

**DESAIN PANEL KOMPOSIT PEREDAM SUARA PERFORASI  
PARSIAL DARI SERAT AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE  
DESIGN OF EXPERIMENT (DOE)**



**Fatimah Sahra Musafir  
D072211005**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**DESAIN PANEL KOMPOSIT PEREDAM SUARA PERFORASI  
PARSIAL DARI SERAT AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE  
*DESIGN OF EXPERIMENT (DOE)***

**Fatimah Sahra Musafir**

**D072211005**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**DESAIN PANEL KOMPOSIT PEREDAM SUARA PERFORASI  
PARSIAL DARI SERAT AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE  
*DESIGN OF EXPERIMENT (DOE)***

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Teknik Industri

Disusun dan diajukan oleh

Fatimah Sahra Musafir

D072211005

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**TESIS**

DESAIN PANEL KOMPOSIT PEREDAM SUARA PERFORASI PARSIAL DARI  
SERAT AMPAS TEBU MENGGUNAKAN METODE *DESIGN OF EXPERIMENT*  
(DOE)

**Fatimah Sahra Musafir**  
**D072211005**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Magister pada 28 Oktober 2024 dan  
dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan



Program Studi Magister Teknik Industri

Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Gowa

Mengesahkan :

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM  
NIP. 197509291999031002

Pembimbing Pendamping



Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph. D., IPU  
NIP. 197406212006042001

Ketua Program Studi  
Teknik Industri,



Dr. Ir. Saiful, ST., MT., IPU., ASEAN.Eng  
NIP. 19810606200601004

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Isran Ramli, ST., MT  
NIP. 197309262000121002

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Desain Panel Komposit Peredam Suara Perforasi Parsial Dari Serat Ampas Tebu Menggunakan Metode *Design Of Experiment (DOE)*" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM sebagai Pembimbing Utama dan Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph. D., IPU sebagai Pembimbing Pendamping. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian isi tesis ini telah dimasukkan dan dipresentasikan dalam prosiding ICREST 2024 (*International Conference on Renewable Energy and Sustainable Technologies*) sebagai artikel dengan judul "*Effect of Partial Perforation on Sugarcane Bagasse Composite on Sound Transmission Loss*". Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

GOWA, 30 Oktober 2024



Nama: Fatimah Sahra Musafir  
NIM: D072211005

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji hanya bagi Allah, Tuhan semesta alam, yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Desain Panel Komposit Peredam Suara Perforasi Parsial Dari Serat Ampas Tebu Menggunakan Metode Design Of Experiment (DOE)”. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister pada Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Dalam kesempatan ini, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, dan bantuan dalam penyusunan tesis ini kepada:

1. Allah SWT. atas rahmat dan kasih sayang-Nya serta kemudahan dalam menjalani setiap proses yang saya hadapi.
2. Orang tua dan saudara-saudara saya yang telah memberikan dukungan dan kasih sayang tanpa batas sepanjang perjalanan pendidikan saya.
3. Bapak Dr. Ir. Saiful, S.T., M.T., IPU., ASEAN.Eng selaku Kaprodi Program Studi Magister Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, S.T., M.Sc., IPM selaku dosen pembimbing utama dan Ibu Ir. Kifayah Amar, S.T., M.SC., Ph.D., IPU selaku pembimbing pendamping tugas akhir ini, terima kasih atas segala waktu, bimbingan serta bantuannya selama menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Sapta Asmal, S.T., M.T., Bapak Dr. Eng. Ir. Irwan Setiawan, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Ir. Syarifuddin M Perenreng, S.T., M.T., IPU selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam perbaikan tugas akhir ini.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam kelancaran penyelesaian tugas akhir ini
7. Teman-teman S2 beserta semua pihak lain yang namanya tidak bisa dituliskan satu per satu yang telah mendukung dan membantu, serta menyemangati dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Demikianlah ucapan terima kasih ini saya sampaikan. Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, namun saya berharap apa yang telah saya tulis dapat memberikan manfaat bagi para pembaca. Akhir kata, saya memohon maaf apabila terdapat kekurangan dalam tugas akhir ini dan semoga karya ini dapat memberikan kontribusi positif bagi masyarakat akademik dan praktik di masa mendatang.

GOWA, 30 Oktober 2024

penulis

## ABSTRAK

Makalah penelitian ini melaporkan studi tentang sampel komposit perforasi parsial yang dikembangkan dari ampas tebu untuk aplikasi peredam suara. Pemanfaatan ampas tebu yang diperoleh dari hasil samping dan limbah pertanian sebagai bahan alternatif penyerap suara diharapkan dapat meminimalkan kebutuhan bahan penyerap suara sintetis. Di banyak negara berkembang, limbah ini seringkali dibakar, sehingga berkontribusi terhadap polusi udara dan bahaya lingkungan lainnya. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek pemberian perforasi parsial pada komposit ampas tebu. Sampel komposit dibuat dari ampas tebu dan Poliester tak jenuh sebagai bahan pengikat. Setelah itu diberikan perforasi parsial dengan variasi diameter perforasi ( 1 mm, 2 mm dan 3 mm) dan kedalaman perforasi (25%, 50% dan 75%) pada ketebalan 30 mm. **Metode.** Penelitian ini didesain dengan menggunakan metode *Design Of Experimet* (DOE) yaitu desain faktorial  $3^2$  dimana analisis hasil pengukuran laboratorium (variabel respon) menggunakan metode statistik inferensial. Prosedur pengujian koefisien penyerapan suara atau *Sound Absorbtion Coefficient* (SAC) dilakukan dengan standar ASTM E1058-98 menggunakan Tabung Impedansi berdiameter 100 mm. Sedangkan pengujian kehilangan transmisi suara atau *Sound Transmission Loss* (STL) dilakukan dengan metode langsung dengan menggunakan pipa baja berdiameter 60 mm. Hasil pengujian laboratorium kemudian dilakukan uji statistik Anova dua arah. **Hasil.** Hasil uji Anova menunjukkan bahwa diameter perforasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai SAC. Nilai SAC dapat ditingkatkan dengan penambahan perforasi parsial pada komposit ampas tebu pada diameter 1 dan 2 mm, namun menurun pada 3 mm pada kasus ini. Sampel optimal ditemukan pada sampel S2B dengan diameter perforasi 2 mm dan kedalaman perforasi di 50%. Sedangkan hasil uji Anova pada nilai STL yakni diameter perforasi dan kedalaman perforasi memiliki pengaruh yang signifikan. Sampel optimal ditemukan pada sampel S1A dengan diameter perforasi 1 mm dan kedalaman perforasi di 25%. **Kesimpulan.** Ampas tebu berpotensi digunakan dalam pemanfaatan peredam suara. Sampel pada penelitian ini mampu menyerap energi suara lebih dari 90% pada frekuensi menengah, dan dapat menginsulasi rata-rata energi suara sebesar 12 dB.

