

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERAT AMPAS TEBU
DENGAN Matriks LIMBAH PLASTIK/POLYPROPYLENE
DAN PENGISI SLUDGE KERTAS PADA PENGUJIAN SIFAT
AKUSTIK PANEL KOMPOSIT**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains*



Oleh:

KASIH SYIRPIA

NIM. 17034074/2017

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2021

PERSETUJUAN SKRIPSI

Pengaruh Variasi Komposisi Serat Ampas Tebu dengan Matriks Limbah Plastik/*Polypropylene* dan Pengisi *Sludge* Kertas pada Pengujian Sifat Akustik Panel Komposit

Nama : Kasih Syirpia
NIM : 17034074
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 08 November 2021

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Dr. Ratnawulan, M.Si.
NIP. 19690120 199303 2 002

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Dra. Yenni Darvina, M.Si.
NIP. 19630911 198903 2 003

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

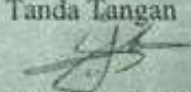
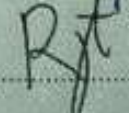
Nama : Kasih Syirpia
NIM : 17034074
Program Studi : Fisika
Jurusan : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI SERAT AMPAS TEBU DENGAN MATRIKS LIMBAH PLASTIK/*POLYPROPYLENE* DAN PENGISI *SLUDGE* KERTAS PADA PENGUJIAN SIFAT AKUSTIK PANEL KOMPOSIT

Dinyatakan Lulus Setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 08 November 2021

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	: Dra. Yenni Darvina, M.Si.	
Anggota	: Dra. Hidayati, M.Si.	
Anggota	: Dr. Riri Jonuarti, M.Si.	

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis saya, tugas akhir berupa skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Komposisi Serat Ampas Tebu dengan Matriks Limbah Plastik/*Polypropylene* dan Pengisi *Sludge* Kertas pada Pengujian Sifat Akustik Panel Komposit” adalah asli karya sendiri;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali dari pembimbing;
3. Didalam karya tulis ini, tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan di dalam naskah dengan menyebutkan pengarang dan dicantumkan dalam perpustakaan;
4. Pernyataan ini saya buat sesungguhnya dan apabila terdapat penyimpangan didalam pernyataan ini, saya menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai norma dan ketentuan hukum yang berlaku.

Padang, 8 November 2021

Saya yang menyatakan



Kasih Syirpia

NIM: 17034074

Pengaruh Variasi Komposisi Serat Ampas Tebu dengan Matriks Limbah Plastik/Polypropylene dan Pengisi Sludge Kertas pada Pengujian Sifat Akustik Panel Komposit

Kasih Syirpia

ABSTRAK

Kebisingan dapat mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan seseorang. Kebisingan dapat mengakibatkan gangguan emosional, kecemasan dan stress. Pada tingkat dan durasi paparan tertentu, kebisingan dapat menjadi lebih dari sekedar gangguan hingga bahkan dapat merusak indra pendengaran. Salah satu upaya dalam pengendalian kebisingan adalah dengan pemilihan bahan yang bersifat akustik. Penggunaan bahan tersebut dapat dijadikan sebagai panel atau lapisan yang dapat meredam bunyi/suara, sehingga dapat mengurangi kebisingan. Panel dapat dibuat dari komposit dengan bahan-bahan yang ramah lingkungan. Pada penelitian ini menggunakan serat ampas tebu, limbah plastik polypropylene dan sludge kertas. Selain sebagai bahan penyerap bunyi, panel komposit juga diharapkan sebagai salah satu alternatif dalam menyelesaikan masalah lingkungan khususnya limbah serat ampas tebu, limbah plastik dan limbah industri kertas. Penelitian ini menentukan nilai dari koefisien absorpsi dan refleksi bunyi yang dihasilkan dari panel komposit yang telah dibuat. Semakin besar nilai koefisien absorpsi bunyi maka semakin baik bahan tersebut dijadikan sebagai bahan peredam bunyi.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode tabung impedansi. Pada penelitian ini menggunakan matriks dari limbah plastik polypropylene dan pengisi sludge kertas dengan komposisi 40:60. Penelitian ini memvariasikan komposisi serat yang digunakan dalam pembuatan panel komposit yaitu 0%,1%,2% 3% dari berat total panel komposit yang dibuat. Serat Ampas tebu yang digunakan adalah serat yang telah di alkalisasi, sehingga dapat meningkatkan adhesi antarmuka antara serat dengan matriks agar menghasilkan interlocking mekanis yang lebih baik.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan nilai koefisien absorpsi bunyi paling tinggi adalah pada sampel dengan variasi komposisi serat paling besar. Nilai koefisien absorpsi bunyi paling tinggi yaitu 0,98 pada frekuensi 8000 Hz dengan komposisi serat 3%. Semakin banyak serat yang digunakan dalam panel komposit maka nilai koefisien absorpsi bunyi juga meningkat. Hal ini dikarenakan dengan penambahan serat ampas tebu panel komposit dapat meningkatkan pori dan volume ketebalan. Sehingga dapat menyerap bunyi yang melewatinya. Nilai koefisien absorpsi bunyi paling rendah yaitu 0,63 pada frekuensi 2000 Hz dengan sampel tanpa serat atau 0% . Seluruh variasi sampel komposit memenuhi syarat standar ISO 11654 sebagai bahan peredam suara pada bangunan yaitu 0,15

kata kunci: Panel Komposit, Serat Ampas Tebu, Limbah Plastik/Polypropylene, Sludge Kertas, Koefisien Absorpsi Bunyi.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan berkah, rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Pengaruh Variasi Komposisi Serat Ampas Tebu dengan Matriks Limbah Plastik/Polypropylene dan Pengisi Sludge Kertas Pada Pengujian Sifat Akustik Panel Komposit”**. Selanjutnya shalawat serta salam penulis sampaikan kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah memberi contoh dan suri tauladan yang baik bagi kita semua.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan merupakan bagian dari penelitian mandiri ibu Dra. Yenni Darvina, M.Si.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan masukan berupa sumbangan pikiran, bimbingan, saran dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dra. Yenni Darvina M.Si, selaku pembimbing dalam penulisan skripsi yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing dan mengarahkan penulis dalam penulisan skripsi ini.
2. Ibu Dra. Hidayati, M.Si, selaku penguji dan pembimbing akademik yang selalu membantu dan memotivasi penulis selama kuliah.
3. Ibu Dr. Riri Jonuarti, M.Si, selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.

4. Ibu Dr. Ratnawulan, M.Si, selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
5. Ibu Syafriani, M.Si., Ph.D selaku Ketua Prodi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.
6. Kedua orang tua tercinta, yang selalu memberikan doa, semangat serta dukungan dan dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas perkuliahan.
7. Seluruh staff pengajar jurusan fisika yang telah membekali penulis dengan berbagai ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
8. Seluruh staff administrasi dan laboratorium yang telah banyak membantu.
9. Selanjutnya keluarga besar jurusan fisika serta semua pihak yang telah banyak membantu hingga terselesaikannya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa banyak terdapat kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan dari pembaca agar dapat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini kedepannya.

Padang, Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

Isi	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Batasan Masalah.....	7
D. Tujuan Penelitian	8
E. Manfaat Penelitian	8
BAB II.....	9
KERANGKA TEORITIS	9
A. Komposit.....	9
B. Komponen Penyusun Komposit.....	11
C. Metode Hand Lay Up	20
D. Polypropylene	20
E. Sludge Kertas	22
F. Serat Ampas Tebu.....	24
G. Kebisingan	26
H. Material Akustik.....	30
I. Gelombang Bunyi	31
1. Frekuensi Bunyi	33
2. Intensitas Bunyi.....	35
3. Perambatan gelombang Bunyi	36
4. Standing wave (Gelombang Berdiri)	38
5. Absorpsi Bunyi	41
J. Metode Tabung Impedansi.....	44
BAB III	47
METODE PENELITIAN.....	47
A. Jenis Penelitian.....	47

B. Waktu dan Tempat penelitian	47
C. Variabel Penelitian	48
D. Instrumen Penelitian.....	49
1. Alat.....	49
2. Bahan.....	54
E. Prosedur Penelitian.....	56
1. Tahap Persiapan Bahan Penelitian	56
2. Tahap Pembuatan Sampel komposit	61
3. Tahap Pengujian sampel Komposit.....	63
F. Teknik Pengumpulan Data	64
G. Teknik Pengolahan/Analisis Data	65
H. Diagram Alir Penelitian	67
BAB VI	70
HASIL DAN PEMBAHASAN	70
A. Hasil Penelitian	70
B. Analisis Data	76
C. Pembahasan	80
PENUTUP.....	84
A. Kesimpulan	84
B. Saran	85
DAFTAR PUSTAKA	86
LAMPIRAN.....	93
Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	93
Lampiran 2. Pengolahan Data	96

DAFTAR GAMBAR

Isi	Halaman
Gambar 1. Penyusun Komposit.....	11
Gambar 2. Klasifikasi komposit berdasarkan penguat.....	12
Gambar 3. Ilustrasi Partikel sebagai penguat.....	13
Gambar 4. Klasifikasi Serat	14
Gambar 5. Ilustrasi Komposit struktur laminat.....	15
Gambar 6. Klasifikasi Komposit berdasarkan matriks nya.....	16
Gambar 7. Polimer Thermoplastik.....	17
Gambar 8. Polimer Thermoset	18
Gambar 9. Plastik polypropylene yang telah dicacah	21
Gambar 10. Diagram Alir Limbah sludge kertas	22
Gambar 11. Sludge kertas	23
Gambar 12. Struktur serat tebu	24
Gambar 13. Serat tanpa perlakuan Alkali dan dengan perlakuan alkali	25
Gambar 14. Batas Batas bunyi terdengar	27
Gambar 15. Tingkat Bunyi dari beberapa sumber bunyi	29
Gambar 16. Fenomena absorpsi suara	31
Gambar 17. Terjadinya Bunyi.....	32
Gambar 18. Perambatan bunyi dalam gelombang sinusoidal	33
Gambar 19. Amplitudo Bunyi.....	35
Gambar 20. Formasi Gelombang Berdiri.....	39
Gambar 21. Femonena bunyi mengenai permukaan bahan	37
Gambar 22. Sketsa Alat dalam Metode standing wave.....	45
Gambar 23. Skema metode tabung Impedansi.....	45
Gambar 24. Sikat Kawat (A), Pinset (B)	49
Gambar 25. Gelas Kimia.....	50
Gambar 26. Oven	50
Gambar 27. Ayakan mesh.....	50
Gambar 28. Timbangan Digital	51
Gambar 29. Kompor.....	51
Gambar 30. Kualiti	51
Gambar 31. Cetakan Sample.....	52
Gambar 32. Alat Kempa	52
Gambar 33. Tabung Impedansi	52
Gambar 34. Osiloskop.....	53
Gambar 35. Mikrofon.....	53
Gambar 36. Loudspeaker	53
Gambar 37. Amplifier	54
Gambar 38. Audio Generator	54
Gambar 39. Serat Ampas Tebu	54
Gambar 40. NaoH	55
Gambar 41. Aquades	55
Gambar 42. Plastik Polypropylene.....	55
Gambar 43. Sludge Kertas	56
Gambar 44. Ampas tebu yang telah dikeringkan	57
Gambar 45. Serat yang sudah bersih.....	57

Gambar 46. Serat yang telah dipotong	57
Gambar 47. Alkalisasi serat dengan NaoH 5%	58
Gambar 48. Serat ampas tebu yang dikeringkan	58
Gambar 49. Serat ampas tebu siap digunakan	58
Gambar 50. Sludge Kertas	59
Gambar 51. Sludge kertas yang sedang dijemur	59
Gambar 52. Sludge Kertas yang sedang dioven	59
Gambar 53. Sludge kertas yang telah dihaluskan	60
Gambar 54. Pengambilan Plastik PP	60
Gambar 55. Plastik PP siap digunakan	61
Gambar 56. Variasi komposisi serat, sludge dan limbah plastik	62
Gambar 57. Sampel yang telah dibuat	63
Gambar 58. Skema rangkaian tabung impedansi	63
Gambar 59. Metode tabung Impedansi	65
Gambar 60. Diagram Alir Persiapan Bahan	67
Gambar 61. Diagram Alir pembuatan sampel komposit	68
Gambar 62. Diagram Alir Pengujian Tabung Impedansi	68
Gambar 63. Diagram Alir Penelitian	69
Gambar 64. Sampel dengan variasi komposisi serat 0%	72
Gambar 65. Sampel dengan variasi komposisi serat 1%	73
Gambar 66. Sampel dengan variasi komposisi serat 2%	74
Gambar 67. Sampel dengan variasi komposisi serat 3%	76
Gambar 68. Hubungan Komposisi serat terhadap nilai koefisien refleksi bunyi ..	78
Gambar 69. Hubungan komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi .	79
Gambar 70. Hubungan Frekuensi terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi	80

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tingkat kebisingan yang diperbolehkan	28
Tabel 2. Komposisi Bahan yang digunakan.....	61
Tabel 3. Data hasil pengujian pada sampel dengan variasi serat 0%.....	71
Tabel 4. Data hasil pengujian pada sampel dengan variasi serat 1%.....	72
Tabel 5. Data hasil pengujian pada sampel dengan variasi serat 2%.....	74
Tabel 6. Data hasil pengujian pada sampel dengan variasi serat 3%.....	75
Tabel 7. Nilai koefisien refleksi bunyi dari masing masing sampel	77
Tabel 8. Tabel nilai koefisien absorpsi bunyi	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan Penelitian	93
Lampiran 2. Pengolahan Data	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam dan buatan manusia (Dewanty. 2015). Kebisingan merupakan salah satu aspek lingkungan yang perlu diperhatikan, karena termasuk polusi yang mengganggu dan bersumber pada suara atau bunyi. Kebisingan menjadi suatu permasalahan yang sering dihadapi khususnya bagi masyarakat perkotaan. Hal ini dapat disebabkan oleh kegiatan seperti pembangunan atau industri, lalu lintas di jalan raya atau kendaraan bermotor, bunyi dari mesin dan peralatan elektronik lainnya.

Kebisingan dapat mengakibatkan gangguan emosional, kecemasan, dan stres. Hingga lama kelamaan dapat menyebabkan penurunan tingkat produktivitas seseorang (Sumardiyono et. al., 2019). Stres dapat berdampak pada kondisi psikologis, sosial, intelektual, dan spiritual. Berdasarkan penelitian kebisingan dan gangguan psikologis pekerja di industri pemintalan benang, karyawan mengalami pusing sebanyak 30%, cepat lelah 29%, darah tinggi 19,4%, tuli 15,1% dan pekerja yang tidak merasakan apa apa sebanyak 6,5 % (Jatnika.2018). Hal ini dapat menyebabkan gangguan fisik pada gendang telinga dan sel sel sensitif telinga secara permanen ataupun sementara (Herawati, 2016). Suasana ruangan yang tidak bising dan nyaman sangat diperlukan baik untuk lingkungan pekerjaan, seperti perkantoran, sekolah, maupun pribadi lainnya.

