

UJIAN TUTUP TESIS

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN
GEOPOLIMER SEBAGAI MATERIAL DINDING INSULASI**

*Effect of adding wood powder on gopolymer misture as insulation wall
material*

DARASITA ZAHRA DAYANUN

D092202009



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK LINGKUNGAN

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2023

PENGAJUAN TESIS

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN
GEOPOLIMER SEBAGAI MATERIAL DINDING INSULASI**

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister
Program Studi Teknik Lingkungan

Disusun dan diajukan oleh

DARASITA ZAHRA DAYANUN

D092202009

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA

TESIS
PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA
CAMPURAN GEOPOLIMER SEBAGAI MATERIAL
DINDING INSULASI

DARASITA ZAHRA DAYANUN
D092202009

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Lingkungan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 17 Januari 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin,
S.T., M.Eng
NIP. 197512142015041001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T.,
M.T
NIP. 198001202002122002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



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

Ketua Program Studi S2 Teknik
Lingkungan



Dr. Roslinda Ibrahim, S.P., M.T
NIP. 19750623 201504 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Darasita Zahra Dayanun
Nomor Mahasiswa : D092202009
Program Studi : Magister Teknik Lingkungan

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul “PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN GEOPOLIMER SEBAGAI MATERIAL DINDING INSULASI” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng dan Dr. Eng. Asiyanthi T. Lando, S.T., M.T). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (Darasita Zahra Dayanun, Abstrack ID#534, 11 halaman) sebagai artikel dengan judul “*EFFECT OF ADDING SAWDUST ON GEOPOLYMER MIXTURE AS INSULATION WALL MATERIAL*”.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 15 Februari 2023

Yang menyatakan



Darasita Zahra Dayanun

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nyalah, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan Tesis dengan judul:

“PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN GEOPOLYMER SEBAGAI METERIAL DINDING INSULASI”. Salawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW, yang membawa manusia dari alam kegelapan menuju alam yang terang benderang.

Dalam penyusunan tesis ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan dan arahan yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya proposal tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ingin menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Allah Subhana Wu Ta’ala
2. Ibu Dr. Eng. Asiyanti T. Lando, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Lingkungan sekaligus Pembimbing II
3. Bapak Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.T selaku Pembimbing I
4. Bapak Dr.Eng. Muhammad Akbar Caronge, ST., M.Eng, selaku pembimbing skripsi 3 tahun yang lalu, yang selalu membantu proses asistensi dan penelitian.
5. Ibu Sumi dan kak Olan, selaku staf Departemen Teknik Lingkungan yang selalu membantu semua proses administrasi.
6. Teristimewa untuk Ibu Arlina Achmad selaku orang tua yang selalu semangat memberikan dukungan dan doa yang tulus, hingga penulis sampai di titik ini.
7. Divasuci Zakia Dayanun dan Devisifa Zaira Dayanun selaku adik – adik penulis yang menjadi salah satu motivasi penulis dalam hal apapun.
8. Laboratorium Riset Struktur dan Bahan, juga asisten Laboratorium
9. Patron 2016 (Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan angkatan 2015)
10. Irwan Fathar, teman cowok dari Program Studi Teknik Mesin yang sejak awal 2016 sudah banyak ikut membantu, mendoakan dan menyemangati, hingga bertukar ide dan wawasan dari masa semester 2 hingga sekarang, serta turut serta membantu dan mendoakan selama proses penelitian hingga proses pembuatan Laporan Tugas Akhir hingga Proposal Tesis.

11. Para tim pencari dollar (terutama ikki, gina, evi dan nurfa)
12. Tafrijia Pratiwi teman seperluwukan yang masih menemani dalam perjuangan ini.
13. *Last but not least, i wanna thank me, i wanna thank me for believing in me, i wanna thank me for doing all this hard work, i wanna thank me for having no days off, i wanna thank me for... for never quitting, i wanna thank me for always being a giver and tryna give more than i receive, i wanna thank me for tryna do more right than wrong, i wanna thank me for just being me at all times...*

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun guna melengkapi kekurangan tesis ini, akhir kata semoga proposal tesis ini dapat bermanfaat untuk banyak kalangan dan pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, September 2022

Penulis,



Darasita Zahra Dayanun, S.T

D09 2202 009

ABSTRAK

DARASITA ZAHRA DAYANUN. PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KAYU PADA CAMPURAN GEOPOLYMER SEBAGAI MATERIAL DINDING INSULASI (dibimbing oleh Ibrahim Djamaluddin dan Asiyanthi T. Lando)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penambahan limbah serbuk kayu dan *Fly Ash* dan ketebalan sebagai peredam kebisingan berbahan *Geopolymer*, mengetahui metode pengujian Kuat Tekan, Kebisingan dan Kecepatan Gelombang menggunakan alat ukur *Universal Testing Machine*, *Sound Level Meter* dan *Ultrasonic Pulse Velocity*. Mengetahui komposisi benda uji untuk penambahan 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% limbah serbuk kayu dan mengetahui prosedur pencampuran serbuk kayu, *Fly Ash* dan Alkali di dalam sampel. Bentuk sampel yang digunakan silinder dan kubus dengan molaritas 8. Waktu pembuatan sampel dilakukan di bulan Maret 2022 dan Juni 2022, proses *curing* sampel dilakukan sejak bulan April ke Mei 2022 dan Juni ke Juli 2022, proses pengujian dan pengambilan data dilakukan saat bulan Mei 2022 dan Juli 2022. Bahan sampel yang digunakan adalah *Fly Ash* sebagai pengganti agregat halus, serbuk kayu sebagai pengganti agregat kasar dan Alkali sebagai perekat. *Curing* udara pada suhu 20⁰ hingga usia 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan beberapa data Kebisingan masuk dalam Intensitas suara keluar pada sampel 2 cm variasi 20% Kebisingan 40,27 dB di Frekuensi 5 Hz dan Intensitas suara kategori Keras yaitu sampel 5 cm variasi 5% Kebisingan 73,9 dB di frekuensi 3 Hz, dalam aturan KEP.48/MENLH/11/1996 data tersebut masuk dalam kategori Tenang dan Keras. Untuk cepat rambat gelombang variasi serbuk kayu tidak mempengaruhi naik dan turunnya data tetapi ketebalan sampel mampu mempengaruhi turunnya data sesuai BS 1881-1986 hasil data menunjukkan masuk dalam klasifikasi Kurang. Untuk Kuat Tekan dan Berat Jenis semakin banyak penambahan serbuk kayu dalam sampel maka semakin rendah pula data yang didapatkan. Hasil Kuat Tekan menunjukkan data rata-rata 5,2 Mpa, menurut SNI 03-6882-2002 data tersebut masuk dalam Spesifikasi mortar N. Untuk Berat Jenis mortar data yang dihasilkan yaitu 1000-2000 kg/m³, sesuai ASTM C.128-1993 data tersebut berada di kategori Beton Ringan.

Kata Kunci: *Fly Ash*, Serbuk Kayu, Kebisingan, Cepat Rambat Gelombang, Kuat Tekan

ABSTRACT

DARASITA ZAHRA DAYANUN. EFFECT OF ADDING WOOD POWDER ON GEOPOLYMER MIXTURE AS INSULATION WALL MATERIAL (guided by Ibrahim Djamaluddin and Asiyanthi T. Lando)

This study aims to determine the effect of adding waste sawdust and Fly Ash and thickness as noise absorber made of Geopolymer, to determine the method of testing Compressive Strength, Noise and wave speed using Universal Testing Machine, Sound Level Meter and Ultrasonic Pulse Velocity measuring instruments, to determine the composition test objects for the addition of 0%, 5%, 10%, 15% and 20% of sawdust waste and knowing the procedure for mixing sawdust, Fly Ash and Alkali in the sample. The sample forms used are cylinders and cubes with a molarity of 8. The sampling time was carried out in March 2022 and June 2022, the sample curing process was carried out from April to May 2022 and June to July 2022, the testing and data collection process was carried out in May 2022 and July 2022. The sample materials used were Fly Ash as a substitute for fine aggregate, sawdust as a substitute for coarse aggregate and Alkali as an adhesive. Air curing at 20⁰ to 28 days of age. The results showed that some of the incoming noise data included the intensity of the outgoing sound on a sample of 2 cm, variation of 20%, noise 40,27 dB at a frequency of 5 Hz and sound intensity in the loud category, in 5 cm with variation of 5%, noise 73,9 dB at a frequency of 3 Hz, in KEP.48/MENLH/11/1996 rules, the data is in the category of Quiet and Loud. For the speed of wave propagation, variations in sawdust do not affect the ups and downs of the data, but the thickness of the sample can affect the decline in data according to BS 1881-1986, the results of the data show that it is classified as Poor. For compressive strength and specific gravity, the more sawdust added to the sample, the lower the data obtained. Compressive Strength results show an average data of 5,2 Mpa, according to SNI 03-6882-2002 the data is included in the N mortar specification. For mortar density the resulting data is 1000-2000 kg/m³, according to ASTM C.128-1993 the data is in the category of Lightweight Concrete.

Keywords: Fly Ash, Wood Powder, Noise, Wave Speed, Compressive Strength

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS	ii
PENGESAHAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN UMUM	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II. TOPIK PENELITIAN	6
2.1 Teori limbah serbuk kayu.....	6
2.2 Teori Insulasi.....	8
2.3 Limbah serbuk kayu sebagai substitusi peredam suara.....	8
2.4 Teori semen.....	9
2.5 Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>).....	11
2.6 Geopolimer.....	16
2.6.1 Prekursor.....	17
2.6.2 Aktivator.....	17
2.6.3 Proses Polimerisasi.....	18
2.7 Potensi B3 Limbah Serbuk Kayu.....	19
2.7.1 Produksi Limbah Serbuk Kayu di Indonesia.....	19
2.7.2 Produksi Limbah Serbuk Kayu di Sulawesi Selatan.....	20

2.8	Teori Kebisingan.....	20
2.9	Bakumutu Kebisingan.....	22
2.10	Teori Perambatan <i>Pulse</i> melalui Beton.....	23
2.10.1	Teori ini mengikuti 3 (tiga) jenis gelombang yang dihasilkan oleh impuls yang diterapkan pada suatu masa.....	23
2.10.2	Transduser elektro-akustik yang digunakan untuk pengukuran <i>UPV</i>	23
2.10.3	<i>UPV</i> ditentukan terutama pada sifat elastis material dan ditemukan hampir tidak ditentukan pada geometri.....	23
2.10.4	Untuk media elastis isotropik <i>infinite</i> , homogen, kecepatan gelombang.....	23
2.10.5	Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil.....	24
2.11	Penelitian terdahulu tentang Serbuk Kayu dalam Pemanfaatannya pada Kebisingan.....	25
BAB III. METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Bagan Alir Penelitian.....	35
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	37
3.3	Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	37
3.4	Alat dan Bahan Penelitian.....	38
3.5	Kuat Tekan dan Berat Jenis Mortar.....	38
3.6	Rancang campuran Geopolymer limbah serbuk kayu mortar.....	40
3.7	Pembuatan benda uji.....	41
3.8	Perawatan (<i>curing</i>) benda uji.....	43
3.9	Pengujian Kuat Tekan.....	44
3.10	Metode Pengukuran Kebisingan.....	45
3.11	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	48
BAB IV. PEMBAHASAN UMUM.....		50
4.1	Dampak <i>Fly Ash</i> dan Serbuk Kayu pada Aspek Lingkungan.....	50
4.2	Pengamatan visual.....	51
4.3	Kebisingan.....	54
4.4	Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	96
4.5	Data hasil pengujian setelah 28 hari.....	107