**Kata kunci:** Ampas Tebu, Perforasi Parsial, Koefisien Penyerapan Suara, Kehilangan Transmisi Suara

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM  
NIP. 197509291999031002

Pembimbing Pendamping



Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph. D., IPU  
NIP. 197406212006042001

## ABSTRACT

This research paper reports a study on partially perforated composite samples developed from sugarcane bagasse for sound absorption applications. The utilization of sugarcane bagasse obtained from agricultural by-products and waste as an alternative sound-absorbing material is expected to minimize the need for synthetic sound-absorbing materials. In many developing countries, this waste is often burned, contributing to air pollution and other environmental hazards. **Aim.** The objective of this research is to investigate the effect of partial perforation on sugarcane bagasse composites. Composite samples were made from sugarcane bagasse and unsaturated polyester as a binding material. Subsequently, partial perforations were applied with variations in perforation diameter (1 mm, 2 mm, and 3 mm) and perforation depth (25%, 50%, and 75%) at a thickness of 30 mm. **Methods.** The study was designed using a 3x2 factorial Design of Experiment (DOE) method, where laboratory measurement results (response variables) were analyzed using inferential statistical methods. The Sound Absorption Coefficient (SAC) testing was performed according to ASTM E1058-98 using a 100 mm impedance tube. Sound Transmission Loss (STL) testing was conducted directly using a 60 mm steel pipe. Two-way ANOVA analysis of the laboratory test results was then performed. **Results.** The ANOVA results indicated that the perforation diameter significantly influenced the SAC value. SAC values could be enhanced with the addition of partial perforations in sugarcane bagasse composites at diameters of 1 mm and 2 mm, but decreased at 3 mm in this case. The optimal sample was found in sample S2B with a perforation diameter of 2 mm and perforation depth of 50%. For STL values, both perforation diameter and perforation depth had a significant influence. The optimal sample was found in sample S1A with a perforation diameter of 1 mm and perforation depth of 25%. **Conclusion.** In conclusion, sugarcane bagasse shows potential for use as a sound absorber. The samples in this study were able to absorb sound energy by more than 90% at mid frequencies and provide an average sound energy insulation of 12 dB.

**Keywords:** Sugarcane Bagasse, Partial Perforation, Sound Absorption Coefficient, Sound Transmission Loss

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ir. Ilham Bakri, ST., M.Sc., IPM  
NIP. 197509291999031002

Pembimbing Pendamping



Ir. Kifayah Amar, ST., M.Sc., Ph. D., IPU  
NIP. 197406212006042001

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN DAN NASKAH .....	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACK.....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4. Manfaat Penelitian .....	5
1.5. Batasan Masalah .....	5
<b>BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>7</b>
2.1 Objek Penelitian.....	7
2.2 Jenis Data .....	7
2.3 Metode Pengumpulan Data .....	7
2.4 Bahan dan Alat.....	8
2.6 Metode Analisis Data .....	15
2.7 Diagram Alir Penelitian .....	19
2.8 Kerangka Pikir Penelitian .....	20
<b>BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
3.1. Deskripsi Data .....	21
3.1.1 Data Koefisien Penyerapan Suara ( $\alpha$ ) .....	21
3.1.2 Data Kehilangan Transmisi Suara (dB) .....	24
3.2 Hasil Uji Statistik (ANOVA Dua Arah).....	26
3.2.1 Hasil Uji ANOVA Data Koefisien Penyerapan Suara.....	26
3.2.2 Hasil Uji ANOVA Data Kehilangan Transmisi Suara .....	31
3.3 Sampel Optimal Pengujian.....	37
3.3.1 Sampel Optimal Pengujian Koefisien Penyerapan Suara.....	37
3.3.2 Sampel Optimal Pengujian Kehilangan Transmisi Suara .....	38
<b>BAB IV KESIMPULAN.....</b>	<b>40</b>
4.1 Kesimpulan .....	40
4.2 Saran .....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN.....	48

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kode Sampel .....	12
Tabel 2. Matriks Desain Faktorial $3^2$ .....	16
Tabel 3. Matriks Desain dengan Faktor .....	17
Tabel 4. Matriks Desain dengan Simbol .....	17
Tabel 5. Koefisien Penyerapan Suara Sampel Ampas Tebu .....	21
Tabel 6. Kehilangan Transmisi Suara Sampel Ampas Tebu .....	24
Tabel 7. Hasil Uji Normalitas Data .....	27
Tabel 8. Hasil Uji Homogenitas Data .....	27
Tabel 9. Hasil Uji Anova 2 Jalur Data Koefisien Penyerapan Suara .....	27
Tabel 10. Hasil Uji Tukey untuk Diameter Perforasi .....	29
Tabel 11. Hasil Pengelompokkan Variabel Diameter Perforasi Pada Uji Kehilangan Transmisi Suara Dengan Metode Tukey .....	30
Tabel 12. Hasil Uji Normalitas Data .....	32
Tabel 13. Hasil Uji Homogenitas Data .....	32
Tabel 14. Hasil Uji Anova 2 Jalur Data Kehilangan Transmisi Suara .....	32
Tabel 15. Hasil Uji Tukey untuk Diameter Perforasi .....	34
Tabel 16. Hasil Pengelompokkan Variabel Diameter Perforasi Pada Uji Kehilangan Transmisi Suara Dengan Metode Tukey .....	35
Tabel 17. Hasil Uji Tukey untuk Kedalaman Perforasi .....	35
Tabel 18. Hasil Pengelompokkan Variabel Kedalaman Perforasi Pada Uji Kehilangan Transmisi Suara Dengan Metode Tukey .....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Asal Ampas Tebu.....	2
Gambar 2. Ampas Tebu.....	8
Gambar 3. Resin/Bahan Pengikat Serat dan Katalis.....	8
Gambar 4. Proses Pembuatan Sampel Komposit Ampas Tebu .....	10
Gambar 5. Desain Perforasi Parsial pada Sampel: a) $d=1$ mm, b) $d=2$ mm, c) $d=3$ mm, d) $h=25\%$ , e) $h=50\%$ dan f) $h=75\%$ .....	10
Gambar 6. Templat Perforasi.....	11
Gambar 7. Sampel komposit ampas tebu perforasi parsial ukuran 100 mm.....	11
Gambar 8. Sampel komposit ampas tebu perforasi parsial ukuran 60 mm.....	12
Gambar 9. Diagram Skema Metode Tabung Impedansi (Sailesh Et Al., 2021). ....	13
Gambar 10. Perangkat Pengujian Tabung impedansi.....	14
Gambar 11. Perangkat pengujian kehilangan transmisi suara (Pu et al., 2021) ....	14
Gambar 12. Perangkat Pengujian Kehilangan Transmisi Suara .....	15
Gambar 13. Diagram Alir Penelitian .....	19
Gambar 14. Kerangka Pikir Penelitian.....	20
Gambar 15. Koefisien Penyerapan Suara Sampel Ampas Tebu .....	22
Gambar 16. Kehilangan Transmisi Suara Sampel Ampas Tebu.....	25
Gambar 17. Skema jaringan bahan berpori (Ehsan Samaei et al., 2021).....	31
Gambar 18. Estimate Marginal Means .....	37
Gambar 19. Prototipe Panel Peredam Suara untuk Hasil Pengukuran Koefisien Penyerapan Suara .....	38
Gambar 20. Estimate Marginal Means Kehilangan Transmisi Suara .....	38
Gambar 21. Prototipe Panel Peredam Suara untuk Hasil Pengukuran Kehilangan Transmisi Suara .....	39
Gambar 22. Prototipe Peredam Suara .....	40

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Perhitungan Komposisi Bahan Pada Komposit.....	48
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Koefisien Penyerapan Suara ( $\alpha$ ) Sampel.....	50
Lampiran 3. Hasil Pengukuran Transmisi Suara (dB) Sampel.....	51
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Kehilangan Transmisi Suara (dB) Sampel.....	52
Lampiran 5. Data Input Koefisien Penyerapan Suara Untuk Uji ANOVA.....	53
Lampiran 6. Data Input Kehilangan Transmisi Suara Untuk Uji ANOVA.....	54