Salah satu bentuk upaya dalam pengendalian kebisingan adalah dengan pemilihan bahan yang dapat menyerap bunyi atau bahan yang bersifat akustik.

Kualitas dari material yang dapat menyerap suara dapat dilihat dari nilai koefisien absorpsi suara (α). Suara memiliki karakteristik gelombang secara umum yaitu apabila bertemu dengan permukaan dapat dipantulkan, diserap, atau diteruskan (Eriningsih et al., 2014). Semakin besar nilai koefisien absorpsi suara (α) maka bahan tersebut akan semakin baik digunakan sebagai peredam suara. (Laksono et al., 2019). Bahan peredam suara atau bahan akustik adalah bahan khusus yang dibuat dengan fungsi menyerap bunyi pada frekuensi tertentu (Khotimah et al., 2015). Penggunaan bahan peredam suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Umumnya panel yang digunakan terbuat dari bahan kayu yang berkualitas tinggi, sehingga memiliki harga yang cukup mahal.

Panel atau lapisan dapat dibuat dengan bahan yang tidak terpakai dan ramah lingkungan sebagai komposit yang dapat meredam suara, sehingga dapat mengurangi kebisingan, biaya murah dan menanggulangi masalah lingkungan. Material komposit adalah material yang tersusun atas dua atau lebih penyusun dengan sifat fisik dan struktur yang berbeda, yang dikombinasikan sehingga membentuk suatu ikatan dan menjadi material baru dengan sifat yang berbeda dari penyusunnya (Nasution et al., 2018). Pembuatan komposit memiliki banyak keuntungan diantaranya memperbaiki sifat mekanik, mudah dalam proses fabrikasi sehingga dapat menghemat biaya pembuatan dan dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan. Material komposit tersusun atas reinforcement sebagai penguat dan matriks sebagai pengikat.

Matriks berperan penting dalam komposit, yaitu sebagai bahan yang mengikat serat menjadi satu kesatuan struktural, sehingga serat dan matriks saling berkaitan. Matriks yang digunakan umumnya memiliki sifat yang lebih elastis,

namun memiliki kekuatan dan kekakuan yang lebih rendah, sehingga serat dapat melekat pada matriks dengan baik. Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya karna matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah plastik.

Pemilihan matriks yang berasal dari limbah plastik dikarenakan sampah plastik telah menjadi permasalahan dunia saat ini. Sampah plastik di Indonesia berada pada urutan keempat setelah sampah sisa makanan, kayu ranting dan kertas/karton dengan persentasi 17,07% dikutip dari SIPSN (Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional). Hal ini memperlihatkan bahwa konsumsi penggunaan plastik di indonesia masih sangat tinggi. Plastik memiliki banyak keuntungan diantaranya tidak mudah lapuk, elastis, biaya murah, ringan dan anti karat. Namun plastik bersifat non biodegradable karna plastik sulit untuk terurai dan hal ini menyumbang limbah terbesar dalam kerusakan alam.

Plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah plastik jenis polypropylene yang termasuk kedalam jenis polimer termoplastik. Polimer termoplastik akan lunak pada suhu tinggi tertentu dan kaku pada suhu rendah. Hal ini memungkinkan bahan lain untuk dicampurkan seperti serat atau partikel serupa dalam pembentukan material komposit (Pelita et al., 2019). Plastik polypropylene memiliki kekuatan, ketahanan, kekerasan dan kekakuan yang tinggi serta tidak mudah rusak sehingga dapat diaplikasikan dalam berbagai hal (Dea et al., 2019).

Pada penelitian ini juga menggunakan filler atau pengisi pada panel komposit. Filler merupakan bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk (Said et al., 2019) Filler yang

digunakan dalam penelitian ini adalah sludge kertas. Sludge kertas memiliki kandungan kapur, tanah liat, kalsium karbonat, dan dapat menjadi alternatif pengisi penguat anorganik dalam pembuatan komposit termoplastik (Yang et al., 2015), sifatnya yang seperti semem, sehingga dapat digunakan sebagai pengisi dan penopang kekuatan pada komposit seperti kekakuan, kekuatan, serta sifat-sifat mekanik lainnya (Hidayani & Pelita, 2018). Limbah sludge terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri pulp dan kertas, seperti pada periode Januari-April 2019 ekspor kertas mengalami peningkatan dari periode yang sama tahun 2018 sebesar 6,75% yaitu dari 1,6 juta ton menjadi 1,74 juta ton, sehingga hal ini akan dapat berdampak pada lingkungan apabila limbah sludge kertas tidak teratasi dengan baik (Kinda et al., 2020)

Penelitian ini menggunakan serat ampas tebu sebagai penguat atau reinforcement dalam panel komposit dan meningkatkan nilai penyerapan suara. Bahan peredam suara yang umum digunakan adalah berupa serat kaca, rockwool, poliuretan, mineral wools (Ulrich & Arenas, 2020). Namun bahan ini merupakan bahan yang berasal dari sumber yang tidak terbarukan, sehingga tidak ramah lingkungan dan memiliki harga yang cukup mahal. (Khuriati et al., 2006). Natural fiber (serat alam) memiliki beberapa keuntungan diantaranya mampu meredam suara, isolasi temperatur, dan densitas rendah. Penggunaan serat alam pada komposit dapat menjadi salah satu alternatif dalam pembuatan bahan absorpsi suara (Pratama et al., 2017).

Serat ampas tebu dipilih karena berasal dari alam dan masih belum termanfaatkan dengan baik. Serat tebu mengandung serat sebanyak 35-40% dari berat tebu. Serat ampas tebu mengandung selulosa dan hemiselulosa yang cukup

tinggi, serat ini juga mudah didapat karna ketersediaan serat yang banyak, biaya rendah, dan tidak membahayakan kesehatan, namun nilai ekonomis dari ampas tebu masih rendah hal ini dikarenakan umumnya ampas tebu tidak dimanfaatkan dan hanya dianggap sebagai limbah (Nuruddin et.al.,2019). Sehingga dengan adanya pemanfaatan ampas tebu sebagai serat pada pembuatan komposit dapat mengatasi permasalahan lingkungan dan mempunyai nilai ekonomis yang tinggi sebagai bahan yang dapat dijadikan bahan peredam suara. Pada penelitian ini menggunakan serat yang telah diberi perlakuan alkali agar dapat menghasilkan interlocking mekanis yang baik antara serat dan matriks sehingga serat dan matrik dapat merekat dengan baik (Kumar Acharya et al., 2011)

Penelitian terkait penggunaan serat alam sebagai bahan akustik pun telah banyak dilakukan. Penggunaan serat terkait serat sabut kelapa sebagai peredam bunyi telah diteliti oleh Khuriati dkk (2006) dan menyimpulkan bahwa sabut kelapa memenuhi persyaratan untuk peredam bunyi dengan koefisien serap bunyi paling besar adalah 0,51 serta penambahan jumlah serat dapat meningkatkan nilai penyerapan bunyi. Serat pelepah pisang sebagai pengendali polusi suara telah diteliti oleh Kusmala Dewi dan elvaswer. (2015), yang menyatakan bahwa komposisi serat dapat mempengaruhi koefisien nilai absorpsi suara. Penelitian terkait penggunaan serat ampas tebu dengan matriks resin poliester MEKPO juga telah diteliti oleh Fajri Ridhola (2015) dengan memvariasikan massa serat yang digunakan, didapat nilai koefisien absorpsi bunyi tertinggi yaitu 0,961 pada frekuensi 1000 Hz pada massa serat ampas tebu 1 g.

Secara umum ada dua keuntungan yang diharapkan dalam penelitian ini, terkait penggunaan limbah pada bahan baku pembuatan komposit dengan sifat

material akustik. Pertama yaitu adanya pengurangan limbah seperti ampas tebu, daur ulang limbah plastik, dan sludge kertas yang berasal dari limbah industri kertas. Apabila hal ini tidak dihindari, maka akan menimbulkan berbagai masalah pencemaran lingkungan. Kedua yaitu dapat menjadi material yang memiliki sifat akustik yang baik sehingga dapat mengurangi masalah kebisingan dengan biaya yang murah. Sehingga dengan pemakaian limbah padat sebagai pembuatan komposit ini akan sangat berguna baik dari segi ekonomis, proses pembuatan, maupun lingkungan.

Oleh karna itu penelitian ini berfokus pada pengaruh komposisi serat ampas tebu yang digunakan pada pengujian sifat akustik panel komposit dengan menggunakan matriks dari limbah plastik *polypropylene* dan pengisi atau filler menggunakan sludge kertas agar dapat melihat bagaimana pengaruh komposisi serat ampas tebu terhadap nilai koefisien absorpsi dan refleksi bunyi yang dihasilkan. Pada penelitian ini menggunakan metode tabung impedansi satu mikrofon dalam pengujian sifat akustik panel komposit. Hal ini karna pengujian menggunakan tabung impedansi sangat cocok dalam penelitian teoritis dan dalam pengujian bahan baru.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana pengaruh komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi dan koefisien refleksi bunyi panel komposit serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas?

2. Bagaimana pengaruh frekuensi terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi pada panel komposit serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas?
3. Bagaimanakah sifat akustik dari komposit serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas?

C. Batasan Masalah

Berdasarkan perumusan masalah dan luasnya cakupan penelitian maka penulis memfokuskan permasalahan pada:

1. Variasi komposisi serat ampas tebu yaitu 0%, 1%, 2% dan 3% dari berat total keseluruhan bahan yang digunakan.
2. Serat yang digunakan adalah serat yang telah dialkalisasi dengan NaOH 5% selama 2 jam (Khumar Acharya et al., 2011)
3. Panjang serat ampas tebu yang digunakan ± 1 cm (Suban. 2015)
4. Perbandingan komposisi matriks limbah plastik *polypropylene* dan *sludge* yang digunakan adalah 40: 60 (Fajriyanto. 2008)
5. Penekanan sampel saat pencetakan adalah $2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ (Fajriyanto. 2008)
6. Pengujian sifat akustik menggunakan metode tabung Impedansi satu mikrofon.
7. Parameter sifat akustik yang diuji adalah koefisien absorpsi bunyi dan koefisien refleksi bunyi.
8. Frekuensi yang digunakan dalam pengujian yaitu 500, 1000, 2000, 4000, dan 8000 Hz.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dapat menyelidiki pengaruh komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi dan koefisien refleksi bunyi panel komposit serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas.
2. Dapat menyelidiki pengaruh frekuensi terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi dan koefisien refleksi bunyi pada panel komposit serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dan pengisi *sludge* kertas.
3. Dapat menyelidiki sifat akustik dari komposit dengan bahan limbah serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik *polypropylene* dengan pengisi *sludge* kertas.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini untuk melengkapi tugas akhir sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana bagi penulis.
2. Dapat menjadi inovasi baru dalam pengembangan teknologi material komposit bersifat akustik.
3. Dapat memberikan kajian ataupun rujukan mengenai penggunaan serat alami dalam pengendali kebisingan.
4. Dapat menjadi solusi dalam pemanfaatan limbah khususnya ampas tebu, limbah plastik dan limbah industri kertas (*sludge*).

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Komposit

Komposit merupakan suatu material yang tersusun dari dua bahan atau lebih penyusun dengan komposisi dan sifat yang berbeda (Dantes et.al.,2017). Dengan menggabungkan dua material atau lebih yang memiliki sifat unggul dan fungsi yang berbeda, maka komposit akan menghasilkan material baru dengan sifat berbeda yang lebih berguna (Milton,Graeme w.2004).

Seiring berkembangnya teknologi, komposit dapat didesain sedemikian rupa sesuai kebutuhan dan keinginan. komposit dengan serat alami dapat dijadikan bahan yang baik dengan kekuatan sedang, biaya rendah dan ramah lingkungan, serta dapat diaplikasikan di berbagai bidang seperti mobil, industri kedirgantaraan, elektronik, furnitur, pengemasan, konstruksi, dan infrastruktur yang semakin berkembang (Díaz-Ramírez et al., 2019). Faktor utama yang mendorong dalam perkembangan komposit adalah karna sifat mekaniknya yang tinggi, mudah dalam fabrikasi, tahan korosi dan kinerja sebanding dengan logam (Mardiyati, 2018)

Secara umum proses pembuatan komposit melalui pencampuran dua bahan atau lebih yang tidak homogen, sehingga kita dapat merencanakan kekuatan material komposit yang diinginkan berdasarkan komposisi dari material pembentuknya. Pada bahan komposit material penyusunnya masih dapat terlihat atau bersifat heterogen, tidak seperti alloy atau paduan yang mana penyusunnya bersifat homogen.

Agar dapat terbentuk komposit, maka harus ada ikatan permukaan antara matriks dan reinforcement. Ikatan tersebut terbentuk karena adanya gaya adhesi dan kohesi yang terjadi. Terdapat tiga faktor yang menentukan terbentuknya komposit (Nuruddin, 2019):

1. Material pembentuk. Komponen material pembentuk sangat mempengaruhi sifat sifat dari komposit yang dibuat.
2. Susunan struktural komponen. Ukuran, bentuk, orientasi, jumlah dan distribusi tiap komponen penyusun merupakan faktor penting dalam kontribusi komposit secara keseluruhan.
3. Interaksi antar komponen, karena komposit merupakan kombinasi komponen yang berbeda, maka sifat yang dihasilkan pun berbeda.

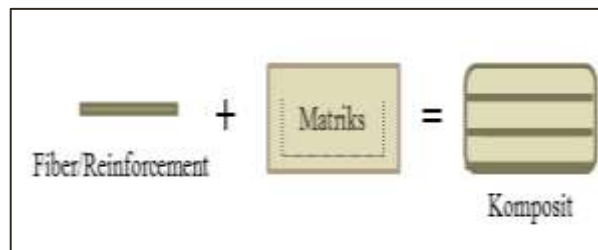
Tujuan dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut:

1. Memperbaiki sifat mekanik
2. Mudah dalam proses fabrikasi
3. Dapat menghemat biaya dengan bentuk dan desain yang mudah

Beberapa kelebihan dari material komposit yaitu dilihat dari sifat mekaniknya dapat bersaing dengan bahan logam, seperti kekuatan, waktu pemakaian yang lama/awet, tahan korosi, mudah dalam proses pembentukan dan biaya produksi yang murah (Hasbi et al., 2016) Namun kekurangan bahan komposit yaitu sulit dalam perbaikan apabila terjadi kerusakan (Widiarta et al., 2018). Aplikasi dari penggunaan bahan komposit dapat dilihat pada pemakaian seperti peralatan militer, kapal, otomotif, alat rumah tangga, peralatan olah raga, dan infrastruktur.