4.6	Kuat Tekan Mortar.....	109
4.7	Kelemahan Penelitian.....	112
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....		113
5.1	Kesimpulan.....	113
5.2	Saran.....	113
DAFTAR PUSTAKA.....		114
LAMPIRAN.....		119

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Emisi CO ₂ yang ditimbulkan oleh proses produksi.....	10
Tabel 2. Kebutuhan fisik <i>fly ash</i>	14
Tabel 3. Kebutuhan kandungan kimia <i>fly ash</i>	15
Tabel 4. Tingkat dan sumber Bunyi pada Skala Kebisingan tertentu.....	22
Tabel 5. Spesifikasi Kuat Tekan Mortar menurut SNI 03-6882-2002.....	39
Tabel 6. Jenis-jenis Beton berdasarkan Berat Jenis dan pemakaiannya.....	40
Tabel 7. Komposisi campuran <i>Geopolymer Fly Ash</i> dan limbah serbuk kayu mortar M untuk pengujian Kuat Tekan, Berat Jenis, Kebisingan dan Kecepatan Gelombang.....	41
Tabel 8. Jumlah benda uji untuk Insulasi Kebisingan dan Kecepatan Gelombang...	42
Tabel 9. Jumlah benda uji untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis.....	42
Tabel 10. <i>Mix design</i> (gram).....	43
Tabel 11. Bakumutu tingkat Kebisingan sesuai dengan peruntukan Lahan.....	46
Tabel 12. Klasifikasi hasil UPV menurut BS 1881-1986 (2004).....	48
Tabel 13. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 2 cm variasi 0%.....	54
Tabel 14. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 2 cm variasi 5%.....	55
Tabel 15. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 2 cm variasi 10%.....	56
Tabel 16. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 2 cm variasi 15%.....	58
Tabel 17. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 2 cm variasi 20%.....	59
Tabel 18. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 3 cm variasi 0%.....	61
Tabel 19. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 3 cm variasi 5%.....	62
Tabel 20. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 3 cm variasi 10%.....	63
Tabel 21. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 3 cm variasi 15%.....	64
Tabel 22. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 3 cm variasi 20%.....	66
Tabel 23. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 5 cm variasi 0%.....	67
Tabel 24. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 5 cm variasi 5%.....	69
Tabel 25. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 5 cm variasi 10%.....	69
Tabel 26. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 5 cm variasi 15%.....	70
Tabel 27. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 5 cm variasi 20%.....	72
Tabel 28. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 7 cm variasi 0%.....	73
Tabel 29. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 7 cm variasi 5%.....	74

Tabel 30. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 7 cm variasi 10%.....	76
Tabel 31. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 7 cm variasi 15%.....	77
Tabel 32. Hasil data pengujian Kebisingan ketebalan 7 cm variasi 20%.....	78
Tabel 33. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada ketebalan 2 cm.....	80
Tabel 34. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada ketebalan 3 cm.....	81
Tabel 35. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada ketebalan 5 cm.....	83
Tabel 36. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada ketebalan 7 cm.....	85
Tabel 37. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada variasi 0%.....	86
Tabel 38. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada variasi 5%.....	87
Tabel 39. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada variasi 10%.....	89
Tabel 40. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada variasi 15%.....	90
Tabel 41. Selisih Intensitas suara masuk dan keluar pada variasi 20%.....	92
Tabel 42. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari ketebalan 2 cm.....	96
Tabel 43. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari ketebalan 3 cm.....	97
Tabel 44. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari ketebalan 5 cm.....	97
Tabel 45. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari ketebalan 7 cm.....	98
Tabel 46. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari variasi serbuk kayu 0%.....	101
Tabel 47. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari variasi serbuk kayu 5%.....	101
Tabel 48. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari variasi serbuk kayu 10%.....	102
Tabel 49. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari variasi serbuk kayu 15%.....	102
Tabel 50. Rekapitulasi data <i>UPV</i> usia 28 hari variasi serbuk kayu 20%.....	102
Tabel 51. Rekapitulasi data Berat Jenis usia 28 hari.....	107
Tabel 52. Rekapitulasi data Kuat Tekan mortar usia 28 hari.....	109

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. Skema bunyi ketika mengenai suatu medium.....	9
Gambar 2. Limbah abu terbang.....	13
Gambar 3. Bagan alir penelitian.....	35
Gambar 4. Curing udara mortar.....	43
Gambar 5. Pengujian kuat tekan.....	44
Gambar 6. Ilustrasi pengujian kuat tekan.....	44
Gambar 7. <i>Sound level meter</i>	46
Gambar 8. Ilustrasi pengukuran Insulasi Kebisingan SLM.....	47
Gambar 9. Alat pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	48
Gambar 10. Ilustrasi pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	49
Gambar 11. Pengamatan visual benda uji silinder curing oven setelah 28 hari...	51
Gambar 12. Tampak benda uji setelah melakukan pengujian Kuat Tekan variasi 0% serbuk kayu (MPa).....	52
Gambar 13. Tampak benda uji setelah melakukan pengujian Kuat Tekan variasi 5% serbuk kayu (MPa).....	52
Gambar 14. Tampak benda uji setelah melakukan pengujian Kuat Tekan variasi 10% serbuk kayu (MPa).....	52
Gambar 15. Tampak benda uji setelah melakukan pengujian Kuat Tekan variasi 15% serbuk kayu (MPa).....	53
Gambar 16. Tampak benda uji setelah melakukan pengujian Kuat Tekan variasi 20% serbuk kayu (MPa).....	53
Gambar 17. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 2 cm variasi 0%.....	55
Gambar 18. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 2 cm variasi 5%.....	57
Gambar 19. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 2 cm variasi 10%.....	54
Gambar 20. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 2 cm variasi 15%.....	59
Gambar 21. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 2 cm variasi 20%.....	60
Gambar 22. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 3 cm variasi 0%.....	61
Gambar 23. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 3 cm variasi 5%.....	63
Gambar 24. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 3 cm variasi 10%.....	64
Gambar 25. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 3 cm variasi 15%.....	65
Gambar 26. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 3 cm variasi 20%.....	66

Gambar 27. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 5 cm variasi 0%.....	68
Gambar 28. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 5 cm variasi 5%.....	69
Gambar 29. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 5 cm variasi 10%.....	70
Gambar 30. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 5 cm variasi 15%.....	71
Gambar 31. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 5 cm variasi 20%.....	73
Gambar 32. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 7 cm variasi 0%.....	74
Gambar 33. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 7 cm variasi 5%.....	75
Gambar 34. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 7 cm variasi 10%.....	76
Gambar 35. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 7 cm variasi 15%.....	78
Gambar 36. Grafik pengujian Intensitas suara ketebalan 7 cm variasi 20%.....	79
Gambar 37. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 2 cm....	81
Gambar 38. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 2 cm.....	81
Gambar 39. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 3 cm....	82
Gambar 40. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 3 cm.....	83
Gambar 41. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 5 cm....	84
Gambar 42. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 5 cm.....	84
Gambar 43. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 7 cm....	85
Gambar 44. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar ketebalan 7 cm.....	86
Gambar 45. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 0%.....	87
Gambar 46. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 0%.....	87
Gambar 47. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 5%.....	88
Gambar 48. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 5%.....	88
Gambar 49. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 10%.....	90
Gambar 50. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 10%.....	90
Gambar 51. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 15%.....	91
Gambar 52. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar	

variasi 15%.....	92
Gambar 53. Grafik selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 20%.....	93
Gambar 54. Grafik jumlah selisih Intensitas suara masuk dan keluar variasi 20%.....	93
Gambar 55. Grafik presentase progres kebisingan ketebalan 2 cm.....	93
Gambar 56. Grafik presentase progres kebisingan ketebalan 3 cm.....	94
Gambar 57. Grafik presentase progres kebisingan ketebalan 5 cm.....	94
Gambar 58. Grafik presentase progres kebisingan ketebalan 7 cm.....	94
Gambar 59. Grafik presentase progres kebisingan variasi 0%.....	94
Gambar 60. Grafik presentase progres kebisingan variasi 5%.....	95
Gambar 61. Grafik presentase progres kebisingan variasi 10%.....	95
Gambar 62. Grafik presentase progres kebisingan variasi 15%.....	95
Gambar 63. Grafik presentase progres kebisingan variasi 20%.....	96
Gambar 64. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> ketebalan 2 cm.....	98
Gambar 65. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> ketebalan 3 cm.....	99
Gambar 66. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> ketebalan 5 cm.....	99
Gambar 67. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> ketebalan 7 cm.....	99
Gambar 68. Grafik persentase <i>UPV</i> ketebalan 2 cm.....	100
Gambar 69. Grafik persentase <i>UPV</i> ketebalan 3 cm.....	100
Gambar 70. Grafik persentase <i>UPV</i> ketebalan 5 cm.....	100
Gambar 71. Grafik persentase <i>UPV</i> ketebalan 7 cm.....	101
Gambar 72. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> variasi 0%.....	103
Gambar 73. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> variasi 5%.....	103
Gambar 74. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> variasi 10%.....	103
Gambar 75. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> variasi 15%.....	104
Gambar 76. Grafik hasil pengujian <i>UPV</i> variasi 20%.....	104
Gambar 77. Grafik persentase <i>UPV</i> variasi 0%.....	105
Gambar 78. Grafik persentase <i>UPV</i> variasi 5%.....	105
Gambar 79. Grafik persentase <i>UPV</i> variasi 10%.....	105
Gambar 80. Grafik persentase <i>UPV</i> variasi 15%.....	106
Gambar 81. Grafik persentase <i>UPV</i> variasi 20%.....	106
Gambar 82. Grafik rekapitulasi persentase ketebalan dan variasi serbuk kayu pada cepat rambat gelombang.....	107

Gambar 83. Grafik rekapitulasi Berat Jenis selama 28 hari.....	108
Gambar 84. Grafik persentase berat jenis.....	109
Gambar 85. Grafik rekapitulasi Kuat Tekan mortar 8 M usia 28 hari.....	110
Gambar 86. Grafik penentuan tipe mortar berdasarkan Kuat Tekan.....	111

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
Lampiran 1. Lampiran pembuatan benda uji.....	108
Lampiran 2. Pembuatan alat pengujian kebisingan.....	111
Lampiran 3. Pengujian kebisingan.....	112
Lampiran 4. Pengujian <i>Ultrasonic Pulse Velocity</i>	113
Lampiran 5. Sampel kubus.....	114
Lampiran 6. Pengujian kuat tekan.....	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup yang diundangkan 2 Februari 2021 lalu, menetapkan Abu Batubara (*fly ash* dan *bottom ash*) tidak lagi dikategorikan sebagai Limbah Bahan Berbahaya Beracun (B3), dalam hal tersebut bisa disimpulkan bahwa pada saat ini *fly ash* dapat digunakan secara umum dan meluas, apalagi seperti yang kita ketahui bersama *fly ash* sebagai salah satu campuran geopolimer tanpa penggunaan portland semen (semen yang paling umum digunakan) sehingga dapat mengurangi CO₂ di udara.

