

Skripsi

**ANALISIS FISIKO-MEKANIKA BATU BATA YANG DIMODIFIKASI
DENGAN ABU DAUN BAMBU (*Bambuseae sp.*)**

ARYL FURQAN ASWAR

H031 17 1318



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar sarjana sains*

Oleh:

ARYL FURQAN ASWAR

H031 17 1318

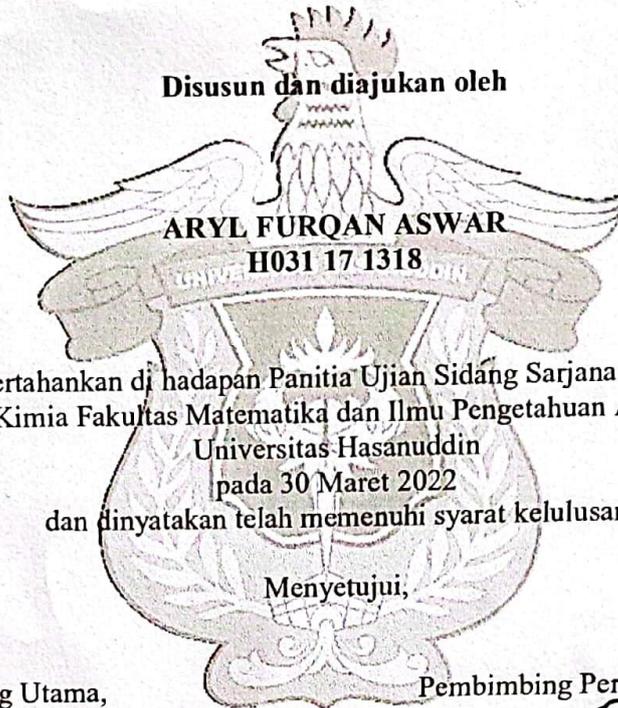


**MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**ANALISIS FISIKO-MEKANIKA BATU BATA YANG DIMODIFIKASI
DENGAN ABU DAUN BAMBU**

Disusun dan diajukan oleh



ARYL FURQAN ASWAR
H031 17 1318

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
pada 30 Maret 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama

Dr. Syahrudin Kasim, S.Si., M.Si.
NIP. 19690705 199703 1 001

Prof. Dr. Abd. Wahid Wahab, M.Sc
NIP. 19490827 197602 1 001



Ketua Program Studi,

Dr. Abdul Karim, M.Si.
NIP. 19620710 198803 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aryl Furqan Aswar
NIM : H031171318
Program Studi : Kimia
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul Analisis Fisiko-Mekanika Batu Bata yang Dimodifikasi dengan Abu Daun Bambu adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 25 April 2022



Yang Menyatakan

Aryl Furqan Aswar

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Puji Syukur penulis haturkan ke hadirat Allah Ta'ala yang atas petunjuk, rahmat dan karunia-Nya skripsi ini dapat diselesaikan. Salawat dan salam tak lupa penulis kirimkan kepada Rasulullah Muhammad *Shallallahu 'Alaihi Wasallam*, penutup para nabi dan rasul dan penyempurna akhlak yang baik.

Skripsi ini dituliskan guna menyelesaikan studi penulis di tingkat Strata 1 (S1) Program Studi Kimia Universitas Hasanuddin. Dalam penyusunannya terdapat banyak hambatan dan cobaan yang dihadapi namun dapat dilewati dengan rahmat Allah dan bantuan dari berbagai pihak. Melalui kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu.

Terima kasih penulis sampaikan kepada orangtua penulis, **Munzil Aswar, S.Si.** dan **Arbiah, S.Si.** yang telah memberikan dorongan, motivasi, bantuan secara finansial, psikologi dan moral hingga memicu penulis untuk terus memacu penyelesaian penelitian hingga skripsi ini. Semoga Allah membalas segala kebaikan yang diberikan. Terima kasih penulis juga sampaikan kepada dua adik penulis, **Arya Muksalmin Aswar** dan **Fenyl Urwatilwusqa Aswar** yang menemani penulis dalam melewati masa suntuk dalam mengerjakan penelitian ini. Terima kasih penulis juga sampaikan kepada nenek dan kakek serta tante penulis, **Hj. Zaenab, Alm. H. Muchtar** dan **Muzmulyana Muchtar** atas seluruh bantuan selama penulis menyelesaikan penelitian dan skripsi ini secara khusus, dan proses kuliah secara umum serta tidak lupa pula penulis sampaikan terima kasih kepada seluruh keluarga yang turut membantu seluruh proses yang berlangsung selama pengerjaan skripsi ini. Semoga Allah membalas seluruh kebaikan tersebut.

Penulis juga memberikan ucapan terima kasih kepada

1. Pembimbing utama, Bapak **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si.** dan pembimbing pertama, Bapak **Prof. Dr. Abdul Wahid Wahab, M.Si.** yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam menjalankan penelitian ini.
2. Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si.** dan Ibu **Dr. St. Fauziah, M.Si.** selaku ketua dan sekretaris departemen kimia beserta segenap **Dosen** kimia yang telah membagi ilmunya.
3. Tim penguji ujian penulis, **Dr. Hj. Hasnah Natsir, M.Si.** (ketua), **Dr. Fredyrik W. Mandey, M.Sc.** (sekretaris), terima kasih atas arahan, saransaran beserta bimbingan yang diberikan.
4. Seluruh analis laboratorium: **Kak Fiby, Ibu Tini, Kak Hanna, Pak Iqbal, Kak Akbar, Kak Anti, dan Pak Sugeng** yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian.
5. Rekan kerja serta penelitian penulis **Yohanes Yoseph Deo** yang telah menemani penulis dalam mengerjakan penelitian ini.
6. Rekan *special support system* penulis, **Siti Fatima Amalia, Andi Rich Ainul Fiqrah, Nurhidayah Nurdin, Mohammad Alief Anshary, Nurtaruli Hikmah Sihombing N., Nuramanah Putra Shafar L. Rajamuddin, Rafiqi Barid, Ishar, Tri Melinea Ramadhani, Anni Aulya Syam, Dwi Eunike Sarampang, Muhammad Prawira Anugrah, Muh. Fathir Hasyim, Nur Ashilah Dahlan, Safira Muliani,** dan teman-teman, **Hudah, Yuyun, Uri, Hai, Mecha, Andre, Hasan, Abdur, Cimel, Marfa, Yos, Athala, Joiy, Yayuk, Oca, Abbas, Pino, Ulfa,** serta teman-teman lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, terima kasih

karena selalu menemani penulis dalam menghadapi dan melengkapinya dinamika kehidupan serta bantuan dalam proses penyelesaian penelitian. *You Rock!*