B. Komponen Penyusun Komposit

Komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu reinforcement sebagai bahan penguat dan matriks sebagai pengikat. Reinforcement berfungsi sebagai penguat pada komposit, kekuatan komposit sangat tergantung dari penguat yang digunakan, sedangkan matriks berfungsi sebagai pengikat pada penguat yang sifat umumnya lebih ulet dan kekuatan serta kekakuannya lebih rendah (Dantes. 2017). Ilustrasi penyusun komposit dapat dilihat dari Gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Penyusun Komposit
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

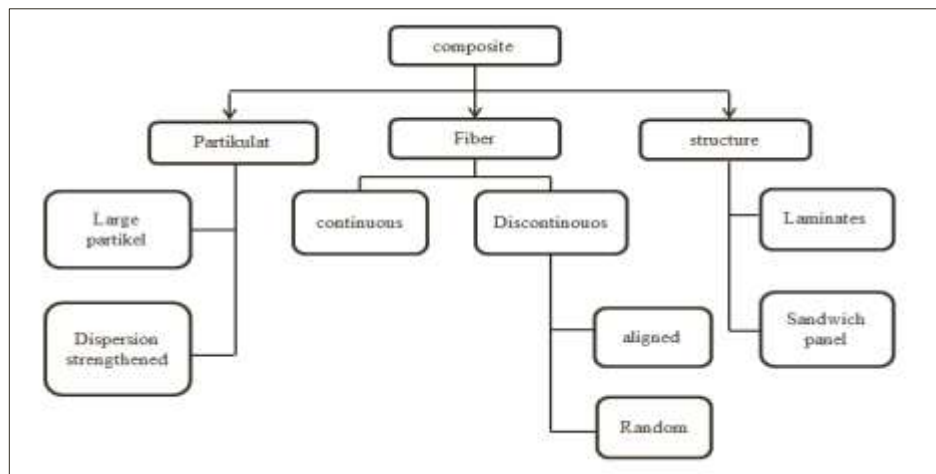
Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat bahwa komposit tersusun atas reinforcement/ fiber yang berfungsi sebagai penguat pada komposit yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang tinggi, serta matriks yang berfungsi sebagai pengikat dari reinforcement.

1. Reinforcement atau Penguat

Reinforcement merupakan salah satu bagian utama dari komposit yang berfungsi sebagai penguat. Reinforcement yang umum digunakan adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit.

Perbandingan antara jumlah reinforcement dan matriks juga sangat menentukan dalam memberikan kekuatan pada komposit. Terdapat 3 jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan pada pembuatan komposit. Perbedaan ini dikarenakan ketersediaan bahan baku alternatif lain dari pembuatan

komposit (Dantes, 2017). Berikut pembagian komposit berdasarkan penguat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah:



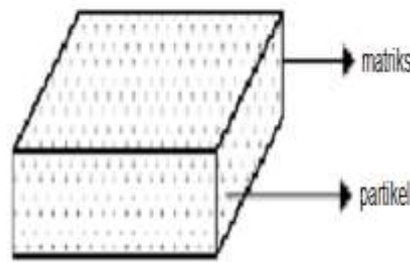
Gambar 2. Klasifikasi komposit berdasarkan penguat

Berdasarkan Reinforcement /penguat komposit diklasifikasikan atas tiga yaitu:

1). Particulate partikel (partikel sebagai penguat)

Pada komposit jenis ini menggunakan penguat dari partikel/serbuk yang tersebar secara merata dalam matriks. Keuntungan dari komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel:

- a. Tersebar kesegala arah sehingga lebih merata penyebarannya.
- b. Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material
- c. Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.



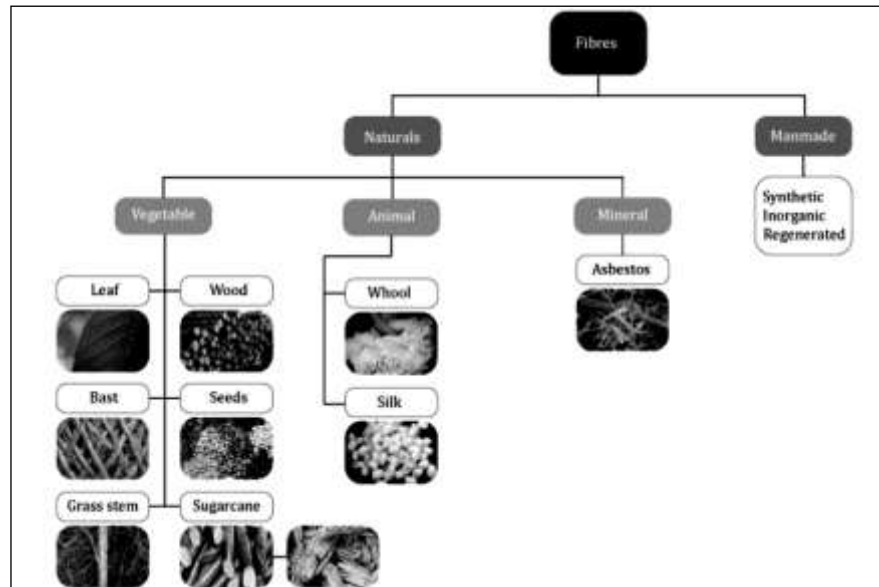
Gambar 3. Ilustrasi Partikel sebagai penguat

Dalam penelitian ini menggunakan partikulat sebagai pengisi yaitu sludge kertas. Partikulat yang digunakan berbentuk serbuk, sebagai bahan pengisi dalam sampel komposit yang dibuat.

2). Fiber composite (Fiber sebagai penguat)

Komposit jenis ini menggunakan fiber/serat sebagai penguatnya. Kekuatan komposit bergantung pada fiber/serat yang digunakan. Hal ini disebabkan karena kekuatan material komposit sangat bergantung pada serat yang digunakan, karena tegangan yang diberikan pada material komposit pertama akan diserap oleh matriks dan diteruskan ke serat, sehingga serat akan menahan beban hingga beban maksimum. Sifat mekanik, seperti modulus dan kekuatan, dan sifat termal, seperti koefisien muai panas, dari komposit bergantung pada parameter berikut yang terkait dengan serat:

- a. Jenis dan sifat serat
- b. Fraksi volume serat
- c. Panjang serat
- d. Orientasi serat
- e. Susunan serat dalam komposit (Mallick, 2007)



Gambar 4. Klasifikasi Serat
(Sumber: Díaz-Ramírez et al., 2019))

Serat dibedakan menjadi dua jenis:

- a. Serat sintetis (serat buatan), seperti serat gelas, karbon, nilon, grafit alumunium dan lain lain.
- b. Serat alami (natrual fiber) merupakan serat yang berasal dari alam seperti serat daun nanas, serat kabut kelapa, eceng gondok, pandan, serat ampas tebu dan serat lainnya. Serat alam merupakan sumber penting bahan penguat dalam aplikasi komposit polimer, yang dapat menghasilkan peningkatan kinerja, produksi berkelanjutan (seperti dapat didaur ulang, terbarukan), keunggulan kompetitif (seperti harga murah, kemampuan proses, tersedianya bahan baku dan beragam) serta semakin berkembang. (Díaz-Ramírez et al., 2019)

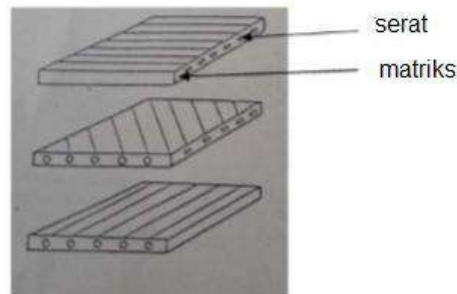
Berbagai jenis serat dapat digunakan secara luas dalam kebutuhan material komposit, dan jumlahnya hampir meningkat. Keunggulan utama material komposit fiber adalah ketangguhan (firmness), dan rigidity (ketangguhan). (Hasbi et al., 2016)

Dalam penelitian ini menggunakan serat ampas tebu sebagai fiber. Serat ampas tebu yang digunakan adalah serat yang telah dialkalisasi, sehingga dapat meningkatkan adhesi antarmuka pada serat dan matriks agar menghasilkan interlocking mekanis yang baik.

3). Structure composites (Fiber sebagai struktural)

Komposit struktural dibentuk oleh reinforcement yang tersusun atas lembaran-lembaran. Berdasarkan struktur, komposit dapat dibagi menjadi dua yaitu struktur laminate dan struktur sandwich.

Komposit struktur laminat merupakan komposit dengan struktur yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang memiliki karakteristik sifat yang berbeda digabung menjadi satu (Widiarta et al., 2018). Ilustrasi dari struktur komposit laminat tersebut dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Ilustrasi Komposit struktur laminat

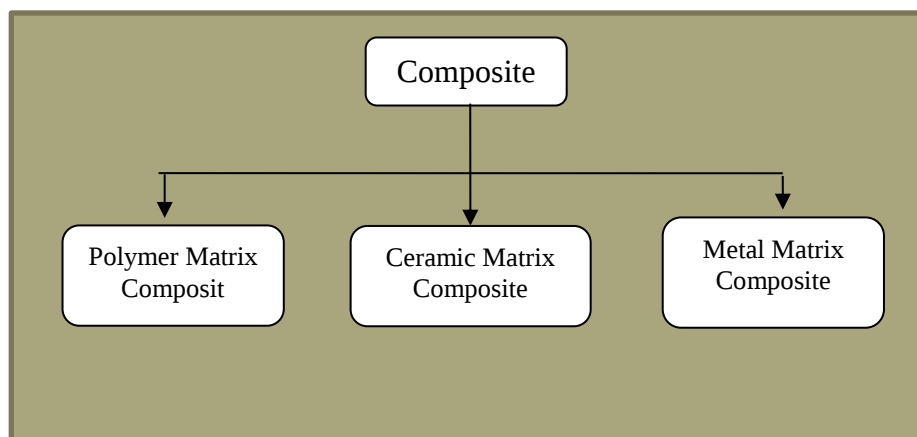
2. Matriks

Matriks memiliki peranan penting dalam pembuatan komposit. Matriks umumnya memiliki sifat yang lebih elastis namun memiliki kekuatan dan rigiditas yang lebih rendah. Syarat matriks dapat digunakan dalam komposit adalah matriks harus dapat mengikat reinforcement dengan baik, sehingga serat bisa melekat pada matriks dan kompatibel antara serat dan matriks, artinya tidak ada reaksi yang mengganggu.

Beberapa fungsi matriks diantaranya (Mallick.P.K, 2007) :

- a. Matriks berfungsi untuk menjaga serat tetap pada tempatnya
- b. Membentuk ikatan koheren permukaan matriks atau serat
- c. Mentransfer beban di antara serat
- d. Melindungi serat dari kelembapan, bahan kimia, dan lingkungan

Sifat lain yang dipengaruhi oleh karakteristik matriks adalah tahan terhadap pelapukan (misalnya, paparan sinar matahari yang lama), dan efek lingkungan (misalnya, penyerapan air dari atmosfer sekitarnya) (Mallick.P.K, 2007). Komposit diklasifikasikan berdasarkan matriks penyusunnya dapat dilihat dari Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Klasifikasi Komposit berdasarkan matriks nya

Berdasarkan Gambar 6 diatas matriks penyusun komposit dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian yaitu:

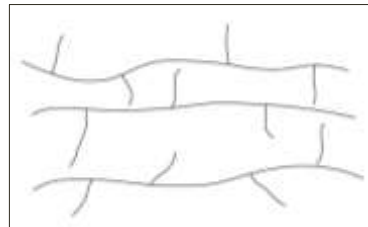
1). Polymer Matrix Composite (PMC)

Pada jenis ini matriks yang digunakan pada pembuatan komposit adalah polimer. Polimer berasal dari kata poly yang artinya banyak dan mers artinya bagian, sehingga polimer adalah suatu material yang tersusun atas rantai panjang dan banyak yang berulang. Polimer dibagi menjadi dua kategori besar yaitu:

a. Thermoplastik

Thermoplastik merupakan plastik yang dapat didaur ulang (recycle) dengan menggunakan panas. Thermoplastik akan meleleh pada suhu tertentu dan akan kembali menjadi keras apabila didinginkan karna memiliki sifat reversible yang baik terhadap bentuk aslinya.

Hal ini disebabkan karna thermoplastik memiliki molekul yang tidak bergabung secara kimiawi. Ikatan thermoplastik dapat dilihat seperti pada Gambar 7 dibawah ini.



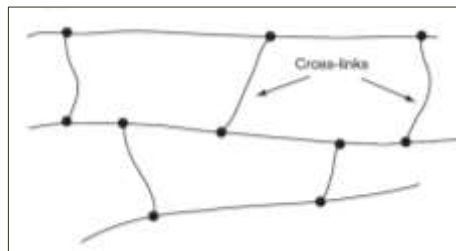
Gambar 7. Polimer Thermoplastik

Akibat tidak bergabung secara kimiawi maka gaya antar molekul dan ikatan sekunder menjadi lemah. Sehingga dengan adanya panas yang diberikan maka ikatan polimer thermoplastik dapat diputuskan sementara. Saat suhu mulai dingin molekul dapat dibekukan dalam konfigurasi baru dan membentuk ikatan kembali. Jadi, termoplastik polimer dapat dilunakkan dengan panas, dilebur, dan dibentuk kembali (Mallick. P.K, 2007). Beberapa contoh thermoplastik yang umum dijumpai diantaranya Polyester, Nylon 66, Polypropylene, PTFE, PET, Polieter sulfon, PES, dll.

b. Thermoset

Thermoset bersifat irreversible atau tidak dapat mengikuti perubahan suhu. Apabila thermoset telah terjadi pengerasan maka tidak akan kembali lagi ke bentuk semula dan apabila dilakukan pemanasan

maka akan berubah wujud menjadi arang atau abu. Hal ini disebabkan karna molekul-molekul secara kimiawi bergabung bersama melalui tautan silang membentuk jaringan tiga dimensi yang kaku seperti Gambar 8 dibawah.