Permintaan batubara di Indonesia setiap tahunnya semakin bertambah, khususnya untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), perkembangan produksi batubara selama 13 tahun terakhir (2003-2016) menunjukkan peningkatan yang cukup pesat, dengan kenaikan produksi rata-rata 11% per tahun. Pada tahun 2003, produksi batubara sudah mencapai 114,00 juta ton dan selanjutnya pada tahun 2016 produksi batubara nasional mencapai 434 juta ton hal tersebut diperkirakan akan terus berkembang hingga 20 tahun mendatang (Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, 2016). Dengan pesatnya produksi batubara, dampaknya sangat jelas terlihat akan mencemari ekosistem udara yang juga mengganggu kesehatan manusia seperti ISPA (infeksi saluran pernafasan), asma dan paru-paru basah. *Geopolymer* berbahan dasar *fly ash* tidak dapat mengikat jika tidak ada senyawa yang bersifat mengikat dalam komposisinya, maka diperlukan alkali aktivator untuk mengikat, yang berupa sodium silikan (Na₂SiO₃) yang bersifat reaktan dan sodium hidroksida (NaOH) yang bersifat katalisator.

Di samping itu, limbah serbuk kayu dari Industri *Furniture*/kayu dari tahun ke tahun, diperkirakan kebutuhan kayu nasional Indonesia mencapai lebih dari 60 juta m³. Lima puluh persen dari kebutuhan kayu tersebut digunakan sebagai bahan baku industri kayu lapis atau *plywood* (Halawane dkk, 2001).

Umumnya serbuk gergaji kayu hanya dimanfaatkan untuk sebagian kecil kebutuhan saja. Misalnya sebagai bahan pembakaran batu bata. Penggunaanya

masih terbatas pada campuran pembuatan bata cetak, selain itu *geopolymer* bersifat getas atau mudah lepas, maka dari itu serbuk kayu sangat dibutuhkan sebagai *fiber* dan pengikat yang berciri fisik berongga sehingga memiliki fungsi insulasi yaitu metode atau serangkaian proses yang digunakan untuk mengurangi atau meredam energi (panas/kalor, suara, listrik, dll)

Dalam penelitian oleh *Departement of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, University of Ruhuna, Sri Lanka, International Construction Consortium, Colombo, Sri Lanka* mengatakan bahwa abu sekam padi memiliki potensi untuk memperbaiki sifat struktural dan dapat menunjukkan penurunan suhu dalam ruangan sebesar 6⁰C dan pengurangan kebisingan sebanyak 10 dB dibandingkan dengan bata tanah liat konvensional, begitu pula dengan penelitian yang berjudul *Mechanicals, Thermal and Acoustics of Geopolymer based Composite materials produced with expanded Rice Husk and Cork by product* yang dilakukan oleh Beatriz Marquez, Antonio Tedeu, dkk di tahun 2020, di *Chemistry Centre, Departement of Chemistry, University of Coimbra, Portugal*, menyatakan bahwa hasil eksperimen kandungan sekam padi yang lebih tinggi pada campuran komposisi beton dapat berkontribusi untuk meningkatkan kinerja akustik, sementara itu menurut Si Zou, Hongqiang Li, Shuang Wang, Ruihua Jiang, Jun Zou, Xiaofeng Zhang, Lifang Liu, Guoqiang Zhang, *Collage of Civil Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan, China*, limbah serbuk gergaji yang produksinya tinggi di China dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku isolasi untuk meningkatkan nilai aplikasinya dan menghemat sumber daya, sementara geopolimer akan menjadi perekat yang baik karena karakteristiknya yang unik dan emisi CO₂ yang rendah selama proses produksi, dalam penelitian terdahulu oleh Darasita Zahra Dayanun dalam judul Pengaruh Molaritas Alkali Aktivator terhadap karakteristik Limbah Serbuk Kayu sebagai bahan bangunan ringan didapatkan kesimpulan bahwa *Fly Ash* dan serbuk kayu dapat menjadi pengganti agregat halus dan agregat kasar dalam pencampuran beton dengan komposisi yang diambil untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis, selanjutnya penelitian oleh sumber yang sama dilakukan untuk mengetahui dari sisi peredam kebisingan dan cepat rambat gelombang.

Ditinjau dari bahan yang digunakan yaitu limbah B3 serbuk kayu dan pemanfaatannya dalam beberapa penelitian terakhir. Maka diperlukan penelitian mengenai pengaruh dari penambahan serbuk kayu di dalam campuran *geopolymer* untuk melihat hasil pemanfaatannya menjadi material dinding yang bersifat insulasi dan dapat meredam kebisingan.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut maka penulis mengambil penelitian berjudul **“Pengaruh penambahan Serbuk Kayu pada campuran Geopolymer sebagai material dinding Insulasi”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efek penambahan limbah serbuk kayu dan Fly Ash (bahan pengganti limbah B3 semen) dan ketebalan sebagai peredam panas dan kebisingan berbahan Geopolymer?
2. Bagaimana metode pengujian Kuat Tekan, Kebisingan dan kecepatan gelombang menggunakan Alat ukur *Universal Testing Machine*, *Sound Level Meter* dan *Ultrasonic Pulse Velocity*?
3. Bagaimana komposisi benda uji untuk penambahan 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% limbah serbuk kayu?
4. Bagaimana prosedur pencampuran serbuk kayu, *Fly Ash* dan Alkali di dalam benda uji?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui efek penambahan limbah serbuk kayu dan *Fly Ash* (bahan pengganti limbah B3 semen) dan ketebalan sebagai peredam panas dan kebisingan berbahan Geopolymer
2. Untuk mengetahui metode pengujian Kuat Tekan, Kebisingan dan kecepatan gelombang menggunakan Alat ukur *Universal Testing Machine*, *Sound Level Meter* dan *Ultrasonic Pulse Velocity*

3. Untuk mengetahui komposisi benda uji untuk penambahan 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% limbah serbuk kayu
4. Untuk mengetahui prosedur pencampuran serbuk kayu, *Fly Ash* dan Alkali di dalam benda uji

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menjadi sarana informasi dalam pengujian penambahan serbuk kayu dan bahan benda uji yang bersifat Geopolymer
2. Mengurangi timbunan *Fly Ash* pada *Landfill*
3. Mengurangi limbah serbuk kayu
4. Ingin menampilkan hasil efek penambahan serbuk kayu di dalam benda uji untuk mereduksi kebisingan
5. Menjadi sarana informasi kepada pembaca bahwa pemanfaatan limbah serbuk kayu dan *Fly Ash* sebagai pengganti semen yang dimana produksi semen dapat menghasilkan gas CO₂ menjadi material dinding ramah lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini berjalan dengan baik dan sesuai dengan rencana, maka penelitian ini diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. *Fly ash* digunakan sebagai material pengganti semen dalam pembuatan mortar.
2. *Fly ash* yang digunakan lolos saringan nomor 200 (0,075 mm)
3. Limbah serbuk kayu digunakan sebagai material pengganti agregat halus (pasir)
4. Limbah serbuk kayu yang digunakan lolos saringan nomor 4 (4,75 mm)
5. Penelitian ini menggunakan molaritas sebanyak 8 M.
6. Penelitian ini menggunakan NaOH sebanyak 320 ml.
7. Penelitian ini menggunakan Aquades untuk media cairan yang membantu melarutkan NaOH hingga 1 liter.

8. Penelitian ini membuat cetakan mortar berbentuk silinder dengan ukuran diameter 10 cm dan cetakan mortar berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm.
9. NaOH, Aquades dan Na_2SiO_3 yang dijual bebas.
10. Pengujian Insulasi kebisingan dengan molaritas 8 molar sampel bentuk silinder dan pengujian kuat tekan berbentuk kubus dengan campuran serbuk kayu sebanyak 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, dilakukan pada usia 28 hari.
11. Benda uji yang digunakan untuk pengujian kebisingan memiliki tebal 2 cm, 3 cm, 5 cm dan 7 cm untuk bentuk silinder, benda uji yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan berat jenis bentuk kubus.
12. Pengujian kebisingan dilakukan menggunakan *Sound Level Meter*.
13. Pengujian kecepatan gelombang benda uji dilakukan menggunakan *UPV*
14. Rasio Alkali dan *Fly Ash* 0,75

1.6 Sistematika penulisan.

Penulisan tugas akhir ini akan diuraikan dalam sistematika penulisan yang dibagi menjadi lima bab pokok bahasan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang permasalahan, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, Sempura masalah, serta sistematika penulisan secara singkat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menyajikan kerangka teori konseptual mengenai penelitian secara singkat dan gambaran umum dari sampel penelitian yang akan diuji.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan berisi tentang metode penelitian yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dari mulai awal persiapan hingga mencapai hasil.

BAB II

TOPIK PENELITIAN

2.1 Teori limbah serbuk kayu

Limbah kayu adalah sisa-sisa kayu atau bagian kayu yang dianggap tidak bernilai ekonomi lagi dalam proses tertentu, pada waktu tertentu dan tempat tertentu yang mungkin masih dimanfaatkan pada proses dan waktu yang berbeda. Yang umumnya terdiri atas: sisa gergajian, sisa potongan dan pendek, dan kulit kayu.

Serbuk gergaji adalah butiran kayu yang dihasilkan dari proses menggergaji (Setiyono, 2004). Serbuk-serbuk gergaji ini dapat diperoleh dari beragam sumber, seperti limbah pertanian dan perikanan. Jumlah serbuk gergaji yang dihasilkan dari eksploitasi/pemanenan dan pengolahan kayu bulat sangat banyak. Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m³ per tahun, dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk 54,24% dari produksi total. Oleh karena itu, maka dihasilkan limbah penggergajian kayu sebanyak 1,4 juta m³ per tahun dan angka ini cukup besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian (Pari,dkk,2002). Hasil penelitian pada beberapa penggergajian kayu di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan rata-rata 52.56% dari bahan baku yang digunakan (Arif dan Sanusi, 2001), termasuk diantaranya bentuk serbuk. Selain pemanfaatan serbuk kayu secara komersil untuk pembuatan briket arang atau charcoal (Hendra dan Darmawan, 2000), juga digunakan sebagai media tumbuh jamur tiram *Pleurothus* sp., yang dikombinasikan dengan bahan lain seperti bekatul dan CaCO₃ (Marlina dan Siregar, 2001)

Limbah serbuk gergaji kayu menimbulkan masalah dalam penanganannya, yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang kesemuanya berdampak 6emperat terhadap lingkungan. Oleh karena itu, limbah serbuk gergaji yang dihasilkan dari penggergajian dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Fatriasari, et al., 2011), sebagai media tanam, bahan baku 6emperatu, bahan baku briket arang, bahan bakar guna melengkapi kebutuhan energi 6emperat vinir/kayu lapis dan pulp/kertas, bataco/bahan bangunan lainnya (PPLH, 2007).

Kayu yang sampai di pabrik langsung disusun sesuai dengan jenisnya agar memudahkan dalam pengolahan selanjutnya. Kayu diolah sesuai dengan peruntukannya (Budianto, 2002).

Limbah yang dihasilkan dalam aktivitas industri perikanan sebagian besar merupakan limbah padat berupa serpihan-serpihan kulit kayu, potongan-potongan kayu berukuran kecil (*chips wood*) dan serbuk kayu atau butiran-butiran halus yang terbang saat kayu dipotong dengan gergaji. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini, tiap-tiap aktivitas produksi sangat berpotensi mengeluarkan limbah.