# BAB I

## PENDAHULUAN

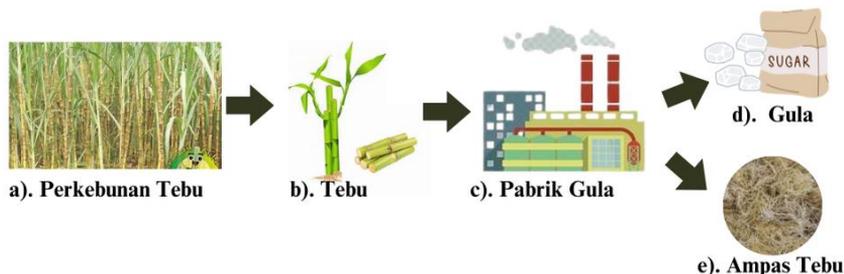
### 1.1. Latar Belakang

Prevalensi kebisingan meningkat karena pertumbuhan penduduk dan urbanisasi (Thattai et al., 2017). Sebagian besar sistem mekanis, peralatan rumah tangga, mesin industri, pesawat terbang dan kendaraan otomotif menimbulkan kebisingan dan getaran selama bekerja (Sambandamoorthy et al., 2021). Paparan tingkat kebisingan yang lebih tinggi secara teratur di tempat kerja dapat menyebabkan kerusakan pendengaran dan penyakit kronis seperti stres, kejengkelan, hipertensi, masalah jantung, dan gangguan tidur (Qiu et al., 2013) (Swinburn et al., 2015). Selain itu, kebisingan juga berdampak negatif terhadap produktivitas kerja, menyebabkan kelelahan dan menurunkan motivasi/kinerja (Abbasi et al., 2020) (Lamb & Kwok, 2016). Isolasi getaran, penghalang, bahan penyerap suara atau penutup mesin dapat digunakan untuk mengurangi kebisingan mekanis dan getaran untuk memerangi polusi suara (Arenas & Crocker, 2010).

Bahan penyerap suara seringkali terbuat dari serat sintetis. Serat sintetis memiliki keunggulan seperti seperti daya tahan tinggi, konduktivitas termal rendah, tahan api, dan hidrofilitas lebih rendah (Taban et al., 2019). Namun, produksi bahan penyerap suara dari serat sintetis dapat menimbulkan beberapa dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan (Ehsan Samaei et al., 2021). Sebagian besar bahan saat ini menggunakan racun yang dapat larut dan tidak dapat terurai secara hayati, sehingga menyebabkan masalah terkait pembuangan (Sailesh et al., 2021). Penggunaan bahan peredam suara sintetis juga terbukti relatif lebih mahal (Tang et al., 2018).

Penggunaan produk samping atau limbah pertanian akan meminimalkan kebutuhan bahan penyerap suara sintetis seperti serat kaca, wol mineral, dan busa (Taban et al., 2021). Di banyak negara berkembang, limbah ini sering dibakar, sehingga berkontribusi terhadap polusi udara dan bahaya lingkungan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa lemahnya sistem pengelolaan limbah (Malawade & Jadhav, 2020). Salah satu pendekatan pengelolaan limbah berkelanjutan adalah dengan menggunakannya dalam pengembangan biokomposit (Das et al., 2022). Menurut (Xu et al., 2018) bahan penyerap suara harus ringan, murah, dan mudah dibentuk, namun pada dasarnya tidak memerlukan sifat mekanik yang tinggi. Bahan penyerap suara umumnya berupa potongan yang ditempel pada dinding dan langit-langit (Abdel-Hakim et al., 2021a). Dapat digunakan untuk ruang publik seperti teater, bioskop, auditorium, ruang serbaguna dan ruang kuliah (Witczak et al., 2021).

Limbah pertanian yang akan digunakan pada penelitian ini adalah ampas tebu. Ampas tebu diperoleh dari pabrik gula yang dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



**Gambar 1. Asal Ampas Tebu**

Tebu yang digunakan untuk produksi gula umumnya berasal dari spesies *Saccharum officinarum*, yang dikenal sebagai tebu gula atau tebu komersial (Zhao et al., 2018). Tebu merupakan tanaman komersial yang telah menjadi sumber pendapatan penting di banyak negara di dunia (Singh et al., 2021). Tebu merupakan sumber 65-70% gula dunia, dan negara berkembang merupakan tempat utama produksi gula (Makul & Sua-lam, 2016). Indonesia merupakan negara penghasil tebu terbesar kesembilan di dunia dengan produksi tebu sebesar 29 juta ton (Toscano Miranda et al., 2021). Menurut Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) dalam (Toscano Miranda et al., 2021), pada tahun 2021 Indonesia merupakan negara penghasil tebu terbesar kesembilan dunia. Pada tahun 2022, luas area perkebunan di Indonesia meningkat sebesar 8,36% dibandingkan tahun sebelumnya, mencapai 490.000 hektar. Di Sulawesi Selatan, total luas area perkebunan tebu mencapai 13.045 hektar dengan produksi gula sebesar 25.427 ton (BPS, 2023). Dengan demikian, bahan baku ampas tebu tersedia dalam jumlah melimpah, baik di tingkat global maupun di Indonesia.

Pemanfaatan ampas tebu untuk penyediaan bahan baku telah menarik perhatian. Pemanfaatan limbah ampas tebu dalam penyerapan suara diharapkan bersifat alami, terbarukan, murah, lebih ringan, dan dapat terurai secara hayati. Ampas tebu adalah bahan berserat yang tersisa setelah sari tebu diekstraksi dan merupakan sekitar 30 hingga 40% berat tebu. Setiap ton tebu menghasilkan sekitar 280 kg ampas tebu (Singh et al., 2021) atau sekitar 24-36% ampas tebu dari total penghancuran tebu tergantung pada kondisi dan jenis tebu (Laksono et al., 2014).

Ampas tebu mengandung selulosa (Evans et al., 2019). Selulosa adalah bahan kerangka tumbuhan (Shanks, 2015). Selulosa dianggap sebagai sumber daya alam yang tidak terbatas dan berkelanjutan (Harini & Chandra Mohan, 2020). Keunggulan bahan yang mengandung selulosa sering dimanfaatkan oleh para peneliti (Hidayah et al., 2021). Beberapa peneliti telah

mempelajari sifat akustik, termal (Mohamed et al., 2021) dan mekaniknya (Guna et al., 2019) (Anidha et al., 2019) dari serat selulosa. Namun pada penelitian ini akan fokus mempelajari sifat akustiknya, karena penelitian (Silva et al., 2019) melaporkan bahwa koefisien serap suara dari serat selulosa ampas tebu memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan serat kelapa dan serat sisal. Penelitian (Malawade & Jadhav, 2020) menyelidiki koefisien serap suara komposit ampas tebu dengan ketebalan berbeda. Dimana ketebalan mempunyai pengaruh yang pada kinerja akustik. Penelitian (Kesharwani et al., 2020) telah mengidentifikasi sejumlah serat alami yang menyarankan penggunaan panel berlubang atau bahan pengikat yang sesuai untuk meningkatkan penyerapan suara.

Seperti kita ketahui, bahan penyerap suara yang umum digunakan dalam pengurangan kebisingan yaitu bahan berpori dan bahan penyerap resonansi (Malawade & Jadhav, 2020). Pada umumnya peredam resonansi terbuat dari pelat tipis perforasi yang berlubang mikro. Sebagian besar peredam ini memerlukan penyekat celah udara tambahan dan peredam suara dinding untuk memaksimalkan kinerjanya (Yang et al., 2015);(Liu et al., 2017);(Xu et al., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh (Yuvaraj et al., 2021) mengembangkan panel perforasi pada penyerap berpori yang dikenal dengan komposit perforasi parsial. Serat alam yang digunakan adalah rami dengan variabel percobaan kedalaman perforasi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kedalaman perforasi mempengaruhi sifat penyerapan dan transmisi suara pada panel.