Gambar 8. Polimer Thermoset

Setelah ikatan silang ini terbentuk selama reaksi polimerisasi (juga disebut reaksi curing), polimer termoset tidak dapat dilebur dengan pemanasan. Contoh dari termoset adalah epoxy, poliester, Vinyl ester, dll (Mallick.P.K, 2007)

2). Ceramic Matrix Composit (CMC)

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Keramik dikenal dengan kestabilan suhunya yang tinggi, modulus tinggi, kekerasan tinggi, ketahanan korosi tinggi, massa jenis yang rendah. Namun merupakan material yang rapuh dan mudah retak. Dengan penggunaan keramik sebagai matriks diharapkan akan meningkatkan ketangguhan retaknya. Contoh penggunaan keramik sebagai matrik seperti Alumina (Al_2O_3) dan mullited ($Al_2O_3 - SiO_2$). Reinforcement yang umum digunakan material keramik adalah silikon karbid (SiC), silikon nitrit (Si_3N_4), Aluminium Nitrit (AlN) dan serat keramik lainnya. dan silikon karbid (SiC) yang paling umum digunakan sebagai penguatan karena stabilitas termal dan kompatibilitas dengan luas kisaran matriks keramik oksida dan nonoksida.

3). Metal Matrix Composit (MMC)

Merupakan jenis komposit dengan matriks logam. Material MMC ini mulai dikembangkan pada tahun 1996. Komposit dengan matriks logam memiliki keunggulan dibandingkan matriks polimer seperti ketahanan terhadap temperatur tinggi, tidak menyerap kelembapan, tidak mudah terbakar, ketahanan aus dan muai termal yang baik.

Disamping kelebihan tersebut MMC juga memiliki beberapa kelemahan diantaranya biaya yang mahal, standarisasi material dan proses yang sedikit, memiliki kepadatan tinggi, titik leleh tinggi sehingga pada proses pembuatan membutuhkan suhu tinggi, serta memiliki kemungkinan korosi pada antarmuka serat-matriks.

Berdasarkan jenis jenis matriks pada komposit, pada penelitian ini menggunakan matrik dengan jenis polimer. Polimer yang digunakan termasuk kedalam jenis termoplastik yaitu polypropylene. Polypropylene yang digunakan adalah limbah plastik dengan jenis polypropylene.

Pada penelitian ini menetapkan komposisi dari matriks dan reinforcement dengan jenis filler yang digunakan yaitu matrik dari limbah plastik polypropylene dengan komposisi 40% dan filler dari sludge kertas dengan komposisi 60%. Hal ini dipilih berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh fajriyanto (2008) terkait panel dinding ramah lingkungan dan didapat hasil dengan perbandingan komposisi matriks limbah plastik polypropylene dan filler sludge kertas 40:60 memiliki kuat lentur atau sifat mekanik yang baik. Oleh karna itu pada penelitian ini menetapkan komposisi matriks limbah plastik dan sludge kertas 40:60 dan

menvariasikan serat yang digunakan agar dapat mengetahui bagaimana pengaruh komposisi serat yang digunakan terhadap sifat akustik yang dihasilkan.

C. Metode Hand Lay Up

Metode Hand lay-up adalah proses pencetakan terbuka untuk menghasilkan produk komposit polimer. Metode ini merupakan yang paling sederhana dalam pembuatan komposit yang diperkuat oleh serat. Pada metode ini penguat dicampur dengan matriks kemudian diratakan secara manual dan di cetak. Beberapa cetakan yang dapat digunakan dalam metode ini seperti kayu, gips, atau lembaran plat. (Dantes, 2017)

Metode Hand lay-up atau disebut juga wet lay-up telah digunakan dalam memproduksi komponen dari komposit serat alami selama beberapa dekade ini. Adapun kelebihan dari metode ini adalah peralatan yang digunakan saat pencetakan sedikit, mudah dalam proses pencetakan, serta dapat mengatur variasi dan komposisi komposit dengan mudah. (Dantes, 2017)

Pada penelitian ini menggunakan penekanan saat pencetakan agar sampet yang dihasilkan menjadi lebih padat. Penekanan yang digunakan yaitu $2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ hal ini berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh fajriyato (2015) yaitu panel komposit dengan matrik plastik polypropylene dan sludge kertas memiliki nilai kuat lentur atau sifat mekanis paling baik pada saat pengempaan $2 \times 10^8 \text{ N/m}^2$

D. Polypropylene

Polypropylene adalah salah satu jenis polimer yang terbentuk dari struktur satuan (monomer) propilena, dan digolongkan dalam polimer termoplastik atau

disebut plastik saja. Plastik jenis ini meleleh pada suhu tinggi tertentu, dan dapat kembali ke bentuk semula (reversible) seiring dengan penurunan suhu (Oktama.I, 2016). Plastik merupakan bahan yang mudah diubah bentuk dengan perlakuan panas. Sifat dari plastik adalah massa jenis atau densitasnya rendah, tidak korosif, dapat didaur ulang, harganya relatif murah, kurang dapat menghantarkan listrik dan penghantar panasnya kurang baik (Sudirman, 2002). Berikut merupakan gambar limbah plastik jenis Polypropylene yang telah dicacah



Gambar 9. Plastik polypropylene yang telah dicacah
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

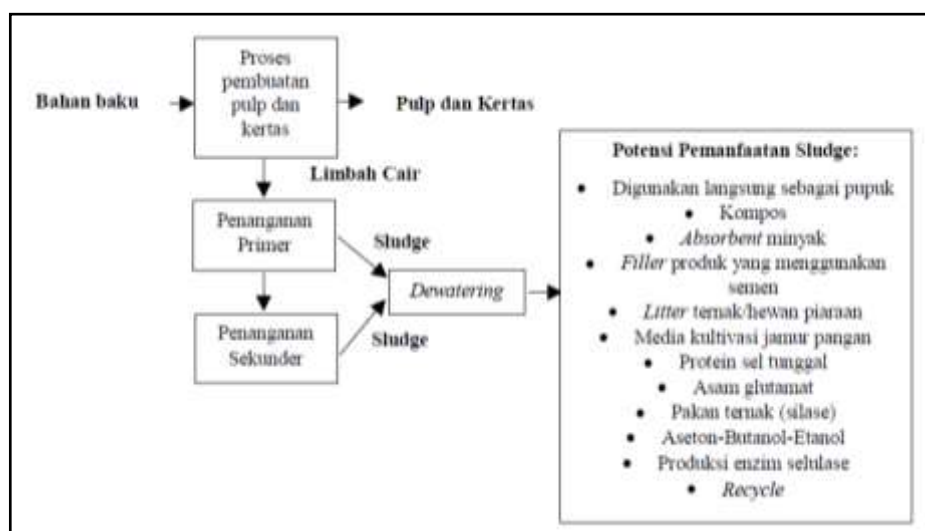
Polypropylene memiliki titik leleh yang cukup tinggi antara 190 - 200°C, sedangkan titik kristalisasi antara 130-135°C. Polypropylene mempunyai ketahanan terhadap bahan kimia (hemical Resistance) yang tinggi, tetapi ketahanan pukul (impact strength) nya rendah (Mujiarto, 2005)

Produk jadi dari polypropylene biasanya memiliki permukaan yang mengkilat dan tidak mudah rusak. Titik luluh yang tinggi, dan memiliki ketahanan tarik pada temperatur tinggi. Matriks polimer jenis polypropylene mudah difabrikasikan pada serat alam sehingga dapat dikombinasikan dengan serat ampas tebu pada pembuatan panel komposit.

E. Sludge Kertas

Sludge merupakan limbah hasil dari pengolahan pulp dan kertas. Sludge kertas terus meningkat seiring dengan pertumbuhan industri pulp dan kertas, seperti pada periode Januari-April 2019 ekspor kertas mengalami peningkatan dari periode yang sama tahun 2018 sebesar 6,75% yaitu dari 1,6 juta ton menjadi 1,74 juta ton. (Kinda et al., 2020)

Limbah sludge atau residu lumpur berasal dari IPAL (Instansi Pengolahan Air Limbah) penanganan limbah cair primer dan sekunder (Purwati, Sri.2006). Berikut merupakan gambar skema proses diagram alir limbah sludge .



Gambar 10. Diagram Alir Limbah sludge kertas
(Sumber: Wahyono, 2000)

Secara umum sludge berasal dari dua tahapan proses pengolahan limbah cair. Pertama, pengolahan primer yang menghilangkan padatan tersuspensi dari effluent yang biasanya dilakukan dengan proses sedimentasi. Di dalam sedimentasi, limbah cair dipompakan ke bak pengendapan dan terjadi pemisahan padatan dengan proses gravitasi, dimana endapannya dibuang secara regular dari bak tersebut. Kedua, Secondary sludge (SS) atau yang juga disebut activated

sludge yang berasal dari sistem pengolahan air limbah. Penanganan sekunder biasanya merupakan proses biologis yang mengubah limbah menjadi karbondioksida dan air. Sludge dari penanganan sekunder ini kemudian digabungkan dengan sludge dari penanganan primer. (Wahyono, 2000)

Limbah sludge industri pulp dan kertas umumnya disusun oleh serat pendek selulosa, bahan clay filler, dan sisa bahan kimia yang digunakan pada fasilitas pengolahan air limbah dan pewarnaan (deinking). Jenis limbah sludge memungkinkan untuk digunakan dalam industri fiberboard. Selain itu, papan juga dapat dibuat dari hasil kombinasi limbah primer sludge dan secondary sludge (Kinda et al., 2020). Sludge kertas yang telah dikeringkan dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.

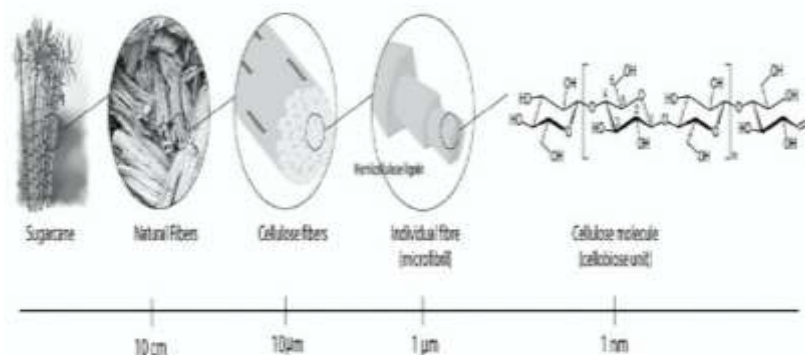


Gambar 11. Sludge kertas
(Dokumentasi Pribadi)

Sludge kertas memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu 20,83 % dari massa sludge, berserat, anorganik, kandungan kapur, kalsium karbonat, memiliki kandungan kimia yang mirip dengan semen, sehingga sludge diharapkan dapat menggantikan fungsi semen dalam pembuatan panel komposit (Hidayani & Pelita, 2018) sebagai pengisi dan penopang kekuatan pada komposit seperti kekakuan, kekuatan, serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. (Yang et al., 2015).

F. Serat Ampas Tebu

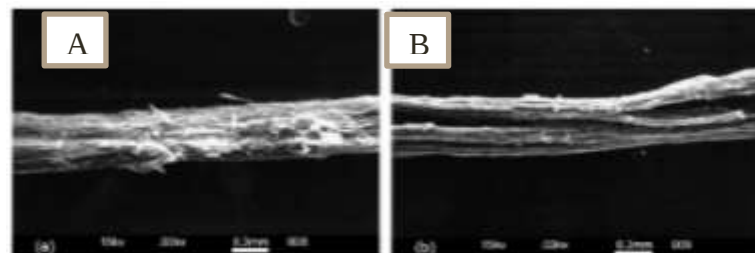
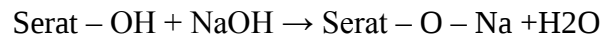
Tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu tumbuhan penghasil gula utama di Indonesia. Ampas tebu (Bagasse) adalah limbah padat berserat yang dihasilkan dari proses penggilingan tebu. Ampas tebu merupakan salah satu sumber serat alam terbanyak yang terdapat di Indonesia. Selama ini limbah ampas tebu dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada proses produksi gula, pupuk organik dan pakan ternak, namun hal ini masih memiliki nilai ekonomis yang rendah. Serat ampas tebu terdiri sekitar 50% selulosa, 25% hemiselulosa dan 25% lignin sehingga dengan kandungan selulosa yang tinggi serat ampas tebu dapat dijadikan sebagai bahan penguat komposit yang ideal (Hajiha & Sain, 2015) mudah didapat, murah, tidak membahayakan kesehatan, dan ramah lingkungan (biodegradable). Struktur dari serat tebu dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Struktur serat tebu
(Díaz-Ramírez et al., 2019)

Untuk meningkatkan kompatibilitas serat sebagai penguat dalam komposit dapat dilakukan perlakuan Alkali/alkalisasi terhadap serat. Perlakuan alkali merupakan salah satu perlakuan kimia yaitu perendaman serat ke dalam basa alkali untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa, lignin, lilin, dan minyak yang menutupi permukaan luar dinding sel

serat. Penambahan NaOH pada serat alami dapat meningkatkan ionisasi dari gugus hidroksil ke alkoksida. Berikut reaksi yang menggambarkan proses saat perlakuan alkali pada serat:



Gambar 13. Serat tanpa perlakuan Alkali (A). Serat dengan perlakuan Alkali NaOH 5% (B)
(Sumber: Kumar Acharya et al., 2011)

Gambar 13 memperlihatkan serat dengan perlakuan alkali dan serat tanpa perlakuan alkali. Perlakuan alkali memiliki efek terhadap serat yaitu dapat membersihkan dan memodifikasi permukaan serat untuk menurunkan tegangan permukaan, meningkatkan adhesi antarmuka antara serat alami dan matriks polimer sehingga menghasilkan interlocking mekanis yang lebih baik. (Kumar Acharya et al., 2011)

Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam antara lain (Mallick.P.K, 2007)

- a. Memiliki densitas rendah
- b. harga lebih murah dan lebih ekonomis dibanding serat sintetis
- c. ramah lingkungan
- d. tidak membahayakan bagi kesehatan.
- e. Komposit dengan serat alam memiliki daya redam akustik lebih tinggi dibanding komposit serat glass dan serat karbon

Ampas tebu (bagasse) memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai material produk seperti bahan konstruksi. Serat tebu adalah bahan serat alami yang

memiliki sifat mekanik yang baik diantaranya memiliki berat jenis 1,25 g/cm³, tegangan tarik 290 Mpa dan modulus young 17 Gpa (Nursani et al., 2020). Selain sebagai penguat serat juga dapat digunakan sebagai bahan peredam bunyi.

