

Penghasilan Akustik Panel Menggunakan Hampas Rumbia

Rudy Harahap Mohd Ali Baba^{1*}

¹Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, Dungun 21700, Terengganu

*Corresponding author E-mail: xpdgreenaday@yahoo.com

Abstrak

Pada masa kini, kebiasaannya bahan penyerap bunyi komersial untuk rawatan akustik bunyi bagi kegunaan industri pembinaan adalah diperbuat berasaskan petroleum. Kini wujud kesedaran berkenaan isu keselamatan dan kesihatan terutama pontensi risiko kesihatan apabila terdedah kepada manusia. Bahan seperti gentian kaca dan politerina banyak mengandungi bahan kimia yang boleh memudaratkan kesihatan manusia. Bahan-bahan serat buatan yang ada di pasaran ini membawa banyak keburukan ke atas kesihatan pengguna. Hampas sagu (rumbia) diperolehi setelah batang sagu telah di proses menjadi makanan yang dinamakan tepung “lemantak” atau “embuyat”. Kajian ini bertujuan untuk menguji bahan baru dan menghasilkan panel hasil dari bahan buangan dari hampas sagu sebagai bahan penyerap bunyi. Kebaikan kajian ini adalah ianya dapat menyelesaikan masalah bunyi dan sekaligus mengurangkan risiko kesihatan. Kajian ini bertujuan untuk mengatasi bunyi gema yang terdapat di Bengkel Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan, Politeknik Kuching Sarawak. Bunyi gema yang terhasil mengganggu proses pengajaran dan pembelajaran di bengkel ini. Pengujian terhadap semua bahan penyerap bunyi di ambil menggunakan alat ukur aras bunyi yang berjenama *Extech 407730 40 Decibel to 130 Decibel Digital Sound Level Meter*. Pengujian bahan baru dari bahan buangan pertanian ini adalah bertujuan untuk digunakan sebagai bahan baharu bagi menggantikan bahan berasaskan petroleum. Pengujian dilakukan untuk menghasilkan panel bahan penyerap bunyi yang berasaskan hampas sagu. Perbandingan ujian dijalankan untuk membandingkan bahan panel sagu dengan bahan gentian kaca dan bahan serat berasaskan pertanian lain seperti sabut kelapa dan hampas tebu. Panel akustik hampas sagu mempunyai kelebihan sebagai bahan yang mesra alam, tiada mudarat kepada kesihatan pengguna, ianya boleh diperolehi dalam kuantiti yang besar selain dapat memaksimumkan penggunaan bahan dari hampas sagu. Secara keseluruhannya didapati bahawa penyerap bunyi yang diperbuat daripada bahan hampas sagu merupakan bahan yang baik jika digunakan sebagai bahan penyerap bunyi.

Kata Kunci: akustik; gentian kaca; hampas sagu

1.0 PENGENALAN

1.1 Latar belakang

Pada masa kini, kebiasaannya bahan penyerap bunyi komersial untuk rawatan akustik bagi kegunaan industri pembinaan mengandungi kimia yang terdapat bahan gentian kaca dan pada polisterin mineral. Walau bagaimanapun, kini wujud kesedaran berkenaan isu keselamatan dan kesihatan terutama pontensi risiko kesihatan apabila terdedah kepada manusia. Contohnya seperti kesan serpihan gentian kaca kepada paru-paru dan mata manusia yang boleh mengganggu saluran penafasan mahupun membahayakan manusia. Isu sebegini telah membantu penerokaan bahan alternatif dari gentian organik yang dibangunkan sebagai bahan pengganti kepada gentian komersial.

Dengan menggunakan bahan-bahan buangan semulajadi ini ianya mengurangkan pembaziran disamping menyemai sikap mesra alam. Projek ini berdasarkan tajuk daripada masalah kesan bunyi dalam bangunan dan menghasilkan satu panel iaitu panel akustik daripada bahan buangan semulajadi yang mampu menyerap bunyi disamping menambahkan lagi bahan yang sedia ada dipasaran.