Sangat sedikit penelitian yang menyelidiki performa penyerapan suara dan transmisi suara pada komposit perforasi parsial. Untuk mengetahui kinerja bahan penyerap suara dapat dilakukan kedua pengukuran tersebut (Tie et al., 2020). Kinerja penyerapan suaranya bergantung pada beberapa parameter struktural seperti ketebalan papan berlubang, rasio perforasi, ukuran perforasi (diameter lubang) dan kedalaman rongga (Xu et al., 2018). Perforasi adalah lubang atau ruang dalam material yang tidak berisi padatan, melainkan udara. Jika ukurannya kecil, perforasi ini disebut pori-pori. Oleh karena itu, rasio perforasi sama dengan porositas (Carbajo et al. 2017). Fenomena penyerapan suara terjadi akibat kehilangan energi kental di dalam pori-pori atau lubang-lubang tersebut. Perforasi parsial dilakukan pada material Tunggal pada kedalaman tertentu. Diameter perforasi biasanya sekitar 1 mm atau lebih (Zhang et al., 2020). Diameter berkisar antara 1 hingga 6 mm dilakukan dalam penelitian (Xu et al., (2018). Kedalaman perforasi dalam penelitian (Yuvaraj et al., 2021) adalah 25%, 50% dan 75% dari ketebalan sampel.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat panel komposit peredam suara perforasi parsial. Seperti kita ketahui, komposit memiliki dua elemen utama yaitu bahan penguat dan matriks (Akash et al., 2020). Bahan penguat ditambahkan ke dalam komposit untuk meningkatkan sifat tribologi dan mekanik, dan elemen matriks menjadi dasar komposisi dan perekat (Akash et

al., 2020) (Kandpal et al., 2021). Bahan penguat yang digunakan yaitu ampas tebu dan matrik yang digunakan yaitu resin Poliester tak jenuh. Rasio volume serat lebih tinggi dibandingkan resin (60:40) karena matriks resin Poliester tak jenuh stabil dalam komposit pada komposisi 60% (Abu-Jdayil, 2019). Ketebalan komposit yang dibuat yaitu 30 mm. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan suara ampas tebu yang optimal adalah pada ketebalan ini (Haryono et al., 2018); (Malawade & Jadhav, 2020); ( Sakthivel et al., 2021).

Prosedur pengukuran sampel komposit dilakukan sesuai dengan standar ASTM (*American Standard Testing and Material*). ASTM E1050-98 digunakan untuk mengukur koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) menggunakan instrumen tabung impedansi (Buratti et al., 2018);(Tang et al., 2018);(Sailesh et al., 2021). Koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) mewakili fraksi energi akustik gelombang datang yang diserap oleh sampel (Boquera et al., 2021). Nilai koefisien penyerapan suara bervariasi terhadap frekuensi (Hz) dan secara teoritis berkisar antara 0 hingga 1, di mana 0 berarti bahan sepenuhnya memantulkan energi suara yang datang dan 1 berarti bahan sepenuhnya menyerap energi suara (Tie et al., 2020). Sedangkan pengukuran kehilangan transmisi suara (dB) menggunakan metode langsung (*Direct Methods*) dimana instrumen pengukuran yang digunakan dibuat sendiri seperti penelitian terdahulu (Pu et al., 2021). Kehilangan transmisi suara dinyatakan dalam satuan desibel (dB). Dari sudut pandang fisik, ini mewakili jumlah suara yang mampu diisolasi oleh suatu bahan (Elkhessaimi et al., 2017). Semakin tinggi nilai tersebut, semakin bagus suatu bahan dalam mengisolasi suara. Hasil pengukuran ini akan diperoleh masing-masing nilai koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) dan kehilangan transmisi suara (dB) terhadap frekuensi (Hz) pada sampel komposit.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dirancang sesuai dengan metode desain eksperimen (DOE), yaitu desain faktorial  $3^2$  dimana analisis hasil pengukuran laboratorium (variabel respon) menggunakan metode statistik inferensial. Dua faktor (ukuran perforasi dan kedalaman perforasi) dengan masing-masing tiga tingkat faktor (1 mm, 2 mm, dan 3 mm) (25%, 50%, 75%) akan diujikan. Uji Analisis Varian (ANOVA) dua arah dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak statistik untuk mengetahui pengaruh dari faktor baik secara parsial maupun bersama-sama terhadap variabel respon (Durakovic, 2017) ) (Harris *et al.*, 2012).

## 1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh ukuran dan kedalaman perforasi pada panel komposit ampas tebu terhadap koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ )?

2. Bagaimana pengaruh ukuran dan kedalaman perforasi pada panel komposit ampas tebu terhadap kehilangan transmisi suara (dB)?
3. Bagaimana desain ukuran dan kedalaman perforasi terbaik pada panel komposit peredam suara?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) komposit ampas tebu akibat pengaruh perbedaan ukuran dan kedalaman perforasi.
2. Mengetahui kehilangan transmisi suara (dB) komposit ampas tebu akibat pengaruh perbedaan ukuran dan kedalaman perforasi.
3. Menentukan variasi ukuran dan kedalaman perforasi pada komposit ampas tebu yang menghasilkan nilai koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) dan kehilangan transmisi suara (dB) terbaik.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang dapat diperoleh dari penelitian ini ditujukan bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi Penulis  
Memperluas wawasan dalam aplikasi teknologi ramah lingkungan serta meningkatkan keterampilan dalam penelitian dan pengembangan bahan berbasis daur ulang. Selain itu, penelitian ini juga memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk berkontribusi dalam inovasi solusi berkelanjutan dalam industri teknik akustik.
2. Bagi Pihak Perusahaan  
Potensi untuk mengurangi biaya pengelolaan limbah sambil memproduksi produk baru yang dapat meningkatkan citra perusahaan dalam praktik keberlanjutan. Selain itu, penggunaan limbah sebagai bahan baku dapat membuka peluang untuk pengembangan produk yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.
3. Bagi Masyarakat Umum  
Memberikan solusi inovatif untuk mengurangi polusi suara di lingkungan sekitar, serta mengedukasi tentang potensi penggunaan bahan samping/limbah dalam industri untuk mendukung keberlanjutan lingkungan. Selain itu dapat digunakan sebagai acuan pengembangan penelitian berikutnya.

### 1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bahan penguat yang digunakan adalah serat alam yaitu ampas tebu.
2. Ampas tebu diperoleh dari pabrik gula di Desa Arasoe Kabupaten Bone.

3. Perlakuan kimia pada serat menggunakan larutan alkali NaOH 5% dan waktu perendaman selama 1 jam.
4. Matriks atau bahan pengikat yang digunakan adalah Resin Polyester tak jenuh dengan 1% katalis.
5. Rasio serat/resin yaitu 60:40.
6. Ketebalan panel komposit yaitu 30 mm.
7. Proses pembuatan komposit dilakukan dengan Metode *Hand Lay-up*.
8. Tipe komposit serat adalah *randomly oriented discontinuous fiber*.
9. Diameter sampel dibuat sebesar 100 mm untuk mengukur koefisien absorpsi suara ( $\alpha$ ) dan 60 mm untuk pengukuran kehilangan transmisi suara (dB).
10. Pengujian penyerapan suara ( $\alpha$ ) sesuai spesifikasi ASTM E1050-98 dengan metode tabung impedansi fungsi transfer. Pengujian dilakukan di Laboratorium Akustik, Teknik Arsitektur, Universitas Hasanuddin.
11. Pengujian kehilangan transmisi suara (dB) menggunakan metode langsung (*Direct Methods*). Pengujian dilakukan di Laboratorium Kedap Suara, Teknik Industri, Universitas Hasanuddin.