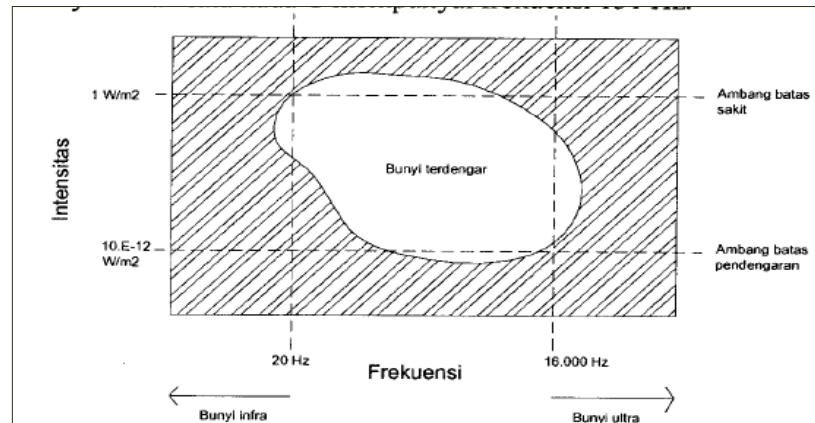
G. Kebisingan

Kebisingan merupakan salah satu fenomena fisika yang sering terjadi di sekitar kita. Kebisingan didefinisikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang merupakan aktivitas alam dan buatan manusia (Dewanty.2015). Kebisingan merupakan salah satu aspek lingkungan yang perlu diperhatikan, karena termasuk polusi yang mengganggu dan bersumber pada suara atau bunyi.

Dampak dari kebisingan sangat berpengaruh terhadap kondisi kesehatan, diantaranya dapat menimbulkan gangguan terhadap sistem pendengaran, stress, perubahan atau peningkatan tekanan darah yang pada tingkatan tertentu dapat menyebabkan tekanan darah tinggi (Mukhlis et al.,2018)

Kebisingan bersifat subjektif, sehingga batasan kebisingan bagi setiap orang berbeda. Toleransi manusia terhadap kebisingan berbeda sesuai dengan lingkungan dan kegiatannya. Bunyi yang cukup pelan pun bahkan dapat mengganggu bagi mereka yang sedang sakit atau mereka yang sedang fokus membaca buku di perpustakaan. Namun berbeda dengan mereka yang sedang berada di bengkel yang menggunakan mesin mesin dengan bunyi yang kuat.

Kebisingan dapat dikategorikan menjadi dua yaitu kebisingan tunggal dan kebisingan majemuk. Batas batas bunyi yang terdengar dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



Gambar 14. Batas Batas bunyi terdengar
(Sumber :Satwiko.2008)

Ambang bunyi merupakan Intensitas bunyi yang sangat lemah yang masih dapat terdengar oleh manusia sedangkan Ambang sakit adalah batas bunyi dimana kekuatan bunyi dapat menyebabkan sakit pada telinga manusia. Batasan tingkat kebisingan dibagi menjadi dua, yaitu untuk lingkungan dengan waktu pajanan 24 jam yang disebut dengan Baku Mutu Lingkungan dan untuk tempat kerja dengan waktu pajanan 8 jam kerja atau Nilai Ambang Batas (NAB) berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja No. 13/MEN/X/2011 yaitu 85 dbA.

Tujuan pengendalian Kebisingan dalam bekerja sebagai berikut :

1. Mencegah kerusakan pendengaran pekerja
2. Mengurangi kelelahan pekerja dalam bekerja
3. Menjaga konsentrasi sehingga daya produktifitas pekerja tetap konsisten
4. Menjaga kesehatan pekerja sehingga tetap semangat dalam bekerja.

Tujuan dari pengendalian kebisingan adalah untuk mengurangi daya tahan tubuh pekerja dari kelahan yang disebabkan oleh kebisingan dalam tempat kerja yang tinggi, sehingga kesehatan pekerja dapat terjaga dan juga produktifitas dalam bekerja tetap konsisten (Rimantho et al., 2018)

Berikut merupakan tingkat kebisingan yang diperbolehkan

Tabel 1. Tingkat kebisingan yang diperbolehkan
(Sumber : Satwiko.2008)

Bangunan	Ruangan	dBA
Rumah Tinggal	Ruang tidur, Rumah Pribadi	25
	Ruang tidur, flat	30
	Ruang Tidur, Hotel	35
	Ruang Keluarga	40
Komersial	Kantor pribadi	35-45
	Bank	40-50
	Ruang Konferensi	40-45
	Kantor Umum, toko	40- 55
	Restoran	40-60
	Kafe	50-60
Industri	Bengkel Presisi	40-60
	Bengkel Berat	60-90
	Laboratorium	40-50
Pendidikan	Ruang Kuliah, ruang kelas	30-40
	Ruang belajar privat	20-35
	Perpustakaan	35-45
Kesehatan	Rumah sakit, Ruang inap	25-35
	Ruang operasi	25-30
Auditorium	Hall	25-35
	Gereja	35-40
	Ruang sidang, Ruang konverensi	40-45
	Studio rekaman	20-25
	Studio radio	20-30
	Teater drama	30-40

Kebisingan dapat dibagi menjadi tiga macam, yaitu :

1. Kebisingan impulsif, merupakan kebisingan yang datangnya tidak secara terus menerus. Seperti: kebisingan yang datang dari suara palu yang dipukulkan, kebisingan yang datang dari mesin pemasang tiang pancang.

2. Kebisingan kontinyu, merupakan kebisingan yang datang secara terus menerus dalam waktu yang cukup lama. seperti: kebisingan yang datang dari suara mesin yang dijalankan atau dihidupkan.

3. Kebisingan semi kontinyu, merupakan kebisingan kontinyu yang hanya sekejap, kemudian hilang dan mungkin akan datang lagi. seperti : suara mobil atau pesawat terbang yang sedang lewat (Hutagalung.2017).

Sumber bising bisa tunggal atau ganda. Umumnya kebisingan ditimbulkan oleh beberapa sumber (ganda) seperti lalu lintas, kawasan industri dan pemukiman. Beberapa sumber bising yaitu:

1. Lalu lintas. Terjadi di kota-kota besar dan didominasi oleh kendaraan seperti truk, dump truck sampah, bis, sepeda motor, generator dan vibrasi kendaraan.
2. Industri. Awalnya pengaruh kebisingan lebih banyak menyangkut lingkungan di dalam industri, tetapi akhirnya dirasakan juga oleh penduduk disekitarnya.
3. Pemukiman. Penyebab utama kegiatan rumah tangga, fan, hair dryer, mixer, gergaji mesin, mesin pemotong rumput, vacuum cleaner dan peralatan domestik lainnya (Lintong.2009)

Berikut Tingkat bunyi dari beberapa sumbe bunyi yang ada disekitar kita

Frekuensi →	Tingkat Bunyi (dB)								(dBA)
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
RUMAH									
Alarm jam weker jarak 1 – 3 m	..	46	48	55	62	62	70	80	80
Pencukur listrik jarak 4 m	59	58	49	62	60	64	60	59	68
Penyedot debu jarak 9 m	48	66	69	73	79	73	73	72	81
Penghancur sampah jarak 6 m	64	83	69	56	55	50	50	49	69
Mesin cuci jarak 6 – 9 m	59	65	59	59	58	54	50	46	62
Toilet (pada saat mengisi air kembali)	50	55	53	54	57	56	57	52	63
Kolam gelombang dengan 6 pipa	68	65	68	69	71	71	68	65	74
AC tipe jendela	64	64	65	56	53	48	44	37	59
Bel telepon jarak 1 - 4 m	..	41	44	56	68	73	69	83	83

Gambar 15. Tingkat Bunyi dari beberapa sumber bunyi
(Sumber : Satwiko.2008)

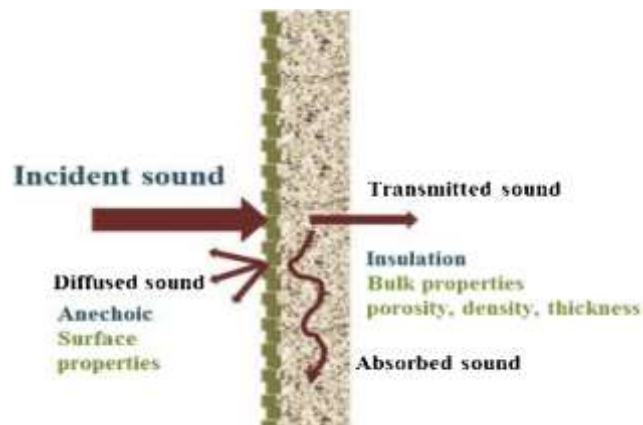
Berdasarkan frekuensi, tingkat tekanan bunyi, tingkat bunyi dan tenaga bunyi maka bising dibagi dalam 3 kategori:

1. Occupational noise (bising yang berhubungan dengan pekerjaan) yaitu bising yang disebabkan oleh bunyi mesin di tempat kerja, misal bising dari mesin ketik.
2. Audible noise (bising pendengaran) yaitu bising yang disebabkan oleh frekuensi bunyi antara 31,5 – 8.000 Hz.
3. Impuls noise (Impact noise = bising impulsif) yaitu bising yang terjadi akibat adanya bunyi yang menyentak, misal pukulan palu, ledakan meriam, tembakan bedil. (Lintong.2009)

H. Material Akustik

Akustik adalah ilmu yang mempelajari tentang bunyi dan semua yang berkaitan dengan bunyi. Akustik sering dibagi menjadi akustika ruang (room acoustics) yang menangani bunyi bunyi yang dikehendaki dan kontrol kebisingan (noise control) yang menangani bunyi bunyi yang tak dikehendaki (Saswitko, Prasato. 2008). Hal-hal yang dipelajari dalam akustik meliputi, sifat-sifat bunyi, isolasi bunyi dan sebagainya. Peristiwa akustik dalam ruangan diantaranya bunyi datang atau bunyi langsung, bunyi pantul, bunyi yang diserap oleh lapisan permukaan, dan bunyi diffuser atau bunyi yang disebar.

Material akustik merupakan material atau suatu bahan yang memiliki fungsi dalam mengendalikan kualitas akustik bunyi dengan alokasi sesuai prinsip kerja rambatan dan pantulan bunyi (Rimantho et al., 2018). Peredam bunyi merupakan suatu hal yang penting dalam desain akustik. Suatu sumber bunyi yang datang akan menumbuk permukaan bahan sehingga suara tersebut akan diserap (absorb), dipantulkan (reflected), atau diteruskan (transmitted) oleh bahan tersebut. Fenomena ini dapat dilihat pada Gambar 16 dibawah.



Gambar 16. Fenomena absorpsi suara
(Echeverria. 2019)

Gambar 16 merupakan skema gelombang suara apabila mengenai suatu bahan atau material, terdapat kondisi gelombang ketika mengenai suatu material atau bahan yaitu mengalami refleksi, transmisi dan absorpsi (Khumaeni et al, 2019).

Besarnya jumlah energi yang diserap atau dipantulkan oleh bahan menentukan sifat suatu material. Apabila jumlah energi yang dipantulkan lebih besar, maka material tersebut bersifat sebagai pemantul (reflector). Jika energi yang diserap lebih besar, maka material tersebut bersifat sebagai penyerap (Absorpsi). Nilai dalam menentukan jumlah energi yang diserap bahan disebut nilai koefisien absorpsi bunyi (Hidayat, 2017). Sehingga jumlah nilai koefisien absorpsi, refleksi dan transmisi adalah 1.

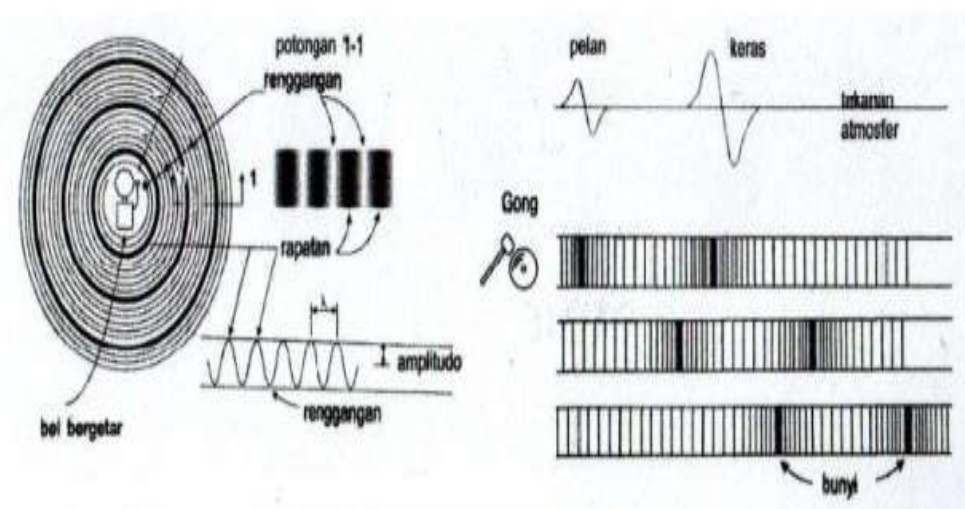
I. Gelombang Bunyi

Bunyi merupakan rangkaian perubahan tekanan yang disebabkan oleh adanya objek yang bergetar, yang kemudian disebut sebagai sumber bunyi. Ketika gelombang mencapai gendang telinga, maka dapat menimbulkan sensasi bunyi, dengan syarat dan frekuensi gelombang adalah antara 20 Hz sampai 20.000 Hz agar dapat terdengar oleh telinga manusia (Young & Freedman.2000).

Semua benda yang dapat bergetar memiliki kecenderungan untuk dapat menghasilkan bunyi. Bunyi jika dilihat dari arah rambatannya termasuk gelombang longitudinal dan jika dilihat dari medium perambatan termasuk gelombang mekanik karna membutuhkan medium dalam perambatannya seperti air, udara atau benda padat.

Medium perambatan bunyi harus terletak antara sumber bunyi dengan indra pendengar agar dapat terjadi perambatan. Partikel-partikel udara yang meneruskan gelombang bunyi tidak merubah posisi normalnya, melainkan hanya bergetar pada posisi kesetimbangannya, yaitu posisi partikel jika tidak ada gelombang bunyi yang diteruskan (Rimantho et.al., 2018). Syarat terjadinya bunyi ada tiga yaitu:

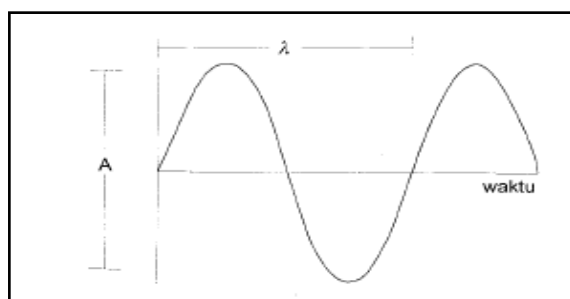
1. Adanya sumber bunyi. Seperti halnya gelombang, sumber gelombang bunyi adalah benda yang bergetar.
2. Adanya medium perambatan seperti udara.
3. Adanya Indra pendengaran



Gambar 17. Terjadinya Bunyi
(Mediastika, 2005)

Berdasarkan Gambar 16 dapat dilihat bahwa untuk dapat mendengar bunyi dibutuhkan medium perambatan bunyi. Medium perambatan bunyi harus terletak antara sumber bunyi atau objek yang bergetar dengan indra pendengar. Bunyi merupakan gelombang Longitudinal yaitu gelombang yang arah getaran dan arah rambatannya sama. Ketika objek yang bergetar tidak terhalang oleh objek lain maka perambatan akan mengenai semua partikel yang ada disekitarnya, sehingga perambatan bunyi terjadi ke segala arah.

