
- [7] ASTM E1050, "Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials Using Two Microphones and a Digital Frequency Analysis System," 2008.
- [8] K. Khotimah and H. Soeprianto, "Sifat Penyerapan Bunyi Pada Komposit Serat Batang Pisang (SBP) - Polyester," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, vol. 1, no. 1, 2015.
- [9] S. B. Utomo, "Pengaruh Penambahan Nanoselulosa Dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Pada Komposit Poliuretan Untuk Insulasi Termal dan Absorpsi Suara