## BAB II METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada 57 sampel panel komposit perforasi parsial berbahan dasar ampas tebu dan *Unsaturated Polyester Resin* yang telah dibuat (60:40) dengan ukuran perforasi berbeda (1 mm, 2 mm, dan 3 mm) dan kedalaman perforasi (25%, 50% dan 75%) dengan ketebalan komposit 30 mm. Sampel yang digunakan meliputi 27 sampel untuk menguji koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ), 27 sampel untuk menguji kehilangan transmisi suara (dB) dan 3 sampel tanpa perlakuan perforasi parsial.

### 2.2 Jenis Data

Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Data primer yaitu data hasil pengukuran koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) dan kehilangan transmisi suara (dB) pada sampel panel komposit yang telah dibuat. Data penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengukuran sampel komposit dengan menggunakan alat uji.
2. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini yaitu data spesifikasi bahan seperti massa jenis resin dan ampas tebu yang dibutuhkan dalam pembuatan sampel.

### 2.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang diperlukan untuk penelitian ini diperoleh dengan cara :

1. Penelitian Kepustakaan (*Library Research*)  
Penelitian kepustakaan dilakukan dengan mencari referensi dari internet, buku, serta jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini.
2. Penelitian Eksperimen (*Experiment Research*)  
Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dirancang berdasarkan metode *Design of Experiment* (DOE) yaitu desain faktorial  $3^2$ . Dua faktor yang menjadi variabel bebas adalah ukuran dan kedalaman perforasi. Level variabel bebas meliputi tiga tingkat ukuran perforasi (1 mm, 2 mm, dan 3 mm) dan kedalaman perforasi (25%, 50%, dan 75%). Analisis variabel respon (koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) dan kehilangan transmisi suara (dB)) dari hasil uji laboratorium menggunakan metode statistik inferensial yaitu ANOVA.

## 2.4 Bahan dan Alat

### 2.4.1 Bahan Penelitian

Ampas tebu adalah salah satu bahan penelitian yang diperoleh dari Pabrik Gula Arasoe, Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan, Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2. Ampas Tebu**

Berat jenis ampas tebu berkisar antara 0.215-0,55 g/cm<sup>3</sup> dan diameter serat sekitar 0.3-0.5 mm (Ramlee et al., 2021)(Hugot & Jenkins, 1986). Perawatan permukaan serat ampas tebu dengan direndam dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 5% selama 1 jam (Bartos et al., 2020). Perawatan ini menggunakan metode konvensional dengan rasio larutan terhadap serat 20:1 (Olcay & Kocak, 2021). Tujuan dari perlakuan ini adalah untuk memastikan serat bebas dari kotoran dan komponen non-selulosa untuk menghindari pengaruh jamur dan bakteri (Haque et al., 2017);(Santoni et al., 2019);(Mohamed et al., 2021). Selain itu, perlakuan ini dapat meningkatkan daya rekat antara permukaan serat dengan matriks (Ghaffar, 2017);(Shahzad, 2017). Serat yang dihasilkan kemudian dicuci dengan air dan dikeringkan pada suhu atmosfer setempat selama 8 jam (Malawade & Jadhav, 2020). Serat kering disimpan dalam wadah/plastik kedap udara hingga siap digunakan. Matriks atau bahan pengikat yang digunakan adalah resin polyester tak jenuh dengan kepadatan spesifik 1,215 g/cm<sup>3</sup> dengan katalis 1% dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Resin/Bahan Pengikat Serat dan Katalis**

Selain dua bahan utama diatas, juga digunakan bahan pendukung lainnya seperti *mirror glaze* untuk memudahkan sampel komposit dibuka dari cetakan, lem lilin untuk membuat cetakan sampel dan aquadest untuk melarutkan padatan NaOH dalam perawatan permukaan serat.

#### 2.4.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam pembuatan sampel penelitian yaitu cetakan silinder dari seng, alas keramik, lem tembak, timbangan digital, templat cetakan perforasi, bor listrik, gelas ukur, kuas, pengaduk, dan wadah plastik dan ember.

#### 2.4.3 Pembuatan Sampel Komposit

Pembuatan sampel menggunakan metode Hand Lay-up. Rasio volume serat yang digunakan lebih banyak dibandingkan resin (60:40) karena matriks resin Poliester tak jenuh stabil dalam komposit pada komposisi 60% (Abu-Jdayil, 2019). Pembuatan sampel mengikuti persamaan matematis (1) berikut (Barkhad et al., 2020).

$$\rho_{\text{composite}} = \left( \frac{W_{\text{fiber}}}{\rho_{\text{fiber}}} + \frac{W_{\text{matriks}}}{\rho_{\text{matriks}}} \right) \quad (1)$$

Dimana :

$\rho_{\text{composite}}$  = Densitas komposit

$W_{\text{fiber}}$  = Fraksi berat serat

$\rho_{\text{fiber}}$  = Densitas serat

$W_{\text{matriks}}$  = Fraksi berat matriks

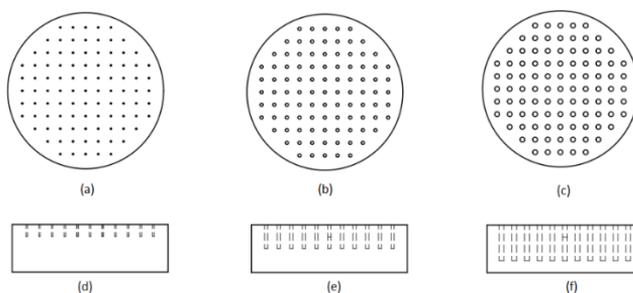
$\rho_{\text{matriks}}$  = Densitas serat

Dari kerangan diatas,  $\rho$  adalah densitas dan  $w$  adalah fraksi berat dari masing-masing komponen dalam komposit. Fraksi berat dapat diperoleh setelah menentukan volume komponen. Setelah menemukan berat dari masing-masing serat dan matriks, kedua bahan tersebut kemudian ditimbang dan siap dibuat. Serat dan resin dicampur hingga merata kemudian dituangkan ke dalam cetakan seng berbentuk silinder dengan diameter 100 mm dan 60 mm untuk sampel uji dengan ketebalan 30 mm. Ketebalan sampel ampas tebu pada 30 mm telah terbukti baik dalam sifat penyerapan suara pada beberapa penelitian terdahulu (Sakthivel et al., 2021b)(Malawade & Jadhav, 2020)(Haryono et al., 2018) . Sebelumnya cetakan dilapisi dengan bahan anti lengket (*mirror glaze*) agar sampel mudah dikeluarkan dari cetakan. Proses pembuatan sampel komposit ditunjukkan pada Gambar 4.

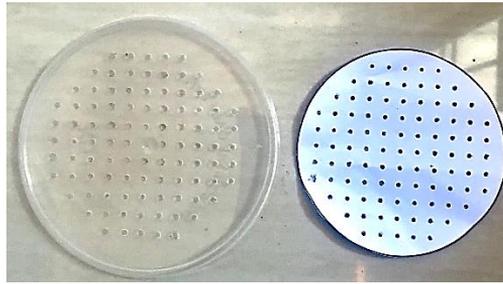


**Gambar 4. Proses Pembuatan Sampel Komposit Ampas Tebu**

Sampel komposit yang telah dicetak, dibiarkan pada suhu kamar hingga kering atau selama satu minggu (Xu et al., 2018). Setelah dikeringkan, sampel diberi lubang parsial dengan bantuan bor listrik dan templat cetakan untuk memastikan pola perforasi yang sama. Desain dan cetakan perforasi dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Sampel dibor dengan kedalaman 7.5, 15, dan 22.5 mm dengan masing-masing diameter bukaan 1, 2 dan 3 mm dalam radius 8 mm (Yuvaraj et al., 2021b) (Xu et al., 2018). Sampel komposit ampas tebu yang telah diberikan lubang parsial dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8 dan penjelasan kode sampel pada Tabel 1. berikut.