Ketika perambatan bunyi mendekati objek yang diam, maka ada kemungkinan perambatan bunyi akan memantul atau berkurang karna diserap atau diteruskan oleh objek penghalang tersebut. Namun hal ini sulit dijelaskan dalam fenomena perambatan gelombang dalam rapatan dan renggangan. Oleh karna itu gelombang bunyi yang sederhana digambarkan dalam gelombang sinusoidal yang memiliki frekuensi, amplitudo, dan panjang gelombang tertentu. (Mediastika, 2005)



Gambar 18. Perambatan bunyi dalam gelombang sinusoidal
(Sumber: Mediastika, 2005)

1. Frekuensi Bunyi

Ketika sumber bunyi bergetar, getaran yang terjadi pada setiap detik disebut frekuensi dan diukur dalam satuan Hertz (Hz). Jumlah getaran yang terjadi setiap detik tersebut sangat tergantung pada jenis objek yang bergetar. Besaran fisika yang menentukan ketinggian bunyi adalah frekuensi. Makin rendah Frekuensi makin rendah ketinggian dan makin tinggi frekuensi makin tinggi ketinggian bunyi.

(Rimantho et.al., 2018). Frekuensi yang dapat terdengar oleh manusia berkisar antara 20 Hz hingga 20.000 Hz atau disebut dengan bunyi audiosonik. Bunyi yang memiliki frekuensi dibawah 20 Hz disebut bunyi Infrasonik, sedangkan bunyi dengan frekuensi diatas 20.000 Hz disebut bunyi Ultrasonik (Young & Freedman.2000).

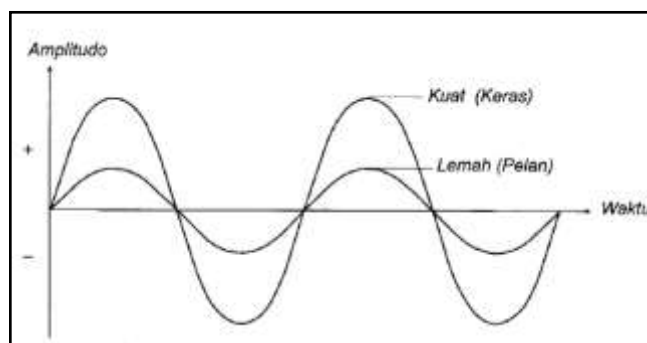
Bunyi dibedakakan dalam tiga frekuensi yaitu frekuensi rendah (dibawah 1000 Hz), frekuensi sedang (antara 1000-4000 Hz) dan frekuensi tinggi (diatas 4000 Hz) (Mediastika.2005). Pada penelitian ini menggunakan variasi frekuensi yang digunakan saat pengujian sifat akustik yaitu 500 Hz mewakili frekuensi rendah, 1000 Hz, 2000 Hz dan 4000 Hz mewakili frekuensi sedang dan 8000 Hz mewakili frekuensi tinggi.

Semakin tinggi frekuensi, maka semakin banyak gelombang bunyi terjadi dalam satuan waktu sehingga nada bunyi yang terdengar makin tinggi. Penelitian menunjukkan bahwa manusia lebih nyaman mendengarkan bunyi dengan frekuensi rendah. Namun telinga manusia tidak sensitif pada semua frekuensi dalam batas tersebut. Telinga manusia sangat sensitif pada frekuensi 3000 Hz - 4000 Hz dan kurang sensitif pada bunyi bunyi frekuensi rendah (Mediastika, 2005).

Ketika bunyi merambat pada medium yang homogen, maka bunyi akan merambat ke segala arah dengan kecepatan tetap. Kecepatan rambat bunyi selain dipengaruhi oleh medium perantara juga dipengaruhi oleh perubahan suhu udara. Adapun cepat rambat bunyi (v) dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

$$v = f \cdot \lambda$$

Frekuensi bunyi menentukan jenis dan warna bunyi yang dihasilkan dan panjang gelombang menunjukkan kekuatan bunyi. Bunyi dengan frekuensi rendah memiliki panjang gelombang yang besar dan bunyi dengan frekuensi tinggi memiliki panjang gelombang yang pendek. Ketika frekuensi dan panjang gelombang tidak menunjukkan keras pelannya bunyi, maka yang berpengaruh adalah amplitudo yang dilambangkan dengan (A).



Gambar 19. Amplitudo Bunyi
(Sumber: Mediastika, 2005)

Gelombang pendek maupun panjang menghasilkan simpangan atau amplitudo (A). Semakin besar simpangan maka semakin keras bunyi yang muncul dari getaran dan sebaliknya. (Mediastika, 2005)

2. Intensitas Bunyi

Intensitas bunyi didefinisikan sebagai energi yang dibawa suatu gelombang per satuan waktu melalui satuan luas dan sebanding dengan kuadrat amplitudo gelombang. Apabila suatu gelombang bunyi melewati medium fisik maka intensitas bunyi akan menurun sebanding dengan jarak yang ditempuh terhitung mulai terjadinya bunyi. Peristiwa ini dikenal dengan attenuasi. Bunyi akan mengalami attenuasi sedangkan medium akan menerima energi akustik sehingga menjadi panas, ini dikenal dengan penyerapan bunyi (Thamrin.2013)

Karakteristik attenuasi sering digunakan dalam pengukuran landasan teori yang menjelaskan fenomena fisika perihal pengurangan intensitas bunyi. Perubahan amplitudo dan pengurangan amplitudo sebagai berikut (Thamrin.2013)

$$I = I_0 e^{-\alpha X}$$

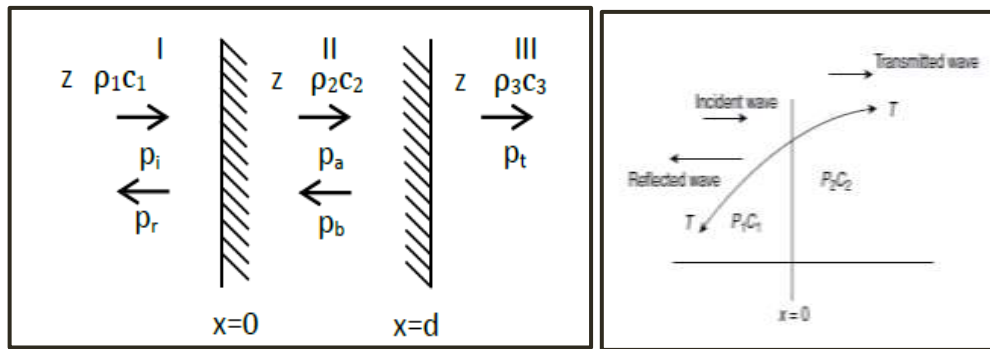
Dimana: I= Intensitas bunyi setelah melewati medium

α = Koefisien serap bunyi

3. Perambatan gelombang Bunyi

Perambatan gelombang bunyi melalui udara disebut perambatan secara airborne, yaitu ketika getaran yang dialami sumber bunyi menyentuh molekul-molekul udara yang ada di sekitarnya. Saat getaran molekul udara terus berjalan dan mengenai bidang pembatas yang terbuat dari zat padat, maka bergantung pada karakteristik bidang pembatas dan kekuatan bunyi yang merambat, dimungkinkan molekul udara menyentuh dan menggetarkan molekul yang menyusun zat padat pembatas.(Mediastika. 2009)

Perambatan gelombang bunyi di dalam tabung tertutup dapat dipelajari dengan mengambil contoh tabung tertutup yang salah satu ujungnya ditutup dengan piston yang dapat berosilasi sebagai pembangkit gelombang. Gelombang datang yang merambat di sepanjang tali memenuhi diskontinuitas dalam impedansi di posisi $x=0$. Pada posisi ini, $x=0$, bagian dari gelombang datang akan dipantulkan dan sebagiannya akan ditransmisikan ke daerah impedansi $\rho_2 c_2$. Kita dapat melihat impedansi $\rho_1 c_1$ dengan Z_1 . dan impedansi $\rho_2 c_2$ dengan Z_2 .



Gambar 20. Fenomena bunyi mengenai permukaan bahan

Misalkan gelombang datang sebagai y_i

$$y_i = A_1 e^{i(\omega t - kx)} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan amplitudo A_1 menjalar dengan arah positif sepanjang sumbu x dengan kecepatan c_1

Misalkan gelombang pantul sebagai y_r

$$y_r = B_1 e^{i(\omega t + kx)} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan amplitudo B_1 menjalar dengan arah negatif sepanjang sumbu x dengan kecepatan c_1

Dan gelombang yang diteruskan sebagai y_t :

$$y_t = A_2 e^{i(\omega t - k_2 x)} \dots\dots\dots(3)$$

Dengan amplitudo A_2 menjalar dengan arah positif sepanjang sumbu x dengan kecepatan c_2

Sehingga,

$$y_i + y_r = y_t \dots\dots\dots(4)$$

dengan $x=0$ maka

$$A_1 + B_1 = A_2 \dots\dots\dots(5)$$

$$T \frac{\partial}{\partial x} (y_i + y_r) = T \frac{\partial}{\partial x} y_t \dots\dots\dots(6)$$

sehingga

$$-K_1 T A_1 + K_2 T B_1 = -K_2 T A_2$$

$$-\omega \frac{T}{c_1} A_1 + \omega \frac{T}{c_1} B_1 = -\omega \frac{T}{c_2} A_2$$

$$\text{dengan } T/c_1 = \rho_1 C_1 = Z_1 \text{ dan } T/c_2 = \rho_2 C_2 = Z_2$$

sehingga

$$Z_1(A_1 - B_1) = Z_2 A_2 \dots \dots \dots (7)$$

dengan persamaan (5) dan (7) maka,

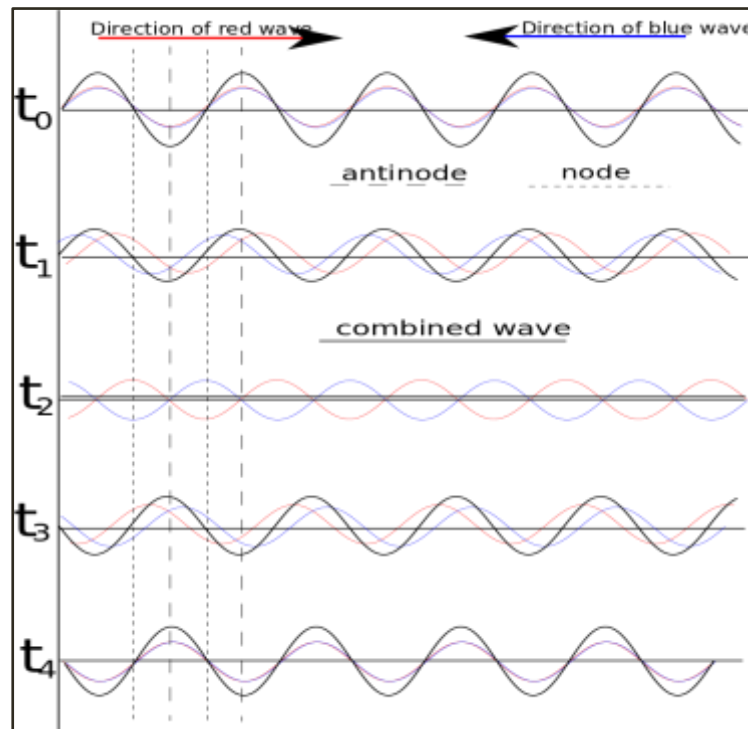
$$\text{Amplitudo koefisien refleksi, } \frac{B_1}{A_1} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Amplitudo koefisien transmisi, } \frac{A_2}{A_1} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} \dots \dots \dots (9)$$

(H. J. Pain. 2005)

4. Standing wave (Gelombang Berdiri)

Mode getaran yang terkait dengan resonansi pada objek yang diperluas seperti string dan kolom udara memiliki pola karakteristik yang disebut gelombang berdiri. Mode gelombang berdiri ini muncul dari kombinasi pemantulan dan interferensi sedemikian rupa sehingga gelombang pantul berinterferensi secara konstruktif dengan gelombang datang. Bagian penting dari kondisi interferensi konstruktif untuk dawai yang diregangkan ini adalah kenyataan bahwa gelombang berubah fase pada pemantulan dari ujung yang tetap.



Gambar 21. Formasi Gelombang Berdiri

Dapat dilihat pada Gambar 21 memiliki keadaan di mana dua gelombang yang identik merambat di arah yang berlawanan dalam medium yang sama. Gelombang ini tergabung sesuai dengan prinsip superposisi. Kita dapat menganalisis situasi seperti ini dengan mempertimbangkan fungsi gelombang untuk dua gelombang sinusoidal transversal memiliki amplitudo, frekuensi, dan panjang gelombang yang sama tapi merambat di arah yang berlawanan dalam medium yang sama:

Misalkan gelombang yang dihasilkan merambat sepanjang sumbu x, maka persamaan diferensial kecepatan partikel gelombang satu dimensi adalah:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{1}{c} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \dots \dots \dots (10)$$

Dengan c adalah kecepatan rambat gelombang bunyi. Sehingga solusi dari persamaan (6) adalah:

$$P_i = A \sin(\omega t + kx) \dots \dots \dots (11)$$

Dengan A merupakan Amplitudo gelombang datang yang mempunyai
 Dengan A merupakan Amplitudo gelombang datang yang mempunyai $\omega = 2\pi f$.
 Dan bila ada gelombang yang dipantulkan maka:

$$Pr = B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \dots \dots \dots (12)$$

Maka diperoleh tekanan bunyi total di titik M (ujung probe mikrofon)
 adalah

$$P = A \sin(\omega t + kx) + B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \dots \dots \dots (13)$$

Besarnya tekanan gelombang bunyi total tersebut dapat dihitung dengan
 cara sebagai berikut:

Dimisalkan:

$$\vec{A} = A \sin(\omega t + kx)$$

$$\vec{B} = B \sin(\omega t - kx - kl - \theta) \text{ maka penjumlahan vektornya adalah:}$$

$$\vec{P} = \vec{A} + \vec{B}$$

Sehingga

$$|\vec{P}|^2 = |\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha$$

$$= A^2 + B^2 + 2AB \cos \alpha [(\omega t + kx) - (\omega t - kx - kl - \theta)] \text{ maka}$$

$$|\vec{A} + \vec{B}|^2 = A^2 + B^2 + 2AB \cos(2kx + kl + \theta)$$

Dengan α = beda fasa antara $\vec{A}$ dan $\vec{B}$

Dengan demikian

$$|\vec{P}| = |A^2 + B^2 + 2AB \cos(2kx + kl + \theta)|^{1/2} \dots \dots \dots (14)$$

Maka dari persamaan (10) Terlihat bahwa tekanan bunyi maksimum
 terjadi bila harga $\cos(2kx + kl + \theta) = 1$, sehingga:

$$|\vec{P}_{maks}| = |A^2 + B^2 + 2AB|^{1/2} = A + B \dots \dots \dots (15)$$

Tekanan bunyi minimum terjadi bila harga $(2kx + kl + \theta) = -1$ dan,

$$|\vec{P}_{min}| = |A^2 + B^2 - 2AB|^{1/2} = A - B \dots \dots \dots (16)$$

Dengan A =amplitude gelombang datang, dan B =amplitude gelombang pantul.