Akustik berdasarkan kamus dewan bahasa adalah ilmu yang mempelajari tentang suara, bagaimana suara dihasilkan, perambatannya dan dampaknya, serta mempelajari bagaimana suatu ruang atau medium meresponi suara itu sendiri yang didengari melalui telinga. Akustika sering dianggap menjadi akustika ruang (*room acoustics*) yang menangani bunyi-bunyi yang tak dikehendaki. Suara akustik dianggap sebagai getaran umumnya yang disebarkan di udara dengan kecepatan 343m/s (sekitar 1km setiap 3 saat) , atau 1235km /jam pada keadaan suhu yang standard dan tekanan (1 atm dan 20 °C).

Panel berdasarkan kamus dewan bahasa adalah bahagian dari permukaan pintu (dinding, langit-langit, dan sebagainya) berupa papan tipis. Biasanya berbentuk persegi panjang, di pasang dalam bingkai, di letak lebih rendah atau lebih tinggi depan permukaan sekitarnya. Selain itu, ia juga adalah graf papan peraga untuk pameran, berbentuk persegi panjang, terbuat dari pada papan lapis, logam atau bahan lain, digunakan untuk mempamerkan gambar dan teks.

Terdapat beberapa kajian yang membincangkan dengan lebih mendalam berkenaan dengan penghasilan bahan penyerap bunyi yang menggunakan bahan buangan semulajadi sebagai mediumnya. Kajian yang bertajuk “*Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber*” oleh A Putra, Y Abdullah, H Efendy, WM Farid, MR Ayob (2013) membincangkan berkenaan hampas tebu yang dikaji dan diolah digunakan sebagai bahan penebat bunyi dalam bangunan.

1.2 Tujuan Kajian

Kajian ilmiah ini dilaksanakan adalah untuk mengetahui keberkesanan hasil pertanian sebagai bahan penebat bunyi. Bahan buangan pertanian merangkumi hampas sagu, hampas tebu dan sabut kelapa. Tujuan yang ingin dicapai adalah:

- a) Untuk menguji bahan baru dari bahan buangan pertanian sebagai bahan serap bunyi.
- b) Untuk merekabentuk panel bahan serap bunyi dari bahan buangan pertanian.
- c) Untuk menghasilkan panel yang berasaskan bahan buangan pertanian sebagai bahan serap bunyi.

1.3 Penyataan masalah.

2.3.1 Komposit Hampas Sagu dalam Pembuatan Panel Penyerap Bunyi

(Menurut Noorhaizat Bin Sundin (2010) menyatakan bahawa komposit hampas sagu diaplikasi melalui pelbagai bahan pengikat. Kajian ini membolehkan biojisim hampas sagu dapat dimanfaatkan sebagai produk nilai tambah bernilai tinggi yang berpotensi untuk dikomersialkan dalam industri muzik secara menyeluruh. Produk yang dihasilkan dinilai mengikut kesesuaian rekabentuk produk penyerap bunyi yang telah dihasilkan mengikut kehendak pengguna disamping menambah nilai komersial produk.

2.3.2 Pekali Penyerapan Bunyi Dan Indeks Kehilangan Penghantaran Panel Penyerap Bunyi Menggunakan Gentian Sabut Kelapa

Rozli Zulkifli¹, Mohd Faizal Mat Tahir², Mohd Jailani Mohd Nor³ dan Ahmad Rasdan Ismail⁴ (2011) gentian asli ini mempunyai banyak kebaikan dan kelebihan kerana ianya lebih murah, boleh dikitar semula, terdapat dalam kuantiti yang banyak, tidak menghakis dan membahayakan keselamatan dan kesihatan penggunaan semasa aktiviti memproses dan mengendalikannya. Kajian ini dilakukan untuk menentukan sifat akustik panel penyerap bunyi yang di rekabentuk menggunakan bahan gentian sabut kelapa melalui ujikaji dan simulasi. Perbandingan nilai pekali penyerapan bunyi antara bahan gentian sabut kelapa asli dan sabut kelapa yang dimasukkan kedalam panel komposit berlubang telah dibuat. Hasil keputusan menunjukkan pekali penyerapan bunyi yang diperoleh melalui kaedah eksperimen dan simulasi memberikan nilai yang boleh dianggap baik dan setanding dengan bahan penyerap komersial di pasaran seperti gentian sintetik dan tatal batuan. Indeks kehilangan penghantaran bagi panel yang gentian sabut kelapa pula adalah lebih baik berbanding panel yang mengandungi gentian kelapa sawit.