7. Teman-teman **Aksel 6 Spensas** khususnya **Ilham** dan **Panji** yang telah memberikan dukungan selama proses perkuliahan

8. Rekan-rekan **Genus Boloscus**, **Uphy**, **Ratih**, **Afni**, **Tiwi**, **Dudi** yang senantiasa menemani penulis selama proses penyelesaian studi, serta rekan **Bajeng Chemistry Club** terkhusus kepada **Rahma**, **Rifdah**, **Rival**, **Kici**, **Ayu** dan tak lupa pula rekan **TEKSAS SMABA**.

9. Rekan kerja di **Amsterdam Institute** terkhusus **Kak Hanif**, **Kak Fajar**, **Kak Muhi**, **Kak Dipa**, **Pat**, **Kak Arikah**, **Kak Farid**, **Kak Faldy**, **Kak Ilam**, **Kak Uwais**, **Qeis**, **Naziha**, **Kak Arif**, **Kak Ikmal**, **Kak Muflih** dan rekan-rekan lain selingkungan kerja, terima kasih atas pengalaman berharga selama hampir 4 tahun dalam mengajar dan membagikan ilmu kimia.

10. Teman-teman **ALIFATIK 2017** secara khusus dan **Kimia 2017** secara umum sebagai *first aid* dan rekan keseharian dalam menjalankan seluruh aktivitas di lingkungan kampus, *support* dan dorongannya dalam menjalankan seluruh progres dan dinamika kampus.

11. *Last but not least, I want to thank Me for believing in me, I want to thank me for doing all this hard work. I want to thank me for having no days off. I want to thank me for never quitting. I want to thank me for always being a giver and trying to give more than I receive. I want to thank me for trying to do more right than wrong, I want to thank me for just being me at all times.*

Penulis sadar akan banyaknya kekurangan dalam penulisan laporan hasil penelitian ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dalam perbaikan dan penyempurnaannya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat serta ilmu dalam pengembangan wawasan di ilmu kimia secara umum.

Makassar, Desember 2021

Penulis

ARYL FURQAN ASWAR

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian terkait pengaruh penambahan Abu Daun Bambu (ADB) terhadap sifat fisis dan kimiawi batu bata serta analisis batu bata produksi masyarakat di Mattoanging, Desa Mandalle, Kec. Bajeng Barat, Kab. Gowa. Penambahan ADB dipilih sebab kandungan Si yang tinggi serta dapat membentuk material *pozzolan* yang dapat memperkuat mortar. Penelitian dilakukan dengan menambahkan ADB ke dalam campuran adonan batu bata sebanyak 5%, 10% dan 20% (w/w) serta menyiapkan blanko dan batu bata produksi masyarakat. Selanjutnya yakni dengan melakukan uji fisis berupa uji kuat tekan, uji penyerapan air dan uji kerapatan semu serta uji kimiawi yang seluruhnya bersifat instrumental, yakni FTIR, XRD, XRF, dan SEM. Hasil uji fisis kemudian disesuaikan dengan SNI 15-2094-2000. Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan ADB 5% merupakan batu yang terbaik berdasarkan hasil uji fisis dengan kuat tekan rata-rata 2,2895 MPa, tingkat penyerapan air 12,09% dan kerapatan semu 1,505 g/cm³, serta hasil uji kimiawi menunjukkan bahwa penambahan ADB meningkatkan jumlah unsur mayor Si, Al, K, dan Ca dalam batu bata serta membentuk material menyerupai struktur *pozzolan*, namun penambahan di atas 10% tidak memperkuat batu bata serta tidak meningkatkan keteraturan atom-atom dalam batu bata, namun dapat memperbesar ukuran kristalin.

Kata Kunci : Abu Daun Bambu, Batu Bata Merah, *pozzolan*

ABSTRACT

A research on the impact of the addition of Bamboo Leaf Ash (BLA) for the physical and chemical properties of clay brick and the analysis on mason-made clay brick from Mattoanging, Mandalle Village, West Bajeng Regency, Gowa has been conducted. Addition of BLA was chosen because of the high amount of Si and also can produce a pozzolanic material that can strenghten a mortar. The research was done by adding BLA to the mixture of clay brick dumpling for 5%, 10% and 20% by weight then preparing a blank and a sample brick from the mason. The research continued with the physical test which are pressure strength test, water absorption test and pseudo-density test then the chemical test that all were done in instrumental fashion that are FTIR, XRD, XRF, and SEM tests. The physical test were then matched with the SNI 15-2094-2000. The result shown that the addition of 5% BLA gave the best result from the physical test with the average pressure strength of 2.2895 MPa, water absorption level of 12.09% and the pseudo-density of 1.505 g/cm³, and the chemical test shown that the addition of BLA would increase the amount of major element such as Si, Al, K, and Ca in the clay brick and can also form pozzolanic-like structure, but the addition above 10% didn't strengthen the brick and also didn't enhance the regularity of the atoms inside the brick, but can enlarge the size of the crystalline.

