

DISERTASI

PANEL AKUSTIK DARI LIMBAH BULU AYAM

(Acoustic Panels from Waste Chicken Feather)

A n s a r u l l a h

P1300315009



**PROGRAM STUDI S3 ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

PANEL AKUSTIK DARI LIMBAH BULU AYAM

Disertasi
Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Doktor

Program Studi S3
Ilmu Arsitektur

Disusun dan diajukan oleh

ANSARULLAH

Kepada

**PROGRAM STUDI S3 ILMU ARSITEKTUR
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

DISERTASI

PANEL AKUSTIK DARI LIMBAH BULU AYAM

Disusun dan diajukan oleh:

ANSARULLAH


Nomor Pokok: P1300315009

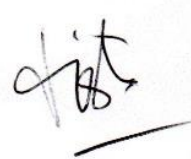
Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi
pada tanggal 26 Oktober 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,
Komisi Penasehat


Prof. Dr. Ir. H. Muh. Ramli Rahim, M. Eng


Promotor



Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D
Co-Promotor


Dr. Eng. Asniawaty, ST, MT
Co-Promotor


Ketua Program Studi S3
Ilmu Arsitektur


Dr. Ir. Nurul Jamala Bangsawan, MT


Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertandatangan di bawah ini

Nama : Ansarullah
No mahasiswa : P1300315009
Program studi : S3 Ilmu Arsitektur

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 5 November 2020

Yang menyatakan



Ansarullah
Ansarullah

Alhamdulillah, Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan Karunia dan Rahmatnya, sehinggaaa Penulis dapat menyelesaikan disertasi dengan judul “Panel Akustik dari Limbah Bulu Ayam, sebagai salah satu syarat kelulusan dalam Program Pendidikan Doktor Ilmu Arsitektur Universitas Hasanuddin.

Penulisan disertasi ini dapat terlaksana berkat bantuan dari beberapa pihak, baik berupa materil maupun moril, secara langsung maupun tidak langsung, oleh karena itu pada kesempatan ini Penulis menyampaikan rasa hormat dan mengaturkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya, kepada:

1. Prof. Dr. Ir. H. M Rahim, M. Eng, selaku Promotor, yang senantiasa membimbing dan memberi dukungan pendidikan penulis sejak awal, mendidik dan membimbing dengan penuh ketulusan hati dan selalu memberi nasehat kepada penulis.
2. Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph. D, selaku Co Promotor, yang senantiasa mendukung pendidikan penulis sejak awal, melibatkan penulis dalam beberapa penelitian bersama, memberi petunjuk dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Disertasi ini.
3. Dr.Eng. Asniawaty, ST., MT., selaku Co Promotor atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam penyelesaian Disertasi ini. Banyak ilmu, nasehat dan bimbingan dalam diskusi-diskusi kami selama di Laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan Departemen Arsitektur FT-UNHAS.
4. Ketua Departemen Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Dr. Ir. H. Edward Syarif, ST., MT, yang senantiasa membimbing, mengajar dan memberikan ilmu yang tidak ternilai dengan penuh ketulusan hati.
5. Ketua Program Studi Doktor Ilmu Arsitektur Fakultas Teknik Univeristas Hasanuddin, Dr. Ir. Nurul Jamala Bangsawan, MT., selaku dosen penguji atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam penyelesaian Disertasi ini. Diskusi-diskusi kami selama di laboratorium Sains dan Teknologi Bangunan Departemen Arsitektur FT-UNHAS, telah banyak memberi warna dalam Disertasi Penulis.
6. Dr.Eng. Ir. Rosady Mulyadi., ST., MT, selaku dosen penguji atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam penyelesaian Disertasi ini.
7. Dr. Nurlaelah Rauf, M. Sc, selaku dosen penguji atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam penyelesaian Disertasi ini. Banyak ilmu, nasehat dan bimbingan yang Penulis dapatkan selama belajar tentang ilmu material panel akustik.

8. Dr.Eng. Ir. Nasruddin, ST., MT, selaku dosen penguji atas kesediaan waktu dan saran-sarannya dalam penyelesaian Disertasi ini.
9. Prof. Dr. Ir. Erni Setyowati. MT, selaku dosen penguji eksternal, atas kesediannya memenuhi undangan kami dan saran-sarannya untuk kesempurnaan Disertasi ini.
10. Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik sekaligus ketua sidang.
11. Seluruh guru Ilmu Arsitektur FT-UNHAS yang senantiasa memberikan arahan, bimbingan, saran dan nasehat selama penulis menjalani pendidikan hingga menyusun karya akhir ini.
12. Teman sekaligus saudara seangkatan dan seluruh teman Program Doktor Ilmu Arsitektur Universitas Hasanuddin terutama bapak Muhammad Tayeb Mustamin, yang telah memberi bantuan motivasi dan dukungan selama masa pendidikan dan penyelesaian Disertasi ini.
13. Kepada semua pihak yang tidak dapat Penulis sebut satu persatu, yang telah memberi dukungan yang sangat berarti, Penulis ucapkan terima kasih yang tak terhingga.

Akhirnya Penulis mengatur terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada kedua orang tua yang sangat kami cintai dan hormati Ayahanda H. Faharuddin Ali dan Ibunda Hj Munawwarah (alm.). Berkat ketabahan, kesabaran, tulus dan penuh kasih sayang mendidik kami Ananda tidak mampu membalas semuanya. Hanya doa ke hadirat Allah SWT yang bisa Anadakan aturkan.

Khususnya kepada istriku tercinta Hj. Wae Tenri Lawi, ST. dan ketiga putra putri tersayang, penyejuk hati, Siti Dianti, Muh Ryan Fadhil Umar, Muh Rafly Fadhil Umar, doa, dukungan semangat, kasih sayang dan keikhlasan kalian menjadi kekuatan, semangat dan motivasi Penulis dalam menyelesaikan studi. Penulis berharap semoga pencapaian ini akan menjadi inspirasi buat kalian untuk terus bersemangat mencapai pendidikan setinggi-tingginya.

Terima kasih kepada teman sejawat di Universitas Muslim Indonesia, terutama kepada Bapak Dr.Eng. Kusno Kamil. ST., MT, atas bantuan, dukungan doa dan motivasi kepada Penulis dalam menyelesaikan pendidikan.

Terima kasih pula saya ucapkan para mahasiswa (Takdir Damming, Ramadhani Nurhaq, Muhammad Rafli, Andi Ilmu Faradita, Julvana Usman, Dea Aulia, Novita Nurul, Rydho Amalia Putri, Amalya Adyafiq Ryasha, Muh Tri Ilman yang turut membantu dalam pembuatan dan pengukuran sampel sehingga eksperimen dan hasil dari Disertasi ini dapat terselesaikan sesuai yang diharapkan

Usman, Dea Aulia, Novita Nurul, Rydho Amalia Putri, Amalya Adyafiqa Ryasha, Muh Tri Ilman yang turut membantu dalam pembuatan dan pengukuran sampel sehingga eksperimen dan hasil dari Disertasi ini dapat terselesaikan sesuai yang diharapkan

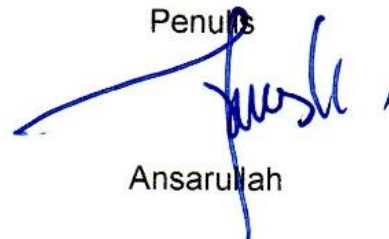
Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Disertasi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Melalui kesempatan ini pula perkenankan Penulis mengutarakan permohonan maaf yang setulus-tulusnya atas kesalahan dan kekhilafan yang telah dilakukan baik sengaja maupun tidak disengaja, selama masa pendidikan sampai selesainya Disertasi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga Disertasi ini bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan sumbangan bagi perkembangan ilmu Arsitektur dimasa yang akan datang.

Semoga apa yang kita upayakan bernilai ibadah disisi Allah SWT.

Makassar, 26 Oktober 2020

Penulis

Ansarulah

ABSTRAK

Ansarullah, Judul: PANEL AKUSTIK DARI LIMBAH BULU AYAM

Promotor : Prof. Dr. Ir. H. Muh. Ramli Rahim, M.Eng.

Co – Promotor : Prof. Ir. Baharuddin Hamzah, ST. M.Arch. Ph. D
Dr.Eng. Asniawaty, ST., MT

Pertumbuhan penduduk setiap tahunnya semakin bertambah mengakibatkan munculnya berbagai masalah lingkungan diantaranya limbah dan kebisingan. Kebisingan salah satunya dapat diredam dengan mendesain ruang dengan penambahan material penyerap suara (panel akustik). Akses masyarakat pada panel semacam ini cukup rendah, disebabkan tingginya harga jual dan tidak meratanya ketersediaan di pasar. Panel dengan karakter menyerap suara baik, harga terjangkau, terbuat dari bahan limbah sangatlah penting. Salah satu bahan yang menjadi pilihan alternatif adalah limbah bulu ayam, karena muda didapat, harga rendah, diperkirakan dapat menurunkan harga jual barang dimaksud.

Bulu ayam adalah limbah yang setiap hari diproduksi dan sudah banyak dimanfaatkan, seperti pembuatan kemoceng, asesoris, briket, pakan ternak dan lain lain, tetapi pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai panel akustik belum pernah ada yang menelitinya, sehingga penulis mencoba mengembangkan penelitian ini menjadi sebuah panel akustik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi potensi bulu ayam untuk diciptakan menjadi panel akustik. Metodenya adalah rekayasa eksperimental. Hasil yang didapat adalah panel dari material limbah bulu ayam dengan karakteristik akustik yang baik, didapat nilai absorpsi (α) 0,49 - 0,52 untuk permukaan datar dan (α) 0,58 – 0,67 untuk panel variasi permukaan cekung, sehingga nantinya dapat diaplikasikan sebagai material panel dibidang Arsitektur yang ringan dan ekonomis.

Kata kunci : *Panel, Material Akustik, Limbah dan Bulu Ayam*

ABSTRACT

Ansarullah, Title : Acoustic Panels from Waste Chicken Feather
Promotor : Prof. Dr. Ir. H. Muh. Ramli Rahim, M. Eng.
Co – Promotor : Prof. Baharuddin Hamzah, ST. M. Arch. Ph. D
Dr. Eng. Asniawaty, ST., MT

Population growth every year is increasing, resulting in the emergence of various environmental problems including waste and noise. One of the ways to reduce noise is by designing the space with the addition of sound-absorbing materials (acoustic panels). Public access to such panels is quite low, due to high selling prices and unequal availability in the market. Panels with good sound-absorbing character, affordable prices, made from waste materials are very important. One of the materials that is an alternative choice is the waste of chicken feathers, because it is young, the price is low, it is estimated that it can reduce the selling price of the item in question.

Chicken feathers are waste that is produced every day and has been widely used, such as making duster, accessories, briquettes, animal feed and others, but the use of chicken feather waste as an acoustic panel has never been studied, so the authors try to develop this research into a panel acoustic. This study aims to identify the potential of chicken feathers to be created into acoustic panels. The method is experimental engineering. The results obtained are panels of chicken feather waste material with good acoustic characteristics, the obtained absorption values (α) 0.49 - 0.52 for flat surfaces and (α) 0.58 - 0.67 for panels with concave surface variations, so that later it can be applied as a lightweight and economical panel material in Architecture

Key words: *Panel, Acoustic Material, Waste and Chicken Feather*

DAFTAR ISI

PRAKATA	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
B A B I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Penelitian	6
F. Kebaruan Penelitian (<i>Novelty</i>) Batasan Penelitian	6
G. Sistematika Pembahasan	7
B A B II	9
TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Pengertian Panel	9
1. Papan Partikel	9
2. Jenis Papan Partikel	11
3. Kerapatan	13
B. Akustik	15
1. Pengertian Akustik	15
1. Pengertian Frekuensi	19
2. Fenomena akustik dalam ruang tertutup	20
3. Material Akustik	21
4. Parameter Ruang Akustik	26
C. Bunyi	33
1. Bunyi (<i>Sound</i>)	34
2. Tingkat Bunyi (<i>Sound Level</i>)	36
3. Pengukuran Bunyi	37

D. Prinsip Dasar Insulasi	39
1. Massa	40
2. Dekopling Mekanik	40
3. Absorpsi atau penyerapan energi suara	41
4. Resonansi	41
5. Konduksi	42
E. Teori Mengenai Sifat Thermal Material	42
1. Teori Perpindahan Panas	43
2. Konduktivitas Bahan dan Ketahanan Thermal Benda	44
3. Reflektivitas	44
4. Serapan Kalor	45
5. Kapasitas Thermal	45
F. Limbah	46
1. Klasifikasi Limbah	47
2. Berdasarkan Sumbernya.	47
3. Berdasarkan Senyawanya.	48
G. Bulu Ayam	49
1. Dampak Pencemaran Limbah Bulu Ayam di Lingkungan	57
2. Potensi Limbah Bulu Ayam	58
H. Material Pemandang dengan Panel Bulu Ayam	63
1. Material Pabrikasi	63
a. Papan Gypsum.	63
b. Partikel Board	63
c. Tripleks/ Multipleks/ Plywood	65
2. Material Alami	68
a. Sabuk Kelapa	68
BAB III	71
METODE PENELITIAN	71
A. Jenis Penelitian	71
B. Material / Bahan Penelitian	72
C. Alat Penelitian	76
D. Variabel Penelitian	80

E. Definisi Operasional	81
F. Tahapan Penelitian	82
G. Lokasi dan Waktu	87
H. Proses Pengujian	90
1. Pengujian sifat Akustik Material Panel Bulu Ayam	90
2. Pengujian sifat Fisis	92
3. Pengujian sifat mekanis Material.	95
BAB IV	96
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	96
A. Proses dan Komposisi Bahan Pembuatan Panel Bulu Ayam	96
1. Proses Pembuatan Bahan Uji Panel	96
2. Hasil Eksperimen Awal	103
3. Hasil Eksperimen Sampel Uji	110
B. Karakteristik Akustik Panel Bulu Ayam	112
1. Sampel Panel dengan permukaan rata.	113
a. Ketebalan 0,9 cm (BAPR)	113
b. Ketebalan 1,6 cm (BAPR)	116
c. Ketebalan 2,5 cm (BAPR)	119
2. Sampel Panel dengan Permukaan Cekung Tebal 1,6 cm	122
a. Sampel Panel dengan cekungan Empat	122
b. Sampel Panel dengan cekungan Lima	125
c. Sampel Panel dengan cekungan Sembilan	127
a. Sampel Panel dengan cekung Lima	132
b. Sampel Panel dengan cekungan Sembilan tebal 2,5 cm	134
3. Karakteristik Akustik Panel Bulu Ayam dengan Material Pembanding Pabrikasi	137
a. Gypsum	137
b. Partikel board	138
c. Tripleks	139
4. Karakteristik Akustik Panel Bulu Ayam dengan Material Pembanding Material Pembanding Bahan Alami	141
a. Sabuk kelapa	141
b. Gaba gaba	142