1.3.3 Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber

(Azma, Putra Yasseer, Abdullah Hady, Efendy Wan Mohd Faridh (2012) menyatakan Penggunaan bahan sintetik sebagai penyerap akustik masih digunakan secara meluas dalam industri pembinaan. Bahan bukan biodegradable ini bukan sahaja menyebabkan pencemaran kepada alam sekitar, tetapi pengeluaran mereka juga menyumbang dengan signifikan dalam memancarkan gas rumah hijau di atmosfera. Oleh itu, penyelidikan yang sesuai telah didorong untuk mencari bahan-bahan yang mampan dan mesra alam untuk menjadi penyerap bunyi alternatif. Makalah ini membincangkan penggunaan serat semulajadi dari sisa tebu untuk menjadi bahan akustik. Sampel penyerap bunyi dari gentian terbuang tebu dibuat dan sifat akustik mereka diselidiki melalui eksperimen. Prestasi akustik yang baik didapati pada 1.2 - 4.5 kHz dengan pekali penyerapan purata 0.65 dan boleh dibandingkan dengan penyerap sintetik klasik.

2.0 METODOLOGI KAJIAN

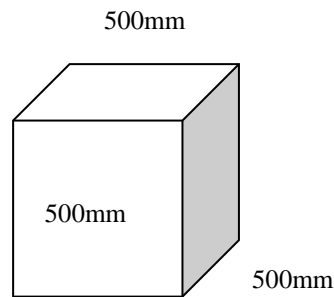
2.1 Pengumpulan Maklumat

Pengumpulan maklumat adalah hasil dari jurnal-jurnal, sumber internet, buku, majalah dan berita yang berkaitan tentang pencemaran bunyi, untuk dijadikan sebagai bahan serap bunyi. Melalui pengumpulan maklumat pelbagai bahan semula jadi seperti hampas sagu, hampas tebu dan jerami padi boleh menghasilkan sebagai bahan serap bunyi.

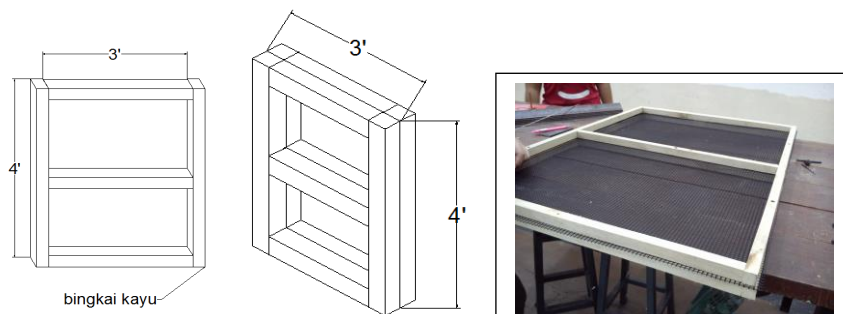
2.2 Reka Bentuk Panel Akustik

Reka bentuk untuk permulaan bagi kotak pengujian bahan adalah terdiri daripada kotak kayu yang berdimensi 500mm x 500mm dan ketinggiannya adalah 500mm. Kotak pengujian ini di bina khusus untuk menguji tahap penebatan bahan penyerap bunyi yang dicadangkan.

Reka bentuk yang kedua adalah untuk produk iaitu untuk mereka bentuk panel akustik. Reka bentuk ini terdiri daripada kayu yang bersaiz 25mm x 25mm yang dicantumkan dan membentuk 25mm x 50mm berukuran 1200mm panjang dan 900mm lebar. Jaring digunakan di bahagian tengah kerangka sebagai penyokong kepada hampas sagu. Kayu lembut bersaiz 25mm x 12.5mm digunakan sebagai alang pada panel sagu ini.