Keywords : Bamboo Leaf Ash, Clay Brick, Pozzolan

DAFTAR ISI

halaman

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1. Maksud Penelitian.....	4
1.3.2. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Batu Bata Merah	6
2.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	9

2.3. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	13
2.4. <i>Fourier Transform Infrared (FTIR)</i>	15
2.5. <i>Scanning Electronic Microscopy (SEM)</i>	19
2.6. Abu Daun Bambu.....	22
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1. Alat dan Bahan Penelitian.....	25
3.1.1. Alat.....	25
3.1.2. Bahan.....	25
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian.....	25
3.3. Prosedur Kerja.....	26
3.3.1. Pembuatan Abu Daun Bambu.....	26
3.3.2. Pembuatan Blanko Batu Bata.....	26
3.3.3. Pembuatan Batu Bata Termodifikasi	26
3.4. Uji Fisis	27
3.4.1. Uji Kuat Tekan.....	27
3.4.2. Uji Daya Serap Air.....	27
3.4.3. Uji Kerapatan Semu	27
3.4.4. Uji SEM	28
3.5. Uji Parameter Kimia	28
3.5.1. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	28
3.5.2. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	28
3.5.3. <i>Fourier Transform Infrared</i>	29
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1. Uji Fisis	30

4.1.1. Uji Kuat Tekan.....	30
4.1.2. Uji Penyerapan Air.....	32
4.1.3. Uji Kerapatan Semu	33
4.1.4. Uji SEM	34
4.2. Uji Kimiawi.....	37
4.2.1. FTIR	37
4.2.2. XRD	39
4.2.3. XRF	42
4.3. Perbandingan terhadap Bahan Aditif Lainnya	45
4.3.1. Serbuk Gergaji	45
4.2.3. Grafena.....	46
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata Merah.....	8
2. Kandungan Kimiawi Semen <i>Portland</i> (OPC) dan Abu Daun Bambu (ADB)..	24
3. Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata Merah	30
4. Hasil Uji Kuat Tekan	31
5. Rata-rata Hasil Uji Kuat Tekan	31
6. Hasil Uji Penyerapan Air	33
7. Hasil Uji Kerapatan Semu	34
8. Ukuran Kristalin dan Indeks Kristalinitas.....	41
9. Hasil Uji XRF (Oksida)	43
10. Hasil Uji XRF (Unsur).....	44
11. Hasil Uji Penyerapan Air Batu Bata dengan Serbuk Gergaji	45
12. Perbandingan Hasil Uji Penyerapan Air	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Diagram Alat Difraktometer	9
2. Lingkaran Rowland dan Beberapa Titik Esensial Difraktometer	12
3. Perbandingan spektra XRF dari referensi standar NIST SRM 2783 menggunakan metode sinar monokromatis (hitam) dan metode konvensional (merah)	14
4. Instrumen FTIR.....	17
5. Inferometer Michelson.....	19
6. Alat SEM.....	20
7. Daun Bambu Kering	24
8. Hasil SEM pada Perbesaran 2000x	36
9. Pita Serapan FTIR Sampel Batu Bata dan ADB	38
10. Pola XRD Sampel Batu Bata dan Abu Daun Bambu.	40
11. Kuat Tekan Batu Bata dengan Penambahan Grafena.	47
12. Hasil Uji XRD Batu Bata dengan Grafena.	48
13. Hasil Analisis FTIR pada Batu Bata dengan Grafena.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Diagram Alir Penelitian	56
2. Bagan Kerja.....	57
3. Dokumentasi Gambar.....	61
4. Perhitungan	74

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/singkatan	Arti
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>
XRF	<i>X-Ray Fluorescence</i>
SNI	Standar Nasional Indonesia
BSN	Badan Standarisasi Nasional
IS	<i>International Standard</i>
WDXRF	<i>Wavelength Dispersive Detection</i> <i>X-Ray Fluorescence</i>
EDXRF	<i>Energy Dispersive Detection</i> <i>X-Ray Fluorescence</i>
M μ EDXRF	<i>Monochromatic Microfocus EDXRF</i>
ADB	Abu Daun Bambu
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
SEM	<i>Scanning Electronic Microscope</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia terus berlangsung dengan cepat. Hingga akhir 2019, BPS mencatatkan bahwa jumlah bangunan SD sederajat di Indonesia mencapai 179.206, jumlah bangunan SMP sederajat mencapai 60.248, jumlah bangunan SMA negeri dan swasta serta MA mencapai 23.766, jumlah SMK negeri dan swasta mencapai 14.150, perguruan tinggi mencapai 4.817, 2.791 rumah sakit, 649 rumah sakit bersalin, 5.155 puskesmas dengan rawat inap, 5.745 puskesmas tanpa rawat inap, 12.452 bangunan hotel, dan 26.545 bangunan penginapan (BPS, 2019). Statistik yang telah disebutkan ini tentu saja akan terus direnovasi dan diperbaharui seiring zaman, agar tampak lebih apik, menarik dan memiliki nilai tambah secara fungsional. Pembangunan ini tentu saja membutuhkan bahan yang tidak sedikit. Mulai dari semen hingga khususnya batu bata merupakan bahan yang sangat umum digunakan dalam konstruksi bangunan. Untuk memenuhi kebutuhan batu bata seiring dengan peningkatan jumlah dan laju pertumbuhan penduduk, produksinya harus ditingkatkan dari segi jumlah maupun mutu. Dikarenakan banyaknya batu bata yang berkualitas rendah, seperti mudah retak atau hancur, maka dalam pembuatan batu bata diperlukan peningkatan mutu yang dihasilkan secara efektif (Yuliyanto dkk., 2019).

Batu bata yang digunakan merupakan hasil dari berbagai pengolahan, namun bahan baku pembuatan batu bata hanya satu yaitu tanah liat. Ketersediaan tanah liat di seluruh wilayah Indonesia menjadikan industri batu bata terus

memproduksi barang ini. Pembuatan batu bata ini dimulai dengan pengumpulan bahan baku berupa tanah liat, kemudian pencetakan, dikeringkan, kemudian dibakar pada suhu tertentu hingga matang (Sahu dan Singh, 2017).