C. Sifat Fisis Material Panel Bulu Ayam	144
1. Kerapatan Panel Bulu Ayam	144
a. Sampel Panel Bulu Ayam Permukaan Rata (BAPR)	146
b. Sampel Panel Variasi Cekung (BAC)	149
2. Daya Serap Air beberapa material pembanding dengan Material Panel Bulu Ayam.	151
3. Kemampuan panel bulu ayam terhadap daya serap panas (thermal)	152
4. Kemampuan panel bulu ayam terhadap daya tahan terhadap api	154
5. Kemampuan panel bulu ayam terhadap daya tahan (durability) setelah diaplikasikan pada ruang.	155
BAB V	158
KESIMPULAN DAN SARAN	158
A. Kesimpulan	158
B. Saran	160
DAFTAR PUSTAKA	162
DAFTAR LAMPIRAN	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Fenomena absorpsi suara oleh suatu permukaan bahan	21
Gambar 2. Penyerap suara tergantung pada lunak-kerasnya. Makin besar permukaan makin meredam suara, permukaan dapat diperluas dengan: a) Permukaan beralur; b) Permukaan berpori; c) Serabut terbuka.	25
Gambar 3. Potensi bulu ayam (Statistik Peternakan, 2019)	60
Gambar 4. Material papan Gypsum	63
Gambar 5. Material Partikel Board	64
Gambar 6. Material Tripleks/ plywood	66
Gambar 7. Material alam sabuk kelapa. A. Limbah sabuk kelapa. B. Sabuk kelapa yang telah termanfaatkan.	68
Gambar 8. Material alam gaba gaba. A. Pohon Rumbia (sagu).	70
Gambar 9. Anatomi bulu ayam (Feather Anatomy)	74
Gambar 10. Kontur bulu ayam (A contour Feather)	75
Gambar 11. a) Bulu yang sudah dibersihkan dan kering, b) Bulu yang sudah dihaluskan	76
Gambar 12. Alat dan bahan pencucian bulu ayam	77
Gambar 13. Alat pengeringan bulu ayam	78
Gambar 14. Alat dan proses pengilingan bulu ayam	78
Gambar 15. Alat pembuatan bahan uji panel akustik bulu ayam	79
Gambar 16. Tahapan penelitian secara umum	86
Gambar 17. Proses pembuatan sampel panel bulu ayam di laboratorium Universitas Muslim Indonesia	87
Gambar 18. Tabung Impedansi B&K tipe 4206.	88
Gambar 19. Alat uji tabung impedansi type 4206 dengan dengan diameter 10 cm dan Ruang Pengujian sampel di Unechoic Chamber Acoustic Workshop, Building Science Laboratory Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin	89
Gambar 20. Metode pengukuran impedansi tube (Bruel & Kjaer, 2007)	90

Gambar 21. Sampel bulu ayam siap uji	90
Gambar 22. Proses pencocokan material sampel pada tabung impedansi type 4206	91
Gambar 23. Proses pengujian sampel	92
Gambar 24. Proses pencacahan bulu hingga halus dengan cara digunting kecil kecil kisaran 2-3 mm	96
Gambar 25. (A) Tumpukan bulu kering yang siap digiling, (B) Mesin Penggiling plastik dipakai untuk menggiling bulu ayam, (C) Hasil bulu ayam yang telah dihaluskan atau digiling	97
Gambar 26. (A) Bulu ayam yang telah kering dan diawetkan, (B) Bulu ayam yang telah dihaluskan atau digiling	97
Gambar 27. Beberapa model dan ukuran cetakan panel	100
Gambar 28. Mengukur berat masing masing material yang akan dibuat menjadi panel.	100
Gambar 29. (A) Pengadukan antara lem dan air, (B) Pengadukan material bulu dan air yang sudah bercampur dengan lem (perekat PVAc)	101
Gambar 30. Beberapa model dan cetakan panel yang telah dipersiapkan	101
Gambar 31. Cetakan yang telah dilapisi plastik	101
Gambar 32. Memasukkan material yang telah diaduk kedalam cetakan	102
Gambar 33. Pemadatan sampel secara manual, dengan cara ditekan dan ditotol dengan sumpit	102
Gambar 34. Pemadatan material sampel dengan mesin UTM (Universal Testing Mesin) dan Hidrolid Press	103
Gambar 35. Panel yang dikeringkan dengan oven listrik dan sinar matahari	103
Gambar 36. Sampel yang dibuat dengan bulu ayam utuh eksperimen dianggap gagal dan tidak berhasil	104
Gambar 37. Sampel dianggap gagal dan tidak berhasil akibat tekanan press yang sangat tinggi	105

Gambar 38. Komposisi antara campuran bulu ayam, air dan lem belum seimbang menyebabkan sampel tidak terbentuk dan gagal	105
Gambar 39. Kondisi cetakan tidak dapat mempertahankan bentuk aslinya	106
Gambar 40. Sampel panel dianggap gagal disebabkan dibentuk dengan menggunakan alas cetak dari kertas	107
Gambar 41. Material bulu terlalu besar, perekat yang digunakan kurang dari 20% dan air sebagai pelarut banyak sehingga rapuh.	107
Gambar 42. Pengeringan dalam oven listrik dengan suhu 200°C	108
Gambar 43. Sampel panel dengan 40% material lem	108
Gambar 44. Sampel panel dibuat dengan menggunakan semen putih dicampur dengan air dan bulu	109
Gambar 45. Beberapa model sampel yang akan menjadi bahan untuk pengujian nilai absorpsi panel.	110
Gambar 46. (A) Panel persegi empat ukuran 20 x 20 cm, (B) Panel persegi 20 x 20 cm yang akan diaplikasikan sebagai panel dinding, (C) Sampel yang telah dihaluskan dengan plamur, (D) Sampel yang telah mengalami pengecatan dan penerapan bahan tempel.	111
Gambar 47. Panel persegi panjang tebal 0,9 cm dan 1,6 cm.	111
Gambar 48. Kurva Koefisien Absorpsi BAPR (A, E, F,H,I)	113
Gambar 49. Kurva Koefisien Absorpsi BAPR (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J)	113
Gambar 50. Kurva rata rata koefisien absorpsi sampel BAPR 0,9	115
Gambar 51. Kurva Koefisien absorpsi BAPR 1,6 cm (sampel A-J)	116
Gambar 52. Kurva koefisien absorpsi BAPR 1,6 cm (sampel B, F, G, H, I)	116
Gambar 53. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA PR 1,6	118
Gambar 54. Kurva koefisien absorpsi BAPR 2,5 cm (A-J)	119
Gambar 55. Kurva Koefisien absorpsi BAPR 2,5 cm (sampel C, F, H ,I,G)	119
Gambar 56. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA PR tebal 2,5 cm	120
Gambar 57. Kurva gabungan BAPR	121

Gambar 58. Kurva koefisien absorpsi BA C4	122
Gambar 59. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA C4	123
Gambar 60. Kurva Koefisien Absorpsi BA C 5	125
Gambar 61. Kurva rata rata koefisien Absorpsi BA C5	126
Gambar 62. Kurva Koefisien Absorpsi CA C9	127
Gambar 63. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA C9	128
Gambar 64. Kurva gabungan panel cekung	129
Gambar 65. Kurva koefisien absorpsi BA C4	129
Gambar 66. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA C4	130
Gambar 67. Kurva koefisien absorpsi BA C5	132
Gambar 68. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA C5. T 2,5	132
Gambar 69. Kurva koefisien Absorpsi BA C9 T2,5	134
Gambar 70. Kurva rata-rata koefisien absorpsi BA C9	134
Gambar 71. Grafik koefisien Absorpsi material gipsum	137
Gambar 72. Grafik koefisien absorpsi material partikel board	138
Gambar 73. Grafik koefisien absorpsi material tripleks	139
Gambar 74. Grafik pembanding material pabrikasi	140
Gambar 75. Grafik koefisien absorpsi material sabuk kelapa	141
Gambar 76. Grafik koefisien absorpsi material gaba gaba	142
Gambar 77. Grafik pembanding material alami	143
Gambar 78. Proses pengukuran konduktivitas termal panel bulu ayam	153
Gambar 79. Proses pengujian material panel bulu ayam terhadap daya tahan api. A. Saat material dibakar kelihatan api besar sesaat, B. Api sudah meredup beberapa menit kemudian, C. Setelah terbakar material kelihatan tetap utuh.	155
Gambar 80. Pengujian akan daya tahan material (durability)	156

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan standar	13
Tabel 2. Klasifikasi papan serat menurut FAO (1958) dan USDA (1955) .	15
Tabel 3. Populasi Ayam Pedaging dan Perkiraan Potensi Ayam di Indonesia	60
Tabel 4. Populasi Ayam Pedaging dan Perkiraan potensi ayam di Sul-Sel	60
Tabel 5. Variabel dan Definisi Operasional Penelitian.....	82
Tabel 6. Nilai rata-rata density untuk tiap tebal spesimen	85
Tabel 7. Koefisien Absorpsi BAPR 0,9.....	114
Tabel 8. Koefisien Absorpsi rata rata sampel BAPR	115
Tabel 9. Koefisien Absorpsi BAPR 1,6.....	117
Tabel 10. Koefisien Absorpsi BAPR 1,6.....	118
Tabel 11. Koefisien Absorpsi BAPR 2,5.....	120
Tabel 12. Koefisien Absorpsi rata rata BAPR 2,5 cm	121
Tabel 13. Koefisien Absorpsi BA C4	123
Tabel 14. Koefisien Absorpsi rata rata BA C4	124
Tabel 15. Koefisien Absorpsi BA C5	125
Tabel 16. Koefisien Absorpsi BA C5	126
Tabel 17. Koefisien Absorpsi BA C9	127
Tabel 18. Koefisien Absorpsi BA C9	128
Tabel 19. Koefisien Absorpsi BA C4 tebal 2,5 cm	130
Tabel 20. Frek (Hz) Koefisien absorpsi.....	131
Tabel 21. Koefisien Absorpsi BA C5. T 2,5 cm	133
Tabel 22. Koefisien Absorpsi BA C5. T 2,5	133
Tabel 23. Koefisien Absorpsi BA C9	135
Tabel 24. Koefisien Absorpsi BA C9	135
Tabel 25. Koefisien Absorpsi Material gipsum	137
Tabel 26. Koefisien Absorpsi Material Partikel board	138

Tabel 27. Koefisien Absorpsi Material Tripleks	139
Tabel 28. Koefisien Absorpsi Sabuk Kelapa	141
Tabel 29. Koefisien Absorpsi Material Gaba gaba.	142
Tabel 30. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan standar SNI 03-2105-1996 dan JIS A 5908-2003	144
Tabel 31. Klasifikasi papan serat, FAO (1958) dan USDA (1955)	144
Tabel 32. Sifat fisis dan mekanis papan menurut FAO (1996)	145
Tabel 33. Hasil Pengukuran Kerapatan Sampel 0,9 cm	146
Tabel 34. Hasil Pengukuran nilai Kerapatan Sampel Tebal 1,6 cm	147
Tabel 35. Hasil Pengukuran nilai Kerapatan Sampel Tebal 2,5 cm	148
Tabel 36. Hasil Pengukuran Hasil Sampel Panel tebal 1,6 cm dengan 3 variasi model BAC 4, BAC 5, dan BAC 9	149
Tabel 37. Hasil Pengukuran Sampel Panel tebal 2,5 cm dengan 3	150
Tabel 38. Daya serap air material pembanding dengan panel bulu ayam	151
Tabel 39. Pengukuran Konduktivitas termal panel bulu ayam	154

B A B I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang jumlah populasi penduduk disetiap tahunnya terus meningkat. Bertambahnya populasi penduduk berarti kepadatan penduduk akan semakin terasa, ini akan berdampak akan munculnya berbagai masalah lingkungan diantaranya limbah dan kebisingan. Bising yang terjadi menyebabkan masalah lingkungan yang akan banyak mempengaruhi segala aktifitas kita dan secara tidak langsung akan mempengaruhi pendengaran.

Pengendalian kebisingan yang efektif dalam bangunan sangat diperlukan karena kebisingan dapat menyebabkan kerusakan telinga secara permanen, mengganggu pendengaran pembicaraan, menyebabkan kemunduran dalam penampilan kerja, menurunkan konsentrasi belajar dan mengalihkan perhatian (Handoko, 2010), pengetahuan terhadap perilaku penyebaran bunyi di dalam ruang memberikan manfaat dalam mengatasi kebisingan yang muncul di dalam ruang serta meningkatkan kualitas bunyi yang dikehendaki (Yudhanto, 2015). Kebisingan di sekitar bangunan yang terus meningkat dapat diredam dengan memberi variasi vegetasi pada bangunan, mengatur jarak sempadan, permainan fasad bangunan serta variasi ketinggian bangunan, sedangkan kebisingan dalam ruangan dapat diredam dengan mendesain ruang dengan penambahan material penyerap

suara bising (panel akustik). Bahan semacam ini tidak secara merata terjangkau masyarakat. Akses masyarakat pada panel semacam ini cukup rendah, disebabkan tingginya harga jual dan tidak meratanya ketersediaan di pasar (Mediastika, 2008).

Panel yang memiliki karakter menyerap suara dengan harga yang lebih terjangkau dan terbuat dari bahan baku dengan harga rendah diperkirakan dapat menurunkan harga jual barang dimaksud (Ansarullah, Ramli Rahim, 2017), sehingga peneliti mencoba dengan menggunakan bahan limbah yang ada disekitar kita sekaligus dapat menyelamatkan lingkungan.

Secara umum limbah adalah bahan sisa hasil dari suatu kegiatan proses produksi, baik pada skala rumah tangga, industri, pertanian, peternakan dan sebagainya, terkait tidak adanya titik temu antara yang dapat memanfaatkan limbah dengan industri yang menghasilkan limbah, secara ekonomi semua limbah dapat diolah untuk memberikan manfaat nilai dan keuntungan ekonomi bagi pelaku industry dan pihak-pihak yang berkepentingan terhadap limbah tersebut (Achillas dkk, 2013), panel yang nantinya terbuat dari bahan limbah serta merta dapat menyelamatkan lingkungan dan ini sangatlah penting, salah satu bahan yang menjadi pilihan alternatif adalah limbah bulu ayam (Ansarullah, Ramli Rahim 2016), (A. Kusno, Mulyadi dan Haisah, 2019).

Bulu ayam merupakan limbah yang setiap hari diproduksi dan sudah banyak dimanfaatkan, diantaranya adalah pembuatan kemoceng,

pemanfaatan sebagai asesoris (Wahidah dkk, 2019), pemanfaatan sebagai briket dan pakan ternak (Erlita, Puspitasari dan Isbandi, 2016), sebagai bahan pengganti serat fiber (Setiawan dan Mas Suryanto, 2012), desain bioball berbahan bulu ayam (Ruslim Budianto, Agus Prasetya, 2013) dan lain lain, tetapi pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai bahan panel akustik belum pernah ada yang menelitinya.

Kebutuhan akan panel yang memiliki karakter menyerap suara dengan harga yang lebih terjangkau dan terbuat dari bahan limbah sangatlah penting, sehingga banyak penelitian yang mencoba mengungkap akan hal material daur ulang, pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai bahan komposit dengan campuran semen portland sebagai material aplikasi non structural pada proyek perumahan dengan biaya murah (Acda, 2010). Pemanfaatan bulu ayam sebagai komposit panel dan bahan bangunan dengan mengukur sifat fisik, mekanik dan termal (Aranberri dkk, 2017)

Penggunaan bahan limbah, bulu ayam sebagai bahan baku pembuatan material panel akustik gencar dilakukan oleh ibu Asniawaty (Asniawaty, 2016) sehingga kami mencoba menklaborasikannya dalam bentuk komposit panel dengan menggunakan bahan pencampur perekat PVAc sehingga diharapkan mampu memenuhi kebutuhan bahan bangunan yang memiliki karakter akustik dengan kualitas tinggi namun tetap dalam harga bersaing (Ansarullah dkk, 2020). Limbah bulu ayam menjadi bahan yang realistis dipertimbangkan sebagai bahan utama karena ketersediaannya yang melimpah dan sifat-sifat fisik bulu dan batangnya

yang secara teoritis mampu menjadi bahan akustik yang baik. Penelitian ini diharapkan memberi referensi baru dalam ilmu pengetahuan dibidang arsitektur serta informasi baru tentang salah satu alternatif material akustik yang lebih ekonomis, ringan, mudah didapat dan ramah lingkungan.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian adalah :

1. Bagaimana proses dan komposisi pemanfaatan limbah bulu ayam menjadi sebuah panel akustik.
2. Bagaimana karakteristik akustik material panel bulu ayam:
 - a). Pada permukaan rata
 - b). Variasi cekungan pada permukaan
 - c). Perbandingan dengan material pabrikan dan alami
3. Bagaimana sifat fisik material panel bulu ayam
 - a). Bagaimana mengetahui kerapatan material panel limbah bulu ayam.
 - b). Bagaimana mengetahui daya serap air material panel limbah bulu ayam.
 - c). Bagaimana kemampuan panel bulu ayam terhadap daya serap panas (thermal).
 - d). Bagaimana resistansi panel bulu ayam terhadap api
 - e). Bagaimana ketahanan material panel bulu ayam (durability) pada saat diaplikasikan pada ruang.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menjelaskan proses pemanfaatan dan komposisi limbah bulu ayam menjadi sebuah Panel Akustik.
2. Menganalisis dan mengukur karakteristik nilai resapan (absorpsi) panel bulu ayam pada:
 - a) Permukaan rata
 - b) Variasi cekungan pada permukaan
 - c) Perbandingan dengan material pabrikan dan alami
3. Mengamati dan mengukur sifat fisik material panel limbah bulu ayam
 - a) Nilai kerapatan material panel bulu ayam
 - b) Mengukur daya serap air material panel bulu ayam.
 - c) Menganalisis kemampuan panel bulu ayam terhadap daya serap panas (thermal).
 - d) Mengamati resistensi material panel bulu ayam terhadap api.
 - e) Mengamati daya tahan material (durability) pada saat diaplikasikan pada ruang.

D. Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan memberi manfaat diantaranya adalah:

1. Dapat menambah referensi bagi pengembangan ilmu pengetahuan mengenai manfaat limbah bulu ayam sebagai

material akustik alternatif baru sehingga semakin banyak pilihan untuk mewujudkan ruangan yang nyaman secara akustik.

2. Sebagai bahan kajian dalam pengembangan material penyerap suara dari bahan dasar bulu ayam untuk penelitian selanjutnya.

E. Batasan Penelitian

1. Material panel dibuat dari material limbah bulu ayam yang telah dicacah / digiling halus, air, dan perekat PVAc dengan komposisi 70% untuk bulu ayam dan 30 % untuk perekat PVAc serta air secukupnya sebagai pelarut.
2. Ketebalan yang dipergunakan untuk material panel bulu ayam permukaan rata adalah 0,9 cm, 1,6 cm dan 2,5 cm sedangkan untuk panel dengan variasi 4, 5 dan 9 cekungan, ketebalan yang dipergunakan adalah 1,6 cm dan 2,5 cm.
3. Pengujian koefisien absorpsi dilakukan dengan menggunakan tabung impedensi type (B&K 4206), ISO 10534-2 dengan diameter tabung 10 cm, pada frekuensi antara 100 Hz - 1,6 KHz, tidak dengan tabung impedensi diameter 5 cm dengan frekwensi antara 0 – 6400 Hz dan tidak melakukan pengukuran waktu dengung karena media dan alat yang dipergunakan berbeda.

F. Kebaruan Penelitian (*Novelty*) Batasan Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang potensi penerapan bulu ayam sebagai material akustik (A. Kusno dkk,

2019), peneliti kemudian melanjutkan penelitian tersebut dalam bentuk specimen panel akustik dengan campuran lem PVC sebagai perekat. Permukaan specimen juga dibuat dengan variasi permukaan rata dan permukaan dengan 4, 5 dan 9 cekungan.

Dari beberapa study literatur yang telah dilakukan peneliti, sampai saat ini, terlihat masih sangat sedikit penelitian tentang pemanfaatan limbah bulu ayam untuk pemanfaatannya sebagai panel akustik yang ada adalah pembuatan panel sebagai bahan struktur bangunan (Acda, 2010) serta penelitian bulu ayam terhadap thermal (Aranberri dkk, 2017) sehingga penelitian akan Panel Akustik dari limbah Bulu Ayam merupakan Novelty atau kebaruaran dari penelitian sebelumnya.

G. Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan dibagi menjadi lima bab sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Merupakan gambaran umum dari penelitian ini yang terdiri dari: latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika pembahasan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Memaparkan tentang teori pendukung diangkatnya topik ini, yaitu tentang panel, material ramah lingkungan, akustik, akustik ruang, material akustik dari limbah, limbah bulu ayam, panel akustik, parameter ruang akustik, prinsip dasar insulasi, teori termal,

kerapatan, daya serap air, resistensi terhadap api, durability material, material pembanding, metode tabung impedansi, prosedur penelitian, penelitian terdahulu, defenisi operasional hingga kerangka pikir.

BAB III. METODE PENELITIAN

Menjelaskan mengenai: rancangan penelitian, variabel penelitian, diagram alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, material penelitian, bahan dan alat, metode pembuatan sampel dan metode analisis.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Memaparkan tentang hasil penelitian dan pembahasannya, hasil penelitian yang diperoleh akan dibahas untuk menjawab pertanyaan penelitian atau rumusan masalah.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan pernyataan singkat yang disimpulkan dari hasil penelitian dan pembahasan.

Saran dibuat berdasarkan hasil penelitian untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

B A B II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Panel

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), Panel adalah: 1. Bagian dari permukaan pintu (dinding, langit-langit, dan sebagainya) berupa papan tipis dan sebagainya, biasanya berbentuk persegi panjang, dipasang di dalam bingkai, terletak lebih rendah atau lebih tinggi daripada permukaan sekitarnya; 2. Potongan bahan dari jenis atau warna yang berbeda yang disisipkan pada pakaian; 3. Lembaran tipis (dari papan atau logam) tempat melekatkan alat (peranti) pengontrol: di dekat kemudi ada berisi tombol-tombol untuk mengontrol lampu dan oli; 4. Graf papan peraga untuk pameran, berbentuk persegi panjang, terbuat dari papan lapis, logam, atau bahan lain, digunakan untuk menempelkan foto, gambar, teks yang dipamerkan. Panel adalah susunan beberapa bidang yang membentuk suatu kesatuan bentuk dan fungsi. Panel adalah papan partikel yang berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar, dan relatif tipis.

1. Papan Partikel

Papan partikel adalah salah satu jenis produk komposit atau panel material yang terbuat dari partikel-partikel material atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lain kemudian dikempa panas (Maloney, 1977).

Papan partikel ialah produk panel yang dihasilkan dengan

memanfaatkan partikel-partikel material dan mengikatnya dengan suatu perekat (Samad, 2017), papan partikel yang dibuat dari satu jenis bahan baku, akan memiliki kualitas struktural yang lebih baik dari papan partikel yang dibuat dengan campuran berbagai jenis partikel. Untuk ukuran partikel, papan partikel yang terbuat dari serpihan akan lebih baik daripada yang dibuat dari serbuk, karena ukuran serpihan lebih besar dari serbuk. Ukuran partikel yang semakin besar memiliki kualitas struktural yang lebih baik. Bentuk dan ukuran partikel akan berpengaruh kekuatan stabilisasi dimensi papan partikel

Sedangkan berdasarkan ukuran partikel dalam pembentukan lembarannya, (Maloney, 1977) membedakannya menjadi tiga macam, yaitu:

- a. *Single-Layer Particleboard*. Papan jenis ini tidak memiliki perbedaan ukuran partikel pada bagian tengah dan permukaan.
- b. *Three-Layer Particleboard*. Ukuran partikel pada bagian permukaan lebih halus dibandingkan ukuran partikel bagian tengahnya.
- c. *Graduated Three-Layer Particleboard*. Papan jenis ini mempunyai ukuran partikel dan kerapatan yang berbeda antara bagian permukaan dengan bagian tengahnya.

Kualitas papan partikel merupakan fungsi dari beberapa faktor yang berinteraksi dalam proses pembuatan papan partikel tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel diantaranya yaitu ukuran partikel, perekat, jenis partikel dan campuran jenis partikel.

2. Jenis Papan Partikel

Ada beberapa jenis papan partikel yang ditinjau dari beberapa segi, yaitu sebagai berikut (Sinulingga, 2009 dalam(Samad, 2017)).

a. Bentuk

Papan partikel umumnya berbentuk datar dengan ukuran relatif panjang, relatif lebar dan relatif tipis sehingga disebut Panel. Ada papan partikel yang tidak datar (papan partikel lengkung) dan mempunyai bentuk tergantung pada acuan (cetakan) yang dipakai seperti bentuk kotak radio.

b. Pengempaan.

Pada proses pengempaan material papan partikel dapat dilakukan secara mendatar atau secara ekstrusi. Pada pengempaan dengan cara mendatar dapat dilakukan dengan cara kontinyu dan tidak kontinyu.

c. Kerapatan.

Kerapatan papan partikel terdiri dari tiga kelompok, kerapatan rendah, kerapatan sedang dan kerapatan tinggi, terdapat perbedaan batas antara setiap kelompok, kerapatan tergantung pada standar yang digunakan.

d. Kekuatan (sifat mekanis)

Pada kekuatan material papan partikel dapat dikelompok tiga bagian, yakni kekuatan rendah, sedang dan tinggi tergantung pada standar yang digunakan dan ada standar yang menambahkan persyaratan beberapa sifat fisis dari material.

e. Macam Perekat

Perekat yang dipakai mempengaruhi ketahanan papan partikel

terhadap pengaruh kelembaban, yang selanjutnya menentukan penggunaannya, standar yang membedakan berdasarkan sifat perekatnya, yaitu interior dan eksterior, berdasarkan macam perekat yakni, tipe U (urea formaidehida atau yang setara), tipe M (melamin urea formaidehida atau yang setara) dan tipe P (phenol formaldehida atau yang setara).

f. Susunan partikel

Susunan partikel dari papan partikel dibuat berdasarkan ukurannya, yaitu halus dan kasar. Kedua macam partikel ini dapat disusun tiga macam sehingga menghasilkan papan partikel yang berbeda yaitu papan partikel homogen (berlapis tunggal), papan partikel berlapis tiga dan papan partikel berlapis bertingkat.

g. Arah partikel.

Proses pembuatan papan partikel saat membuat hamparan, penaburan partikel (yang sudah dicampur dengan perekat) dapat dilakukan secara acak (arah serat partikel tidak diatur) atau arah serat diatur, misalnya sejajar atau berselingan tegak lurus.

h. Penggunaan

Penggunaan yang berhubungan dengan beban dibedakan menjadi papan partikel penggunaan umum dan papan partikel struktural (memerlukan kekuatan yang lebih tinggi).

i. Pengolahan

Pengolahan papan partikel terdiri dari dua macam yaitu pengolahan primer (proses pembuatan partikel, pembentukan hamparan dan

pengempaan yang menghasilkan papan partikel) sedangkan pengolahan sekunder adalah pengolahan lanjutan dari papan partikel dengan dilapisi veneer indah atau kertas aneka corak.

Standar papan partikel yang dikeluarkan oleh beberapa negara masih mungkin terjadi perbedaan dalam hal kriteria, cara pengujian dan persyaratannya. Walaupun demikian secara garis besarnya sama. Dibawah ini dapat ditunjukkan standar SNI 03-2105-1996 dan JIS A 5908-2003 untuk pengujian papan partikel:

Tabel 1. Sifat fisis dan mekanis papan partikel dengan standar

Sifat Fisis Mekanis	SNI 03-2105-1996	JIS A 5908-2003
Kerapatan (gr/cm ³)	0,5-0,9	0,4-0,9
Kadar Air (%)	<14	5-13
Daya Serap Air	Maks 12	Maks 12
Emisi Formaldehyde (ppm)	-	Min 0,3

Sumber: (Sinulingga 2009)

3. Kerapatan

Kerapatan adalah suatu ukuran kekompakan partikel dalam satu lembaran yang sangat tergantung pada kerapatan material asal yang digunakan dan tekanan yang diberikan selama proses pengempaan. Semakin tinggi kerapatan papan partikel, maka makin banyak partikel yang dibutuhkan untuk membuat pada ukuran yang sama. Kerapatan merupakan salah satu sifat yang penting bagi papan partikel, makin tinggi kerapatan makin baik kekuatannya (Widarmana, 1979 dalam (Samad, 2017)). Sementara itu diketahui bahwa kerapatan rendah dapat meningkatkan kecepatan suara, *sound damping*, dan koefisien absorpsi

suara terutama penyerapan suara berfrekuensi rendah (Tsoumis, 1991)

Secara umum cara terbaik untuk mengklasifikasikan papan partikel adalah berdasarkan kerapatannya, berdasarkan rekomendasi ASTM 1974, dalam standar *designation 1554-67* mengklasifikasikan:

- a) Papan partikel berkerapatan rendah (*Low Density Particleboard*).
Papan partikel berkerapatan rendah yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 37 lb/ft³ atau berat jenis kurang dari 0,59 g/cm³.
- b) Papan partikel berkerapatan sedang (*Medium Density Particleboard*). Papan partikel berkerapatan sedang yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan kurang dari 37-50 lb/ft³ atau berat jenis kurang dari 0,59-0,80 g/cm³.
- c) Papan partikel berkerapatan tinggi (*High Density Particleboard*).
Papan partikel berkerapatan tinggi yaitu papan partikel yang mempunyai kerapatan lebih dari 50 lb/ft³ atau berat jenis lebih dari 0,8 g/cm³.

Klasifikasi berdasarkan kerapatannya menurut FAO (1958) dan USDA (1955) dalam (Sudarsono, Rusianto, dan Suryadi 2010)

Tabel 2. Klasifikasi papan serat menurut FAO (1958) dan USDA (1955)

	g/cm ³	Lb/ft ³
Tidak ditekan		
Papan serat lunak agak kaku,SRF (semi rigit)	0,02 – 0,15	1,25 – 9,5
Papan serat lunak kaku,RF (rigit)	0,15 – 0,40	9,5 - 25
Ditekan		
Papan serat sedang (MDF)	0,40 – 0,80	25 - 50
Papan serat keras (Hardboard/HF)	0,80 – 1,20	75 - 90
Papan serat spasial (SDHF)	1,20 – 1,45	75 - 90

Sumber: (Sudarsono et al. 2010)

B. Akustik

1. Pengertian Akustik

Kata akustik berasal dari bahasa Yunani akoustikos, artinya segala sesuatu yang bersangkutan dengan pendengaran pada suatu kondisi ruang yang dapat mempengaruhi mutu bunyi. Akustik dipelajari pada berbagai bidang ilmu seperti: akustik fisika, psiko akustik, dan lain-lain sedang akustik arsitektur diterapkan untuk perencanaan gedung-gedung pertunjukan, ruang sidang dan rumah tinggal.

Pengertian akustik adalah ilmu yang mempelajari tentang bunyi. Akustik sendiri berarti gejala perubahan suara karena sifat pantul benda atau objek pasif dari alam. Pengertian lain akustik merupakan pengendalian bunyi agar diperoleh kualitas bunyi yang baik. Akustika adalah semua hal yang berkaitan dengan bunyi secara teori atau teknis. Akustika lingkungan adalah pengendalian bunyi secara arsitektural.

Akustik sering dibagi menjadi akustik ruang (*room acoustics*) yang menangani bunyi-bunyi yang dikehendaki dan kontrol kebisingan (*noise*

control) yang menangani bunyi-bunyi yang tidak dikehendaki (Mei, Delly, dan Leo 2016).

Peristiwa akustik adalah hal-hal yang dialami bunyi baik diluar maupun didalam ruang. Peristiwa akustik yang umum terjadi, adalah sebagai berikut:

1. Bunyi yang dihasilkan oleh sumber bunyi.

2. Propagasi

Perambatan gelombang bunyi ke segala arah oleh medium penghantar yang dipengaruhi oleh kerapatan dan suhu medium.

3. Refleksi (pemantulan bunyi)

Pemantulan bunyi oleh suatu medium yang rambatannya berubah kearah sesuai sudut pantulnya. Medium berupa material *reflector* memiliki kemampuan memantulkan bunyi lebih tinggi daripada menyerap bunyi.

4. Absorpsi

Penyerapan energi bunyi oleh medium, yang energinya berubah menjadi energi kinetik dan kalor. Medium berupa material absorber memiliki kemampuan menyerap bunyi lebih tinggi daripada memantulkan bunyi.

5. Difusi

Penyebaran bunyi oleh suatu medium, dimana rambatan bunyi menjadi berubah arah tersebar kesegala arah. Medium berupa material *diffuser* berfungsi untuk menyebar arah rambatan bunyi.

6. Transmisi

Transmisi merupakan penerusan bunyi antar medium.

7. Difraksi

Distorsi arah rambatan bunyi akibat mengenai penghalang, sehingga berbelok kearah lain dari arah rambatan semula.

8. Rafraksi

Pembiasan atau pembelokan gelombang bunyi disertai perubahan kecepatan rambat, akibat perubahan kerapatan massa medium yang dilalui. Kerapatan massa medium berubah karena mengalami perubahan suhu.