Rajah 1: Gambarajah kotak pengujian bahan



Rajah 2: Reka bentuk struktur asas panel

2.3 Pengujian Panel Akustik

Pengujian perlu di lakukan kepada panel akustik yang berasaskan bahan baru dari bahan buangan pertanian sebagai bahan serap bunyi. Bahan-bahan pertanian seperti hampas tebu, sabut kelapa dan hampas sagu digunakan untuk mengetahui bahan mana yang terbaik dalam mencari bahan baru untuk dijadikan bahan penyerap bunyi. Bahan terbaik sedia ada yang ada dipasaran iaitu gentian kaca (*fiber*) juga di uji sebagai alat petunjuk dalam mendapatkan bahan pertanian yang boleh menyerap bunyi lebih baik darinya atau paling hamper. Alat yang digunakan untuk menguji adalah ‘*Sound Level Meter (SLM)*’.

Terdapat dua kategori bahan yang boleh menghasilkan penyerap bunyi iaitu gentian kaca adalah kategori bahan sedia ada yang dijadikan bahan penyerap bunyi. Kategori kedua adalah bahan semula jadi iaitu hampas sagu, hampas tebu dan sabut kelapa. Selain itu, pengujian gam juga dilakukan bertujuan untuk mencantumkan bahan yang digunakan agar bahan tersebut dapat mengikat panel yang telah direka bentuk. Jadual 4.1.1 menunjukkan bahan yang digunakan sebagai pengujian bahan penyerap bunyi.



Rajah 3: Bahan pengujian, gentian kaca, sabut kelapa, hampas tebu dan hampas sagu

Gentian kaca adalah sebagai contoh penyerap bunyi yang sedia ada. Dalam penghasilan produk ini, pemilihan ini adalah berdasarkan bahan semula jadi yang boleh dijadikan sebagai penyerap bunyi untuk menggantikan bahan yang sedia ada.

Tujuan menggantikan bahan penyerap yang sedia ada adalah dari segi kesihatan disebabkan bahan seperti gentian kaca amat berbahaya terhadap pernafasan apabila kaca-kaca tersebut berterbangan orang yang menyedut gentian kaca tersebut akan terjejas saluran pernafasannya. Oleh itu, berdasarkan hasil keputusan jadual tersebut bahan yang paling sesuai digunakan adalah hampas sagu dari segi bahan semula jadi. Alat yang digunakan untuk mengkaji bunyi ini adalah ‘meter paras bunyi’.



Rajah 4: *Sound Level Meter*

2.4 Pengujian Gam

Gam yang digunakan untuk pengujian gam adalah dari tepung sagu ataupun dinamakan sebagai 'Ambuyat'. Tepung sagu atau 'Ambuyat' ini merupakan sejenis hidangan yang berasal dari bahagian batang dalam sagu sawit. Ianya boleh dijadikan sebagai bahan makanan lain seperti bubur sagu, bahan campuran kueh. Ia adalah bahan berkanji yang hambar sama dengan ubi kanji.

Bahan yang digunakan adalah tepung sagu, air yang panas yang baru dimasak dan 500ml air. Cara membuatnya adalah tepung sagu di campur dengan 500ml air panas dan biarkan selama 5 minit. Tuang air panas dan masukkan sagu ke dalam bekas yang tahan air panas Bancuh sagu dengan air panas yang baru mendidih. Kacau hingga sehati dan masak sehingga sagu kelihatan jernih dan likat seperti gam.

Hasil mengkaji gam menggunakan tepung sagu mengambil masa yang agak lama untuk keras. Oleh yang demikian ianya dicampurkan dengan sedikit gam kayu yang berjenama '*Duro Bond 820*' sebagai bahan lekatan yang sesuai digunakan untuk mencantumkan hampas sagu. Nisbah campuran gam ini ialah 1:6 (gam kayu: gam sagu).



Rajah 5: Bancuhan tepung sagu



Rajah 6: Hasil gam tepung sagu

2.5 Sampel bahan pengujian

Terdapat empat bahan pengujian yang digunakan untuk kajian ini, bahan yang digunakan adalah hampas tebu, gentian kaca, hampas sabut kelapa dan hampas sagu. Bahan-bahan ini ditimbang dan di hancurkan untuk dijadikan panel. Binaan panel dari bahan ini dibina dengan menggunakan gam tepung sagu yang dicampurkan dengan gam kayu jenis duro dengan nisbah campuran gam ini ialah 1:6 (gam kayu: gam sagu).