Pembuat batu bata memiliki akses yang terbatas terhadap teknologi modern, sehingga harus bergantung kepada metode tradisional. Kebutuhan minimum yang diperlukan untuk pembuatan batu bata secara tradisional adalah tanah liat, air, bahan bakar, peralatan khusus, tanur, dan metode transportasi. Pembuat batu bata ini membutuhkan motivasi, bantuan dan metode manajemen khusus agar dapat sukses atau setidaknya dapat terus beroperasi (Monatshebe dkk., 2019). Aspek lingkungan kemudian menjadi masalah untuk industri ini, sebab tanah liat yang diperoleh didapatkan dari pinggir sungai dan perbukitan yang meninggalkan lubang galian yang besar. Degradasi lingkungan yang menyertai aktivitas penggalian dengan polusi udara yang menetap setelah operasi penambangan dan meninggalkan luka pada lingkungan (Sahu dan Singh, 2017). Di Indonesia, khususnya di daerah Kec. Bajeng dan Bajeng Barat Kab. Gowa, Sulawesi Selatan, pembakaran masih menggunakan metode klasik dengan bahan bakar berupa kayu gelondongan yang umumnya didapatkan dari daerah pegunungan. Penggunaan kayu ini tentu saja akan mengakibatkan degradasi hutan yang kemudian akan menimbulkan efek “domino”, berujung pada bencana-bencana alam seperti banjir, longsor dan bencana lainnya.

Daun bambu merupakan salah satu material limbah yang banyak terdapat di daerah pedesaan, khususnya yang memiliki hutan bambu yang luas seperti pada daerah Kec. Bajeng Barat Kab. Gowa. Pembakaran daun bambu hingga membentuk abu, yang kemudian disebut Abu Daun Bambu (ADB), dalam hutan terbuka akan menyebabkan kebakaran hutan yang dapat berakibat sangat fatal bagi lingkungan

hidup dan lingkungan sosial. Pengolahan ADB dalam dunia material bangunan telah dilakukan oleh banyak peneliti sebab karakteristik abu daun bambu yang bersifat pozzolan atau memiliki kadar silika tinggi, seperti yang telah dilakukan oleh Amu dan Adetuberu (2010) pada tanah laterit lokasi pembangunan jalan raya, Umoh dan Odesola (2015) pada pasta semen dan mortar, Umoh dan Ujene (2014) pada efek penambahan ADB dalam beton, dan studi mendalam terkait sifat pozzolan ADB oleh Dwivedi dkk. (2006).

ADB yang dibakar pada 600°C selama 2 jam memiliki kandungan SiO_2 75,9%, Al_2O_3 4,13%, Fe_2O_3 1,22%, CaO 7,47%, MgO 1,85%, K_2O 5,62%, Na_2O 0,21%, TiO_2 0,20%, dan SO_3 1,06%. Reaksi ADB terhadap kalsium hidroksida membentuk suatu material pozzolan alami, dan reaktivitas pozzolan ini meningkat seiring waktu dan peningkatan suhu (Amu dan Adetuberu, 2010). Ketika 20% ADB dicampurkan dengan semen *portland*, kekuatan tekannya saat hidrasi 28 hari sebanding dengan semen tanpa campuran ADB (Umoh dan Odesola, 2015).

Daerah Dusun Mattoanging, Desa Mandalle, Kec. Bajeng Barat, Kab. Gowa Sulawesi Selatan merupakan salah satu daerah penghasil batu bata yang hasil batu batanya diekspor hingga ke Kota Makassar, Kab. Takalar, dan daerah-daerah lain di Provinsi Sulawesi Selatan. Tingginya permintaan akan batu bata merah ini menjadikan industri batu bata ini tidak henti-hentinya menjalankan proses produksi, yang kemudian berujung pada eksploitasi sumber daya alam baik berupa tanah liat maupun kayu gelondongan. Daerah ini juga memiliki hutan bambu yang luas, sehingga limbah daun bambu dapat diperoleh dengan mudah, menjadikan lokasi ini cocok untuk keperluan penelitian ini.

Penelitian ini berorientasi pada “revolusi” metode pembuatan batu bata yang didasari atas kekhawatiran penulis pada dampak lingkungan jangka panjang yang akan terjadi. Dengan melakukan analisis struktural pada batu bata yang dibakar dengan variasi penambahan ADB, diharapkan dapat diketahui jumlah ADB yang sesuai untuk membuat batu yang lebih baik.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana parameter kimia dan fisika batu bata yang dibuat oleh masyarakat di Mattoanging, Kec. Bajeng Barat Kab. Gowa?
2. Bagaimana perbandingan komposisi bahan yang terbaik untuk membuat batu bata?
3. Bagaimana parameter kimia dan fisika batu bata yang telah dimodifikasi dengan abu daun bambu?

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1. Maksud Penelitian

Maksud penelitian ini adalah mengetahui dan mempelajari analisis parameter fisika dan kimia batu bata termodifikasi abu daun bambu

1.3.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk

1. Menentukan parameter kimia dan fisika batu bata yang dibuat oleh masyarakat di Mattoanging, Kec. Bajeng Barat Kab. Gowa.
2. Menentukan perbandingan komposisi bahan yang terbaik untuk membuat batu bata.