Bila P_{min} ditambahkan ke P_{max} , maka:

$$P_{min} + P_{max} = 2A$$

$$A = \frac{1}{2} (P_{min} + P_{max}) \dots \dots \dots (16)$$

atau, Bila P_{min} dikurangkan ke P_{max} maka:

$$P_{min} - P_{max} = 2B$$

$$B = \frac{1}{2} (P_{min} - P_{max}) \dots \dots \dots (17)$$

Diketahui bahwa koefisien absorpsi normal adalah :

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} \dots \dots \dots (18)$$

$$\alpha_n = \frac{A^2 - B^2}{A^2} = 1 - \frac{B^2}{A^2} \dots \dots \dots (19)$$

(Liana, 2015)

5. Absorpsi Bunyi

Absorpsi bunyi yaitu penyerapan energi dari suatu sumber bunyi dengan menggunakan material penyerap bunyi (Hayat et.al., 2013). Umumnya material penyerap secara alami bersifat resistif, berserat (*fibrous*), berpori (*porous*) atau dalam kasus khusus bersifat resonator aktif. Ketika gelombang bunyi menumbuk material penyerap, maka energi bunyi sebagian akan diserap dan diubah menjadi panas. Bunyi akan masuk ke dalam material melalui pori-pori. Bunyi akan menumbuk partikel-partikel di dalam material tersebut, kemudian oleh partikel di

pantulkan ke partikel lain, begitu seterusnya sehingga bunyi terkurung di dalam material, kejadian ini disebut proses penyerapan (Risandi, 2017).

Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material yang digunakan. Umumnya bahan yang berpori (porous material) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya.

Koefisien absorpsi bunyi (α) merupakan efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu besarnya penyerapan bunyi pada material penyerap yang dinyatakan dalam bilangan antara 0 dan 1 (Mutia et al., 2019). Apabila bernilai 0 maka seluruh bunyi dipantulkan, dan jika bernilai 1 maka seluruh bunyi diserap. Kualitas dari material penyerap bunyi ditentukan oleh koefisien serap bunyi, yaitu nilai untuk mengetahui kemampuan suatu material dalam menyerap bunyi. semakin besar α maka material semakin baik digunakan sebagai peredam suara.

Suatu bahan dapat dikategorikan sebagai peredam bunyi menurut ISO 11654: 1997 untuk Acoustical Sound Absorbers for use in Buildings Rating of Sound Absorption yang memiliki nilai koefisien absorpsi minimum adalah 0,15 (Khotimah et al., 2015).

a. Pengaruh komposisi serat terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi

Serat dalam material komposit akan memberikan pori pada sampel komposit. Material lunak berpori mudah bergetar serta dengan adanya pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk kedalam material tersebut. Penyerapan energi bunyi oleh suatu material yaitu perubahan energi bunyi menjadi energi kinetik dan energi kalor. Energi kalor terbentuk karena adanya

gesekan antar molekul saat bergetar, biasanya panas melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Energi bunyi yang diterima berubah menjadi energi kinetik bagi pergerakan getaran tersebut, sehingga absorber memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap bunyi. (Mediastika. 2009)

Berdasarkan penelitian terkait penggunaan ampas tebu pada pengujian koefisien absorpsi bunyi yang telah diteliti oleh fajri Ridhola (2015), didapat bahwa koefisien absorpsi tertinggi yaitu 0,961 pada frekuensi 1000 Hz dengan massa serat ampas tebu 1 gr. Penelitian terkait serat ampas tebu juga telah diteliti oleh Puspita Sari (2020) terkait pengaruh densitas ampas tebu, didapat hasil nilai koefisien tertinggi yaitu 0,98 pada sample dengan densitas $0,44 \text{ gr/cm}^3$. Oleh karena itu serat ampas tebu berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan yang dapat menyerap bunyi. Semakin pendek serat tebu yang digunakan mak semakin baik nilai koefisien absorpsi bunyi yang dihasilkan, hal ini dapat dilihat pada penelitian yang telah dilakukan oleh suban (2015) yang memvariasikan panjang serat ampas tebu yang digunakan yaitu 1 cm, 3 cm dan 5cm, dan didapat hasil dengan panjang serat 1 cm memiliki nilai koefisien absorpsi bunyi paling baik. Oleh karena itu pada penelitian ini menggunakan serat ampas tebu dengan panjang 1 cm.

b. Pengaruh frekuensi terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi

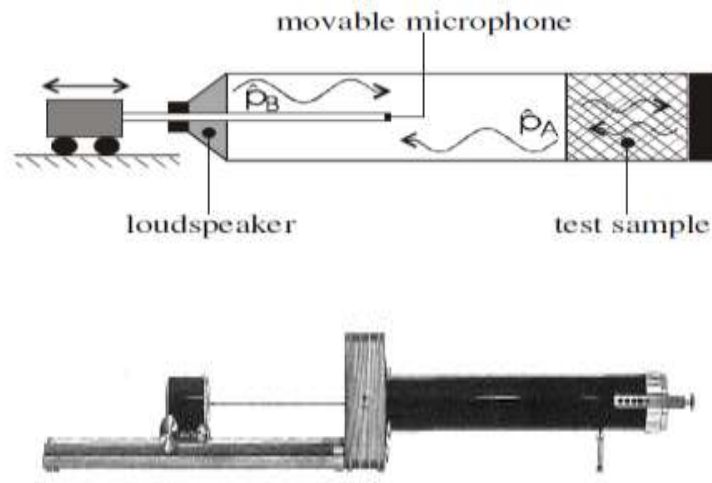
Pada material akustik tertentu cenderung bersifat resesif dimana mengalami penurunan koefisien absorpsi bunyi pada frekuensi tertentu. Pada frekuensi rendah, gelombang bunyi yang merambat di dalam tabung memiliki panjang gelombang (λ) yang panjang sehingga gelombang yang dipantulkan lebih besar dibandingkan gelombang diserap oleh material. (Rhidola. 2015). Arwanda (2019) pun menyatakan hal ini disebabkan oleh frekuensi alamiah dari sampel sehingga

menghasilkan amplitudo gelombang pantul menjadi kecil sehingga nilai koefisien absorpsi menurun pada frekuensi 2000 Hz. Sehingga apabila frekuensi alamiah bahan sama dengan frekuensi dari sumber bunyi gelombang datang maka akan beresonansi secara konstruktif sehingga menghasilkan amplitudo yang tinggi sehingga mempengaruhi nilai koefisien absorpsi bunyi.

J. Metode Tabung Impedansi

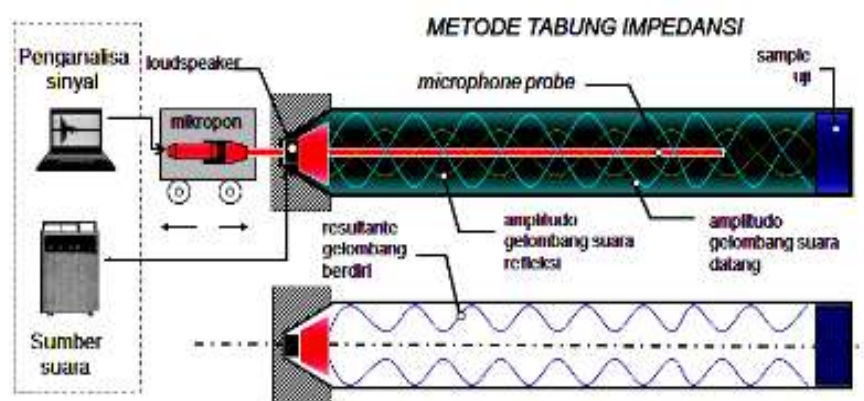
Metode tabung impedansi atau disebut juga dengan metode gelombang berdiri (standing wave tube) yang menggunakan **Rasio Gelombang Berdiri** dalam pengukuran absorpsi bahan pada gelombang bunyi oleh permukaan bahan pada suatu ruang tertutup. Tabung impedansi memungkinkan pengukuran dalam kondisi yang ditentukan dan terkontrol dengan baik. Misalnya, pengukuran koefisien penyerapan bunyi. Selain itu, metode ini nyaman dan murah karena hanya diperlukan sampel kecil dan cocok dalam pengujian sampel baru. Penggunaan metode ini berdasarkan dua standart, yaitu ISO 10534-1:1998 dan American Standart for Testing Materials (ASTM) C384-04. Prinsip dasar metode tabung impedansi adalah refleksi, absorpsi gelombang bunyi oleh permukaan bahan pada suatu ruang tertutup, dimana bahan tersebut digunakan untuk melapisi permukaan dinding ruang tertutup (Nugroho.et.,al.2018)

Pada metode tabung impedansi material uji yang digunakan sama dengan diameter tabung yang digunakan, sehingga lebih mudah dalam pengujian. Tabung impedansi secara konvensional diklasifikasikan menurut jumlah mikrofon, tabung impedansi dua mikrofon, tabung impedansi tiga mikrofon, dan tabung impedansi empat mikrofon. Dalam penelitian ini menggunakan metode tabung impedansi satu microphone.



Gambar 22. Sketsa Alat dalam Metode standing wave
(Sumber: Bruel& Kjaer. 1955)

Dari sketsa Gambar 22 dapat dilihat bahwa loudspeaker digunakan untuk menghasilkan gelombang yang merambat didalam pipa dan kemudian dipantulkan kembali oleh sampel uji. Interferensi fasa antara gelombang dalam pipa yang datang dan dipantulkan dari sampel uji akan menghasilkan pola berdiri didalam pipa. Amplitudo tekanan di node dan antinode diukur menggunakan mikrophone yang dapat digeser. Rasio tekanan maksimum (antinode) dengan tekanan minimum (node) merupakan Rasio Gelombang berdiri.



Gambar 23. Skema metode tabung Impedansi
(Nugroho et.,al.2018)

Gelombang bunyi yang berada didalam tabung merambat sepanjang sumbu X dapat dikatakan sebagai gelombang bidang, secara matematis dapat dinyatakan pada persamaan (1) berikut.

$$P = Ae^{i(\omega t - kx)} + Be^{i(\omega t + kx)} \dots\dots\dots(20)$$

Suku pertama dari persamaan (20) menyatakan gelombang yang merambat menuju arah sumbu x negatif disebut sebagai gelombang datang pada permukaan material dan suku kedua menyatakan gelombang yang merambat ke arah sumbu x positif disebut sebagai gelombang pantul pada bidang material. Hasil interferensi akan membentuk gelombang tegak dengan titik amplitudo tekanan minimum dan titik amplitudo tekanan maksimum.

Amplitudo pada antinode (tekanan maksimum) adalah (A+B) dan amplitudo pada node (tekanan minimum) adalah (A-B), dan pengukuran A dan B tidak dapat diukur secara langsung, namun dapat diukur dengan tabung gelombang berdiri. Perbandingan amplitudo tekanan ini dinamakan rasio gelombang tegak *Standing Wave Ratio (SWR)* (Bruek & kjaer. 1955)

$$SWR = \frac{A+B}{A-B} \dots\dots\dots(21)$$

Dimana A+B adalah Amplitudo tekanan maksimum

A-B adalah amplitudo tekanan minimum

Untuk koefisien refleksi dapat ditentukan dari Persamaan berikut:

$$R_{\Pi} = \left| \frac{B}{A} \right|^2 = \left(\frac{SWR-1}{SWR+1} \right)^2 \dots\dots\dots(22)$$

Untuk Koefisien penyerapan suara pada frekuensi tertentu dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\alpha = 1 - \left(\frac{SWR-1}{SWR+1} \right)^2 = \frac{4}{SWR + \frac{1}{SWR} + 2} \dots\dots\dots(23)$$

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh komposisi serat ampas tebu dengan matriks polypropylene dan pengisi sludge kertas pada pengujian sifat akustik panel komposit maka didapatkan kesimpulan yaitu:

1. Semakin banyak komposisi serat ampas tebu yang digunakan pada sampel komposit maka semakin tinggi nilai koefisien absorpsi bunyi dan semakin rendah nilai koefisien refleksi bunyi yang dihasilkan. Sehingga komposisi serat ampas tebu berbanding lurus terhadap nilai koefisien absorpsi bunyi dan berbanding terbalik dengan koefisien refleksi bunyi sampel komposit.
2. Semua variasi sampel komposit memiliki penurunan nilai koefisien absorpsi bunyi pada frekuensi 2000 Hz yaitu pada rentang frekuensi sedang, dan memiliki nilai koefisien absorpsi bunyi yang paling baik pada frekuensi rendah dan tinggi yaitu frekuensi 500 Hz dan 8000 Hz. Sehingga sampel komposit baik digunakan pada rentang frekuensi rendah dan tinggi.
3. Sampel komposit dengan serat ampas tebu dengan matriks limbah plastik polypropylene dan pengisi sludge kertas memiliki sifat akustik yang baik, hal ini dapat dilihat dari nilai koefisien absorpsi bunyi yang dihasilkan. Nilai koefisien absorpsi bunyi yang paling rendah adalah 0,63 dan paling tinggi 0.98. Hal ini melewati nilai 0,15 sehingga memenuhi standard ISO 11654 terkait minimal nilai koefisien absorpsi bunyi suara pada bahan bangunan.