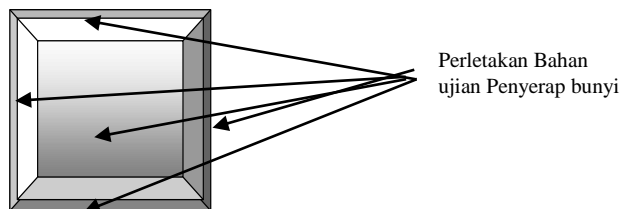
Setiap panel dibina dengan ukuran 0.5 meter x 0.5 meter dengan 20mm tebal sebanyak 6 keping untuk menutup kesemua permukaan kotak pengujian. 6 keping panel gentian kaca, 6 keping panel sabut kelapa, 6 panel hampas tebu dan 6 panel dari hampas sagu. Keempat-empat panel ini dibiarkan mengeras dalam masa seminggu.

Keempat-empat bahan ini diuji dengan menggunakan kotak penguji yang dibina. Kepingan panel ini dimasukkan ke dalam kotak pengujian dengan cara menampalnya pada setiap permukaan dalam kotak pengujian. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah penebatan yang baik untuk kesemua ruang kotak pengujian.

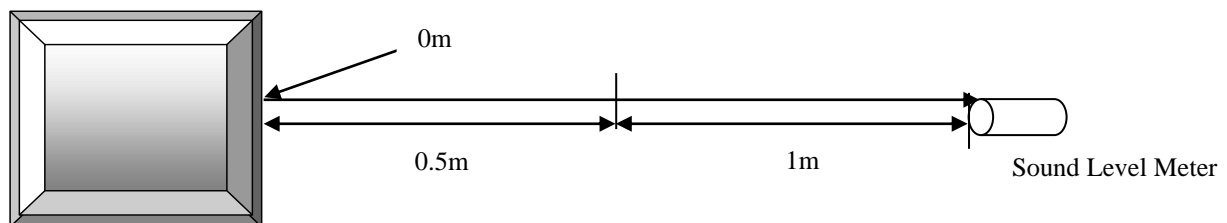
3.0 ANALISIS DAN PERBINCANGAN

Pengujian dijalankan disebuah bilik kedap bunyi di Bengkel Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan Politeknik Kuching Sarawak. Pengujian terhadap semua bahan penyerap bunyi di ambil menggunakan alat ukur aras bunyi yang berjenama “*Extech 407730 40 Decibel to 130 Decibel Digital Sound Level Meter*”.

Satu sumber bunyi yang mengeluarkan tekanan bunyi di araskan kepada 90db sebagai punca untuk sumber pengujian terhadap bahan penyerap bunyi. Tekanan bunyi pada sumber ini ditala untuk mengeluarkan jumlah tekanan yang sama ketika proses pengujian dijalankan.



Rajah 7: Keratan rentas kedudukan bahan penebat bunyi pada kotak pengujian



Rajah 8: Keratan rentas kedudukan jarak kotak pengujian dengan ‘*Sound Level Meter*’.

Jadual 1: Pengujian bahan berdasarkan isipadu kotak acuan (kotak pengujian bersaiz 0.5meter x 0.5meter x 0.5meter)

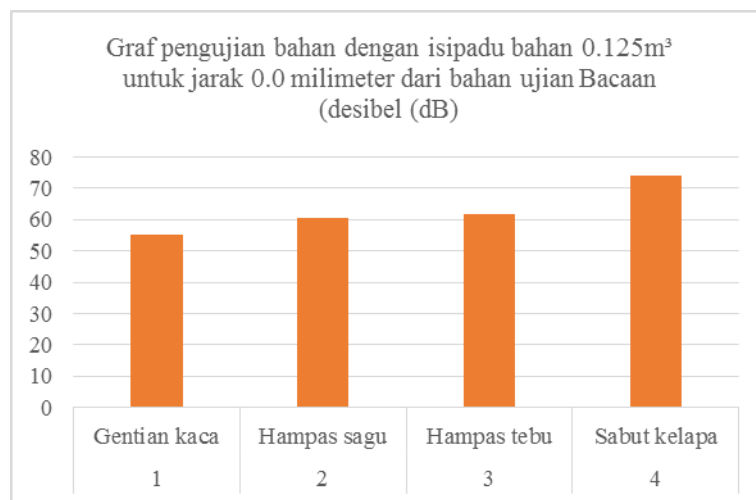
Bahan uji	Isipadu bahan (m ³)	Bacaan (berdasarkan jarak dari bahan)		
		(0mm) db	(50mm) db	(1000 mm) db
Gentian kaca	0.215	55.1	56.1	55.1
Hampas sagu	0.215	60.7	51.3	49.4
Hampas tebu	0.215	61.6	54.5	53.9
Sabut kelapa	0.215	73.9	61.4	57.8