Jenis limbah padat yang dihasilkan pada setiap tahapan adalah sebagai berikut :

- i. Pada tahap persiapan bahan baku, 7emperat besar limbah padat yang dihasilkan berupa potongan kayu kecil disamping serbuk kayu, tetapi pada industri pengolahan kayu gelondongan juga akan dihasilkan serpihan kulit kayu.
- ii. Pada tahap proses produksi pengemasan produk, dihasilkan limbah padat berupa potongan-potongan kayu dalam ukuran yang lebih kecil lagi disamping limbah berbentuk serbuk.
- iii. Pada tahap pengemasan produk, seandainya ada produk yang gagal, maka biasanya bagian-bagian tertentu dari produk yang gagal tersebut dimanfaatkan lagi untuk membuat produk lain yang ukurannya lebih kecil.

Menurut Haygreen dan Bowyer (1996), ukuran-ukuran limbah kayu ialah:

1. Pasahan (*shaving*), partikel kayu kecil berdimensi tidak menentu yang dihasilkan apabila mengentam lebar atau mengetam sisi ketebalan kayu.
2. Serpih (*flake*), partikel kayu kecil dengan dimensi yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dalam peralatan yang telah dikhususkan
3. Biskit (*wafer*), serupa serpih dalam bentuknya tetapi lebih besar. Biasanya lebih dari 0,025 inci tebalnya dari 1 inci panjangnya.
4. Tatal (*chips*), sekeping kayu yang dipotong dari satu balok dengan pisau yang besar atau pemukul seperti dengan mesin pembuat tatal kayu pulp.
5. Serbuk gergaji (*sawdust*), dihasilkan oleh pemotong dengan gergaji
6. Untaian (*strand*), pasahan panjang, tetapi pipih dengan permukaan yang sejajar.

7. Kerat (*sliver*), hampir persegi potongan melintangnya, dengan panjang paling sedikit 4 kali tebalnya
8. Wol kayu (*exelcior*), keratan yang panjang, berombak, ramping, juga digunakan sebagai kasuran dalam pengempakan.

Limbah cair dihasilkan pada saat pencucian kayu dari kotoran-kotoran tanah yang terikut pada tahap persiapan bahan baku dan sedikit limbah kimia organik (*tinner*, *cat*) yang tercecer pada saat proses finishing. Air limbah pencucian kayu umumnya hanya mengandung tanah dan tidak mengandung polutan organik, sehingga dapat langsung dibuang ke sungai tanpa melalui proses pengolahan. Sedangkan limbah kimia yang tercecer misalnya di lantai, bersama air pencucian lantai di alirkan ke dalam septic tank atau ke dalam pengolahan limbah domestik.

2.2 Teori Insulasi

Insulasi adalah penggunaan material dengan nilai konduktan rendah untuk mengurangi aliran energi melintas material tersebut. Untuk mereduksi aliran energi tersebut material harus mempunyai nilai resistan yang tinggi (nilainya kebalikan dari konduktan). Secara umum udara merupakan insulator yang bagus untuk menghambat panas, dengan syarat proses konveksi dapat ditekan. Sebagian besar material mempunyai sifat insulasi terdapat tiga bagian besar tipe insulasi, salah satunya adalah insulasi kebisingan, yaitu proses meredam atau mereduksi suara/bunyi/bising dari satu sumber atau beberapa sumber dari tinggi ke rendah atau dari besar ke kecil.

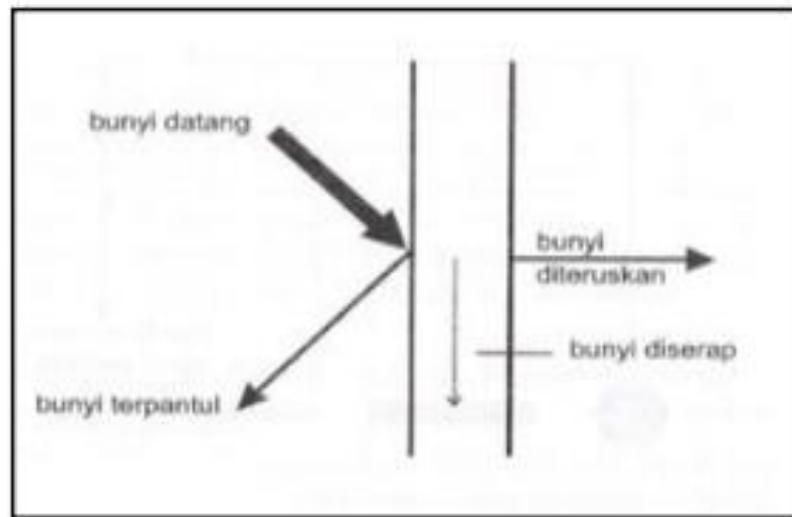
2.3 Limbah serbuk kayu sebagai substitusi peredam suara

Serbuk kayu pada industri pemotongan kayu biasanya hanya digunakan sebagai bahan pengganti kayu bakar, masyarakat umum masih kurang tahu bahwa serbuk kayu dapat dijadikan sebagai bahan peredam suara. Hal ini dapat bernilai lebih ekonomis. Bahan peredam berfungsi untuk mengurangi kebisingan.

Untuk meminimalkan kebisingan, perlu adanya suatu peredam bunyi. (Lee dalam Khuriati, 2006) menyatakan bahwa jenis bahan peredam bunyi yang sudah

ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering digunakan. Hal ini karena bahan berpori lebih murah dan ringan, jenis peredam lain (Simatupang, 2011). Salah satu bahan untuk peredam bunyi adalah serbuk kayu karena sifatnya berpori.

Efisiensi penyerapan bunyi suatu bahan dinyatakan oleh koefisiensi penyerapan bunyi. Koefisiensi penyerapan bunyi suatu permukaan adalah bagian energi bunyi, yang diserap, atau tidak dipantulkan oleh permukaan. Gambar skema bunyi mengenai suatu medium dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Skema bunyi ketika mengenai suatu medium, Pradana Adi Wibowo (2013)

Pemanfaatan limbah kayu sebagai salah satu inovasi produk komposit dapat dilakukan dengan cara menjadikan sebuah produk yang memiliki manfaat dan nilai jual yang tinggi. Komposit akustik merupakan salah satu produk komposit yang dapat dibuat dengan menggunakan bahan baku limbah kayu. Seperti bunyi/bising pada ruangan/bangunan dapat memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu untuk dijadikan komposit akustik sebagai peredam bunyinya.

2.4 Teori Semen

Semen adalah material buatan manusia yang paling banyak digunakan. Kedua terbanyak setelah air sebagai sumber daya yang paling banyak dikonsumsi di planet ini, material itu juga memiliki jejak karbon yang sangat besar. Semen

adalah sumber dari sekitar 8% emisi karbon dioksida (CO₂) dunia, menurut penelitian Chatham House. Jika 10emperat semen adalah sebuah negara, dia akan menjadi penghasil emisi terbesar ketiga di dunia – di belakang Cina dan AS. Dia menghasilkan CO₂ lebih bnayak daripada bahan bakar pesawat udara (2,5%) dan tidak jauh di belakang agrikultur global (12%) dikarenakan pada proses pengadaan bahan baku, proses pembakaran yang menghasilkan gas CO₂ yang keluar dari cerobong pabrik serta pada saat proses pengangkutan bahan baku ke pabrik maupun ke luar pabrik bahkan roses pengantongan semen tersebut berlangsung. Para pemimpin semen berada di Polandia untuk menghadiri konferensi perubahan iklim PBB–COP24–untuk membahas cara-cara memenuhi persyaratan Perjanjian Paris tentang perubahan iklim. Untuk melakukan ini, emisi tahunan dari semen harus turun setidaknya 16% pada tahun 2030.

Tabel 1. Emisi CO₂ yang ditimbulkan oleh proses produksi material

No	Material	Faktor Konversi	Sumber
1.	Besi tulangan	2,4 ton CO ₂ /ton	Frick, 2007
2.	Semen	1 ton CO ₂ /ton	Kubba, 2010
3.	Agregat Kasar	1,067 kg CO ₂ /ton	Kubba, 2010
4.	Agregat Halus	-	US. EPA
5.	Aspal	11,91 kg CO ₂ /gal	Climate Registry Default
6.	<i>Fly ash</i>	-	Emission Factor, 2012 US. EPA

a. Dampak produksi semen

Proses pengolahan ataupun pembungkusan semen, akan terjadi berbagai dampak bagi lingkungan maupun masyarakat. Adapun dampak tersebut dapat bersifat positif maupun negatif.

- 1) Dampak positif yang dapat dihasilkan pabrik semen tersebut yaitu :
 - i. Menghasilkan devisa atau pendapatan bagi Negara, Pemerintah daerah, dan pemilik saham.
 - ii. Menciptakan lapangan kerja bagi masyarakat sekitar.
- 2) Dampak yang dapat dihasilkan pabrik semen tersebut yaitu:

Salah satu dampak dari semen adalah pencemaran udara oleh debu. Debu yang dihasilkan oleh kegiatan negatif semen terdiri dari debu

yang dihasilkan pada waktu pengadaan bahan baku, debu selama proses pembakaran, dan debu yang dihasilkan selama pengangkutan bahan baku ke pabrik serta bahan jadi ke luar pabrik, termasuk pengantongannya. Selain itu, pabrik semen juga meningkatkan suhu udara dan suara yang ditimbulkan mesin-mesin dalam pabrik juga menimbulkan kebisingan.

Debu semen memiliki banyak dampak negatif bagi manusia maupun lingkungan hidup. Selain debu, berikut contoh dampak dari pabrik semen bagi lingkungan.

i. Lahan

Penurunan kualitas dari segi kesuburan tanah akibat penambangan tanah liat. Perubahan ini dari segi waktu akan meluas menurunnya kapasitas penampungan air yang pada akhirnya akan berpengaruh juga terhadap kuantitas air sungai. Sedangkan dari segi ruang akan mempengaruhi keseimbangan atau keselarasan lingkungan setempat.

ii. Air

Kualitas air bertambah buruk akibat limbah cair dari pabrik dalam bentuk minyak dan sisa air dari kegiatan penambangan, yang menimbulkan lahan kritis yang mudah terkena erosi, yang akan mengakibatkan pendangkalan dasar sungai, yang pada akhirnya akan menimbulkan masalah banjir pada musim hujan.

iii. Flora dan Fauna

Berkurangnya keanekaragaman flora karena berubahnya pola vegetasi dan jenis *endemic*, dan pembentukan klorofil serta proses fotosintesis, Sedangkan berkurangnya keanekaragaman fauna (burung, hewan tanah dan hewan langka) disebabkan karena berubahnya habitat air dan habitat tanah tempat hidup hewan-hewan tersebut.

2.5 Abu terbang (*Fly Ash*)

Menurut SNI 03-6414-2002, Abu terbang (*fly ash*) adalah limbah hasil pembakaran batu bara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk

halus, bundar dan bersifat pozolanik, dimana pozolanik ialah perilaku mengikat mineral lain yang ada di dalam lempung sehingga menjadi semakin keras dalam jangka waktu tertentu.