9. Dispersi

Perubahan frekuensi bunyi karena perubahan kecepatan rambat akibat perbedaan kerapatan massa atau suhu medium yang dilalui.

10. Atenuasi

Penurunan intensitas bunyi akibat bunyi melalui medium.

11. Insulasi

Terisolasinya bunyi oleh suatu medium material insulator, sehingga bising tidak atau kurang terambatkan ke ruang lain.

12. Resonansi

Bergetarnya suatu benda karena menerima paparan bunyi dari sumber bunyi dengan frekuensi yang sama bunyi alaminya.

13. Cacat akustik

Cacat akustik ada beberapa macam, yang paling sering terjadi

adalah gema dan gaung. Akustik ruang terdefinisi sebagai bentuk dan bahan dalam suatu ruangan yang terkait dengan perubahan bunyi atau suara yang terjadi. Akustik ruang banyak dikaitkan dengan dua hal mendasar, yaitu: Perubahan suara karena pemantulan dan gangguan suara ketembusan suara dari ruang lain. Ada beberapa cara mendesain akustik ruang yaitu dengan material penutup dinding, bentuk dinding dan ceiling, pengaturan tata suaranya sendiri, tekstur permukaan dinding, dan lain-lain.

Peristiwa akustik dalam suatu ruangan yaitu:

- a. Bunyi yang datang atau bunyi langsung
- b. Bunyi pantul
- c. Bunyi yang diserap oleh lapisan permukaan
- d. Bunyi *diffuser* atau bunyi yang disebar
- e. Bunyi *difraksi* atau bunyi yang di belokkan
- f. Bunyi yang ditransmisi
- g. Bunyi yang hilang dalam stuktur bangunan
- h. Bunyi yang dirambatkan oleh struktur bangunan.

Akustik bertujuan untuk mencapai kondisi pendengaran suara yang sempurna yaitu murni, merata jelas dan tidak berdengung sehingga sama seperti aslinya, bebas dari cacat dan kebisingan. Untuk mencapai kondisi tersebut sangat tergantung dari faktor keberhasilan perancangan akustik ruang, konstruksi dan material yang digunakan. Problem-problem akustik dianalisa berdasarkan dari sumber suara, perambatan suara, penerimaan suara, intensitas suara dan frekuensi suara.

Kebisingan adalah salah satu masalah yang perlu diperhatikan. Pentingnya kenyamanan akustik suatu ruangan sangat ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya pemilihan bahan penyerap suara yang baik. Kebisingan dapat dikendalikan dengan menggunakan berbagai bahan material akustik. Penggunaan material akustik yang tepat dapat meredam kebisingan. Bahan yang digunakan bisa berasal dari serat sintetis dan serat alam (Ridhola dan Elvaswer, 2015).

1. Pengertian Frekuensi

Frekuensi adalah gejala fisis obyektif yang dapat diukur oleh instrumen-instrumen akustik. Jika suatu media digetarkan secara teratur, maka akan didapatkan tekanan maksimum dan minimum yang progresif disetiap titik di manapun. Ketika dua posisi maksimum dan minimum yang berlawanan, atau pada saat itu ada dua jalur dengan kekuatan sama bersebelahan, melintasi titik tersebut, dikatakan bahwa telah terjadi satu gerak getar yang sempurna. Jumlah gerak getar semacam itu yang terjadi setiap detik, disebut frekuensi gelombang. Unit satuan ukuran frekuensi adalah Hertz.

Untuk telinga normal tanggap terhadap bunyi diantara jangkauan (*range*) frekuensi audio sekitar 20 Hz sampai 20.000 Hz dan jangkauan frekuensi terhadap orang yang berbeda umurnya juga berbeda. Peranan frekuensi yang lebih tinggi dari 10.000 Hz dapat diabaikan dalam inteligibilitas pembicaraan atau kenikmatan music, lingkungan akustik yang nyaman diperlukan teknik pengendalian kebisingan. Ini dapat tercapai

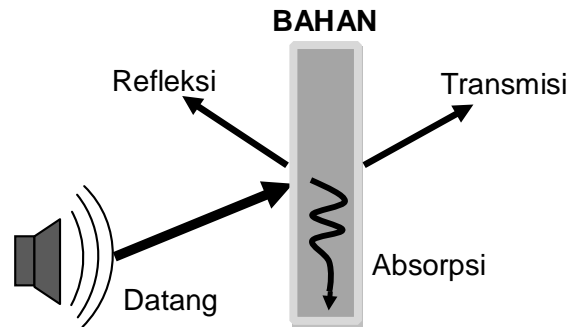
ketika intensitas suara diturunkan ke level yang tidak mengganggu pendengaran manusia.

Kepekaan telinga berubah dengan nyata bila bunyi berbeda frekuensinya. Dari kurva ambang kemampuan didengar, dapat dilihat bahwa pada 1000 Hz tingkat tekanan bunyi minimum sekitar 4 dB diperlukan untuk hampir tidak didengar telinga sedangkan pada 63 Hz telinga tidak akan bereaksi terhadap bunyi apapun kecuali bila tekanannya mencapai tingkat minimum kira-kira 35 dB.

Dalam mengukur kepekaan telinga kita yang berkurang dari jangkauan frekuensi rendah sangat menguntungkan, karena hal ini menghindarkan kita dari gangguan yang disebabkan bunyi frekuensi rendah yang ada di dalam dan disekitar kita. Sebaliknya, adalah menguntungkan bahwa telinga lebih peka terhadap bunyi dalam jangkauan sekitar 400 sampai 5000 Hz, yaitu frekuensi yang penting untuk inteligibilitas pembicaraan dan kenikmatan musik yang sempurna.

2. Fenomena akustik dalam ruang tertutup

Untuk mengetahui Fenomena suara yang terjadi akibat adanya berkas suara yang bertemu atau menumbuk bidang permukaan bahan, maka suara tersebut akan dipantulkan (*reflected*), diserap (*absorb*), dan diteruskan (*transmitted*) atau dengan ditransmisikan oleh bahan tersebut (lihat pada Gambar 1).



Gambar 1. Fenomena absorpsi suara oleh suatu permukaan bahan
(Asade dan Isranuri, 2013)

3. Material Akustik

Material akustik adalah material teknik yang fungsi utamanya adalah untuk menyerap suara/bising yang datang dari sumber suara (Asniawaty Kusno, Asriani, dkk, 2019). Pada dasarnya semua bahan dapat menyerap energi suara, namun besarnya energi yang diserap berbeda-beda untuk tiap bahan. Energi bunyi yang diserap oleh lapisan penyerap sebagian diubah menjadi panas (Setyowati, Hardiman, Purwanto, dkk, 2019), tetapi sebagian besar ditransmisikan ke sisi lain lapisan tersebut, kecuali bila transmisi tadi dihalangi oleh penghalang yang berat dan kedap. Dengan perkataan lain penyerap bunyi yang baik adalah bunyi yang efisien dan karena itu adalah insulator bunyi yang tidak baik.

Material akustik adalah material yang digunakan untuk mengendalikan kualitas akustik (*reflector, absorber, diffuser, dan insulator*) dengan alokasi sesuai prinsip kerja rambatan dan pantulan bunyi. Setiap jenis material, tergantung frekuensi, memiliki koefisien penyerapan bunyi spesifik. Berdasarkan frekuensi bunyi yang dominan terjadi dalam

auditorium, dapat dilakukan pemilihan jenis material yang tepat. Tujuannya agar dapat diperoleh waktu dengung yang sesuai kebutuhan fungsi ruang. Secara umum material akustik terdiri dari beberapa macam.

A. Refleksi

Ketika suara menumbuk pada permukaan, sebagian dari energi diserap oleh permukaan dan sisanya memantul kembali atau menjadi tercermin dari permukaan. Sebuah permukaan keras memantulkan sebagian besar energi suara yang datang padanya. Bahan ini termasuk beton, kaca, batu dan batu bata. Ada tiga macam karakter pemantulan bunyi terkait dengan bidang pantulan:

1. Pemantulan merata bila bunyi memantul pada bidang datar.
2. Pemantulan menyebar bila bunyi memantul pada bidang cembung.
3. Pemantulan memusat bila bunyi memantul pada bidang cekung.

Pemantulan (*reflector*) memiliki ciri-ciri, sebagai berikut:

- a. Daya pantul bunyi lebih tinggi dari daya serapnya.
- b. Koefisien penyerapan bunyi rendah ($<0,30$).
- c. Keras, licin (makin tebal makin baik).

Contoh: *gypsum board*, *polywood*, *plexiglass*, dan papan plastik kaku.

B. Absorpsi

Setiap penyerapan bunyi pada hakikatnya adalah gejala pengubahan sebagian energi bunyi dari satu bentuk (energi mekanis) ke bentuk energi mekanis yang lain atau ke bentuk energi kalor (Asniawaty Kusno, Sakagami, dkk, 2019), sehingga bentuk energi semula seolah-olah

menghilang, tetapi pada dasarnya hanya berubah ke dalam bentuk energi yang lain. Material yang termasuk penyerap suara biasanya bersifat lunak dan berpori / berongga yang biasanya terdiri dari satu lapis bahan atau lebih. Contoh dari material ini adalah *glasswool*, *mineral wool*, *foam* dan *acoustic tiles*.

Penyerap (*absorber*) memiliki ciri-ciri, sebagai berikut.

1. Daya serap bunyi lebih tinggi dari pada daya pantulnya.
2. Koefisien penyerapan bunyi tinggi ($>0,30$).
3. Umumnya lunak dan berpori.
4. Terdiri atas material lunak dan / atau berpori, panel, dan resonator rongga.
5. Contoh *soft board*, selimut akustik (*glasswool*, *rockwool*), *acoustic tile*, *mineral tile*, dan karpet empuk).

C. Difusi

Bila tekanan bunyi disetiap bagian suatu auditorium sama dengan gelombang bunyi dapat merambat dalam semua arah, maka medan bunyi dikatakan serba sama atau *homogen*; dengan kata lain *difusi bunyi* atau penyerapan bunyi terjadi dalam ruang. Difusi bunyi yang cukup adalah ciri akustik yang diperlukan pada jenis-jenis ruang tertentu seperti ruang konser, ruang studio dan ruang musik. Difusi bunyi dalam ruang dapat diperoleh dengan menggunakan ketidakteraturan permukaan, permukaan penyerap bunyi dan pemantul bunyi yang digunakan secara bergantian dan penggunaan lapisan akustik dengan penyerapan berbeda.

Penyebar (*diffuser*) memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

1. Merupakan reflector atau absorber dengan bentuk penyusunan irregular.
2. Koefisien penyerapan bunyi tergantung material.
3. Umumnya keras dan licin.
4. Dengan bentuk penyusunan irregular maka bunyi pantul dapat dibuat difus (disebar) dan mencegah flutter echo.

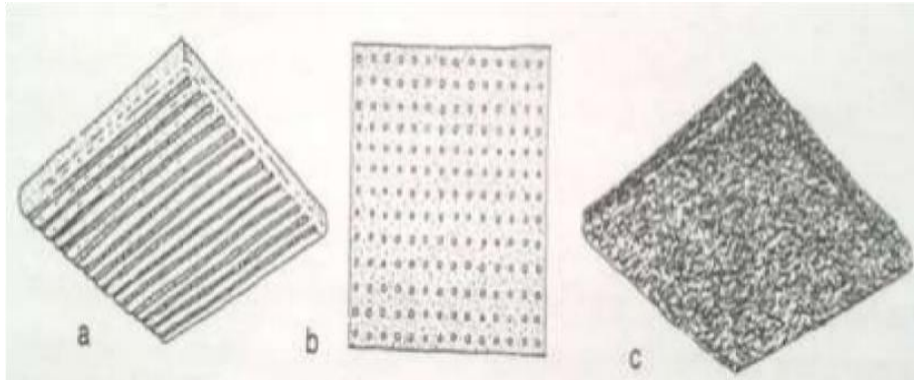
Penginsulasi (*insulator*) memiliki ciri-ciri, sebagai berikut:

- a. Terdiri atas selapis material (dinding tunggal) atau kombinasi beberapa lapis material baik reflector maupun absorber (dinding ganda).
- b. Dapat menginsulasi bunyi di suatu ruang, sehingga tidak diteruskan ke ruang lain.

Peredam suara merupakan suatu hal penting di dalam desain akustik dan dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu:

A. Material berpori (*porous materials*)

Penyerap yang terbuat dari material berpori bermanfaat untuk menyerap bunyi yang berfrekuensi tinggi sebab pori-porinya yang kecil sesuai dengan besaran panjang gelombang bunyi yang datang. Material berpori efektif menyerap bunyi berfrekuensi diatas 1000 Hz. Penyerapan suara tergantung pada lunak kerasnya bahan yang berpori maupun permukaannya. Makin besar permukaan makin meredam suara.



Gambar 2. Penyerap suara tergantung pada lunak-kerasnya. Makin besar permukaan makin meredam suara, permukaan dapat diperluas dengan: a) Permukaan beralur; b) Permukaan berpori; c) Serabut terbuka.

Bahan-bahan berpori yang terkenal adalah produk serat mineral dan busa plastik. Umum digunakan adalah selimut mineral wool, diantaranya adalah *glasswool* atau *rockwool*.

Pemasangan normal yang baik dari sebuah penyerap berpori adalah langsung pada suatu permukaan atau dengan jarak tertentu dari permukaan keras sehingga ada rongga di antaranya. Salah satu hasil dari penyerapan kejadian normal material berpori dengan variasi ketebalan.

B. Membran penyerap (*panel absorbers*)

Penyerap ini terdiri dari lembaran-lembaran atau papan tipis yang mungkin saja tidak memiliki permukaan berpori. Panel semacam ini cocok untuk menyerap bunyi yang berfrekuensi rendah. Cara atau proses penyerapannya adalah sebagai berikut:

1. Panel dipasang sebagai finising dinding atau plafond. Pemasangannya tidak menempel pada elemen ruang secara langsung, tetapi pada jarak tertentu berisi udara.

2. Pada saat gelombang bunyi datang menimpa panel, panel akan ikut bergetar (sesuai frekuensi gelombang bunyi yang datang) dan selanjutnya meneruskan getaran tersebut pada ruang berisi udara dibelakangnya. Penyerapan maksimum akan terjadi bila panel beresonansi akibat memiliki frekuensi bunyi yang sama dengan gelombang bunyi yang datang.

C. Rongga penyerap (*cavity resonators*)

Penyerap semacam ini disebut juga *Helmholtz resonator*. Rongga penyerap bermanfaat untuk menyerap bunyi pada frekuensi khusus yang telah diketahui sebelumnya. Rongga penyerap terdiri dari sebuah lubang yang diikuti dengan ruang tertutup di belakangnya, yang berfungsi menangkap bunyi yang datang masuk kedalam rongga tersebut.

Panel-panel dinding dapat dirancang agar menjadi penyerap bunyi yang terbatas untuk frekuensi-frekuensi tertentu dengan mengatur celah yang ada diantara papan-papan yang digunakan (Setyowati, Hardiman, dan Purwanto, 2019). Prinsip resonator yang berupa belahan-belahan panjang adalah sama dengan resonator Helmholtz, frekuensi gema tergantung dari lebar kedalaman celah dan luas potongan.

4. Parameter Ruang Akustik

Ruang akustik adalah istilah dalam ilmu akustik untuk mendefinisikan bangunan atau ruang-ruang yang memerlukan penanganan akustik secara cermat karena tuntutan aktivitas di dalam ruangan (Setyowati dan

Sadwikasari, 2013). Adapun ruangan yang memerlukan penanganan akustik cermat adalah aktivitas yang berhubungan dengan penyajian audio. Bangunan atau ruang-ruang yang tergolong dalam akustik ruang adalah: auditorium, studio rekaman, studio radio, ruang-ruang yang memerlukan seperti ruang perpustakaan, ruang rawat inap di rumah sakit, *home theatre* di dalam rumah tinggal.

Kondisi mendengar dalam tiap auditorium merupakan masalah yang kompleks dalam praktek arsitektur masa kini (Setyowati, Hardiman, Purwanto, dkk, 2019), karena disamping persyaratan keindahan, fungsional, teknik, seni dan ekonomi yang bermacam-macam, sehingga banyak hal yang harus dipertimbangkan seperti bentuk ruang, dimensi, volume ruang dan lapisan permukaan.