3.1 Analisa Data

Jadual 2: Jadual keputusan pengujian pada jarak 0 meter

Bahan ujian	Bacaan (desibel (dB))	Isipadu bahan (m ³)
Gentian kaca	55.1	0.125
Hampas sagu	60.7	0.125
Hampas tebu	61.6	0.125
Sabut kelapa	73.9	0.125

Berdasarkan graf didapati bahan serap bunyi dari sabut kelapa mencatatkan bacaan yang paling tinggi diikuti hampas tebu, hampas sagu dan gentian kaca. Hal ini bermaksud hampas sagu yang mencatat bacaan sebanyak 60.7 dB purata adalah bahan penyerap bunyi yang kedua terbaik berdasarkan bacaan decibel yang diambil pada jarak 0 meter dari bahan berisipadu 0.125m³ gram.

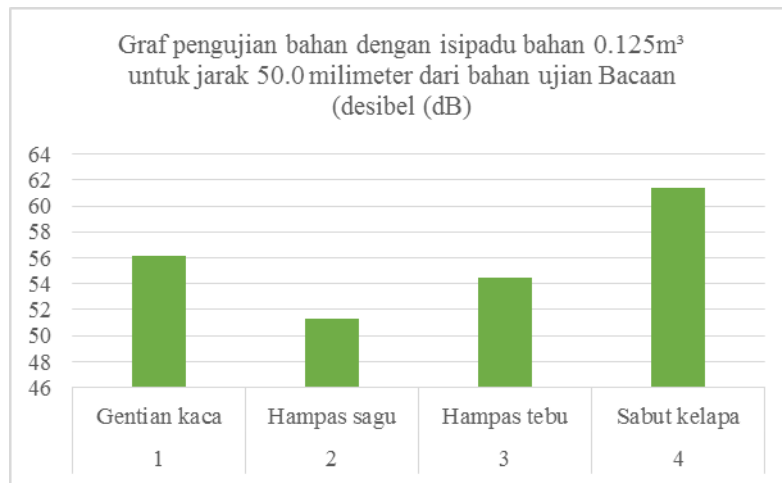


Rajah 8: Graf keputusan pengujian pada jarak 0 meter

Jadual 3: Jadual keputusan pengujian pada jarak 0.5 meter

Bahan ujian	Bacaan (desibel (dB))	Isipadu bahan (m ³)
Gentian kaca	56.1	0.125
Hampas sagu	65.3	0.125
Hampas tebu	69.3	0.125
Sabut kelapa	63.3	0.125

Berdasarkan graf didapati bahan serap bunyi dari sabut kelapa mencatatkan bacaan yang paling tinggi diikuti gentian kaca, hampas tebu dan diakhiri dengan bacaan dari hampas sagu. Hal ini bermaksud hampas sagu yang mencatat bacaan sebanyak 51.3 dB purata adalah bahan penyerap bunyi yang terbaik berdasarkan bacaan *decibel* yang diambil pada jarak 0.5 meter dari bahan berisipadu 0.125m³ gram.