3. Menentukan parameter kimia dan fisika batu bata yang telah dimodifikasi dengan abu daun bambu

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat mencoba mengurangi jumlah penggunaan tanah liat yang digunakan dalam proses pembuatan batu bata, sebab dapat menimbulkan pencemaran dan kerusakan formasi tanah. Selain itu diharapkan pula dapat memberikan alternatif material yang lebih kuat dan lebih efisien dari batu bata merah yang biasa digunakan, tentunya dengan memperhatikan standar yang telah ditetapkan oleh Badan Standarisasi Nasional (BSN) Republik Indonesia sebagaimana dituangkan dalam SNI 15-2094-2000.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Batu Bata Merah

Batu bata merah adalah material bangunan buatan pertama dan juga merupakan salah satu bahan bangunan yang tertua. Pemanfaatannya yang luas disebabkan karena ketersediaan tanah liat di hampir seluruh negara di dunia. Ketahanan dan estetikanya juga berkontribusi kepada luasnya penggunaan material ini dalam struktur penahan beban maupun struktur non penahan beban. Sifat batu bata merah bergantung kepada komposisi mineralogi tanah liat yang digunakan untuk membuat unit batu tersebut, proses manufaktur dan suhu pembakarannya (Johari dkk., 2011). Dalam SNI 15-2094-2000, batu bata merah dinyatakan sebagai batu bata merah pejal. Batu bata merah pejal, menurut SNI 15-2094-2000, adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang, pejal atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu (BSN, 2000).

Batu bata merah terbuat dari tanah liat yang dibakar dengan suhu tinggi sampai bewarna kemerah-merahan. Batu bata merah merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding yang banyak digunakan oleh masyarakat. Hal ini karena batu bata merah merupakan bahan yang tahan api. Selain itu, ukuran batu bata merah juga memudahkan pekerjaan pemasangan oleh tukang. Sifat yang perlu diperhatikan untuk batu bata merah adalah kekuatan menahan beban tekan, tidak terdapat cacat atau retak-retak pada permukaannya, kandungan garamnya

kecil atau tidak mengandung garam, tepinya tajam, dan penyerapan airnya memenuhi persyaratan sebagaimana yang terdapat dalam SNI (Prayuda dkk., 2018).

Batu bata merah telah ditemukan pada reruntuhan peradaban kuno seperti bagian dari Tembok Besar Tiongkok. Sifat-sifat batu bata merah dipengaruhi oleh perubahan fisis, kimiawi dan mineralogi. Kuat tekan dan daya serap air merupakan dua properti fisis utama yang merupakan prediktor kekuatan batu untuk mengatasi keretakan. Kuat tekan banyak dipengaruhi oleh suhu pembakaran, metode produksi dan sifat-sifat fisis, kimiawi dan mineralogi tanah bahan baku. Daya serap air merupakan ukuran untuk banyak ruang pori dan diungkapkan sebagai persentase berat kering batu. Daya serap air dipengaruhi oleh sifat tanah liat, metode produksi dan suhu pembakaran. Kapasitas absorpsi air batu bata merah memengaruhi tahap *finishing* permukaan tembok yang menggunakan batu ini (Karaman dkk., 2006).

Batu bata merah merupakan blok yang dibuat dari tanah liat yang dibakar. Batu bata merah merupakan salah satu bahan bangunan utama yang telah dikenal oleh manusia. Batu bata merah tersusun atas material anorganik dan digunakan secara luas sebagai bahan bangunan di seluruh dunia. Seiring waktu, batu bata pernah muncul, unggul, hilang, lalu kembali lagi dalam variasi bentuk arsitektur. Batu bata merah yang biasa digunakan dalam bangunan dibuat dari campuran tanah liat yang diolah dengan banyak proses bergantung kepada keadaan alamiah material, perbedaan yang dipengaruhi oleh sumber yang tersedia secara lokal, metode manufaktur, dan karakter produk. Setelah disiapkan sedemikian rupa tanah liat dibentuk menjadi adonan menjadi bentuk yang diinginkan lalu dikeringkan dan dibakar. Batu yang dibakar biasanya lebih kuat daripada batu yang dikeringkan di bawah matahari, khususnya ketika batu-batu ini dibuat dari tanah liat atau material

yang menyerupai tanah liat. Batu bata merah yang dibakar biasanya memiliki kuat tekan hingga 400 kg/cm² (Sahu & Singh, 2017).

Di Indonesia, standar kualitas batu bata tercantum dalam SNI 15-2094-2000. Standar kualitas tersebut meliputi hal-hal seperti kerapatan semu, penyerapan air dan kuat tekan. Kerapatan semu minimum batu bata adalah 1,2 g/cm³ dan penyerapan air maksimum batu bata adalah 20%. Standar kuat tekan diberikan dalam tabel berikut (BSN, 2000):

Tabel 1. Kuat Tekan dan Koefisien Variasi Batu Bata Merah

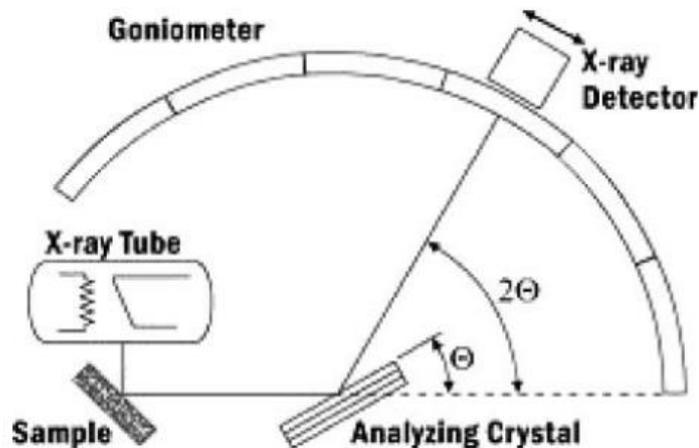
Kelas	Kuat Tekan Rata-rata Minimum dalam kg/cm² (MPa)	Koefisien Variasi (%)
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Bahan utama untuk membuat batu bata adalah tanah liat yang ditambahkan dengan air, diaduk hingga merata kemudian dicetak menggunakan cetakan kayu, kemudian didiamkan dan dikeringkan beberapa hari lalu dibakar dalam tungku pembakaran pada suhu tinggi hingga merah. Adapun bahan aditif yang dapat ditambahkan ke dalam batu bata antara lain serat sabut kelapa dan serbuk gergaji. (As dkk., 2017). Dalam penelitian yang dilakukan oleh As dkk. (2017), limbah serbuk gergaji memenuhi standar kuat tekan untuk batu bata sedangkan serat sabut kelapa tidak memenuhi syarat SNI untuk kuat tekan batu. Penelitian yang dilakukan oleh Mulyati dkk. (2017) menyatakan bahwa bahan tambahan berupa serbuk gergaji dengan perbandingan serbuk gergaji, tanah liat dan kaolin 20:70:90 gram, 40:70:90 gram dan 60:70:90 gram memenuhi SNI 15-2094-2000 untuk kadar garam (NaCl) kurang dari 50%.