Parameter akustik yang biasanya digunakan dalam ruangan tertutup secara garis besar dapat dibagi menjadi dua, yaitu parameter yang bersifat temporal monoaural yang bisa dirasakan dengan menggunakan satu telinga saja atau diukur dengan menggunakan *single microphone* dan parameter yang bersifat spatial binaural yang hanya bisa dideteksi dengan 2 telinga secara simultan atau diukur menggunakan 2 *microphone* secara simultan, yang termasuk dalam parameter tipe temporal-monoaural diantaranya adalah waktu dengung (*Reverberation time*, TR).

1. Waktu dengung

Satu parameter yang penting dalam desain ruang adalah waktu dengung. Akustik ruang bertujuan menyediakan keadaan yang paling

diinginkan untuk menghasilkan rambatan dan penerimaan bunyi dalam ruang yang digunakan untuk berbagai tujuan mendengar. Suatu ruang dengan waktu dengung yang tidak memenuhi tuntutan kualitas akustik akan merusak kondisi akustik ruang, padahal waktu dengung merupakan parameter akustik ruang yang sangat sering digunakan dalam mendesain ruang tertutup, disamping pentingnya menghilangkan cacat-cacat akustik yang terjadi dalam ruang dengan jalan menciptakan penyebaran bunyi. Waktu dengung (*Reverberation time*, T_R) adalah waktu yang diperlukan oleh bunyi untuk berkurang 60dB, dihitung dalam detik (dtk). Setiap ruangan membutuhkan waktu dengung berbeda-beda tergantung dari penggunaannya. Waktu dengung terlalu pendek akan menyebabkan ruangan 'mati', sebaliknya waktu dengung panjang akan memberikan suasana 'hidup' pada ruangan.

Waktu dengung pada umumnya dipengaruhi oleh jumlah energi pantulan yang terjadi dalam ruangan. Semakin banyak energi pantulan, semakin panjang waktu dengung ruangan, dan sebaliknya. Jumlah energi pantulan dalam ruangan berkaitan dengan karakteristik permukaan yang menyusun ruangan tersebut. Ruangan yang dominan disusun oleh material permukaan yang bersifat memantulkan energi suara cenderung memiliki waktu dengung yang panjang, sedangkan ruangan yang didominasi oleh material permukaan yang bersifat menyerap energi suara akan memiliki waktu dengung yang pendek. Ruangan yang keseluruhan permukaan dalamnya bersifat menyerap energi suara (waktu dengung sangat pendek)

disebut ruang anti dengung (*anechoic chamber*), sedangkan ruangan yang keseluruhan permukaannya bersifat memantulkan suara (waktu dengung sangat panjang) disebut ruang dengung (*reverberation chamber*).

Nilai TR dapat diperbaiki secara signifikan dengan mengganti bahan pelapis ruang yang digunakan, agar memiliki TR sebagaimana dikehendaki/disyaratkan. Setiap ruang dengan fungsi yang berbeda-beda akan memiliki TR ideal yang berbeda-beda pula. Namun sebagai acuan dasar, bila ruangan itu dipergunakan untuk aktivitas percakapan (*speech*) maka TR hendaknya berada pada 0 sampai 1 detik, sementara bila untuk musik berada pada 1 sampai 2 detik. Pada ruang musik yang bersifat studio seperti *home theatre*, dimana pemantulan sebagai dinamisasi bunyi kurang diperlukan (karena sebagian besar kualitas bunyi diatur secara elektronik) maka TR yang ideal berada di bawah 1 detik, meski bukan berarti 0. TR yang terlalu rendah dari baku dapat diperbaiki dengan mengganti elemen pelapis ruang yang lebih memantul (memiliki koefisien absorpsi rendah) dari sebelumnya. Sementara pada TR yang melebihi baku, dapat diperbaiki dengan mengganti elemen pelapis memiliki koefisien absorpsi tinggi (Mediastika, 2008).

2. Koefisien absorpsi

Penyerapan bunyi adalah perubahan energi bunyi menjadi suatu bentuk lain, biasanya panas, ketika melewati suatu bahan atau ketika menumbuk suatu permukaan. Jumlah panas yang dihasilkan pada perubahan energi ini adalah sangat kecil, sedang perambatan gelombang

bunyi tidak dipengaruhi oleh penyerapan. Koefisien absorpsi atau penyerapan suara (*sound absorption*) adalah kemampuan suatu bahan untuk meredam bunyi yang datang, dihitung dalam persen, atau pecahan bernilai antara 0 dan 1. Nilai 0 berarti tidak ada peredam bunyi (seluruh bunyi yang datang dipantulkan secara sempurna), sedangkan nilai 1 berarti bunyi yang datang diserap seluruhnya (tidak ada yang dipantulkan kembali).

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisien penyerapan. Koefisien penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Penyerapan bunyi pada dinding ruangan sangat penting untuk menghindari cacat akustik seperti gema atau gaung.

Setiap permukaan yang didatangi oleh gelombang suara akan memantulkan, menyerap dan meneruskan energi suara yang datang. Perbedaan besarnya porsi energi suara yang dipantulkan dan yang diserap terhadap energi suara yang datang akan menentukan sifat material tersebut. Apabila porsi yang dipantulkan lebih banyak daripada yang diserap, maka material akan disebut sebagai pemantul (*reflector*), dan sebaliknya apabila porsi yang diserap lebih banyak, maka material cenderung akan disebut sebagai material penyerap suara. Porsi energi inilah yang kemudian digunakan sebagai cara untuk menyatakan koefisien serap (*absorption coefficient*). Koefisien serap per definisi adalah

perbandingan energi suara yang diserap oleh material terhadap energi suara yang datang padanya.

Besarnya energi suara yang dipantulkan, diserap, atau diteruskan bergantung pada jenis dan sifat dari bahan atau material tersebut. Pada umumnya bahan yang berpori (*porous material*) akan menyerap energi suara yang lebih besar dibandingkan dengan jenis bahan lainnya. Adanya pori-pori menyebabkan gelombang suara dapat masuk ke dalam material tersebut. Energi suara yang diserap oleh bahan akan dikonversikan menjadi bentuk energi lainnya, pada umumnya diubah ke energi kalor.

$$\text{Koefisien absorpsi } (\alpha) = \frac{\text{Jumlah suara yang diserap}}{\text{Total energi suara datang}} \quad (1)$$

Cara pengukuran koefisien serap (*absorption coefficient*) ada beberapa macam, yang paling sederhana adalah menggunakan apa yang disebut tabung dan sumber suara di ujung yang lain. Dua *microphone* yang diletakkan diantaranya (dalam konfigurasi 1 garis atau berhadapan) kemudian digunakan untuk mengukur perbedaan impedansi akustik medan suara yang dihasilkan, dari perbedaan itu kemudian diperoleh harga koefisien serap bahan.

Koefisien serap yang diukur dalam hal ini adalah koefisien serap arah tegak lurus bahan, biasanya cara tersebut digunakan untuk mengukur harga koefisien serap dari material-material baru.

Cara kedua adalah menggunakan pengukuran perbedaan waktu dengung (*reverberation time, TR*) di dalam ruang dengung (*reverberation chamber*). Ruang dengung adalah ruang Lab khusus yang seluruh permukaannya bersifat sangat reflektif dan *diffuse*, serta tidak ada satupun permukaannya yang sejajar, untuk menciptakan medan *diffuse* pada seluruh titik dalam ruang. Harga koefisien serap yang diukur dengan cara inilah yang biasanya digunakan sebagai standar koefisien absorpsi bahan akustik.

Cara lain yang juga digunakan adalah dengan mengukur kecepatan akustik pada permukaan bahan dengan menggunakan metode pengukuran Intensitas (2 microphone berhadapan) atau dengan bantuan sinar laser. Harga koefisien serap (*absorpsi*) tentu saja merupakan fungsi frekuensi. Penyerapan pada frekuensi tinggi lebih banyak ditentukan oleh pori-pori (bukaan) pada bahan, dengan demikian penyerapan bertambah dengan bertambahnya ketebalan material untuk frekuensi rendah, sedangkan untuk frekuensi tinggi penyerapan akan bertambah dengan semakin berkurangnya kerapatan massa material.

Nilai koefisien absorpsi minimum material untuk dapat dikategorikan sebagai peredam suara dan merupakan Standar Koefisien Absorpsi sebagai material penyerap suara adalah sesuai ISO 11654 yaitu dengan koefisien absorpsi (α) diatas 0,15

Koefisien absorpsi serat alami yang secara umum adalah baik telah dirangkum yang memungkinkan untuk mencari bahan yang cocok untuk

penyerapan yang dibutuhkan. Banyak bahan alami seperti kenaf, rami, sisal, rami, gabus, wol domba, bambu atau serat kelapa, jerami menunjukkan kinerja yang baik dan dapat menyerap, oleh karena itu dapat digunakan sebagai penyerap suara di kamar akustik dan menghambat kebisingan dan membuat suasana ruang akan menjadi tenang dan tidak berisik.

C. Bunyi

Bunyi mempunyai dua definisi, yaitu secara fisis dan fisiologis. Secara fisis bunyi adalah penyimpanan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Secara fisiologis bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan secara fisis. Penyimpangan ini biasanya disebabkan oleh beberapa benda yang bergetar, misalnya dawai gitar yang dipetik, atau garpu tala yang dipukul. Dari uraian tersebut maka untuk mendengar bunyi dibutuhkan tiga hal berikut:

1. Sumber atau obyek yang bergetar
2. Medium perambatan
3. Indera pendengaran.

Medium perambatan harus ada antara obyek dan telinga agar perambatan dapat terjadi. Rambatan gelombang bunyi disebabkan oleh lapisan perapatan dan perenggang partikel-partikel udara yang bergerak kearah luar, yaitu karena penyimpangan tekanan. Penyimpangan tekanan ditambahkan pada tekanan atmosfer yang kira-kira lunak (*steady*) dan

ditangkap oleh telinga. Partikel-partikel udara yang meneruskan gelombang bunyi tidak berubah posisi normalnya, mereka hanya bergetar sekitar posisi kesetimbangannya, yaitu posisi partikel jika tidak ada gelombang bunyi yang diteruskan.

1. Bunyi (*Sound*)

Menurut (Latifa. N. L, 2015 dalam Mei dkk, 2016), terdapat beberapa istilah mengenai bunyi. Istilah tersebut, antara lain sebagai berikut:

a. Bunyi (objektif)

Secara objektif bunyi merupakan penyimpangan tekanan pada medium pengantar akibat energi yang dirambatkan dalam bentuk gelombang oleh sumber getar.

b. Bunyi (subjektif)

Secara subjektif bunyi adalah sensasi pendengaran yang masih dapat ditangkap oleh telinga manusia pada frekuensi dengan rentang 20-20.000 Hz.

c. Suara

Suara adalah bunyi yang dihasilkan oleh makhluk hidup, misalnya saat berbicara atau bernyanyi.

1) Sumber bunyi

Sumber bunyi adalah benda penghasil bunyi yang menggetarkan medium perambat energi dengan arah rambatan berupa gelombang. Berdasarkan bentuk sumber getar, sumber bunyi dibedakan menjadi dua bentuk yaitu, yaitu sumber titik dan sumber garis. Semakin jauh objek

dari sumber bunyi, tingkat bunyi makin berkurang. Satuan tingkat bunyi adalah *decibel* (dB).

2) Panjang gelombang (λ)

Panjang gelombang adalah jarak antara puncak gelombang atau antar lembah gelombang. Satuan panjang gelombang adalah meter.

3) Frekuensi (f)

Frekuensi adalah banyaknya gelombang yang terjadi dalam satuan waktu. Satuan frekuensi adalah hertz (Hz), sedangkan satuan waktu adalah detik (t). Makin tinggi frekuensi, makin banyak gelombang bunyi terjadi dalam satuan waktu dan nada bunyi terdengar makin tinggi.

4) Amplitudo (A)

Amplitudo adalah simpangan getar, yaitu jarak terjauh gelombang dari garis kesetimbangan. Makin besar amplitudonya, makin besar energi maka makin nyaring bunyinya. Amplitudo disebut juga kuat nada.

5) Kecepatan rambat bunyi (v)

Kecepatan rambat bunyi tergantung kerapatan massa dan suhu medium yang dilalui. Makin renggang molekul medium dan makin tinggi suhu medium, kecepatan rambat bunyi cenderung makin tinggi. Pada kecepatan rambat bunyi yang sama, makin rendah frekuensi, makin besar panjang gelombangnya

6) Nada

Nada merupakan tinggi rendah bunyi, makin tinggi frekuensi, makin tinggi nada yang terdengar. Masing- masing tuts memiliki frekuensi

yang berbeda.

7) Bising

Bising adalah bunyi dengan frekuensi dan amplitude tak beraturan, sehingga menimbulkan ketidaknyamanan audial.

8) Airborne sound

Airborne sound merupakan bunyi yang merambat melalui medium udara.

9) Structureborne sound

Structureborne sound adalah bunyi yang merambat melalui medium benda selain udara. *Structureborne sound* disebut juga bunyi benda.

2. Tingkat Bunyi (*Sound Level*)

Tingkat bunyi adalah karakter bunyi yang menunjukkan besar kuatnya bunyi. Kuat bunyi dipengaruhi oleh dua hal yaitu sebagai berikut:

1. Amplitudo (A)

Makin besar simpangan gelombang bunyi yang merambat, makin kuat bunyi yang didengar.

2. Panjang gelombang (λ)

Makin besar panjang gelombang, makin rendah frekunsinya dan makin kuat bunyi tersebut menimbulkan getaran pada medium yang dilaluinya

Ada beberapa cara untuk mengukur kuat bunyi, yaitu:

a. Daya bunyi (*sound power*)

Daya bunyi (P) adalah cara pengukuran kuat bunyi berdasarkan jumlah energi bunyi yang diproduksi oleh sumber bunyi, dengan satuan W (watt).

b. Intensitas bunyi (*sound intensity*)

Intensitas bunyi (I) adalah cara pengukuran tingkat bunyi berdasarkan daya bunyi per satuan luas yang terpapar bunyi. Jika sumber berbunyi berupa titik, ruang yang terpapar bunyi ini berbentuk bola yang dimensinya makin besar jika makin jauh dari sumber bunyi tersebut.

3. Pengukuran Bunyi

Telinga normal tanggap terhadap bunyi diantara jangkauan frekuensi audio sekitar 20 Hz-20.000 Hz. Bunyi pada frekuensi 20 Hz disebut bunyi *infrasonic* dan diatas 20.000 Hz disebut bunyi *ultrasonic*. Bunyi dibedakan menjadi tiga berdasarkan frekuensinya yaitu bunyi frekuensi rendah (<1000 Hz), bunyi frekuensi sedang (1000-4000 Hz), bunyi frekuensi tinggi (>40000 Hz). Berdasarkan penelitian telinga manusia lebih nyaman mendengarkan bunyi-bunyi dalam frekuensi rendah. Kekuatan bunyi secara umum dapat diukur melalui tingkat bunyi (*sound levels*). Cara pengukuran kekuatan bunyi berdasarkan jumlah energi yang diproduksi oleh sumber bunyi disebut *sound power* (P) dalam watt. Sedangkan pengukuran kekerasan bunyi juga dapat dilakukan dengan *sound intensity* (I) dalam watt/m^2 .

Koefisien penyerapan bunyi (α) adalah angka yang menunjukkan kemampuan material menyerap energi bunyi. Makin besar koefisiennya, daya serapnya makin tinggi. Setiap termasuk audiens memiliki koefisien penyerapan bunyi spesifik tergantung frekuensi sebagai reaksi yang

berbeda terhadap besar energi bunyi yang diterima. Standar frekuensi untuk menentukan koefisien penyerapan bunyi rata-rata suatu material adalah 500 Hz. Penyerapan energi bunyi oleh material berarti perubahan energi bunyi menjadi energi kinetik dan energi kalor. Material lunak berpori mudah bergetar. Energi bunyi yang diterima berubah menjadi energi kinetik bagi pergerakan getaran tersebut, sehingga absorber memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap bunyi. Energi kalor terbentuk karena adanya gesekan antarmolekul saat bergetar.