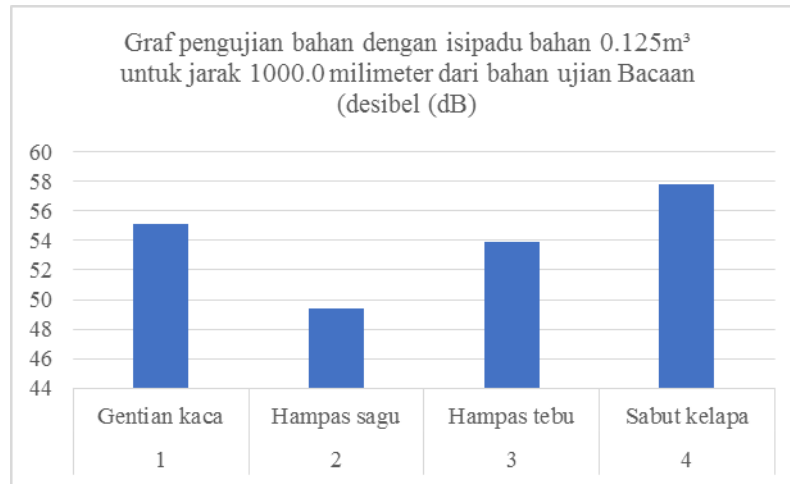


Rajah 9: Graf keputusan pengujian pada jarak 0.5 meter

Jadual 4: Jadual keputusan pengujian pada jarak 1 meter

Bahan ujian	Bacaan (desibel (dB))	Isipadu bahan (m ³)
Gentian kaca	55.1	0.125
Hampas sagu	49.4	0.125
Hampas tebu	53.9	0.125
Sabut kelapa	57.8	0.125

Berdasarkan graf didapati bahan serap bunyi dari sabut kelapa mencatatkan bacaan yang paling tinggi diikuti gentian kaca, hampas tebu dan diakhiri dengan bacaan dari hampas sagu. Hal ini bermaksud hampas sagu yang mencatat bacaan sebanyak 49.4 dB purata adalah bahan penyerap bunyi yang terbaik berdasarkan bacaan *decibel* yang diambil pada jarak 1 meter dari bahan berisipadu 0.125m³ gram.



Rajah 10: Graf keputusan pengujian pada jarak 1 meter

3.2 Kesimpulan terhadap analisis.

Daripada analisa yang diperolehi, didapati bahawa hampas sagu merupakan bahan penyerap bunyi yang baik. Bahan ini dapat menyerap bunyi dengan baik disebabkan bahan ini dalam bergentian (bersifat porous). Hal ini memberikan kelebihan pada bahan ini sebagai bahan yang boleh menyerap bunyi.

3.3 Ralat

Ketika pengujian dilakukan, berkemungkinan terdapatnya ralat terhadap persekitaran luaran dan dalaman. Ralat luaran berpunca dari terdapatnya bunyi-bunyi lain yang mempengaruhi bacaan meter ketika pengujian dilakukan. Bunyi kenderaan, mesin, orang berjalan dan lain-lain mungkin memberi kesan terhadap bacaan yang diambil. Faktor persekitaran dalaman seperti bunyi yang dikeluarkan dari penyelidik seperti bunyi tapak kasut, bisikan dan bunyi dari penulisan data turut memberikan ralat terhadap bacaan yang diambil.

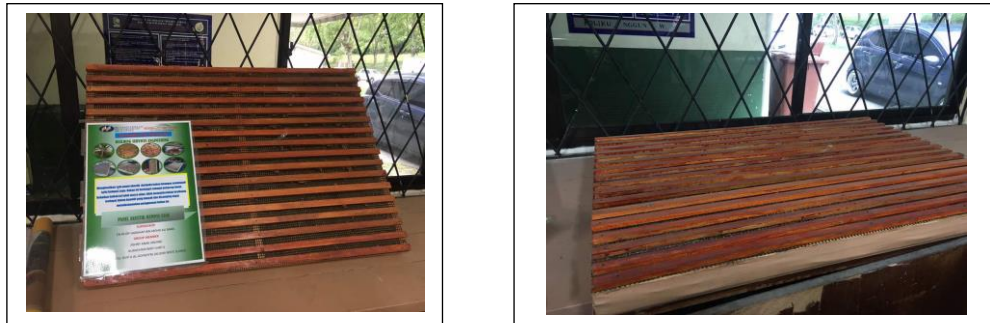
Faktor kelantangan mesin sumber bunyi mungkin juga memberikan sedikit kesan terhadap bacaan yang diambil. Faktor kepekaan mesin *Sound Level Meter* juga mungkin memberikan ralat walaupun ianya telah di buat pengujian penentukuran (*calibration*) sebelum digunakan untuk mendapatkan bacaan.