2.2. X-Ray Diffraction (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalin, seperti identifikasi struktur kristalin (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi sinar-X. XRD juga dapat dimanfaatkan untuk mengetahui rincian material lain seperti susunan berbagai jenis atom dalam kristal, kehadiran cacat, orientasi, dan cacat kristal (Hakim dkk., 2019).

X-Ray Diffraction saat ini merupakan teknik yang umum digunakan untuk studi struktur kristal dan penentuan ruang dalam atom. *X-Ray Diffraction* berbasis pada interferensi konstruktif sinar X monokromatik dan sebuah sampel kristalin. Sinar X ini diproduksi oleh tabung sinar katoda, disaring untuk memproduksi radiasi monokromatis, disejajarkan dalam kolimator, dan diarahkan ke sampel sesuai pada Gambar 1 (Bunaciu dkk., 2015).



Gambar 1. Diagram Alat Difraktometer

Interaksi sinar datang dengan sampel menghasilkan interferensi konstruktif (dan sinar bias) yang sesuai dengan hukum Bragg

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad \dots(1)$$

dimana n adalah bilangan bulat, λ adalah panjang gelombang sinar X, d merupakan jarak interplanar yang menghasilkan pembiasan sinar, dan θ adalah sudut bias (Bunaciu dkk., 2015).

Komponen utama pada alat XRD yaitu sumber sinar-X, sampel dan detektor. Dalam sumber sinar-X yang terdapat pada tabung sinar-X, terdapat tegangan tinggi yang bertujuan untuk mempercepat elektron dengan logam target sehingga menghasilkan panjang gelombang antara 0,1 sampai 100×10^{-10} m. Sampel terdapat dalam bentuk bubuk. Detektor berfungsi sebagai pendeteksi sudut sinar-X yang telah direfleksikan sampel (Lestari dan Sartika, 2018).

Difraktometer sinar X terdiri atas tiga elemen dasar, yakni tabung sinar X, kompartemen sampel dan detektor sinar X. Sinar X dihasilkan dalam tabung katoda dengan memanaskan filamen untuk menghasilkan elektron, mengakselerasi elektron menuju target dengan pemberian tegangan listrik dan membombardir material target dengan elektron tersebut. Ketika elektron tersebut memiliki cukup energi untuk mendorong elektron kulit dalam keluar dari material, didapatkan spektra karakteristik sinar X. Spektra ini terdiri atas beberapa komponen, yang paling umum adalah $K\alpha$ dan $K\beta$ (Bunaciu dkk., 2015).

Geometri difraktometer sinar X diatur sedemikian rupa sehingga sampel berotasi dalam jalur sinar X pada sudut θ dimana sinar X ditempatkan pada sebuah lengan untuk mendapatkan sinar X yang terbias dan berotasi pada sudut 2θ . Untuk sampel bubuk, data diambil pada 2θ antara 5° hingga 70° (Bunaciu dkk., 2015).

Difraksi sinar X bubuk adalah metode yang paling luas digunakan dalam identifikasi material kristalin yang tidak diketahui, seperti mineral dan senyawa anorganik lainnya. Penentuan ini penting dalam studi geologi, ilmu lingkungan,

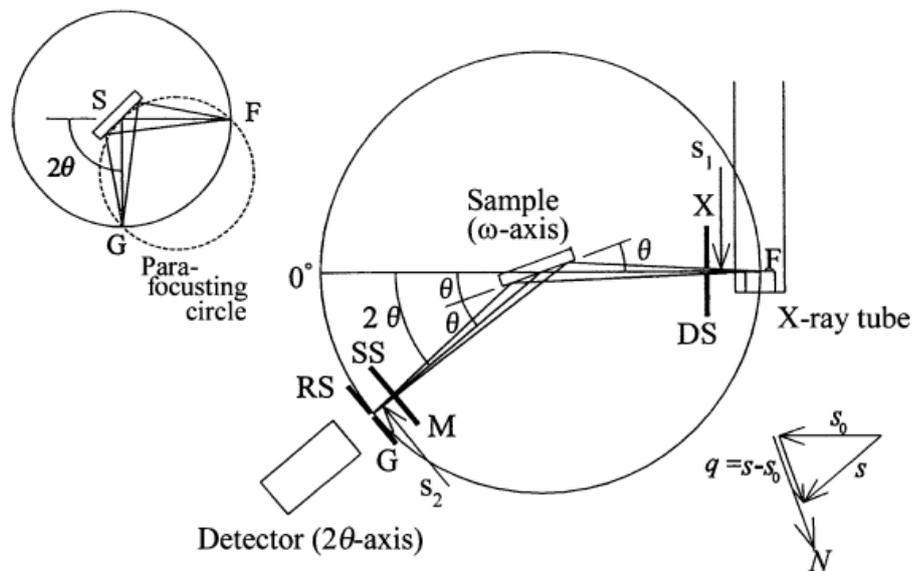
sains material, teknik, dan biologi. Aplikasi lain meliputi karakterisasi material kristalin serta identifikasi bubuk halus seperti tanah liat dan tanah liat berlapis yang sulit untuk dianalisis secara optis, penentuan dimensi unit sel, dan penentuan kemurnian sampel. Dengan teknik yang disesuaikan, XRD dapat digunakan untuk mengetahui struktur kristal dengan metode perbaikan Rietveld dengan penentuan jumlah mineral secara kuantitatif, karakterisasi film tipis sampel dan pengukuran tekstur seperti orientasi serbuk dalam sampel polikristalin (Bunaciu dkk., 2015).