Fly ash merupakan material yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada alat pembangkit listrik, sehingga semua sifat-sifatnya juga ditentukan oleh komposisi dan sifat-sifat mineral pengotor dalam batubara serta proses pembakarannya. Dalam proses pembakaran batubara ini titik leleh abu batubara lebih tinggi dari pembakarannya. Dari kondisi tersebut menghasilkan abu yang memiliki tekstur butiran yang sangat halus. Ukuran partikel abu terbang hasil pembakaran batubara bituminous lebih kecil dari 0,075 mm. Kerapatan abu terbang berkisar antara 2100 sampai 3000 (kg/m^3). Adapun sifat-sifat fisiknya antara lain berwarna abu-abu keputihan (Haryanti, N. H, 2014). Komponen utama *fly ash* batubara adalah silika (SiO_3), alumina (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium dan belerang. Sifat kimia dari *fly ash* batubara dipengaruhi oleh jenis batubara yang dibakar dan 12emper penyimpanan serta penanganannya (Nurhayati, D. N., Bakti M., dkk, 2012). *Fly ash* mengandung *amorphous alumino-silicate* yang umumnya membutuhkan bantuan dari alkali sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium hidroksida (NaOH) untuk mengikat dan merapatkan kandungan *fly ash*.

Berdasarkan ASTM C618-84a, kandungan kimia fly ash jenis C adalah CaO , SiO_2 , Al_2O_3 . Fly ash jenis ini berasal dari pembakaran batu bara subbituminous dan mempunyai berat jenis sekitar 2.31 – 2.86 Ton/m^3 (ACI 226 3R-87). Fly ash selama ini memiliki banyak kegunaan yang amat beragam antara lain dalam penyusunan beton jalan, bahan baku keramik, pengganti semen dan bahan baku pembuatan semen.



Gambar 2. Limbah abu terbang

a. Kategori *fly ash*

Ada beberapa jenis fly ash menurut SNI S-15-1990-F tentang spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton, abu batubara (flyash) digolongkan menjadi 3 jenis, yaitu :

- 1) Kelas N Buangan atau pozzolan alam terkalsinasi yang dipenuhi dengan kebutuhan yang memenuhi syarat yang dapat dipakai sesuai kelasnya, seperti beberapa tanah diatomaceous, opalinse chert dan serpihan-serpihan tuff dan debu-debu vulkanik atau pumicities, dan bahan-bahan lainnya yang mungkin masih belum terproses oleh kalsinasi; dan berbagai material yang memerlukan kalsinasi untuk memperoleh sifat-sifat yang memuaskan, misalnya beberapa jenis tanah liat dan serpihan-serpihan.
- 2) Kelas F Abu batubara yang umumnya diproduksi dari pembakaran anthracite (batubara keras yang mengkilat) atau bitumen-bitumen batubara yang memenuhi syarat-syarat yang dapat dipakai untuk kelas ini seperti yang disyaratkan. Abu batubara jenis ini memiliki sifat Pozzolanic.
- 3) Kelas C Abu batubara yang umumnya diproduksi dari lignite atau batubara subitumen yang memenuhi syarat yang dapat dipakai untuk kelas ini seperti yang disyaratkan. Abu batubara kelas ini, selain

memiliki sifat pozzolan juga memiliki beberapa sifat yang lebih menyerupai semen. Untuk beberapa abu batubara kelas C biasa mengandung kapur lebih tinggi dari 10 %

Tabel 2. Kebutuhan fisik *fly ash*

Kebutuhan	Kelas		
	N	F	C
Jumlah lolos saringan 4 mm (No.325) kondisi basah	34	34	34
Dengan semen Portland pada umur 7 Hari	75 ^c	75 ^c	75 ^c
Dengan semen Portland pada umur 28 hari	75 ^c	75 ^c	75 ^c
Kebutuhan air maksimum	115	105	105
Ekspansi atau perubahan bentuk, max%	0.8	0.8	0.8
Berat jenis maksimum variasi dari rata-rata, %	5	5	5
Persentasi lolos saringan 45 mm (No.325),maks variasi dari rata-rata	5	5	5

Pada **Tabel 2.** Menunjukkan persyaratan fisik *fly ash* dimana tes untuk menentukan kekuatan Portland semen yang tidak dianggap menjadi bagian yang direkomendasikan untuk digunakan pada pembuatan beton dan melakukan kontrol kekuatan pada umur 3, 7, 14 dan 28 hari. Umumnya *fly ash* memiliki komposisi kimia utama berupa *silica* (SiO_2), *alumina* (Al_2O_3) dan *ferric oxide* (Fe_2O_3). Kandungan kimia lainnya seperti *calcium oxides* (CaO), *magnesium* (MgO), *sulphur* (SO_3), *alkaline* (Na_2O , K_2O), *phosphorus* (P_2O_5), *manganese* (Mn_2O_3) dan *titanium* (TiO_2). ASTM C618-03 membagi *fly ash* dalam tiga kategori yaitu kelas N, kelas F dan kelas C seperti pada Tabel 2.2. Minimum kandungan senyawa SiO_2 , Al_2O_3 dan

Fe_2O_3 adalah 70% untuk kelas N dan kelas F, sedangkan kelas C antara 50% - 70 %. Sehingga, kandungan CaO pada fly ash kelas N dan F relatif kecil dibandingkan dengan kelas C dimana kandungan CaO lebih besar dari pada 10% (ASTM C618-03, 2003).

Tabel 3. Kebutuhan kandungan kimia *fly ash*

Kebutuhan	Kelas		
	N	F	C
Silicon dioxide (SiO_2) plus aluminium oxide (Al_2O_3) plus iron oxide (Fe_2O_3), min, %	70	70	50
Sulfur trioxide (SO_3), maks, %	4,0	5,0	5,0
Moisture, maks, %	3,0	3,0	3,0
Loss on ignition (LOI), maks, %	10,0	6,0	6,0

Sumber: ASTM C618-03, 2003

Menurut Diaz-Loya (2010), *fly ash* kelas F yang merupakan hasil produksi industri lebih diutamakan pada penggunaan beton geopolimer karena memiliki kandungan *amorphous alumino-silicate* yang banyak dan memiliki kelecakan (*workability*) yang besar. Meskipun *silicate* dan *alumina* merupakan bahan utama pada reaksi geopolimer, kandungan CaO yang besar dan persentasi jumlah partikel *fly ash* kurang dari 5 μm dapat mempengaruhi sifat geopolimer. Mereka menyarankan kandungan CaO yang lebih besar dari pada 20% tidak direkomendasikan untuk geopolimer karena mempercepat pengerasan beton.

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolik. *Fly ash* bila digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik *fly ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran-butiran dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolik pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolik ini akan lebih kuat daripada mortar udara (kapur mati dan air) (Suhud, 1993).

Dengan adanya tambahan air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Pakar teknologi beton yang bermukim di Kanada (Malhotra,2001) mempelopori riset penggunaan *fly ash* dalam proporsi cukup besar (hingga 60-65% dari total semen portland yang dibutuhkan) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam proses pembuatan mortar.

Fly ash termasuk bahan pozzolan buatan karena sifatnya yang pozzolanik, partikel halus tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air sehingga membentuk senyawa yang bersifat mengikat. Fly ash dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pemakaian sebagian semen, baik untuk adukan (mortar) maupun untuk campuran beton. Keuntungan lain dari pemakaian *fly ash* adalah dapat meningkatkan ketahanan/keawetan mortar terhadap ion sulfat. (Hidayat,1986). Dalam perkembangannya, *fly ash* tidak hanya digunakan untuk mengganti sebagian semen tetapi dapat juga digunakan sebagai pengganti seluruh semen. Dengan demikian *fly ash* difungsikan dengan bahan alkaline dan sebagai aktivatornya digunakan NaOH dan sodium silikat (Na_2SiO_3) sehingga terjadi proses polimerisasi yang selanjutnya dapat mengikat agregat-agregat.

2.6 Geopolimer

Geopolimer merupakan material ramah lingkungan yang biasa dikembangkan sebagai alternatif pengganti beton semen di masa mendatang Geopolimer merupakan sintesa bahan-bahan alam nonorganik lewat prosespolimerisasi. Bahan dasar utama yang diperlukan untuk pembuatan material geopolimer ini adalah bahan-bahan yang banyak mengandung unsur-unsur silicon dan aluminium. Unsur-unsur ini banyak didapati, di antaranya pada material buangan hasil sampingan industri, seperti misalnya abu terbang dari sisa pembakaran batu bara. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran larutan alkali dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang

dikandung oleh abu terbang akan bereaksi secara alami dengan campuran NaOH dan Na_2SiO_3 sebagai pengikat dan polimerisasi pada abu terbang (*fly ash*). Bahan penyusun akan bersintesa membentuk material padat dimana proses polimerisasinya yang terjadi adalah diikuti dengan proses polikondensasi. Bahan Penyusun Geopolimer:

2.6.1 Prekursor

Binder geopolimer adalah pengikat dalam campuran mortar. Pada *fly ash based geopolimer mortar*, bahan yang menjadi pengikat adalah fly ash yang telah diaktifkan oleh alkaline. Reaksi ini disebut dengan polimerisasi. Penggunaan geopolimer dipelopori oleh seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits pada tahun 1978. Oleh karena itu, banyak riset yang telah dilakukan lembaga penelitian atau universitas di berbagai negara untuk mengkaji serta mempelajari manfaat dari geopolimer tersebut.

Geopolimer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*) abu sekam padi (*risk husk ash*) dan lain – lain, yang banyak mengandung silika dan alumina (Davidovits, 1997). *Geopolimer* merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi (Davidovits, 1994). Bahan mentah (*raw materials*) atau yang digunakan untuk bentuk dapat berupa mineral Alumina Silikat alami seperti lempung atau limbah tanah lempung perlu dikalsinasi (*calcined*) pada suhu sekitar 650°C sebagai pengolahan awal untuk mengubah struktur kristal dari kristalin menjadi senyawa amorf yang reaktif. Limbah yang memiliki banyak kandungan alumina dan silika dapat digunakan sebagai perekat. Limbah industri yang termasuk ke dalam klasifikasi ini diantaranya adalah *Blast Furnace Slag*, abu terbang (*fly ash*), serbuk granit, dan lumpur merah (*red mud*).

2.6.2 Aktivator

Aktivator dibutuhkan untuk reaksi disolusi dan polimerisasi monomer alumina dan silika. Alkali melarutkan (disolusi) kedalam monomer (SiO_4)

dan (AlO₄). Selama proses curing monomer-monomer tadi terkondensasi dan membentuk jaringan polimer tiga dimensi yang berikatan silang. Ion alkali bertindak sebagai penetral muatan untuk tiap molekul tetrahedron alumina. Larutan sodium silikat secara umum digunakan Karena mudah didapat dan ekonomis. Kandungan sodium silikat menyediakan kation berikatan valensi satu (Na⁺) sebagai ion resi prokolnya Si⁴⁺ merupakan komposisi utama sodium silikat terlarut dalam air, menyediakan lingkungan reaksi cairan padatan yang ideal untuk pelarutan material. Alkali Aktivator ialah bahan yang akan mengikat oksida silika pada *fly ash* dan akan bereaksi secara kimia dan membentuk ikatan polimer. Alkali Aktivator secara umum digunakan adalah kombinasi antara larutan sodium silikat (Na₂SiO₃) dan Natrium hidroksida (NaOH).

2.6.3 Proses Polimerisasi

Sintesa aluminosilikat membutuhkan dua konstituen utama dalam reaksi pencampuran, yaitu: (1) Prekursor yang kaya akan kandungan Al dan Si; dan (2) larutan alkali silikat. Meskipun mekanisme polimerisasinya masih belum dapat dipastikan, Davidovits mengemukakan reaksi polimerisasi awal adalah berupa disolusi untuk membentuk monomer aluminat dan silikat. Kemudian dilanjutkan dengan proses polikondensasi. Sebagaimana digambarkan pada proses polimerisasi akan menghasilkan temperatur dengan hasil samping H₂O. Perpanjangan lengan monomer Si(OH)₄ untuk membentuk monomer berinti -Si dengan sedikit grup OH, bergantung pada konsentrasi pH larutan tersebut. Kehadiran OH, tidaklah esensial pada proses disolusi silika, namun OH lebih bersifat sebagai katalis. Sebaliknya, pada disolusi alumina, OH dikonsumsi untuk menghidrolisis unsur Al untuk membentuk anion aluminat Al(OH)₄⁻. Atas pertimbangan diatas, untuk mencapai disolusi yang sempurna pada pembentukan monomer aluminat dan silikat dibutuhkan larutan alkali yang mencukupi.