**Gambar 5. Desain Perforasi Parsial pada Sampel: a)  $d=1$  mm, b)  $d=2$  mm, c)  $d=3$  mm, d)  $h=25\%$ , e)  $h=50\%$  dan f)  $h=75\%$**



**Gambar 6. Templat Perforasi**



a). S1A



b). S1B



c). S1C



d). S2A



e). S2B



f). S2C



g). S3A

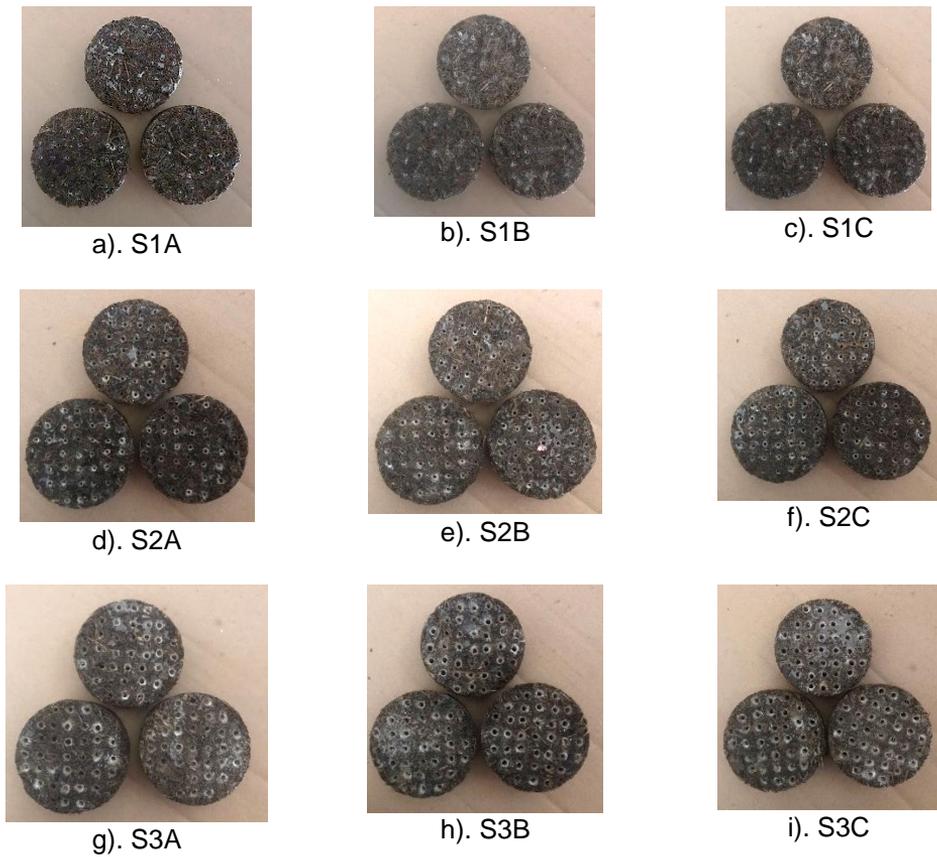


h). S3B



i). S3C

**Gambar 7. Sampel komposit ampas tebu perforasi parsial ukuran 100 mm**



**Gambar 8. Sampel komposit ampas tebu perforasi parsial ukuran 60 mm**

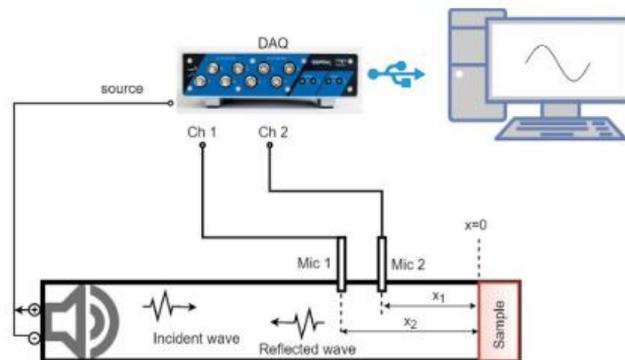
**Tabel 1. Kode Sampel**

Kode Sampel Pengujian	Diameter Perforasi (mm)	Kedalaman Perforasi (%)
S0	0	0
S1A	1	25%
S1B	1	50%
S1C	1	75%
S2A	2	25%
S2B	2	50%
S2C	2	75%
S3A	3	25%
S3B	3	50%
S3C	3	75%

## 2.5 Metode Pengujian Sampel

### 2.5.1 Pengujian Koefisien Penyerapan Suara ( $\alpha$ )

Pengujian koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) dilakukan dengan menggunakan metode tabung impedansi dua mikrofon sesuai ASTM E1058-98 (Buratti et al., 2018);(Tang et al., 2018);(Sailesh et al., 2021). Pengukuran menggunakan tabung impedansi membutuhkan ukuran spesimen yang relatif kecil daripada metode lain (Tie et al., 2020). Diagram skema penelitian ini diilustrasikan seperti pada Gambar 9 berikut.



**Gambar 9. Diagram Skema Metode Tabung Impedansi (Sailesh Et Al., 2021).**

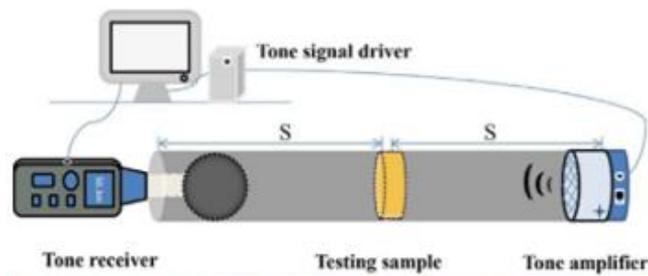
Tabung impedansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah paket tabung impedansi Brüel & Kjær dengan kerangka yang terdiri dari tabung impedansi tipe 4206 dengan dua penerima kondensor ¼ inci tipe 4187, amplifierr 2716C, dan modul pengadaan Xi LAN tipe 3160- A-042, dan dikaitkan ke peralatan PC melalui program PULSE LabShop versi 1.16.0 (Wicaksono et al., 2023). Pengeras suara terletak di salah satu ujung tabung impedansi dan menghasilkan gelombang suara broadband pada frekuensi konstan yang kemudian ditransmisikan ke permukaan sampel (Taban et al., 2019). Sedangkan sampel ditempatkan diujung yang berlawanan (Malawade & Jadhav, 2020). Sinyal akustik insiden merambat sebagai gelombang bidang dalam tabung impedansi, di mana sinyal gelombang insiden dan pantulan diambil dan dianalisis (Tang et al., 2018). Pengaturan eksperimental untuk pengukuran koefisien penyerapan suara dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



**Gambar 10. Perangkat Pengujian Tabung impedansi**

### 2.5.2 Pengujian Kehilangan Transmisi Suara (dB)

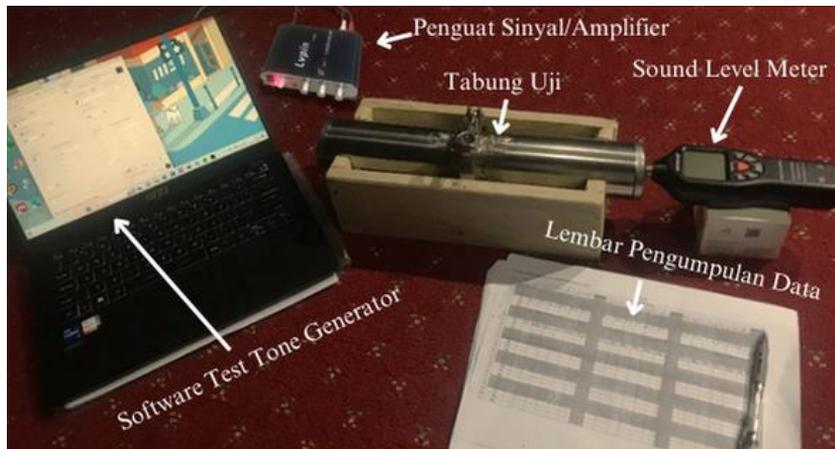
Pengujian kehilangan transmisi suara (dB) menggunakan metode langsung (*direct method*), dimana instrumen pengujian dibuat sesuai standar acuan ASTM E2611-09. Pengaturan eksperimental ditunjukkan pada Gambar 11 berikut.