Difraktometer merupakan instrumen presisi dengan dua sumbu (ω dan 2θ) dengan rotasi tersendiri. Alat ini memungkinkan kita untuk mendapatkan intensitas data sinar X yang dibiaskan sebagai fungsi sudut, agar dapat memenuhi hukum Bragg dalam kondisi sinar X untuk panjang gelombang yang telah diketahui. Desain dasar difraktometer ditunjukkan pada gambar 2. Tiga komponen, sumber sinar X (F), tempat sampel (S) dan detektor (G) berada pada keliling sebuah lingkaran, yang diketahui sebagai lingkaran fokus. Ketika posisi sumber sinar X telah ditentukan dan detektor diletakkan pada sumbu 2θ , sampel bubuk dalam bentuk plat datar biasanya disimpan pada sumbu ω sesuai dengan bagian tengah difraktometer. Titik fokus garis sebagai target tabung sinar X diposisikan sejajar dengan sumbu ω difraktometer. Alasan utama penggunaan sampel plat datar adalah untuk mengambil keuntungan dari geometri yang terfokus untuk mengambil intensitas sinar bias lemah secara efektif. Selama pengukuran, sudut 2θ berputar dua kali lebih banyak dari sumbu ω , dan kemudian dinamakan pemindaian θ - 2θ . Hal ini dilakukan untuk mempertahankan kondisi eksperimental dimana sudut antara bidang sampel dan arah sinar datang sama dengan arah sinar yang dibiaskan,

dengan referensi terhadap arah propagasi sinar datang. Dalam kata lain, arah normal ke bidang sampel harus cocok ke arah vektor sinar yang dihamburkan

$$q = s - s_0 \quad \dots(2)$$

yang didefinisikan sebagai perbedaan vektor (s_0) sinar datang dan vektor sinar yang dibiaskan (s). Sebagai tambahan, lingkaran terhadap titik F (titik fokus target), S (pusat difraktometer) dan G (titik fokus sinar dibiaskan) dalam gambar 2 dinamakan sebagai lingkaran fokus atau lingkaran Rowland (Waseda dkk., 2011).



Gambar 2. Lingkaran Rowland dan Beberapa Titik Esensial Difraktometer

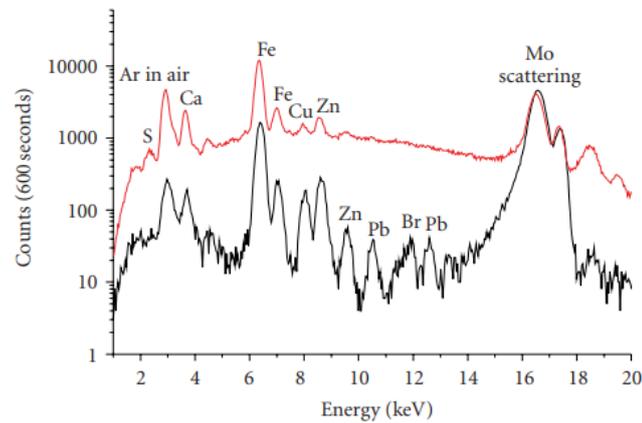
Penggunaan instrumen XRD dalam uji terkait batu bata merah telah dilakukan oleh banyak peneliti. Bohara dkk. (2018) melakukan investigasi terhadap pengaruh suhu pembakaran terhadap fase mineralogi batu bata merah di lembah Kathmandu, Nepal, dengan fase mineral yang ditemukan umumnya adalah *quartz*, *feldspar*, *spinel*, dan *hematit* termasuk tipe *muscovite* mineral mika. Sheikh dan Gohain (2013) melakukan analisis terhadap batu bata penyusun pura Kamakhya di India. Johari dkk. (2011) melakukan analisis terhadap properti kimia dan fisis batu

bata merah dengan penambahan abu sekam padi, dan diperoleh data komponen silika (SiO_2) pada abu sekam padi.

2.3. X-Ray Fluorescence (XRF)

XRF merupakan alat yang mumpuni untuk analisis elementer non-destruktif untuk seluruh material. XRF digunakan secara luas untuk aplikasi di bidang lingkungan, industri, farmasi, forensik, dan riset sains untuk mendeteksi keberadaan atau absensi dan dalam beberapa kasus untuk mengukur konsentrasi konstituen elemental atau kontaminan. Atom yang berfluorosensi dapat dieksitasi dengan elektron berenergi, ion atau foton. Sinar fluorosensi secara umum diukur menggunakan dua tipe sistem deteksi, yaitu *wavelength dispersive detection* (WDXRF) dan *energy dispersive detection* (EDXRF). Sebelumnya, fluorosensi sinar X dibiaskan dari satu atau banyak lapisan optis untuk memilih panjang gelombang tertentu yang biasanya cukup tipis (atau jangkauan energi sinar X), biasanya berhubungan dengan karakteristik sinar X dari sebuah elemen. Hal ini memberikan spesifitas elementer yang tinggi dan sebab adanya perbandingan sinyal-ke-latar, biasanya memberikan sensitivitas yang tinggi. EDXRF dapat memberikan deteksi untuk jangkauan luas elemen secara berkelanjutan. Pengukuran resolusi (spesifitas elementer) bergantung kepada resolusi detektor energi sinar X dan performa laju hitung. Dalam metode EDXRF, fluorosensi sinar X mikrofokus monokromatik (M μ EDXRF) telah terbukti mumpuni dalam pengukuran konsentrasi elemen renik dan distribusi untuk banyak variasi aplikasi medis, lingkungan dan industri. Sebaliknya dari metode fluorosensi sinar X dimana spektrum lebar energi sinar X datang pada sampel, termasuk radiasi Bremsstrahlung yang kontinu menghasilkan elektron yang terhambur dalam anoda pada tabung

sinar X bertegangan tinggi, eksitasi dengan sinar X monokromatis telah meningkatkan rasio sinyal-ke-*noise* untuk pengukuran karakteristik sinar X sekunder sampel sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3, yang menunjukkan spektrum XRF dari sampel NISR SRM 2783 yang dieksitasi dengan sinar langsung dari tabung sinar X molibdenum dan bentuk spektra dari sampel yang sama dieksitasi dengan sinar monokromatis dari optis DCC (*doubly curved crystal*) (Chen dkk., 2008).