Kelebihan dan kekuarangan menurut Djuwantoro Hardjito pada beton fly ash sebagai berikut:

1. Beton *fly ash* tahan terhadap serangan asam sulfat.

2. Beton *fly ash* mempunyai rangkai dan susut yang kecil.
3. Beton *fly ash* tahan reaksi alkali-silika.
4. Beton *fly ash* tahan api.
5. Dapat mengurangi polusi udara.

Kekurangan-kekurangan penggunaan pada beton:

1. Pembuatannya sedikit lebih rumit dari beton konvensional karena jumlah material yang digunakan lebih banyak dari beton konvensional.
2. Belum ada perhitungan *mix design* yang pasti.

2.7 Potensi Limbah B3 Serbuk Kayu.

2.7.1 Produksi Limbah Serbuk Kayu di Indonesia.

Pada pemanenan kayu, limbah umumnya berupa kayu bulat mencapai 66,16%. Pada industri penggergajian kayu meliputi serbuk gergaji 10,6%, sabetan 25,9%, dan potongan sebesar 14,3% , dengan total 59,8% dari jumlah bahan baku yang digunakan. Limbah pada industri kayu lapis meliputi limbah potongan 5,6%, serbuk gergaji 0,7%, sampah vinir basah 24,8%, sampah vinir kering 12,6%, sisa kupasan 11,0% dan potongan tepikayu tipis sebesar 6,3%, total limbah kayu lapis ini sebesar 61,0% dari jumlah bahan baku yang digunakan. Produksi total kayu gergajian Indonesia mencapai 2,6 juta m³ pertahun. Dengan asumsi bahwa jumlah limbah yang terbentuk 54,24% dari produksi total, maka dihasilkan limbah penggergajian kayu sebanyak 1,4 juta m³ pertahun. Angka tersebut cukup besar karena mencapai sekitar separuh dari produksi kayu gergajian. Industri mebel kayu merupakan salah satu industri yang banyak terdapat di Indonesia. Dalam menjalankan proses usaha tersebut industri mebel menghasilkan limbah yang jarang sekali dimanfaatkan oleh mayoritas orang, yaitu serbuk gergaji. Berdasarkan data nasional BPS tahun 2006, produksi serbuk gergaji kayu di Indonesia sebesar 679.247 m³ dengan densitas 600 kg/m³ maka didapat 407.548,2 ton . Jika dari kayu yang tersedia terdapat 40% yang menjadi limbah serbuk

gergaji, maka akan didapat potensi pembuatan briket sebesar 163.319,28 ton/th (Debi, 2010).

2.7.2 Produksi Limbah Serbuk Kayu di Sulawesi Selatan.

Serbuk merupakan salah satu bentuk limbah industri penggergajian kayu dan belum banyak dimanfaatkan. Hasil penelitian pada beberapa industri penggergajian kayu di Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan rata-rata 52,56% dari bahan baku yang digunakan (Arif dan Sanusi, 2001), termasuk di antaranya bentuk serbuk. Selain pemanfaatan serbuk kayu secara komersil untuk pembuatan briket arang atau charcoal (Hendra dan Darmawan, 2000), juga digunakan sebagai media tumbuh jamur tiram *Pleurothus sp.*, yang dikombinasikan dengan bahan lain seperti bekatul dan CaCO_3 (Marlina dan Siregar, 2001).

2.8 Teori kebisingan

Kebisingan bisa didefinisikan sebagai suara yang tidak diinginkan yang dapat menimbulkan ketidaknyamanan bagi pendengarnya. Bising dapat diartikan sebagai bunyi yang tidak dikehendaki yang bersumber dari aktivitas alam seperti bicara dan aktivitas buatan manusia seperti penggunaan mesin (Marisdayana et.al, 2016). Menurut World Health Organization (WHO), kebisingan juga bisa diartikan sebagai suara apa saja yang sudah tidak diperlukan dan memiliki efek yang buruk untuk kualitas kehidupan, kesehatan, dan kesejahteraan (WHO, 2001). Djalante (2010) menambahkan bahwa polusi udara atau kebisingan dapat didefinisikan sebagai suara yang tidak dikehendaki dan mengganggu manusia. Sehingga beberapa kecil atau lembut suara yang terdengar, jika hal tersebut tidak diinginkan maka akan disebut mengganggu.

Kebisingan adalah salah satu fenomena fisik berupa bunyi yang dapat menimbulkan akibat buruk bagi lingkungan dan keselamatan kerja. Sedangkan dalam keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia “Bising adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat

produksi dan atau alat-alat kerja yang pada tingkat tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran”. Dari kedua definisi di atas dapat disimpulkan bahwa kebisingan adalah semua bunyi atau suara yang tidak dikehendaki yang dapat mengganggu lingkungan dan keselamatan (Anizar, 2009).

Kepmen LH No 48. Tahun 1996 juga menjelaskan bahwa kebisingan merupakan bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan 21 temperatur manusia dan kenyamanan lingkungan. Sedangkan menurut Peraturan Menteri Kesehatan. Nomor 718/Menkes/Per/XI/1987, kebisingan dapat diartikan sebagai terjadinya bunyi yang tidak diinginkan sehingga mengganggu dan atau dapat membahayakan Kesehatan.

Jenis-Jenis Kebisingan berdasarkan sifat dan spektrum frekuensi bunyi, bising dibagi atas:

- 1) Kebisingan menetap berkelanjutan tanpa putus-putus dengan spektrum frekuensi yang lebar (*steady state, wide band noise*), misalnya bising mesin, kipas angin, dapur pijar dan lain-lain. Kebisingan ini tetap dalam batas kurang lebih 5 dB untuk periode 0,5 detik berturut-turut.
- 2) Kebisingan menetap berkelanjutan dengan spektrum frekuensi tipis (*steady state, narrow band noise*), misalnya bising gergaji sirkuler, katup gas dan lain-lain. Kebisingan ini berada pada frekuensi 500, 1000, dan 4000 Hz.
- 3) Kebisingan terputus-putus (*intermittent noise*), misalnya bising lalu-lintas suara kapal terbang di bandara.
- 4) Kebisingan (*impact or impulsive noise*), seperti bising pukulan palu, tembakan bedil atau ledakan.
- 5) Kebisingan berulang, misalnya bising mesin tempa di perusahaan atau tempaan tiang pancang bangunan.

Menurut Tambunan (2005) klasifikasi kebisingan di tempat kerja dibagi dalam dua jenis golongan besar, yaitu:

- 1) Kebisingan tetap (*steady noise*), yang terbagi menjadi dua yaitu :
 - Kebisingan dengan frekuensi terputus (*discrete frequency noise*),

- Broad band noise, kebisingan yang terjadi pada frekuensi terputus yang lebih bervariasi.
- 2) Kebisingan tidak tetap (unsteady noise), yang terbagi menjadi tiga yaitu:
- Kebisingan fluktuatif (fluctuating noise), kebisingan yang selalu berubah-ubah selama rentang waktu tertentu.
 - *Intermittent noise*, kebisingan yang terputus-putus dan besarnya dapat berubah-ubah, contoh kebisingan lalu lintas.
 - *Impulsive noise*, dihasilkan oleh suara-suara berintensitas tinggi (memekakkan telinga) dalam waktu singkat, misalnya suara ledakan senjata api.

Tingkat kebisingan dapat diklasifikasikan berdasarkan intensitas yang diukur dengan satuan decibel (dB) seperti pada **Tabel 2.4**.

Tabel 4. Tingkat dan Sumber Bunyi pada Skala Kebisingan tertentu

Tingkat Kebisingan (dB)	Sumber Bunyi	Skala Intensitas
0-25	Gerimis daun	Sangat tenang
25-45	Perpustakaan, percakapan sangat pelan	Tenang
45-65	Radio pelan, percakapan normal, perkantoran, perumahan	Sedang
65-85	Perusahaan, radio keras, jalan	Keras
85-105	Peluit polisi, pabrik tekstil, pekerjaan mekanis	Sangat keras
105-125	Ruang ketel, mesin turbin uap, mesin diesel besar, kereta bawah tanah	Sangat amat keras
>125	Ledakan bom, mesin jet, mesin roket	Menulikan

Sumber: KEP.48/MENLH/11/1996

2.9 Bakumutu kebisingan

Baku Mutu Kebisingan Baku mutu kebisingan adalah batas maksimal tingkat Baku mutu kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan

dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan pendengaran manusia dan kenyamanan lingkungan (Kep.Men LH No.48 Tahun 1996). Tingkat kebisingan adalah ukuran energi bunyi yang dinyatakan dalam satuan *Decible* disingkat dB. *Decible* adalah ukuran energi bunyi atau kuantitas yang dipergunakan sebagai unit-unit tingkat tekanan suara berbobot.

2.10 Teori perambatan *pulse* melalui beton

2.10.1 Teori ini mengikuti 3 (tiga) jenis gelombang yang dihasilkan oleh *impuls* yang diterapkan pada suatu massa, yakni:

- Gelombang permukaan memiliki perpindahan partikel *elips* dan paling lambat
- Geser atau gelombang transversal dengan perpindahan partikel pada sudut kanan ke arah pencapaian (*travel*) dan lebih cepat dari gelombang permukaan
- Gelombang longitudinal atau gelombang tekan dengan perpindahan partikel ke arah pencapaian (*travel*) dan tercepat memberikan informasi yang lebih berguna

2.10.2 Transduser elektro-akustik yang digunakan untuk pengukuran *UPV* pada beton menghasilkan gelombang longitudinal yang sebagaimana disebutkan di atas, adalah yang tercepat dan memberikan informasi yang lebih berguna

2.10.3 *UPV* ditentukan terutama pada sifat elastis material dan ditemukan hampir tidak ditentukan pada geometri

2.10.4 Untuk media elastis isotropik *infinite*, homogen, kecepatan gelombang.

Peralatan *UPV* digunakan untuk tujuan berikut ini.

- Menghasilkan *pulse* secara mekanis
- Mengirimkan *pulse* yang dihasilkan melalui beton
- Menerima dan memperkuat *pulse* (gelombang), serta mengukur dan menampilkan waktu transit

2.10.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil :

Adapun faktor-faktor penggunaan *UPV* yang mempengaruhi hasil adalah sebagai berikut.

- Temperatur

Suhu operasi normal (misalnya sekitar 20°C) tidak secara signifikan mempengaruhi kecepatan *pulse*. Namun, suhu puncak (di atas 20°C dan di bawah 0°C) akan mempengaruhi kecepatan *pulse*. Kecepatan yang diukur harus dikoreksi dengan mengalikan dengan faktor yang diperoleh sesuai dengan suhu saat pembacaan.