**Gambar 11. Perangkat pengujian kehilangan transmisi suara (Pu et al., 2021)**

Perangkat pengujian yang digunakan terbuat dari pipa baja tahan karat dengan permukaan bagian dalam yang halus (tebal 1,5 mm, diameter 60 mm, dan panjang 300 mm) dan program pembangkit sinyal audio (*test tone generator*) yang dipasang di komputer mampu mentransmisikan suara mulai dari 200 hingga 1600 Hz. Sinyal audio diperkuat oleh perangkat penguat (*speaker*) yang terletak di sisi kanan yang didistribusikan sepanjang pipa. Sinyal audio melewati sampel hingga mencapai pengukur tingkat suara digital (*sound level metre*) di sisi kiri. Sinyal audio yang ditransmisikan diukur dan direkam. Pengukuran diulang tiga kali untuk setiap sampel. Hasil pengumpulan data kehilangan transmisi suara (dB) dapat dilihat pada

Lampiran 3. Perangkat pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



**Gambar 12. Perangkat Pengujian Kehilangan Transmisi Suara**

## 2.6 Metode Analisis Data

Metode analisis data yang dilakukan yaitu :

### 1. Koefisien Penyerapan Suara ( $\alpha$ )

Koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) diukur dengan menggunakan metode tabung impedansi fungsi transfer. Hasil pengujian disajikan dalam bentuk grafik yang menunjukkan karakteristik koefisien penyerapan suara ( $\alpha$ ) pada sampel komposit versus frekuensi (Hz). Teknik analisis datanya dengan membandingkan kurva yang terbentuk pada grafik, khususnya nilai koefisien penyerapan suara sebagai fungsi frekuensi. Rata-rata koefisien penyerapan bahan pada frekuensi tertentu digunakan untuk penyederhanaan. Rata-rata koefisien penyerapan suara dinyatakan sebagai  $\bar{\alpha}$  berikut (Peng, 2017):

$$\bar{\alpha} = \frac{(\alpha Y_1 + \alpha Y_2 + \alpha Y_3 + \dots + \alpha Y_n)}{n} \quad (2)$$

Dimana :

$\alpha$  = Data koefisien penyerapan suara

$Y$  = Rentang frekuensi

$n$  =Jumlah Data koefisien penyerapan suara di berbagai rentang frekuensi

$\alpha_{Y_1}, \dots, \alpha_{Y_n}$  adalah koefisien penyerapan suara yang ditentukan untuk rentang frekuensi berbeda ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ ).

### 2. Kehilangan Transmisi Suara (dB)

Kehilangan transmisi suara atau *sound transmission loss* (STL) diukur dengan menggunakan metode langsung. Kehilangan transmisi suara suatu bahan dalam rentang frekuensi tertentu diukur dalam desibel (dB). Hasil pengukuran diperoleh dengan menggunakan *sound level meter* yang menghasilkan nilai intensitas suara (dB). Teknik analisis data menggunakan persamaan sebagai berikut (Kumar et al., 2019);(Kesharwani et al., 2020) :

$$\text{STL (dB)} = (\text{Tekanan suara tanpa bahan}) - (\text{Tekanan suara dengan bahan}) \quad (2)$$

### 3. Analisis Statistik

Nilai rata-rata dari semua tes dikumpulkan dan data dianalisis dengan analisis varians (ANOVA) dua arah untuk menafsirkan hasil. Tujuan dari ANOVA adalah untuk menentukan perbedaan antara sampel untuk semua pengujian dan kemudian diatur signifikansi statistik pada ( $P < 0,05$ ). Uji ANOVA dilakukan untuk menguji pengaruh variabel bebas (ukuran perforasi dan kedalaman perforasi) terhadap masing-masing variabel respon (koefisien penyerapan suara dan kehilangan transmisi suara). Selain itu, interaksi antar variabel dievaluasi menggunakan tes ini. Perangkat lunak statistik yang digunakan adalah SPSS V.26. Berdasarkan desain faktorial  $3^2$ , akan dihasilkan sembilan sampel untuk memperoleh variabel respon. Dengan replikasi pengujian sebanyak tiga kali, maka akan dianalisis 27 sampel secara acak. Dua faktor yakni sebagai variabel bebas (ukuran dan kedalaman perforasi) merupakan variabel kontinu sehingga masing-masing faktor mempunyai tiga tingkatan yang dipilih. Adapun matriksnya dapat dilihat pada Tabel 2-4 berikut.

**Tabel 2. Matriks Desain Faktorial  $3^2$**

Faktor	Simbol	Unit	Tingkat		
			-1	0	1
Ukuran Perforasi	X1	mm	1	2	3
Kedalaman Perforasi	X2	%	25	50	75

**Tabel 3. Matriks Desain dengan Faktor**

No	Diameter Perforasi	Kedalaman Perforasi		
		25%	50%	75%
1	1 mm	S1A <sub>I</sub>	S1B <sub>I</sub>	S1C <sub>I</sub>
2		S1A <sub>II</sub>	S1B <sub>II</sub>	S1C <sub>II</sub>
3		S1A <sub>III</sub>	S1B <sub>III</sub>	S1C <sub>III</sub>
4	2 mm	S2A <sub>I</sub>	S2B <sub>I</sub>	S2C <sub>I</sub>
5		S2A <sub>II</sub>	S2B <sub>II</sub>	S2C <sub>II</sub>
6		S2A <sub>III</sub>	S2B <sub>III</sub>	S2C <sub>III</sub>
7	3 mm	S3A <sub>I</sub>	S3B <sub>I</sub>	S3C <sub>I</sub>
8		S3A <sub>II</sub>	S3B <sub>II</sub>	S3C <sub>II</sub>
9		S3A <sub>III</sub>	S3B <sub>III</sub>	S3C <sub>III</sub>

**Tabel 4. Matriks Desain dengan Simbol**

No	X1	X2		
		-1	0	0
1	-1	S1A <sub>I</sub>	S1B <sub>I</sub>	S1C <sub>I</sub>
2		S1A <sub>II</sub>	S1B <sub>II</sub>	S1C <sub>II</sub>
3		S1A <sub>III</sub>	S1B <sub>III</sub>	S1C <sub>III</sub>
4	0	S2A <sub>I</sub>	S2B <sub>I</sub>	S2C <sub>I</sub>
5		S2A <sub>II</sub>	S2B <sub>II</sub>	S2C <sub>II</sub>
6		S2A <sub>III</sub>	S2B <sub>III</sub>	S2C <sub>III</sub>
7	1	S3A <sub>I</sub>	S3B <sub>I</sub>	S3C <sub>I</sub>
8		S3A <sub>II</sub>	S3B <sub>II</sub>	S3C <sub>II</sub>
9		S3A <sub>III</sub>	S3B <sub>III</sub>	S3C <sub>III</sub>

Adapun data input koefisien penyerapan suara dan kehilangan transmisi suara di SPSS dapat dilihat pada Lampiran 5 dan 6. Adapun hasil dari keluaran aplikasi SPSS dapat diinterpretasikan dengan dasar hipotesis berikut. Hipotesis pertama yang akan diuji adalah:

H0<sub>1</sub> : Diameter perforasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.