4.0 KESIMPULAN

4.1 Rumusan Hasil Kajian Projek

Berdasarkan bacaan yang diperolehi, kadap penyerapan bunyi yang diserap oleh panel hampas sagu adalah amat baik. Semakin jauh jarak pengujian, semakin baik kadar penyerapan panel hampas sagu ini terhadap bunyi. Secara keseluruhannya bahan ini merupakan bahan yang berpotensi untuk dijadikan bahan penyerap bunyi untuk digantikan dengan bahan yang sedia ada.

Panel juga telah dibina berasaskan hampas sagu dan telah ditempatkan di dalam Bengkel Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan Politeknik Kuching Sarawak. Kehadiran panel ini sedikit sebanyak dapat mengurangkan gema pada bahagian dalaman bangunan berkenaan. Hal ini berpunca dari penggunaan hampas sagu sebagai panel penyerap bunyi diletakkan pada dinding bengkel berkenaan.



Rajah 11: Hasil penghasilan panel dari hampas sagu (*Rumbia Akustik Panel*) yang digunakan di Bengkel Kejuruteraan Perkhidmatan Bangunan, Politeknik Kuching Sarawak.

4.2 Penambahbaikan.

Walau bagaimanapun panel ini juga memerlukan penambahbaikan. Kajian terhadap faktor kesihatan yang mungkin berpunca dari hampas sagu yang digunakan bersama-sama gam lekatan yang diadunkan. Kajian dari faktor kekuatan binaan hampas sagu juga boleh lakukan untuk membuktikan bahawa rekabentuk panel ini adalah kuat dan bersesuaian untuk digunakan.

Selain dari itu faktor kelembapan juga perlu dikaji untuk mengelakkan bendasing yang mungkin menghuni panel akustik ini dimana bahan utamanya adalah bahan dari bahan terbuang pertanian yang mana mungkin mengakibatkan terdapatnya bakteria. Antara cadangan yang boleh dititik beratkan ialah menggunakan bahan penyahlembapan (gel silika). Hal ini perlu untuk mengelakkan hampas sagu akustik panel ini ditumbuhi dengan kulat atau lumut akibat terkena lembapan air atau kandungan udara yang lembap.

5.0 RUJUKAN

- Rozli Zulkifli, Mohd Faizal Mat Tahir, Mohd Jailani Mohd Nor & Ahmad Rasdan Ismail (2011). *Pekali Penyerap Bunyi Dan Indek Kehilangan Penghantaran Panel Penyerap Bunyi Menggunakan Gentian Sabut Kelapa*.
- Noorhaizat Bin Sundin, (2010), *Komposit Hampas Sagu dalam Pembuatan Panel Penyerap Bunyi*. Fakulti Seni Gunaan dan Kreatif, UNIMAS.
- Muhamad Husaini Bin Maznudeen, (2010), *Active Sound Absorber. Faculty of Electrical Engineering, UTM*.
- Pan Chin Hooi, (2003), *Pencemaran Bunyi*. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Bahru.
- Said Ahmad Khan (1990) *Pengenalan akustik*. Penerbit UTM, Skudai, Johor Bahru.
- Muhamad Husaini Bin Maznudeen, (2010), *Active Sound Absorber. Faculty of Electrical Engineering, UTM*.
- Azma, Putra Yasseer, Abdullah Hady, Efendy Wan Mohd Faridh (2012), *Utilizing sugarcane wasted fibers as a sustainable acoustic absorber*, Malaysian Technical Universities Network (MTUN).
- RW Fink, MT Slager (2016) *Acoustic panel for partition wall assembly*, Steelcase Inc.
- Hideto MATSUDA, Akira Miki, Hirofumi Onitsuka (2015), *Acoustic structure and acoustic panel*, Yamaha Coporation.
- Jonathan Le Roux, John R Hershey, William S. Yerazunis, Petros T Boufounos, Laurent Daudet (2015), *Flat-panel acoustic apparatus*, Mitsubishi Electric Research Laboratories, Inc.