- *Path Length*

Kecuali jika panjang jalur terlalu kecil, kecepatan *pulse* tidak terpengaruh olehnya. Tanpa pengaruh panjang lintasan, disarankan untuk memilih panjang lintasan minimum 100 mm jika beton dengan agregat memiliki maksimum ukuran 20 mm dan panjang lintasan minimum 150 mm untuk beton dengan agregat maksimum ukuran 40 mm. Pengurangan 5% dalam kecepatan yang diukur biasanya diamati untuk peningkatan panjang jalur dari sekitar 3 m hingga 6 m. Kecepatan *pulse* juga dipengaruhi jika panjang jalur terlalu panjang karena pelemahan komponen *pulse* frekuensi yang lebih tinggi.

- Kondisi kelembaban

Kecepatan *pulse* melalui beton basah ditemukan hingga 5% lebih tinggi dari pada beton yang sama dalam kondisi kering (efek kelembaban kurang signifikan untuk beton kekuatan tinggi dibanding beton kekuatan rendah). Namun, kekuatan beton kering ditemukan lebih berpengaruh dari beton yang sama dalam kondisi basah.

2.11 Penelitian terdahulu tentang Serbuk kayu dalam pemanfaatannya pada Kebisingan.

2.11.1 Penelitian oleh Ghina Fitria (2019) dengan judul Pengaruh Rasio Alkali Aktivator terhadap karakteristik Geopolymer Limbah Serbuk Kayu sebagai Bahan Bangunan Ringan. Besarnya jumlah produksi semen setiap tahunnya dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan. Oleh karena itu, berbagai upaya dilakukan untuk mencari alternatif yang lebih ramah lingkungan. Salah satu cara mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat pemakaian semen yang besar yaitu dengan mencari alternatif lain. Dalam hal ini, material yang seringkali dijadikan alternatif sebagai pengganti semen adalah geopolimer berbahan dasar abu terbang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pemanfaatan limbah abu terbang sebagai material geopolimer dalam upaya mengurangi penggunaan semen, pengaruh alkali temperatu terhadap karakteristik serbuk kayu serta bagaimana pengaplikasian metode geopolimer tersebut pada bahan bangunan ringan. Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah abu terbang, serbuk kayu serta NaOH dan Na₂SiO₃ sebagai campuran alkali temperatu. Metodologi penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental dan dilakukan di laboratorium, dimana setiap benda uji memiliki kandungan serbuk kayu yang berbeda yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dengan rasio alkali temperatu yang bervariasi yaitu 1.5, 2.0, 2.5 dan dilakukan perawatan selama 7 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu terbang yang merupakan limbah hasil pembakaran batu bara berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pengganti semen karena produksi semen terbilang kurang ramah lingkungan. Tidak hanya itu, serbuk kayu juga memiliki potensi untuk dijadikan material bahan bangunan ringan karena berdasarkan tinjauan lingkungan lebih unggul dibandingkan dengan mortar semen. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan serbuk kayu serta rasio alkali temperatu yang ditambahkan sangat berpengaruh. Semakin banyak serbuk kayu yang dicampurkan maka kuat tekannya

akan semakin rendah. Sementara pada penambahan alkali, semakin tinggi rasio alkali yang ditambahkan maka semakin rendah pula hasil uji tekan yang dihasilkan.

2.11.2 Penelitian oleh Darasita Zahra Dayanun (2019) Penggunaan semen berlebih berpotensi menyebabkan kerusakan ekosistem udara, begitu pula limbah fly ash dan serbuk kayu yang tergolong limbah bahan berbahaya dan beracun, untuk mengantisipasi hal tersebut perlu adanya pengurangan penggunaan semen, dalam penelitian ini penggunaan semen 100% disubstitusikan oleh fly ash yang berasal dari PLTU Kabupaten Jeneponto, alkali yang menjadi reaksi disolusi dan polimerisasi antara NaOH dan Na₂SiO₃ dicampurkan dengan fly ash, dan serbuk kayu yang berasal dari mebel di Kabupaten Gowa sebagai material 26 temperatur pembuatan mortar. Dalam penelitian ini mortar dibuat dengan menggunakan curing udara pada suhu 200 pada umur 7 hari dan 28 hari dengan empat variasi penggunaan serbuk kayu dengan masing-masing molaritas yang berbeda, yaitu 8 M, 10 M dan 12 M, lalu dilakukan pengujian berat jenis dan kuat tekan. Hasilnya semua nilai berat jenis mortar 7 hari dan 28 hari masuk dalam kategori beton ringan dengan pemakaian struktur ringan yaitu 1000-2000 kg/m³, untuk nilai kuat tekan tertinggi ada pada 12 M umur 28 hari variasi 0% dengan nilai kuat tekan sebesar 44,78 Mpa dan masuk dalam kategori mortar tipe M menurut SNI 03-6332-2002, sedangkan nilai kuat tekan mortar umur 7 hari 100% semen hanya sebesar 6,55 Mpa, dimana nilai tersebut dua kali lebih rendah dibandingkan dengan nilai mortar variasi 15% serbuk kayu umur 7 hari yaitu 14,14 Mpa.

2.11.3 Penelitian oleh G.H.M.J. Subashi De Silva. *Departement of Civil and Environmental Engineering Faculty of Engineering, University of Ruhuna, Sri Lanka, International Construction Consortium, Colombo, Sri Lanka*. 2018, yang berjudul *Effect of Rice Husk Ash Waste on Structural, Thermal and Acoustic Properties of Burnt Clay Bricks*. Potensi penggunaan abu sekam padi, diidentifikasi sisa proses pembakaran batu bata pada pembuatan batu bata tanah liat bakar.

Meskipun penambahan limbah abu sekam padi dapat mempengaruhi sifat struktural bahan bangunan, tidak jelas bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja termal dan akustik. Oleh karena itu, produksi batu bata tanah liat skala industri yang diproduksi dengan limbah abu sekam padi. Tanah liat dicampur secara manual dengan enam kadar abu sekam padi yang berbeda: 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%, menurut berat bata. Batu bata dengan ukuran 195 mm x 95 mm x 50 mm disiapkan dan dibakar dalam tungku skala industri. Sifat fisik (batas atterberg, distribusi ukuran partikel), komposisi kimia bahan, sifat struktural (kekuatan tekan), kinerja termal batu bata dievaluasi. Tanah liat yang dicampur dengan limbah abu sekam padi meningkatkan campuran untuk pembuatan batu bata. Bata ringan yang diproduksi dengan limbah abu sekam padi menunjukkan kuat tekan optimum sebesar 3,55 N/mm² (peningkatan 32,7% dibandingkan dengan bata tanah liat konvensional) dan daya serap air sebesar 19% pada abu sekam 4%, menyiratkan bahwa abu sekam padi memiliki potensi untuk memperbaiki sifat struktural. Pada 4% abu sekam padi, bata menunjukkan penurunan suhu dalam ruangan sebesar 6 C° dan pengurangan kebisingan 10 dB dibandingkan dengan bata tanah liat konvensional. Limbah abu sekam padi yang ditambahkan bata tanah liat menunjukkan sifat struktural, termal dan akustik yang lebih baik dibandingkan dengan bata tanah liat konvensional, sementara pengelolaan limbah abu sekam padi dengan desentralisasi, yang akan menjadi pencapaian lingkungan dan ekologi yang luar biasa.

2.11.4 Penelitian oleh A. Abdel Hakim, Tarek M. dkk, *Faculty of Nanotechnology for Postgraduate studies, Cairo University*. 2021. Yang berjudul *Acoustic, Ultrasonic, Mechanical properties and Biodegradability of Eco-Friendly Expanded Polystyrene Recycled Sawdust/Composite*. Dalam penelitian ini, komposit serbuk gergaji/*recycled expand polystyrene* (SD/rEPS) diproduksi untuk digunakan sebagai bahan penyerap suara. Untuk mencapai tujuan ini, komposit SD/rEPS mengandung tingkat pembebanan yang berbeda

(0%, 20%, 40%, 60% dan 80%) serbuk kayu disiapkan. Penyerapan suara meningkat dengan meningkatnya tingkat pemuatan serbuk kayu. Sampel *nonperforated* dari 60% serbuk kayu dan 80% serbuk kayu memiliki nilai yang tinggi penyerapan pada 500 dan 315 Hz di mana koefisien penyerapan suara (SAC) adalah sekitar 0,85 dan 0,75, masing-masing. Sampel 80% serbuk kayu menunjukkan penyerapan suara tertinggi pada frekuensi rendah 315 Hz.

2.11.5 Penelitian oleh *D.Eng Candidate, University of Johannesburg, Faculty of Engineering and the Built Environment, Auckland Park Campus, Johannesburg, South Africa*, yang berjudul *Optimal Acoustic Enclosure Design for Open-frame Diesel Generators*, 2017, dilatarbelakangi pada saat ini generator beroperasi pada tingkat kebisingan 90dB yang jauh di atas standar tingkat kebisingan yang direkomendasikan di daerah perumahan negara berkembang, lingkungan kerja seperti di kantor dan lingkungan belajar. Akustik saat ini enklosur hanya didinginkan secara internal menggunakan kipas, ketidakseimbangan karena komponen generator yang berputar dan getaran dari mesin ditransmisikan ke rangka selungkup. Akibatnya ada kebisingan yang dihasilkan karena ketidakseimbangan, getaran dan panas penumpukan. Solusi yang diusulkan akan mengurangi masalah kebisingan menggunakan panel dinding suara komposit dan menggunakan pemanas penukar panas untuk mengeluarkan bangunan panas di selungkup akustik. Pertimbangan penting untuk desain enklosur melibatkan: karakteristik perpindahan panas. Ini karena desain selungkup akustik menyeimbangkan aspek termal dan suara.

2.11.6 Penelitian yang dilakukan oleh *Chemistry Centre, Department of Chemistry, University of Coimbra. Coimbra, Portugal* yang berjudul *Rice husk cement based composite for acoustic barrier and thermal insulation layer*. 2020. Karya ini mengevaluasi kinerja komposit berbasis semen yang dibuat dengan sekam padi dan dimaksudkan untuk digunakan dalam penghalang akustik dan sebagai bahan isolasi

termal dalam sistem multilayer. Karena penghalang akustik terkena kondisi eksternal dan beban mekanis, berbagai tes laboratorium dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik mekanik, daya tahan dan akustik komposit. Kapasitas panas spesifik dan konduktivitas termal dievaluasi ketika digunakan sebagai lapisan insulasi. Komposit berbasis semen lainnya yang menggabungkan kayu diperlakukan dan butiran karet dipelajari untuk tujuan perbandingan. Kinerja lingkungan dari komposit berbasis semen baru ini dievaluasi melalui penilaian siklus hidup (*life cycle assessment/LCA*). Ditemukan bahwa yang mengandung sekam padi cocok untuk melapisi penghalang akustik, karena menawarkan kinerja mekanik, daya tahan, dan akustik yang baik. Ditemukan juga bahwa komposit berbasis semen sekam padi dapat digunakan sebagai lapisan isolasi termal. LCA selanjutnya menunjukkan kinerja yang baik dari komposit sekam padi dibandingkan dengan yang mengandung butiran kayu dan karet yang diolah.