H0<sub>2</sub> : Kedalaman perforasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.

- H1<sub>1</sub> : Diameter perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>2</sub> : Kedalaman perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>3</sub> : Interaksi Diameter perforasi dan kedalaman perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>4</sub> : Interaksi X1 dan X2 tidak berpengaruh secara signifikan terhadap koefisien penyerapan suara komposit ampas tebu.

Adapun hipotesis kedua yang akan diuji adalah :

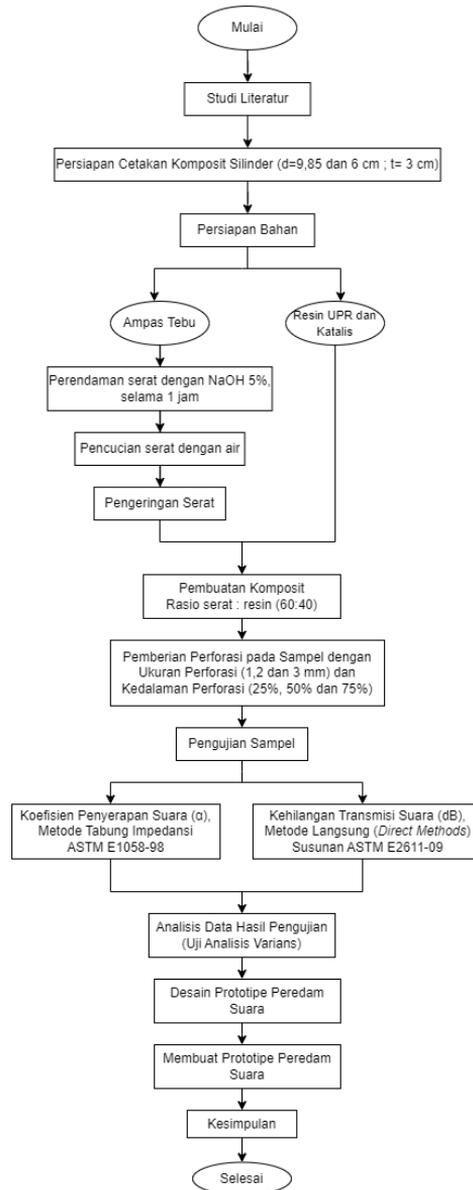
- H0<sub>1</sub> : Diameter perforasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.
- H0<sub>2</sub> : Kedalaman perforasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>1</sub> : Diameter perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>2</sub> : Kedalaman perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>3</sub> : Interaksi Diameter perforasi dan kedalaman perforasi berpengaruh secara signifikan terhadap kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.
- H1<sub>4</sub> : Interaksi X1 dan X2 tidak berpengaruh secara signifikan terhadap Kehilangan transmisi suara komposit ampas tebu.

Pengujian hipotesis diatas menggunakan statistik F dengan kriteria pengambilan keputusan sebagai berikut.

- Jika probabilitas ( $\text{sig } F$ )  $> \alpha$  (0,05) maka Ho gagal ditolak dan hipotesis alternatif yaitu Ha ditolak.
- Jika probabilitas ( $\text{sig } F$ )  $< \alpha$  (0,05) maka Ho ditolak dan hipotesis alternatif yaitu Ha diterima.

## 2.7 Diagram Alir Penelitian

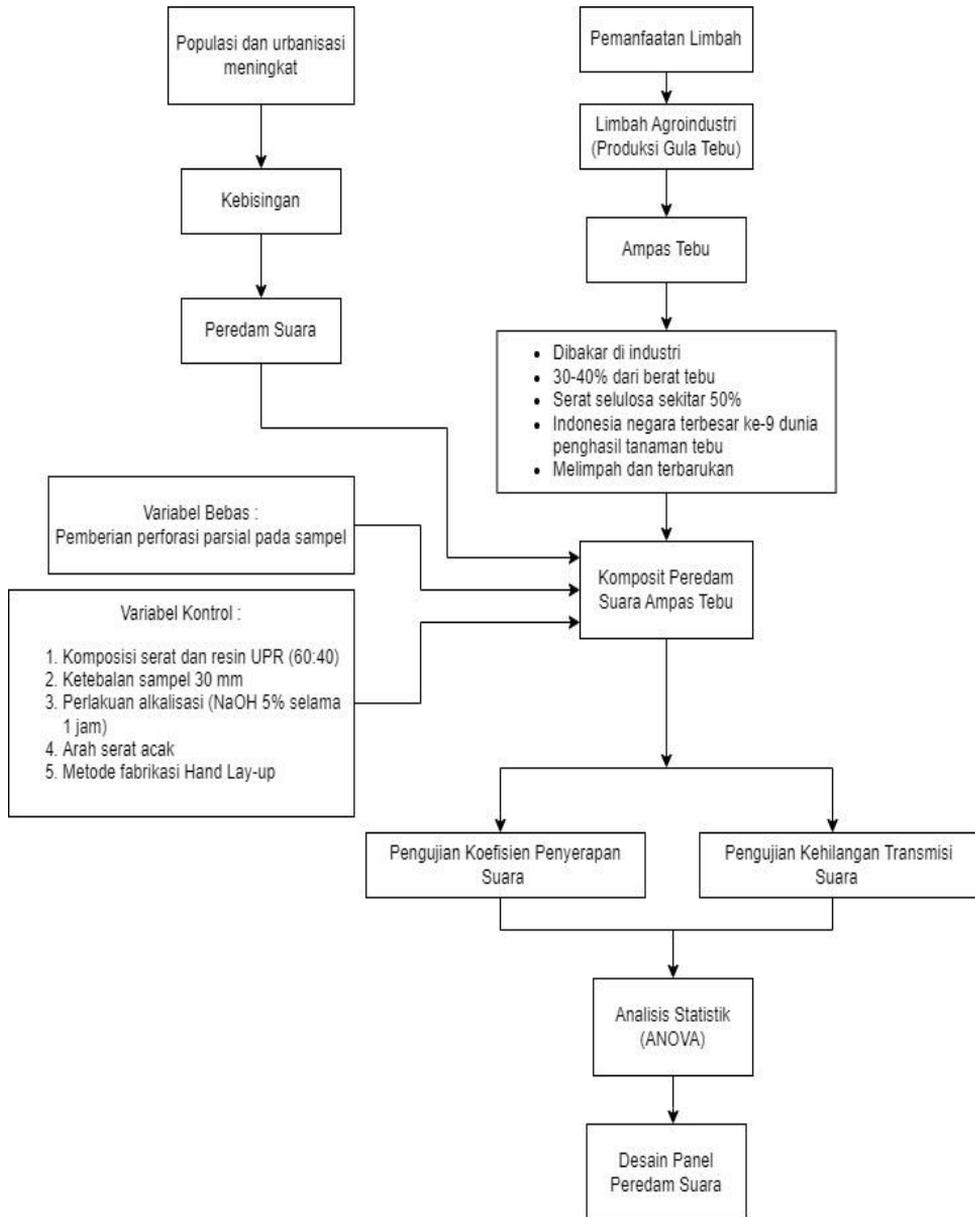
Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.



**Gambar 13. Diagram Alir Penelitian**

## 2.8 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



**Gambar 14. Kerangka Pikir Penelitian**