Untuk menghitung serapan bising dari material perlu adanya pengujian, alat uji yang digunakan adalah *Kundts Tube Impedance*. Alat ini berbentuk pipa sebagai pengisolasi suara dengan beberapa perangkat lain yang membantu. Prinsip kerja alat ini adalah bunyi dari *speaker* dialirkan dalam pipa, dimana diujung pipa terdapat material peredam yang akan menyerap bunyi dari *speaker*. Bagus tidaknya serapan dari suatu material ditentukan oleh koefisien penyerapan bunyi/*NAC (Noise Absorption Coefficient)* material tersebut. Meskipun karakteristik tidak berubah, koefisien serap suatu material dapat berubah menyesuaikan dengan frekuensi bunyi yang datang.

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan pada suatu frekuensi tertentu dinyatakan oleh koefisien penyerapan bunyi (α). Koefisien penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi datang yang diserap atau tidak dipantulkan. Nilai koefisien berada antara 0 dan 1. Bila nilai serapan nilai bunyi 0 maka gelombang bunyi dipantulkan semuanya, bila

nilainya 1 maka gelombang bunyi diserap semua. Ketika gelombang bunyi datang dan mengenai suatu material maka sebagian dari energi bunyi akan diserap sebagian lagi akan dipantulkan.

D. Prinsip Dasar Insulasi

Bila kita membangun sebuah ruangan yang digunakan untuk aktifitas yang berkaitan dengan suara, misalnya *Home Theater* dan studio ataupun ruang rapat/konferensi dan ruang konser, ada 2 hal yang harus diperhatikan, yang pertama adalah bagaimana membuat ruangan terisolasi secara akustik dari lingkungan sekitarnya dan yang kedua bagaimana mengkondisikan ruangan agar berkinerja sesuai dengan fungsinya.

Hal pertama sering disebut sebagai insulasi (membuat ruangan kedap suara atau soundproof), sedangkan yang kedua adalah pengendalian medan akustik ruangan. Untuk membuat ruangan yang terisolasi secara akustik dari lingkungannya atau dalam bahasa sehari-hari ruangan yang kedap suara.

Ada lima prinsip yang harus diperhatikan agar suara atau sistem tata suara dapat dibunyikan sesuai dengan keinginan kita tanpa harus mengganggu lingkungan sekitar kita, lima prinsip dasar itu adalah:

1. Massa

Prinsip massa ini berkaitan dengan perilaku suara sebagai gelombang. Apabila gelombang suara menumbuk suatu permukaan, maka dia akan menggetarkan permukaan ini. Semakin ringan permukaan, tentu saja semakin mudah digetarkan oleh gelombang suara dan sebaliknya. Tentu saja untuk membuat perubahan besar pada kinerja insulasi, perlu perubahan massa yang besar pula. Secara teoritis, dengan menggandakan massa dinding kita (tanpa rongga udara), akan meningkatkan kinerja insulasi sebesar 6 dB, misalnya kita punya dinding *drywall gypsum* dengan *single stud*, maka setiap penambahan *layer gypsum* akan memberikan tambahan insulasi 4-5 dB.

2. Dekopling Mekanik

Prinsip dekopling ini adalah prinsip yang paling umum dikenal dalam konsep insulasi. *Sound clips, resilient channel, staggered stud, dan double stud* adalah beberapa contoh aplikasinya. Pada prinsipnya dekopling mekanik dilakukan untuk menghalangi suara merambat dalam dinding, atau menghalangi getaran merambat dari permukaan dinding ke permukaan yang lain. Energi suara / getaran akan hilang oleh material lain atau udara yang ada diantara 2 permukaan, yang seringkali dilupakan, dekopling mekanik ini merupakan fungsi dari frekuensi suara, karena pada saat kita membuat dekopling, kita menciptakan sistem resonansi, sehingga sistem dinding hanya akan bekerja jauh diatas frekuensi resonansi itu. Insulasi akan buruk kinerjanya pada frekuensi di bawah $\frac{1}{2}$ oktaf frekuensi

resonansi. Jika kita bisa mengendalikan resonansi ini dengan benar, maka insulasi frekuensi rendah (yang merupakan problem utama dalam proses insulasi) akan dapat dicapai dengan baik.

3. Absorpsi atau penyerapan energi suara

Penggunaan bahan penyerap suara dengan cara disisipkan dalam sistem dinding insulasi akan meningkatkan kinerja insulasi, karena energi suara yang merambat melewati bahan penyerap akan diubah menjadi energi panas untuk menggetarkan partikel udara yang terperangkap dalam pori-pori bahan penyerap. Bahan penyerap ini juga akan menurunkan frekuensi resonansi sistem partisi / dinding yang di dekopling. Perlu dipahami bahwa insulasi atau *soundproofing* tidak ditentukan semata oleh bahan penyerap apa yang diisikan dalam dinding.

Jika kita menggunakan dinding *sandwich* konvensional (kedua permukaan dihubungkan oleh stud dan diisi celah diantaranya dengan bahan penyerap suara. Suara akan tetap dapat lewat melalui stud tanpa harus melalui bahan penyerap suara. Jadi bahan penyerap hanya akan efektif bila ada dekopling.

4. Resonansi

Prinsip ini bekerja bertentangan dengan prinsip 1, 2, dan 3, karena resonansi bersifat memudahkan terjadinya getaran. Bila getaran terjadi pada frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi sistem dinding, maka energi suara akan dengan mudah menembus dinding (seberapa tebal dan beratpun dinding). Ada 2 cara untuk mengendalikan resonansi ini yaitu:

pertama adalah dengan meredam resonansinya, sehingga amplituda energi yang sampai sisi lain dinding akan sangat berkurang. Kita dapat menggunakan *visco-elastic damping compound*, tapi jangan gunakan *Mass Loaded Vinyl*. Cara yang kedua yakni dengan menekan frekuensi resonansi serendah mungkin dengan prinsip 1, 2 dan 3.

5. Konduksi

Mengingat bahwa suara adalah gelombang mekanik, sehingga apabila dinding terhubung secara mekanik kedua sisinya, maka suara akan dengan mudah merambat dari satu sisi ke sisi lainnya. Untuk mengendalikannya tentu saja kita harus memotong hubungan mekanis antara sisi satu dengan sisi yang lain, misalnya dengan dilatasi antar sisi, menyisipkan bahan lain yang memiliki karakter isolasi lebih tinggi (beda Impedansi Akustik atau tahanan akustik), menggunakan studs dengan cara zigzag, dan sebagainya.

E. Teori Mengenai Sifat Thermal Material

Apabila ada dua sistem yang temperaturnya berbeda bersinggungan, atau dalam suatu sistem terdapat gradient temperature maka akan terjadi perpindahan kalor, dimana proses tersebut ada sesuatu yang dipindahkan diantara sebuah sistem dan sekelilingnya akibat perbedaan temperatur maka disebut kalor.

Hal-hal dalam perpindahan panas terhadap sifat termal material.

1. Teori Perpindahan Panas

Kalor pada umumnya terjadi perpindahan dengan tiga cara yaitu: Konduksi (*conduction*), konveksi (*convection*), serta radiasi (*radiation*).

- a. Konduksi adalah perpindahan kalor secara perambatan atau perpindahan kalor dari suatu bagian benda padat ke bagian lain dari benda padat yang sama, atau dari benda padat yang satu ke benda padat yang lain karena terjadi persinggungan fisik atau menempel tanpa terjadinya perpindahan molekul dari benda padat itu sendiri.
- b. Perpindahan kalor secara aliran atau perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair atau gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang kesana-kemari membawa sejumlah kalor disebut konveksi.
- c. Radiasi adalah adanya kalor yang berpindah secara pancaran atau perpindahan kalor suatu benda ke benda lain melalui gelombang elektromagnetik tanpa medium perantara. Apabila pancaran kalor menimpa suatu bidang, sebagian dari kalor pancaran yang diterima benda tersebut akan dipancarkan kembali (*re-radiated*), dipantulkan (*reflected*) dan sebagian dari kalor akan diserap.

Sifat termal material didasarkan pada kemampuan material dalam memindahkan panas dalam tiga cara tersebut ditambah kemampuan material dalam menyimpan panas. Ada 3 sifat termal material:

2. Konduktivitas Bahan dan Ketahanan Thermal Benda

Konduktivitas termal merupakan fungsi suhu dari kebanyakan bahan, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas termal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, pada dinding bangunan diperlukan bahan material yang mempunyai nilai k yang kecil, bahan yang harga k -nya besar adalah penghantar panas yang baik. Sedangkan bila k -nya kecil bahan itu kurang menghantar atau merupakan isolator (tahanan termalnya besar).

Konduktivitas menunjukkan kemampuan material dalam meneruskan panas yang diterimanya. Ukuran konduktivitas dihitung melalui presentasi perbandingan antara jumlah panas yang diteruskan dibanding dengan jumlah panas yang diterima pada satu satuan luas dan satu satuan ketebalan tertentu material bila terjadi kenaikan satu satuan perbedaan temperatur.

3. Reflektivitas

Reflektivitas adalah kemampuan material dalam memantulkan panas yang jauh pada material tertentu. Satuan reflektivitas berupa persentasi. Nilai reflektivitas menunjukkan persentasi perbandingan antara panas yang dipantulkan dibanding panas yang diterima pada material persatu satuan luas dan satu satuan tebal bila terjadi kenaikan suhu satu satuan derajat panas.

4. Serapan Kalor

Serapan kalor adalah sifat termal panas yang menunjukkan kemampuan material dalam menyerap panas, sama dengan konduktivitas dan reflektivitas maka satuan dari serapan panas adalah persen. Nilai serapan kalor menunjukkan persentasi perbandingan antara jumlah panas yang diserap terhadap panas yang diterima persatuan luas tertentu, satu satuan tebal tertentu bila terjadi kenaikan suhu satu satuan derajat tertentu.

5. Kapasitas Thermal

Kapasitas panas adalah kemampuan yang menunjukkan material menyimpan panas. Kapasitas termal massa adalah ukuran yang menunjukkan besarnya panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu derajat panas per satu satuan volume massa. Besarnya kapasitas termal dapat dilihat seberapa cepat atau seberapa mudah suhu material menjadi panas bila dikenai panas. Semakin besar kapasitas termal maka material tersebut semakin lambat mengalami kenaikan panas, demikian juga sebaliknya semakin kecil kapasitas termal semakin cepat material tersebut menjadi panas.

Ada 3 yang menentukan sifat termal material yang menjadi kriteria bagi para desainer dalam menetapkan jenis material kulit ruang yakni;

1. Jenis bahan
2. Finishing
3. Campuran bahan

F. Limbah

Definisi limbah menurut peraturan pemerintah No. 18/1999 Jo. PP 85/1999 didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan atau kegiatan manusia. Limbah adalah bahan buangan tidak terpakai yang berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. Air limbah industri maupun rumah tangga (domestik) apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan. Limbah merupakan salah satu bentuk dari sampah yang berwujud padat, biasanya sampah padat hanya dapat diolah dengan cara dibuang lalu dibakar atau ditimbun dalam tanah sebagai bahan urukan permukaan tanah. Yang sementara itu, itu sampah organik biasanya dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Limbah sendiri berasal dari tempat yang beraneka ragam, mulai dari limbah rumah tangga, limbah dari pabrik-pabrik, besar dan juga limbah dari suatu kegiatan tertentu (Erlita, 2011).

Hal yang dilakukan dalam pencegahan dan penanggulangan dampak air limbah terhadap kesehatan dengan mengidentifikasi jenis limbah, mengetahui dampaknya terhadap kesehatan dan cara pengolahannya. Pada saat ini, industri berkembang dengan pesat. Hal itu dapat menyebabkan penurunan kualitas lingkungan. Penurunan kualitas lingkungan tersebut diakibatkan tidak terkendalinya pembuangan limbah dan emisi gas dari kegiatan industri. Limbah dari kegiatan industri dapat berupa limbah cair, gas, dan padat (Nasution dan Limbong 2019).

Pada kehidupan masyarakat yang semakin maju dan modern,

peningkatan akan jumlah limbah semakin meningkat. Hal ini bisa dilihat dari perkembangan yang terjadi dalam kebiasaan dirumah tangga orang-orang yang dulunya hanya menggunakan jeruk nipis untuk mencuci piring, kini tergantikan dengan penggunaan sabun deterjer cuci piring yang mengandung zat kimia seperti sodium lauryl sulfate (SLS) dan Surfatan, tentu saja penggunaannya akan meningkatkan jumlah limbah.

1. Klasifikasi Limbah

Limbah dapat diklasifikasikan ke dalam 3 bagian yaitu:

- a. Limbah gas merupakan jenis limbah yang berbentuk gas. Contoh: karbon dioksida(CO_2), Karbon Monoksida(CO), HCL, NO_2 , SO_2 dan beberapa lainnya.
- b. Limbah cair merupakan jenis limbah yang memiliki fisik berupa zat cair, contoh: air cucian, air hujan, rembesan AC, air sabun, minyak goreng buangan dan beberapa lainnya.
- c. Limbah padat merupakan jenis limbah yang berupa padat, contoh: kotak kemasan, bungkus jajanan, plastik, botol, kertas, kardus, dan beberapa lainnya.

2. Berdasarkan Sumbernya.

- a. Limbah pertanian merupakan limbah yang ditimbulkan karena kegiatan pertanian.
- b. Limbah industri merupakan limbah yang dihasilkan oleh pembuangan kegiatan industri.

- c. Limbah pertambangan merupakan merupakan limbah yang asalnya dari kegiatan pertambangan.
 - d. Limbah domestik merupakan limbah yang berasal dari rumah tangga, pasar, restaurant, dan pemukiman penduduk yang lain.
3. Berdasarkan Senyawanya.

Adapun berdasarkan senyawanya diantaranya yaitu:

- a. Limbah organik yang merupakan limbah yang bisa dengan mudah diuraikan atau mudah membusuk, dimana limbah organik dapat ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Limbah organik memiliki definisi berbeda yang penggunaannya dapat disesuaikan dengan tujuan penggolongannya. Berdasarkan pengertian secara kimiawi limbah organik mengandung unsur karbon (C), sehingga dapat berupa kotoran hewan dan manusia, sisa makanan, dan sisa-sisa tumbuhan mati, kertas, plastik, dan karet. Limbah organik yang berasal dari makhluk hidup mudah membusuk karena pada makhluk hidup terdapat unsur karbon (C) dalam bentuk gula (karbohidrat) yang rantai kimianya relatif sederhana sehingga dapat dijadikan sumber nutrisi bagi mikroorganisme, seperti bakteri dan jamur. Hasil pembusukan limbah organik oleh mikroorganisme sebagian besar adalah berupa gas metan (CH_4) yang juga dapat menimbulkan permasalahan lingkungan (Nasution and Limbong 2019).
- b. Limbah anorganik, yang merupakan jenis limbah yang sangat sulit atau bahkan tidak bisa untuk diuraikan atau tidak bisa membusuk, limbah

anorganik tidak mengandung unsur karbon, contoh, plastik, beling dan baja. Limbah anorganik secara kimiawi, meliputi limbah-limbah yang tidak mengandung unsur karbon sehingga tidak dapat diurai oleh mikroorganisme, seperti logam (misalnya besi dari mobil bekas atau perkakas, dan aluminium dari kaleng bekas atau peralatan rumah tangga), kaca, dan pupuk anorganik (misalnya yang mengandung unsur nitrogen dan fosfor), bahan ini sulit diurai oleh mikroorganisme sebab unsur karbonnya membentuk rantai kimia yang kompleks dan panjang (Nasution dan Limbong 2019).

G. Bulu Ayam

Ayam merupakan hewan ternak yang sangat menopang kebutuhan pangan masyarakat Indonesia khususnya. Ayam memiliki bulu dan merupakan ciri khusus yang dimiliki oleh bangsa unggas dan berperan penting secara fisiologis dan fungsional. Sebagian besar ayam dewasa ditutupi bulu diseluruh bagian tubuhnya, kecuali pada paruhnya, mata, dan kaki. Bulu ayam merupakan bagian dari tubuh ayam yang berfungsi sebagai pelindung untuk menjaga dirinya dari dingin dan panas, dan sangat berguna dalam hal pengaturan suhu tubuh. Bulu tersusun sangat teratur, dengan struktur tangga bercabang, dan unggas merupakan golongan vertebrata yang memiliki struktur keratin yang paling kompleks (Mingke Yu, Ping Wu, Randall B. Widelitz, 2002).