2.11.7 Penelitian yang berjudul *Mechanicals, Thermal and Acoustics of Geopolymer based Composite materials produced with expanded Rice Husk and Cork byproducts*, oleh Beatriz Marquez, Antonio Tedeu, dkk. 2020, *Chemistry Centre, Department of Chemistry, University of Coimbra, Portugal*. Dalam karya ini, bahan komposit berbasis polimer inovatif yang dibuat dengan sekam padi dan produk sampingan gabus yang diperluas telah diproduksi dan dikarakterisasi. Pertama, sekam padi dan butiran gabus yang diperluas dipelajari secara terpisah untuk memastikan sifat material, seperti konduktivitas termal, ketahanan uap air, stabilitas termal dan kapasitas panas spesifik. Setelah itu, campuran komposit yang berbeda diformulasikan dan papan yang dihasilkan dievaluasi dari segi sifat mekanik, higrotermal dan akustiknya. Pengaruh rasio campuran yang berbeda dan kepadatan komposit pada kinerja keseluruhan juga dibahas. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kandungan sekam padi yang lebih tinggi dapat berkontribusi untuk meningkatkan kinerja akustik,

sedangkan penggabungan butiran gabus yang diperluas dalam formulasi komposit membantu mengurangi konduktivitas termal dan meningkatkan perilaku mekanis. Penerapan komposit ini dalam sistem konstruktif seperti dinding dan lantai dinilai. Untuk tujuan ini, formulasi komposit yang paling cocok dipilih setelah analisis multi-kriteria dilakukan. Kinerja termal statis dan dinamis yang diberikan oleh solusi bangunan yang mencakup bahan komposit yang dipilih kemudian dievaluasi. Hasilnya menunjukkan bahwa solusi konstruksi berdasarkan bahan komposit ini dapat digunakan pada bangunan, sehingga berkontribusi untuk mengurangi konsumsi energi selama masa pakai bangunan.

2.11.8 Penelitian yang berjudul *Experimental research on an innovative sawdust biomass-based insulation material for buildings*, oleh Si Zou, Hongqiang Li, Shuang Wang, Ruihua Jiang, Jun Zou, Xiaofeng Zhang, Lifang Liu, Guoqiang Zhang, *College of Civil Engineering, Hunan University, Changsha, Hunan, China*. Limbah serbuk gergaji yang produksinya tinggi di China dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bahan isolasi untuk meningkatkan nilai aplikasinya dan menghemat sumber daya, sementara geopolimer akan menjadi perekat yang baik karena karakteristiknya yang unik dan emisi CO₂ yang rendah selama proses produksi. Oleh karena itu, bahan komposit berbasis biomassa baru, yang dapat digunakan untuk insulasi bangunan, dibuat dengan geopolimer sebagai perekat dan limbah serbuk gergaji sebagai agregat. Selain itu, pengaruh tiga utama Variabel dipelajari untuk menentukan proporsi bahan yang optimal dengan menguji sifat termal dan mekaniknya, ketahanan air dan struktur mikronya. Ketiga variabel tersebut adalah membasahi air untuk rasio massa biomassa (rasio WW/B), rasio H₂O₂ terhadap massa perekat (rasio H/A) dan biomassa terhadap massa perekat rasio (rasio B/A), masing-masing. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material komposit dengan rasio WW/B 1e2, rasio H/A 0,012e0,015, dan rasio B/A 0,12 adalah yang optimum dengan konduktivitas panas

sebesar 0.112e0.125 dan kekuatan kompresi 0.76e1.71 MPa. Isolasi berbasis biomassa baru ini bahan dengan kinerja fisik yang baik dapat berkontribusi untuk membangun konservasi energi, lebih bersih produksi, dan pembangunan berkelanjutan.

2.11.9 Penelitian yang berjudul *Effective use of sawdust for the production of eco-friendly and thermal-energy efficient normal weight and lightweight concretes with tailored fracture properties*, oleh Wisal Ahmed, Rao Arsalan Khushnood dkk, *Department of Civil Engineering, School of Engineering, Nazarbayev University, Astana, Republic of Kazakhstan*. Dalam penelitian ini, mereka memproduksi beton normal dan ringan yang ramah lingkungan dan efisien termal dengan dosis serbuk gergaji yang berbeda sebagai pengganti pasir. NWC konvensional mengandung 0, 5, 10, dan 15% serbuk gergaji dan LWC yang mengandung 0 dan 10% serbuk gergaji dari total volume kering pasir dievaluasi dalam hal: susut volumetrik, kekuatan tekan, kekuatan lentur, ketangguhan patah, penyerapan air, kepadatan, konduktivitas termal dan efisiensi energi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa susut volumetrik dan kepadatan beton menurun sementara penyerapan air meningkat dengan meningkatnya persentase serbuk gergaji. Untuk Formulasi serbuk gergaji NWC dan LWC, ketangguhan retak total meningkat 10,71% dan 14,89% masing-masing sedangkan regangan pecah meningkat masing-masing sebesar 58,86% dan 37,30%. Pada 28 hari, kuat tekan formulasi serbuk gergaji NWC dan LWC lebih dari 34 MPa dan 21 MPa masing-masing dan karenanya beton ini dapat digunakan untuk aplikasi struktural. Analisis energi dari model kamar tunggal yang dibuat dengan formulasi serbuk gergaji menunjukkan penurunan yang signifikan (hingga 21,42%) dalam ventilasi pemanas dan pendingin udara (HVAC) serta emisi CO₂ (hingga 13%). Secara meyakinkan, pemanfaatan serbuk gergaji menyediakan sumber bahan baku yang layak untuk industri konstruksi, ramah lingkungan solusi pembuangan

serbuk gergaji dan akan membantu dalam melestarikan reservoir agregat alami.

- 2.11.10** Penelitian yang berjudul *Thermal-acoustic clay brick production with added charcoal for use in Thailand*, oleh Siwat Lawanwadeekul, Toru Otsuru, Reiji Tomiku, Hiroyasu Nishiguchi, dari *Graduate School of Engineering, Oita University, Japan, Faculty of Industrial Technology, Lampang Rajabhat University, Thailand, Faculty of Engineering, Oita University, Japan, Research Promotion Institute, Oita University, Japan*. Penelitian ini dilakukan bekerjasama dengan Kelompok Usaha Masyarakat Ban San Bun Reung, yang memproduksi dan mendistribusikan batu bata tanah liat umum di seluruh Thailand utara. Tujuan yang sedang berlangsung adalah untuk mengembangkan batu bata tanah liat berbahan bakar termal-akustik. Dalam penelitian ini, arang dipilih sebagai bahan tambahan pada pembuatan bata manufaktur karena kemudahan yang ukuran partikelnya dapat dikurangi dan kecenderungannya untuk terbakar selama penembakan. Empat ukuran arang yang berbeda, yaitu besar (2 mm), sedang (1 mm), kecil (0,5 mm), dan halus (0,04 mm), diselidiki. Arang ditambahkan ke campuran tanah liat dalam berbagai jumlah, seperti: sebagai 0, 5, 15, dan 30% berat. Spesimen bata yang diekstrusi kemudian dibakar pada suhu 900, 1000, atau 1100 C, dan sifat fisik, mekanik, termal, dan akustik, komposisi mineralogi, dan struktur mikro diperiksa. Selanjutnya, regresi linier dan analisis regresi linier berganda diterapkan untuk memodelkan hubungan antara properti bata dan satu atau lebih variabel penjelas. Itu hasil yang diperoleh mengungkapkan bahwa sifat mekanik batu bata tanah liat yang dibakar meningkat dengan meningkatnya suhu pembakaran karena pembentukan fase mullite. Namun, sifat mekanik cepat memburuk karena proporsi dan ukuran aditif arang meningkat. linier dan analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa sifat fisik berkorelasi dengan properti lain dievaluasi dalam penelitian ini. Dalam hal sifat fisik dan mekanik, penggunaan 15% berat arang kecil

dan suhu pembakaran 1100 C adalah kondisi optimal untuk pembuatan batu bata tanah liat yang memenuhi Standar Industri Thailand. Sebaliknya, penggunaan 30% berat arang besar dan suhu pembakaran 1100 C menghasilkan konduktivitas termal yang lebih rendah dan koefisien penyerapan suara yang lebih tinggi karena sifat batu bata yang dihasilkan lebih berpori. Biaya produksi dan harga jual saat ini bata tanah liat tradisional adalah 53,58 dan 264 THB masing-masing. Kalau ditambah arang, harganya meningkat menjadi 55,17, tetapi kami berharap batu bata termal-akustik dapat menarik harga yang lebih tinggi.

- 2.11.11** Penelitian yang berjudul *Prosopis juliflora fibre reinforced green building plaster materials — An eco-friendly weed control technique by effective utilization*, oleh Sakthieswaran N dan Sophia M, *Department of Civil Engineering, Anna University Regional Campus – Tirunelveli, Tamil Nadu, India dan Department of Civil Engineering, Gudlavalleru Engineering College, Andra Pradesh, India*. Penggunaan material ramah lingkungan kini menjadi bidang yang diminati dalam konstruksi industri untuk memastikan keberlanjutan dan hidup sehat. Plester gipsum ramah lingkungan bahan bangunan tetapi sifatnya rapuh dan karenanya memperkuat plester ini menggunakan serat telah terbukti bermanfaat pada tahap pasca-penegangannya. Di dalam karya ini mengendalikan dampak ekologis berbahaya dari *Prosopis juliflora* invasive spesies dengan pemanfaatan efektif mereka dalam membangun plester diusulkan. Untuk menilai kinerja plester bangunan ramah lingkungan ini menggunakan *Prosopis juliflora* serat sifat fisik seperti pengaturan waktu, kenaikan suhu dan kepadatan adalah diukur. Selanjutnya serat *Prosopis juliflora* mengalami berbagai bahan kimia perlakuan (NaOH, KmnO₄ dan air suling) dan pengaruh perlakuan tersebut terhadap interaksi serat dengan plester gipsum dievaluasi dalam hal kekuatan mekanik karakterisasi. Berdasarkan hasil pengamatan terjadi peningkatan kekuatan lentur pada plester diamati ditambah dengan

transformasi kegagalan getas menjadi ulet kegagalan. Ketangguhan komposit juga lebih ditingkatkan dengan penambahan serat.

- 2.11.12** Penelitian yang berjudul *Eco-efficient acoustic and thermal conditioning using false ceiling plates made from plaster and wood waste*, oleh M.A. Pedreno-Rojas, M.J. Morales-Conde, F. Perez-Galvez, *Departament of Construction, University of Sevilla, Spain*, Makalah ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi konstruksi baru dari material komposit baru berdasarkan gipsum dan limbah kayu dari pembongkaran (seperti serutan kayu dan serbuk gergaji). Studi ini memberikan karakterisasi fisik dan mekanik komposit tersebut dan aplikasi konstruksi baru yang terdiri dari pelat untuk konstruksi langit-langit palsu diskontinu telah diusulkan. Pertama, studi teoretis tentang perilaku mekanis pelat langit-langit palsu dilakukan dengan menggunakan elemen hingga analisis. Selanjutnya, spesimen nyata diproduksi di laboratorium setelah eksperimen proses berdasarkan data yang diperoleh dari studi teoritis. Sifat mekanik, termal konduktivitas dan kapasitas penyerapan suara pelat baru dipelajari. Akhirnya, produk baru dievaluasi dalam studi teoritis dari situs komersial dalam restorasi untuk menganalisis potensi perbaikan suara dan termal. Ditemukan bahwa hanya pelat yang dilubangi dengan limbah kayu di bentuk serutan atau serbuk gergaji dengan penambahan 10% berat dan 20% berat sudah cukup untuk mencapai nilai minimum pengkondisian akustik yang disyaratkan oleh peraturan Spanyol. Peningkatan termal potensial diperoleh dengan menggunakan pelat langit-langit palsu baru telah dianalisis. Peningkatan termal terbesar terjadi Ketika piring dengan 20% serutan kayu digunakan.