B. Saran

Dalam penelitian terkait sifat akustik bunyi sebaiknya menggunakan alat pengukuran yang lebih lengkap seperti menggunakan metode tabung impedansi dengan empat microphone sehingga pengukuran yang dilakukan lebih banyak dan menggunakan aplikasi atau pengukuran secara langsung dalam pembacaan nilai koefisien bunyi, sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam pembacaan nilai dalam menggunakan osiloskop. Untuk pengujian selanjutnya agar dapat dilakukan pengujian terkait porositas dari material agar dapat melihat pori pori dari material peredam bunyi yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International (2016). Standard Test Method For Impedance And Absorbtion Materials By Impedance Tube Method. ASTM. C384-04.ASTM: United State.
- Bruel & Kjaer. (1955). Technical Review. Teletechnical.Acoustical and Vibrational Research.Standing wave apparatus. *PEARL. Perkins Electro Acoustic Research Lab.*
- Dantes, Kadek Rihendra dan Gede Aprianto.2017. *Composites Manufacturing and Testing*. Depok: Rajawali Pers
- Dea, A., Hidayat, S., Farid, M., & Wibisono, T. (2019). Karakterisasi Morfologi Sifat Akustik dan Sifat Fisik Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Dendrocalamus Asper untuk Otomotif. *Jurnal Teknik ITS* ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print) 6(02) 2–7. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25275>
- Dewanty. R.A.Sudarmaji. (2015). Analisis Dampak Intensitas Kebisingan Terhadap Gangguan Pendengaran Petugas Laundry. Impact Analysis Of Noise Intensity With Hearing Loss On Laundry Worker. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. 8(02).229-237
- Dewi, A. K., & Elvaswer. (2015). Material Akustik Serat Pelepah Pisang (Musa Acuminax Balbasiana Calla) sebagai Pengendali Polusi Bunyi. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1) ISSN 2302-8491, 78–82.
- Díaz-Ramírez, G., Maradei, F., & Vargas-Linares, G. (2019). Bagasse Sugarcane Fibers as Reinforcement Agents for Natural Composites: Description and Polymer Composite Applications. *Revista UIS Ingenierías*, 18(4), 117–130. <https://doi.org/10.18-273/revuin.v18n4-2019011>
- Echeverriaa.Claudia A, Farshid. P, Wilson H, Chaoyang J, Con D.Veena S. (2019). Engineered hybrid fibre reinforced composites for sound absorption building applications. *Journal Resources, Conservation & Recycling*. 143(1-14) <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.12.014>
- Eriningsih, R., Widodo, M., & Marlina, R. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Peredam Suara Dari Bahan Baku Serat Alam. *Arena Tekstil*, 29(1), 1–8. <https://doi.org/10.31266/at.v29i1.838>

- Fajriyanto. F. Firdaus. 2008 Panel Dinding Bangunan Ramah Lingkungan dari Komposit Limbah Pabrik Kertas (Sludge), Sabut Kelapa dan Sampah Plastik: Pengaruh Komposisi Bahan Dan Beban Pengempaan Terhadap Kuat Lentur (Bending) Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Mesin ISBN : 978-979-3980-15-7 Yogyakarta, 22 November 2008
- H.J.Pain. 2005. *The Physics Of Vibrations And Waves Sixth Edition*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England ISBN 0 470 01295 1 hardback ISBN 0 470 01296 X paperback
- Hayat Wahyudil, Syakbaniah, Yenni Darvina. (2013). Pengaruh Kerapatan Terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi Papan Partikel Serat Daun Nenas (Ananas Comosus L Merr). *PILLAR OF PHYSICS*, Vol. 1. 44-51
- Hasbi Muhammad ,Aminur,Sahril. 2016. Studi Sifat Mekanik Komposit Polimer yang diperkuat Partikel Clay. *Enthalpy Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin* 1(01) e-ISSN:2502- 894456
- Hajiha, H., & Sain, M. (2015). The use of Sugarcane Bagasse Fibres as Reinforcements in Composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, 525–549. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.4.525>
- Herawati, P. (2016). Dampak Kebisingan Dari Aktivitas Bandara Sultan Thaha Jambi Terhadap Pemukiman Sekitar Bandara 1. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 16(1), 104–108.
- Hidayat, A. Dea. S., Farid, M., & Wibisono, A. T. 2017. Karakterisasi Morfologi Sifat Akustik Dan Sifat Fisik Komposit Polypropylene Berpenguat Serat Dendrocalamus Asper Untuk Otomotif. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2) ISSN: 2337-3539 2301-9271 Print <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.25275>
- Hidayani, T. R., & Pelita, E. (2018). Analisis Sifat Fisika dari Komposit Panel Dinding dengan Matriks Limbah Plastik Polipropilena dan Pengisi Sabut Kelapa - Sludge Kertas Analysis of the Physical Properties of Composite Wall Panels Containing Polypropylene Plastic Waste Matrix and Cocofiber. *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik ke-7* 119–126. ISSN : 2477-3298
- <http://sipsn.menlhk.go.id./komposisi sampah>

- Hutagalung,R. 2017. Pengaruh Kebisingan Terhadap Aktivitas Masyarakat di Terminal Mardika Ambon. *ARIKA* 11(1). ISSN.1978-1105
- ISO 11654.(1997). Acoustical Sound Absorbers for Use in Buildings Rating of Sound Absortion.
- Jatnika.R.N.Q. M. F. Fachrul. M.M Sintorini. Analisis Dampak Kebisingan Terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja Karyawan Pada Industri Pemintalan Benang. Seminar Nasional Cendekiawan ke 4. Buku1:"Teknik, kedokteran hewan, Kesehatan, Lingkungan dan Lanskap. ISSN(P):2460-8696. ISSN(E): 2540-7589.
- Khumaeni, Aminudin, A., & Utama, J. A. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Koefisien Penyerapan Suara Bahan Peredam Suara Mobil dengan Metode Impedansi Akustik. *Prosiding Seminar Nasional Fisika* 5.0 (339-346) ISBN: 978-602-74598-3-0
- Khumar.A. P Mishra,& S.K Mehar.2011. Effect Of Surface Treatment On The Mechanical Properties Of Bagasse Fiber Reinforced Polymer Composite. *BioResources* 6(3), 3155-3165.
- Khuriati, A., Komaruddin, E. & Nur, M. (2006). Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya. *Berkala Fisika* 9(1), ISSN : 1410 - 9662
- Khotimah, K., S., & Soeprianto, H. (2015). Sifat Penyerapan Bunyi Pada Komposit Serat Batang Pisang (Sbp) Polyester. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 1(1), 91–101 e-ISSN : 2407-795X p-ISSN : 2460-2582 .
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v1i1.9>
- Kinda, M., Turnip, N., Sitorus, C., & Sibuea, P. (2020) Kajian Literatur Pengaruh Tekanan dan Temperatur Kempa Serta Jenis Adhesive Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Particleboard Dari Limbah Sludge Industri Pulp Dan Kertas. *JURNAL ILMIAH SIMANTEK* 4(04) ISSN. 2550-0414
- Laksono, A.D.. Lusi Ernawati. Desy Maryanti. (2019). Pengaruh Fraksi Volume Komposit Polyester Berpenguat Limbah Serbuk Kayu Bangkirai Terhadap Sifat Material Akustik. *Rekayasa Mesin artikel 8 pp* 10(3) .e ISSN 2477-6041, 277-285.

- Liana, M.P (2015). "Analisis Perbandingan Komposisi Material Akustik Serbuk Kulit Kerang Hijau (*Perna Viridis*) Serta Agent Foam Untuk Peningkatan Insulasi Dan Daya Absorpsi Bunyi. ". Skripsi . Jurusan Fisika Fakultas MatematikadanIlmuPengetahuanAlam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2015
- Lintong, F, (2009).Gangguan Pendengaran Akibat Bising. *Jurnal Biomedik*. 1(2) 81-86
- Mallick, P.K. 2007. *Fiber Reinforced Composites Material, Manufacturing, and Design*. Third Edition. CRC Press Taylor & Francis Group. ISBN-13:978-0-8493-4205-9
- Mardiyati, M. (2018). Komposit Polimer Sebagai Material Tahan Balistik. *Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.5614/jipk.2018.1.1.3>
- Mediastika, C. E. 2005. *Akustika Bangunan*. C.V ANDI OFFSET: Yogyakarta
- Mediastika, C. E. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas bunyi pada Bahan Bangnan Edisi kedua*. C.V ANDI OFFSET: Yogyakarta
- Milton, Graeme W. (2004). *The Theory Of Composites*. Cambridge University Press. ISBN 0-511-04092-X Ebook (Netlibrary) ISBN 0-521-78125-6 Hardback
- Mujiarto, Iman. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif.Traksi Vol 3(2)
- Mukhlis, W.I.N. Y. Sudarmanto. M. Hasan. (2018). Pengaruh Kebisingan Terhadap Tekanan Darah dan Nadi pada Prakerja Pabrik Kayu PT. Muroco Jember. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*. 17(2) 112-118. DOI: 10.14710/jkli.17.2.112-118
- Mutia Putri, Ngatijo,Helga Dwi Fahyuan. (2019). Pengaruh Jenis Serat Alam Terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi Sebagai Peredam Kebisingan. *JIFP (Jurnal Ilmu Fisika dan Pembelajarannya)*. 3(01) 18-23 ISSN (online): 2549-6158 ISSN (print): 2614-7467
- Nasution, A., Wahab, A., & Nuari, D. (2018). Analisis Pengaruh Benang Wol Dan Limbah Batang Pisang Dalam Rancangan Produk Komposit Peredam Bunyi Ruang Akustik. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 20(2), 53–62.

<https://doi.org/10.32734/jsti.v20i2.490>

- Nugroho.W.H. Nanang.J.H, Purnomo, H Zein. Rahmadiasah.(2018).Kajian Eksperimental Koefisien Redaman Akustik Bahan Pelapis Plat Dek Kapal.R.E.M.(RekayasaEnergiManufaktur) 3(01) ISSN 2527-5674 (print) , ISSN 2528-3723 (online) DOI: <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v3i1.1511>
- Nursani, M., Karo, P. K., & Yulianti, Y. (2020). Pengaruh Variasi Penambahan Abu Ampas Tebu dan Serat Ampas Tebu Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Pada Mortar. *Artikel Riset*. 118–124. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i3.55989>
- Nuruddin, M. (2019). Komposit Desain Komposisi Bahan Komposit yang Optimal Berbahan Baku Utama Limbah Ampas Serat Tebu (Baggase). *Matrik*, 19(2), 47. <https://doi.org/10.30587/matrik.v19i2.759>
- Oktama.Irfan.2016. Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate(PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*. 5(03). ISSN 2089-7235
- Pelita, E., Rachmi, T., & Rahmad, D. (2019). Bahan Formitigasi Komposit. *Rasayan. J.Chem* ISSN 2019: 0974-1496 e-ISSN: 0976-0083 12(3), 1144–1150.
- Purwati.S. Rina.S. Soetopo.Setiadji & Y.Setiawan. (2006). Potensi dan Alternatif Pemanfaatan Limbah Padat Industri Pulp dan Kertas.*BS*.41(02) 68-79.
- Pratama, R. D., Farid, M., & Nurdiansah, H. (2017). Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara. *JURNAL TEKNIK ITS* .6(02) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print) 250–254.
- Ridhola, Fajri. Elvaswer. 2015. Pengukuran Koefisien Absorpsi Material Akustik Dari Serat Alam Ampas Tebu Sebagai Pengendali Kebisingan. *Jurnal Ilmu Fisika (Jif)*, 7(01). ISSN 1979-4657
- Rimantho, Dino. Nur Yulianti Hidayah Dan Erlanda Augupta Pane. 2018. Pemanfaatan Limbah Organik Dan Anorganik Sebagai Material Akustik . *Cetakan Ke-1 Revisi – Unit Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat Ftup*, 2018 ISBN: 978-602-53164-4-9
- Risandi Azri, Elvaswer. 2017. Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik dari Panel Serat Kulit Jeruk dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal*

Fisika Unand Vol. 6, No. 4, Oktober 2017 ISSN 2302-8491

- Said H., L Kano Mangalla & B.Sudia. (2019). Analisa Mampu Redam Suara Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Matriks Polyvinyl Acetate (Lem Fox). *ENTHALPY-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. 4(03) e-ISSN: 2502-8944
- Sari, T. P. Elvaswer (2020). Pengaruh Densitas Panel Serat Ampas Tebu terhadap Koefisien Absorpsi Bunyi dan Impedansi Akustik. *Jurnal Fisika Unand (JFU)* 9(3), 304–310. ISSN: 2302-8491 (Print); 2686-2433 (Online) <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.304-310.2020>
- Satwiko.Prasasto. 2008. *Fisika Bangunan*. CV. ANDI OFFSET: Yogyakarta
- Septiani, B. A., Arianie, D. M., Risman, V. F. A. A., Handayani, W., & Kawuryan, I. S. S. (2019). PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK DI SALATIGA: Praktik, dan tantangan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 17(1), 90. <https://doi.org/10.14710/jil.17.1.90-99>
- Suban, S. L., & Farid, M. (2015). Pengaruh Panjang Serat terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit Serat Ampas Tebu dengan Matriks. 4(1), 101–105.
- Sudirman, A. K.K., I. Gunawan, A.Handayani, & Evi Hertinvyana. (2002). Sintesis dan Karakterisasi Komposit Polipropilena/Serbuk Kayu Gergaji. *Indonesian Journal of Materials Science*. 4(01), 20 – 25 ISSN : 1411-1098
- Sumardiyono, Reni Wijayanti, Hartono, Adi Heru Sutomo, (2019) . Kebisingan Lingkungan Kerja : Kerentanan Kesehatan Pada Pekerja. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*.11(04) ISSN 1829-77285 E ISSN :2040-881X <https://doi.org/10.20473/jkl.v11i4.2019.267-275>
- Thamrin.S.S.H.J.Tongkukut.As'ari. 2013. Koefisien Serap Bunyi Papan Partikel dari Bahan Serbuk Kayu Kelapa. *Jurnal Fisika.FMIPA.Unsrat*. Manado. 2(1) 56-59
- Ulrich, T., & Arenas, J. P. (2020). Sound Absorption Of Sustainable Polymer Nanofibrous Thin Membranes Bonded To A Bulk Porous Material. *Sustainability (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/su12062361>
- Wahyono, S. (1997). Mengubah Limbah Sludge Pabrik Pulp Dan Kertas Menjadi Produk Berguna. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 1(3) 277–281

- Widiarta, I. W., Nugraha, I. N. P., & Dantes, K. R. (2018). Pengaruh Orientasi Serat Terhadap Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Alam Batang Kulit Waru(Hibiscus Tiliaceust) Dengan Matrik Poliyester. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 6(1), 41. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v6i1.11411>
- Yang, X., Wang, W., & Huang, H. (2015). Resistance of Paper Mill Sludge/Wood fiber/High-Density Polyethylene Composites to Water Immersion and Thermotreatment. *Journal Of Applied Polymer Science*. 132(11) 41655, 1–7. <http://doi.org/10.1002/app.41655>
- Yuliantika.S. Elvaswer.(2015).Penentuan Koefisien Absorpsi Bunyi Dan Impedansi Material Akustik Resonator Panel Kayu Lapis(PLYWOOD) Berlubang Dengan Menggunakan Metode Tabung. *Jurnal Ilmu Fisika (JIF)*. 7(02).ISSN.1979-4657
- Young. H. D & R.A Freedman. *Fisika Universitas Edisi kesepuluh Jilid dua*. 2000. Erlangga:Jakarta