Bulu ayam menjadi salah satu limbah dari hasil pemotongan ayam. Limbah ini akan terus dihasilkan setiap hari selama masyarakat masih

mengonsumsi daging ayam. Keberadaan limbah ini akan terus ada bahkan bertambah setiap tahunnya, mengingat tingkat konsumsi daging ayam setiap tahunnya terus bertambah. Bulu ayam memiliki kandungan sejenis protein, protein dengan ketahanan tinggi dapat ditemukan pada rambut, kuku, dan tanduk binatang, yang juga terdapat pada rambut manusia. Sekitar setengah dari bagian bulu ayam terdiri bulu halus dan setengah bagian yang lain merupakan bagian selubung bulu yang menjadi inti pusat bulu dengan struktur tabung hampa. Bagian bulu halus dan selubung bulu tersebut terbuat dari keratin, adanya ikatan keratin dengan kandungan 85-90% dari kandungan proteinnya dengan sifat sukar larut dalam air menjadikan bulu ayam cukup tahan lama. Bulu ayam memiliki sifat unik - termasuk kerapatan relatif rendah dan sifat isolasi termal dan akustik yang baik (Kock, 2006)

Struktur keratin yang merupakan komponen utama penyusun bulu ayam mempengaruhi ketahanan kimianya, karena adanya ikatan silang yang luas antara asam amino dan ikatan kovalent antara masing-masing struktur menunjukkan bahwa keratin menunjukkan daya tahan yang baik dan ketahan terhadap degradasi. Bulu ayam merupakan bagian terluar dari tubuh ayam yang menutupi hampir seluruh bagian tubuh, selain berfungsi sebagai perlindungan bagi ayam juga berguna untuk memperindah bentuk tubuh ayam. Bulu ayam merupakan suatu material makhluk hidup yang tersusun oleh suatu senyawa yang disebut keratin yang perbandingannya adalah 91% protein (keratin), 1% lemak, dan 8% air. Folikel bulu tersusun

secara teratur dalam suatu baris atau saluran. Folikel berkemungkinan untuk menghasilkan bulu seumur hidup ayam. Pergantian bulu biasanya terjadi dalam dua kali setahun, tetapi dapat hanya sekali setiap dua tahun, tergantung pada lingkungan, sumber makanan, usia, dan faktor lainnya. Bulu juga dapat tumbuh kembali untuk menggantikan bulu yang hilang karena cedera (Kock, 2006).

Diantara berbagai struktur integument vertebrata, bulu memiliki struktur yang paling kompleks. Bulu memiliki keunikan pada percabangannya yang kompleks dan variasi pada ukuran, bentuk, warna dan teksturnya yang mengesankan. Bulu menjadi penciri anatomi burung. Bobot bulu dapat mencapai 4,9% dari total bobot tubuh. Berbagai variasi pada bulu tergantung umur, species, dan jenis kelamin Aves. Pada kebanyakan species unggas, bulu tidak tumbuh di semua permukaan kulit. Bulu tumbuh secara teratur di daerah tertentu yang disebut feather tract atau pterylae (Widya Sari, Samsul Kamal, 2013).

Para Peneliti Bulu Ayam diantaranya:

1. Setiawan, D., dan Suryanto, M., dengan judul Penggunaan bulu ayam sebagai bahan pengganti serat fiber pada pembuatan *fiberglass*, tujuan penelitian dari pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai bahan pengganti serat fiber pada pembuatan *fiberglass* antara lain adalah untuk mengetahui perbedaan kualitas *fiberglass* antara penggunaan serat fiber dengan bulu ayam pada campuran *fiberglass* dan untuk mengetahui perbandingan biaya produksi *fiberglass* yang

menggunakan serat fiber dengan bulu ayam. Hasil dari penelitiannya adalah biaya produksi *fiberglass* yang menggunakan bulu ayam lebih murah dibandingkan biaya produksi *fiberglass* yang menggunakan serat fiber dengan selisih Rp 8.691/m².

2. Janari. D., judul penelitian adalah Pembuatan prototipe genteng komposit bulu ayam, dengan tujuan penelitian pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai bahan baku pembuatan produk komposit berupa genteng komposit bulu ayam, dan hasilnya untuk pembuatan cetakan prototipe menggunakan bahan matrik *polyester eternal* dengan serat GFRP diberi rangka penguat kayu dan batang besi. Kemudian untuk prototipe menggunakan sistem campuran bahan langsung ke cetakan. Dan perbandingan harga, genteng komposit memiliki nilai jual Rp. 60.000, bila dibandingkan dengan genteng baja ringan lainnya, prototipe memiliki nilai jual cukup murah. Untuk berat per luasan prototipe memiliki nilai 5 kg/m² bila dibandingkan dengan genteng baja ringan lainnya, prototipe memiliki berat per luasan yang kecil.
3. Eka Jati, B.M, dan Prasetio. A., dengan judul Karakterisasi sejumlah bulu unggas sebagai bahan sensor kelembaban udara. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh keperluan bahan sensor kelembaban udara yang murah dan mudah didapat. Tujuan dari penelitian ini untuk mencari bahan yang paling cepat menguapkan air pada suhu kamar. Telah dilakukan karakterisasi resistivitas dan daya penguapan air pada sejumlah jenis bulu unggas. Bulu unggas yang dipilih adalah: ayam,

angsa, burung perkutut, dan burung merpati. Metodologi yang dilakukan dengan melakukan pengukuran resistansi (tahanan), dan kelajuan pemerosotan massa bulu unggas dari keadaan basah. Akhirnya diperoleh kesimpulan bahwa bulu unggas yang paling cepat menguapkan air adalah bulu perkutut.

4. Ketarten. N. BR., dengan judul Pemanfaatan limbah bulu ayam sebagai sumber protein ayam pedaging dalam pengolahan lingkungan hidup. Tujuan penelitian untuk menguji kemampuan isolator jamur kandang ayam dalam meningkatkan pencernaan tepung bulu ayam sehingga memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan ayam dalam upaya meminimalisasi dampak pencemaran limbah bulu ayam dilingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inokulum jamur sampai 3% dalam proses fermentasi memberikan pengaruh yang sangat berbeda nyata terhadap peningkatan kandungan protein tepung bulu ayam. Perbedaan ditunjukkan dengan peningkatan kandungan protein yang lebih tinggi dari T0 (tanpa fermentasi) dan T1(dosis inokulum 1%) serta T2 (dosis inokum 2%). Pada pengujian tahap kedua menunjukkan bahwa penggunaan tepung bulu ayam yang difermentasi dengan isolat jamur *Penicillium sp* sampai level 5% dalam ransum, menunjukkan konsumsi ransum. Pertambahan berat badan dan konversi ransum sangat berbeda nyata dengan kontrol (tanpa tepung bulu ayam).

5. Yiqi Yang, ahli biomaterial dan biofiber dari *Institute of Agriculture & Natural Resources University of Nebraska-Lincoln, AS*, mengembangkan plastik berbahan baku bulu ayam. Tujuan penelitiannya adalah menciptakan plastik dari bahan yang bisa diuraikan. Menggunakan sampah dari pertanian dan peternakan adalah salah satu fokusnya. "Menggunakan sampah sebagai sumber bahan baku alternatif adalah salah satu pendekatan terbaik untuk menciptakan masyarakat yang berkelanjutan dan bertanggung jawab pada lingkungan," Sifat bulu ayam mengungguli bahan lain seperti pati tumbuhan. Yiqi Yang memproses bulu ayam dengan methyl acrylate, bahan kimia yang ditemukan pada produk pewarna kuku. Bahan kimia itu akan membantu polimerisasi, berperan dalam proses pembentukan film plastik yang disebut "feather-g-poly (methyl acrylate)". Setelah diproses, terbukti bahwa plastik yang dihasilkan bulu ayam tak kalah berkualitas dibanding plastik yang ada selama ini. Plastik ini juga plastik bulu ayam pertama yang anti air dan lebih kuat dibandingkan plastik dari pati tumbuhan. Yang memaparkan hasil penelitiannya 28 Maret 2011 lalu dalam *National Meeting & Exposition of the American Chemical Society ke 24* yang diselenggarakan di Anaheim, California.
6. Asngad, A dkk, 2016. Judul Pemanfaatan kulit kacang dan bulu ayam sebagai bahan alternatif pembuatan kertas melalui *Chemical Pulpin* dengan menggunakan NaOH dan CaO. Tujuan penelitian:
 - a. Untuk mengetahui ketahanan tarik dan ketahanan sobek kertas dari

kulit kacang dengan penambahan bulu ayam melalui *Chemical Pulping* (proses Kimia) dengan menggunakan NaOH dan CaO yang berbeda.

- b. Untuk mengetahui uji sensoris kertas dari kulit kacang dengan penambahan bulu ayam melalui *Chemical Pulping* (proses kimia) dengan menggunakan NaOH dan CaO. Dari penelitian ini didapat hasil penelitian dapat disimpulkan adanya perbedaan ketahanan tarik, ketahanan sobek, maupun hasil uji organoleptik kertas dari kulit kacang dan bulu ayam melalui *Chemical Pulping* (proses kimia) dengan menggunakan NaOH dan CaO.
7. Haisa, S, Judul Koefisien Absorpsi Limbah Bulu Ayam Pengisi Panel Dinding Akustik. Tujuan penelitian adalah :
- a. Mengetahui nilai koefisien absorpsi material akustik limbah bulu ayam.
 - b. Mengetahui pengaruh ketebalan dan kerapatan sampel terhadap nilai koefisien absorpsi.
 - c. Mengetahui hasil perbandingan koefisien absorpsi material limbah bulu ayam dengan koefisien absorpsi *glasswool*.

Hasil penelitian yang didapat adalah ketebalan sampel berpengaruh pada tingkat koefisien absorpsi dimana semakin bertambah ketebalan sampel maka kemampuan penyerapan maksimum semakin berada pada frekuensi yang lebih rendah. Sedangkan penambahan kerapatan sampel meningkatkan koefisien

absorpsi pada frekuensi di bawah 725 Hz untuk ketebalan 5 cm, pada frekuensi 470 Hz untuk ketebalan 7,5 cm, sedangkan untuk ketebalan 2,5 kerapatan massa tidak berpengaruh secara signifikan. Perbandingan koefisien absorpsi material bulu ayam dan *glasswool* menunjukkan bahwa koefisien maksimum bulu ayam lebih tinggi dibanding *glasswool* yakni 0,99 pada frekuensi 1600 Hz untuk tebal 2,5 cm, frekuensi 946 Hz untuk tebal 5 cm dan frekuensi 636 Hz untuk 7,5 cm, sementara untuk koefisien absorpsi *glasswool* untuk tebal 2,5 cm adalah 0,91, untuk tebal 5 cm adalah 0,97 dan tebal 7,5 cm adalah 0,96 yang kesemuanya berada pada frekuensi 1600 Hz. Penggunaan material gipsum akustik sebagai lapisan luar dari susunan material bulu ayam meningkatkan nilai koefisien absorpsi secara signifikan pada frekuensi awal pengukuran, namun pada frekuensi selanjutnya justru menurunkan nilai koefisien absorpsinya.

8. Masgode, V., dengan judul Pengukuran koefisien serap bunyi material bulu ayam menggunakan metode *Impedance Tube* dan simulasi model Miki. Tujuan penelitian untuk mendapatkan nilai absorpsi bunyi dari material limbah bulu ayam dengan menggunakan metode *Impedance tube* dibandingkan dengan *galsswool* dan pengujian simulasi model miki serta kombinasi air gap dan nilai NRC (*Noise Reduction Coefficient*) dengan hasil yang didapat adalah nilai koefisien absorpsi material limbah bulu ayam dengan batasan frekuensi 100 hz – 6400 hz adalah 0,98 – 1,00 tergantung ketebalan dan kerapatan material uji.

1. Dampak Pencemaran Limbah Bulu Ayam di Lingkungan

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, "Pencemaran Lingkungan Hidup adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga kualitasnya turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan hidup tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya." Kegiatan manusia berupa adanya industri peternakan ayam khususnya rumah potong ayam, menghasilkan limbah berupa bulu ayam yang menimbulkan dampak pencemaran terhadap lingkungan. Pencemaran ini terus meningkat seiring dengan peningkatan industri peternakan ayam. Oleh sebab itu perlu adanya upaya meminimalisasi dampak pencemaran limbah bulu ayam di lingkungan agar tetap menjaga kelestarian fungsi lingkungan hidup.

Dampak negatif yang ditimbulkan oleh industri peternakan ayam yaitu rumah potong ayam berupa terganggunya sanitasi lingkungan akibat limbah bulu ayam yang menimbulkan bau tidak sedap dan merupakan sumber penyebaran penyakit sebagai dampak penurunan kualitas udara. Berjuta ton produk bulu ayam dunia diperhitungkan menghasilkan limbah bulu ayam yang mengandung keratin. Bulu ayam merupakan sisa kegiatan atau limbah yang biasanya merupakan sampah atau sesuatu yang tidak berguna di suatu lapangan. Produk akhir ini biasanya sangat mengganggu kesehatan manusia. Selain itu limbah bulu ayam juga menimbulkan dampak penurunan kualitas tanah karena limbah bulu ayam sulit terdegradasi di

lingkungan akibat adanya keratin atau protein fibrous berupa serat. Oleh sebab itu limbah bulu ayam resisten terhadap perombakan atau degradasi dan merupakan masalah yang serius di lingkungan.

Pencemaran lingkungan merupakan suatu permasalahan yang sangat global sehingga menuntut suatu sistem pengelolaan limbah secara efektif dan efisien dalam waktu cepat. Hal ini sebagai aplikasi dari kebijakan pengelolaan lingkungan hidup dengan cara meminimalisasi dampak pencemaran limbah bulu ayam yang terjadi di lingkungan. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi dampak pencemaran limbah bulu ayam adalah dengan mengolah bulu ayam menjadi sebuah produk material akustik yang nantinya dapat dipergunakan sebagai material bangunan pelapis dinding dalam rangka meredam bunyi pada sebuah bangunan.

Pengelolaan limbah bulu ayam yang secara maksimal dapat meminimalisasi dampak pencemaran lingkungan atau menjadikan limbah tersebut tidak berbahaya lagi bagi kesehatan dan lingkungan.

2. Potensi Limbah Bulu Ayam

Limbah merupakan hasil samping dari suatu kegiatan industri. Dalam hal ini bulu ayam merupakan hasil ikutan usaha pemotongan ayam. Bulu ayam merupakan salah satu hasil samping ternak ayam (petelur, pedaging dan buras) dari rumah potong dan tempat pemotongan ayam lainnya. Populasi ayam di Indonesia tahun 2015 sebesar 1528,4 juta ekor (Statistik Peternakan, 2019), sedangkan untuk tahun 2019 populasi ayam pedaging

meningkat sebesar 3.149,382,220 ekor (BPS, 2019). Peningkatan populasi ayam ini akan menimbulkan peningkatan limbah bulu ayam, dan jika tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan.

Pencemaran merupakan suatu kondisi yang tidak nyaman ditimbulkan dari suatu limbah. Limbah bulu ayam menimbulkan bau yang tidak sedap dan merupakan sumber penyebaran penyakit. Hal ini merupakan permasalahan lingkungan yang perlu segera ditangani, seiring dengan peningkatan populasi ayam. Berat bulu ayam berkisar antara 4-9% dari bobot hidup, berat bulu ayam 4% dari berat tubuh total. Populasi ayam di Indonesia tahun 2016 sebesar 1.592,669 juta ekor (Statistik Peternakan, 2016). Dari populasi 1.592,669 juta ekor berdasarkan data statistik di atas, dengan bobot potong rata-rata 1,5 kg, maka akan diperoleh limbah bulu ayam sebesar 126.139 ton. Limbah meningkat seiring dengan peningkatan populasi ayam dan kebutuhan masyarakat akan protein hewan. Jika limbah yang terus bertambah ini tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan dampak pencemaran lingkungan, setiap satu ekor ternak unggas yang dipotong didapat bulu sebanyak 6% dari bobot hidup dengan bobot potong \pm 1,5 kg dan rata rata umur pemotongan 35 hari, sehingga ketersediaan dan kontinuitas bahan baku ayam ini cukup terjaga.

Tabel 3. Populasi Ayam Pedaging dan Perkiraan Potensi Ayam di Indonesia

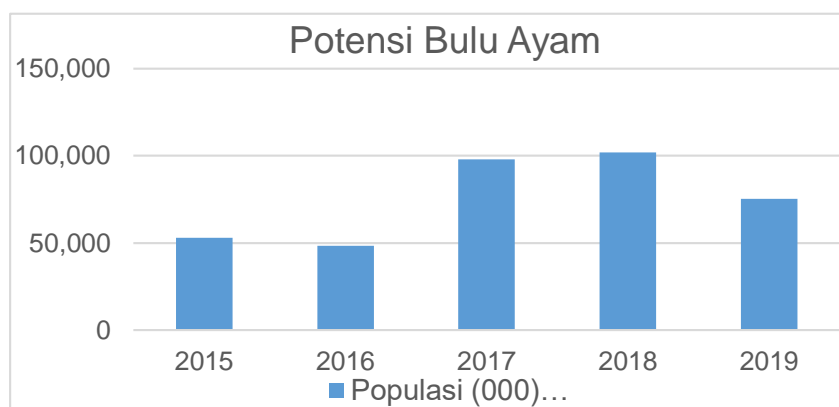
URAIAN	2015	2016	TAHUN 2017	2018	2019
Populasi Ekor*(000)ton)	1,528,329.2	1,632,567.8	2,922,636.2	3,137,707.5	3,149,382.2
Bobot Potong (000) ton ¹⁾	2,017,394.5	2,154,989.5	3,857,879.8	4,141,773.9	4,157,184.5
Daging yang dipasok (000)ton ²⁾	1,513,045.9	1,616,242.2	2,893,409.8	3,106,330.4	3,117,888.4
Produksi Bulu (000) ton ³⁾	121,043.7	129,299.4	231,472.8	248,506.4	249,431.1

Tabel 4. Populasi Ayam Pedaging dan Perkiraan potensi ayam di Sul-Sel

URAIAN	2015	2016	TAHUN 2017	2018	2019
Populasi Ekor*)	52,941,677	48,203,640	97,922,456	101,990,626	75,283,347
Bobot Potong (000) ton ¹⁾	69,883.0	63,628.8	129,257.6	134,627.6	99,374.0
Daging yang dipasok (000) ton ²⁾	52,412.3	47,721.6	96,257.6	100,970.7	74530.5
Produksi Bulu (000) ton ³⁾	4,193.0	3,817.7	7,755.5	8,077.7	5,962.4

Keterangan :

- 1) Bobot Potong = Populasi x 1,32 (Rataan bobot potong di lapangan)
- 2) Bobot Daging setara dengan 75% dari bobot potong
- 3) Produksi Bulu unggas kering setara dengan 6% dari bobot potong



Gambar 3. Potensi bulu ayam (Statistik Peternakan, 2019)

Jumlah produksi ayam pedaging di Sulawesi Selatan mencapai 2 juta ekor per tahun dan selalu meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan kebutuhan masyarakat akan daging ayam. Dengan jumlah produksi

sebesar itu maka jumlah sampah bulu ayam yang dihasilkan kurang lebih sebanyak 150 ton per tahun. Penanganan sampah bulu ayam sebagian besar dengan cara dibakar atau ditanam, dan baru sebagian kecil saja yang dimanfaatkan sebagai campuran pakan ternak atau digunakan untuk produk kerajinan, diantaranya adalah menjadi bahan pengisi bantal, pembuatan kemoceng dan bahan aksesoris.

Sebenarnya bulu ayam memiliki potensi yang cukup besar untuk dimanfaatkan, karena bulu ayam mengandung serat yang memiliki sifat fisik dan mekanik cukup baik. Selain itu, bulu ayam cukup awet, sebagai contoh sulak atau kemoceng bulu ayam yang ada di rumah kita kondisinya masih cukup baik setelah digunakan bertahun-tahun. Dengan jumlah yang melimpah dan mudah didapatkan (Nusran dkk, 2016), serta memiliki sifat-sifat yang cukup baik, sampah bulu ayam cocok sekali digunakan untuk keperluan rekayasa material.

Bulu ayam terbuat dari keratin dan protein yang juga dapat kita temui pada rambut, kuku, tanduk dan wool, sehingga menjadikannya kuat, tangguh dan ringan. Komponen khusus keratin yang sangat kuat terhadap kerusakan yang timbul dari bahan kimia (asam, basa) maupun fisika (panas, dingin, tekanan). Bila dibandingkan dengan serat sintesis, bulu lebih kesat dan mengikat bahan, dengan dasar tersebut bulu bisa digunakan untuk pembuatan material bangunan berupa panel.

Salah satu alternatif penggunaan bulu ayam untuk keperluan rekayasa yaitu dengan mencampur bulu ayam dengan perekat pasta yang

dicairkan, kemudian dipres di dalam cetakan, sehingga terbentuk produk komposit bulu ayam. Apabila bulu ayam dibuat menjadi material komposit bulu ayam, maka material ini memiliki rasio kekuatan per berat jenis dari komposit bulu ayam lebih tinggi dibandingkan material rekayasa lainnya seperti baja, aluminium, plastik, maupun komposit fiberglass (Sari dkk, 2017).

Gagasan untuk membuat panel dinding dari material bulu ayam berawal dari banyaknya kebutuhan akan panel dinding untuk keperluan meredam bising dan meningkatkan kualitas bunyi dalam ruang-ruang dan studio pribadi kini terus meningkat (Ansarullah, Ramli Rahim dkk, 2020). Namun, akses masyarakat pada panel semacam ini cukup rendah, disebabkan tingginya harga jual dan tidak meratanya ketersediaan di pasar. Panel yang terbuat dari bahan baku dengan harga rendah diperkirakan dapat menurunkan harga jual barang dimaksud. Pada tahap awal telah diteliti kemungkinan penggunaan limbah bulu ayam sebagai bahan baku panel untuk mengetahui seberapa besar nilai koefisien absorpsi dari material akustik limbah bulu ayam (Ansarullah, Ramli Rahim dkk, 2018), dan hasilnya nilai koefisien absorpsi maksimum material limbah bulu ayam untuk pengukuran dengan batasan frekuensi 100 Hz – 1.600 Hz, adalah 0,99 – 1, tergantung dari ketebalan dan kerapatan material bahannya, dan ini memenuhi syarat sebagai material akustik, maka peneliti akan melanjutkan dan mengembangkan dari peneliti sebelumnya guna membuat sebuah produk material berupa panel akustik sebagai material panel yang memiliki karakter dan daya serat bahan

yang baik dengan memanfaatkan material limbah bulu ayam menjadi material pembuatan panel akustik.

H. Material Pemanding dengan Panel Bulu Ayam

1. Material Pabrikasi

a. Papan Gypsum.

Papan gipsum adalah nama generik untuk keluarga produk lembaran yang terdiri dari inti utama yang tidak terbakar dan dilapisi dengan kertas pada permukaannya.



Gambar 4. Material papan Gypsum

Material gipsum tidak membahayakan bagi kesehatan manusia sebagai faktanya banyak pengobatan moderen dengan gipsum, gipsum juga digunakan sebagai bahan plafon karena memiliki kelendutan paling minimal, fleksibel dengan kemampuan konduktivitas suhu yang rendah sehingga mudah dimodifikasi sesuai kebutuhan.

b. Partikel Board

Partikel Board (Sawdust): adalah pemanfaatan sisa gergajian kayu yang kemudian dipadatkan dengan sejenis lem khusus yang kemudian

dicetak menjadi lembaran lembaran yang menyerupai kayu gan. Mayoritas pemanfaatannya adalah untuk membuat perabot (furniture) rumah tangga.



Gambar 5. Material Partikel Board

Partikel board merupakan kayu lapis modern atau plywood. Kayu lapis yang terbuat dari potongan kayu atau veneer dengan ketebalan di bawah 3 mm yang direkatkan secara bersamaan, umumnya dengan adhesif dan mesin press bertekanan tinggi. Hasilnya adalah potongan kayu lapis dalam berbagai ukuran yang bisa diolah lebih lanjut untuk kebutuhan interior, furnitur, flooring dan masih banyak lagi.

Partikel board ini muncul pada akhir tahun 1940-an saat ada kekosongan kayu untuk bahan plywood, sehingga menjadi alternatif yang mudah diakses karena menggunakan kombinasi bahan-bahan daur ulang, misalnya sisa potongan kayu, serpihan dan serbuk kayu yang dikompres secara bersamaan, sehingga material ini dapat dikategorikan sebagai material ramah lingkungan karena pembuatannya yang menggunakan sisa bahan daur ulang dari kayu, seperti potongan kayu, serpihan dan serbuk kayu, ataupun sisa tebu yang sudah diekstrak.

Karakteristik Partikel board

- Partikel board merupakan jenis kayu pabrikan yang paling terjangkau dibandingkan dengan dengan produk kayu lainnya.
- Lapisan partikel board lebih padat dan seragam dibandingkan dengan kayu pabrikan konvensional lainnya, ringan dan sangat tangguh dibandingkan dengan kayu pabrikan fiber lainnya, sehingga semakin padat partikel board, maka semakin dibutuhkan tenaga dan resistensi saat memasang bor atau sekrup.
- Partikel board bisa dicat atau dilapisi dengan ekstra veneer pada permukaan untuk menambah keindahannya.
- Pada penggunaan konstruksi, partikel board lebih cocok untuk proyek interior, misalnya alas flooring, panel dinding, atau plafon rumah dan lebih awet jika digunakan di ruang yang terventilasi dengan baik, sepanjang tidak terkena percikan hujan atau lembab, karena memiliki fitur insulasi thermo-akustik, sehingga penggunaannya juga awan ditemukan pada produk speaker atau langit-langit tambahan di auditorium, teater dan sebagainya

c. Tripleks/ Multipleks/ Plywood

Tripleks atau plywood berasal dari kata ply atau lembaran tipis, atau terdiri dari beberapa lapisan irisan kayu tipis yang di tumpuk dan di lem dan press menjadi satu lembaran yang tebal. irisan kayu tipis itu didapatkan dari kayu gelondong yang diraut pakai mesin raksasa yang prinsip kerjanya sama persis dengan rautan pensil. Dipasaran saat ini tripleks dapat dibedakan dari material kayu dan

perekat yang digunakan. Berikut ini beberapa jenis kayu lapis / tripleks yang ada dipasaran.

- Tripleks kayu keras, bahan kayu yang dipakai seperti meranti, kamper jati dan kayu keras lainnya. Biasa dipakai untuk pembuatan rumah yang membutuhkan kekuatan maksimal sehingga harganya mahal dan jarang dipergunakan.



Gambar 6. Material Tripleks/ plywood

- Tripleks kayu lunak, Bahan kayu yang dipakai jenis kayu lunak seperti sengon, cemara atau pinus dan sekelasnya, jenis ini banyak dipakai untuk membuat mebel dari tripleks.
- Tripleks marine / tahan air. Dibuat dari kayu jati dan sejenis kayu tahan air dari afrika (okume). biasa dibuat untuk bahan kapal, tidak untuk mebel dan bahan perekat yang dipakai pun tahan air.
- Tripleks dengan lapisan veneer, kayu lapis jenis ini banyak dipakai untuk pembuatan mebel dari tripleks. Bahan bakunya pada dasarnya tripleks kayu lunak namun pada lapisan atasnya diberikan lapisan veneer kayu jati, mahoni atau mindi.

- Kayu lapis karena bagian core atau dalamnya berupa kayu potongan kecil2 yang kemudian dilapisi tripleks tipis untuk “menjepit” nya menjadi satu papan blok yang solid.

Keunggulan Tripleks Dibanding Kayu Solid

- Tripleks dibuat dari beberapa lapisan kayu yang saling silang seratnya, hal ini menjadikan tripleks hampir tidak bisa retak, beda dengan kayu solid yang jika tidak benar2 kering maka akan pecah atau retak. lapisan saling silang juga membuat tripleks lebih tahan terhadap melengkung.
- Tidak menyusut, pada proses pembuatan tripleks, terlebih dulu dikeringkan bahan kayunya sampai level minimum, ada dengan cara direbus didalam cairan anti hama. Kekeringan yang maksimal merupakan syarat utama agar tripleks bisa merekat sempurna dan tahan hama, sehingga proses pembuatnya harus mencegah hal ini.

Kelemahan Mebel Dari Tripleks

- Kekuatannya kurang, bahkan tripleks kayu keras pun masih kalah kuat jika dibanding kayu solid, sebagai contoh jika dicoba dipukulkan palu ke papan triplek tebal 2 cm dan ke papan kayu dengan tebal yang sama, terlihat berapa dalamnya kerusakan yang dihasilkan.
- Tidak tahan air dan kelembapan, bahkan pada marine plywood atau tripleks tahan air, kekuatan terhadap udara lembab masih kalah dibanding kayu solid. bagaimanapun juga kelembapan akan lebih mudah menembus lapisan perekat di tripleks dibanding menembus

serat / pori2 kayu. kelembapan yang “terjebak” didalam lapisan kayu di tripleks akan mempercepat proses “delaminasi / pengelupasan. hal ini tidak terjadi di kayu solid.

2. Material Alami

a. Sabuk Kelapa

Sabut merupakan bagian mesokarp yang berupa serat-serat kasar kelapa. Sabut biasanya disebut sebagai limbah yang hanya ditumpuk di bawah tegakan tanaman kelapa lalu dibiarkan membusuk atau kering. Pemanfaatannya paling banyak hanyalah untuk kayu bakar

Sabut kelapa mempunyai struktur yang serupa dengan peredam yang telah ada. di sisi lain, Kelapa dihasilkan Indonesia dalam jumlah besar. Menurut Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 1997 areal perkebunan kelapa di Indonesia mencapai luas 3.759.397 ha. Dan menurut humas Departemen Pertanian, produksi kelapa di Indonesia pada tahun 2002 mencapai 85 juta ton kelapa kering (kopra). Dari hasil panen kelapa yang melimpah di Indonesia, tentunya akan dihasilkan produk sampingan berupa sabut kelapa yang sangat melimpah. Karena sabut kelapa yang



Gambar 7. Material alam sabuk kelapa. A. Limbah sabuk kelapa. B. Sabuk kelapa yang telah dimanfaatkan.

dihasilkan dari sebuah Kelapa adalah sekitar 35% berat buah. Namun, belum semua sabut kelapa yang ada dimanfaatkan dengan optimal.

Gaba gaba

Tanaman sagu atau rumbia (*Metroxylon sagu* Rottb) termasuk tanaman yang tumbuh subur di daerah rawa berair tawar. Tanaman ini memiliki sebaran yang cukup luas sekitar kurang lebih 1.250.000 Hektar (Flach, 1997) dan dapat dijumpai di berbagai daerah di Indonesia terutama di pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Papua serta tumbuh juga di pulau-pulau kecil lainnya.

Tanaman ini memiliki banyak manfaat (*multiple trees*) dimana daunnya dapat digunakan sebagai atap rumah, tangkai daun setelah dibelah dan dianyam dapat dibuat tikar maupun dinding bangunan, isi batang dapat diolah sagu, ijuknya dapat diolah sapu, nira untuk membuat gula. Tanaman rumbia dimanfaatkan sebagai bahan bangunan oleh masyarakat sudah lama, contoh pemanfaatan daun dan tangkainya sebagai atap dan dinding bangunan rumah tinggal tradisional. Tanaman sagu/rumbia merupakan bagian dari famili tanaman palm, daun dan tangkai tanaman rumbia yang sudah kering memiliki daya serap termal yang cukup baik.



A



B

Gambar 8. Material alam gaba gaba. A. Pohon Rumbia (sagu).