Gambar 3. Perbandingan spektra XRF dari referensi standar NIST SRM 2783 menggunakan metode sinar monokromatis (bawah) dan metode konvensional (atas)

Prinsip kerja EDXRF yakni sampel diradiasi dengan foton berenergi tinggi dari tabung sinar-X atau sumber radioisotop. Sumber sinar-X primer mengeksitasi elektron dalam sampel yang selanjutnya mengemisikan sinar-X sekunder yang dihasilkan dari fluoresensi saat kembalinya elektron tereksitasi ke orbital asalnya. Sinar-X yang diemisikan memiliki energi yang spesifik terhadap unsur yang terdapat dalam sampel, kemudian muncul sebagai puncak dalam spektrum energi tertentu. Tinggi atau intensitas puncak menunjukkan kandungan setiap unsur dalam sampel yang dapat diubah ke dalam satuan konsentrasi, biasanya dengan

membandingkan data hasil analisis terhadap garis regresi yang diperoleh dari standar (Shackley, 2018).

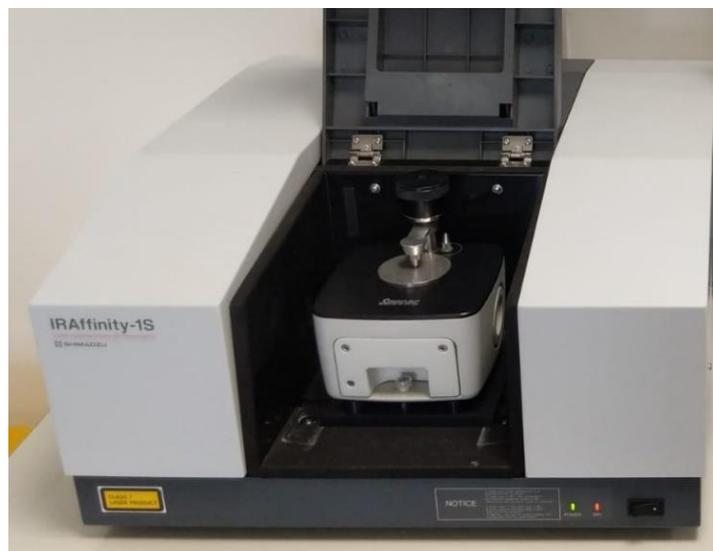
Metode analisis tradisional XRF destruktif terhadap sampel geologi memerlukan preparasi sampel yang sulit dan memakan waktu lama. Sampel dihancurkan hingga membentuk bubuk dan ditekan membentuk briket, atau untuk analisis unsur-unsur mayor untuk mencapai homogenitas, dipreparasi dalam bentuk piringan kaca, khususnya untuk W-XRF (*wavelength XRF*) ketika hubungan antara sudut instrumen dan sampel yang dianalisis krusial. Dalam metode EDXRF ketika energi ditangkap oleh detektor untuk semua unsur secara bersamaan lalu diarahkan ke *multichannel analyzer* yang mengubah energi radiasi menjadi gelombang yang kemudian dapat dianalisis oleh perangkat lunak, permukaan objek bukan merupakan hal yang krusial sehingga keseluruhan sampel dapat diuji dalam waktu singkat (Shackley, 2018).

2.4. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Spektroskopi inframerah telah terbukti sebagai metode analitis yang mumpuni serta digunakan secara luas dalam *quality control* (QC) pada ranah agrikultur, lingkungan hidup, makanan, dan farmasi. FTIR merupakan teknik terbaik yang digunakan dalam investigasi dan identifikasi tanah liat dan mineral tanah khususnya bentonit, dengan menggunakan kombinasi informasi spektroskopik dan spasial. Dengan menggunakan metode ini, sampel yang terpilih dapat dianalisis menggunakan referensi untuk mengidentifikasi dan melokalisasi spesi-spesi kimiawi dalam mode transmisi atau total refleksi yang dilemahkan (Ouhaddouch dkk., 2019).

Spektroskopi FTIR memiliki jangkauan aplikasi yang besar, dimulai dari analisis molekul kecil atau molekul kompleks hingga analisis sel atau jaringan. Penginderaan jaringan merupakan salah satu pengembangan terkini spektroskopi, dengan mengandalkan keuntungan penggunaan inframerah mikroskopis dan menggunakan radiasi inframerah sinkrotron, yang digunakan untuk memetakan komponen selular sehingga sel-sel abnormal dapat diidentifikasi. Spektroskopi FTIR juga dapat diterapkan dalam studi protein, termasuk analisis konformasi protein, lipatan protein, dan detail molekuler dari gugus aktif protein dalam reaksi enzimatik (Berthomieu dan Hienerwadel, 2009).

Interpretasi spektra inframerah yang berbeda tetap empiris dan digunakan secara umum untuk membandingkan hasil yang didapatkan dari referensi spektrum sebelumnya atau untuk menjelaskan keberadaan bagian struktural yang penting dari sebuah molekul dengan keberadaan pita-pita vibrasi, meskipun berupa campuran senyawa atau kompleks. Hal ini berdasarkan pada analisis spektrum inframerah molekul yang terisolasi (Ouhaddouch dkk., 2019).



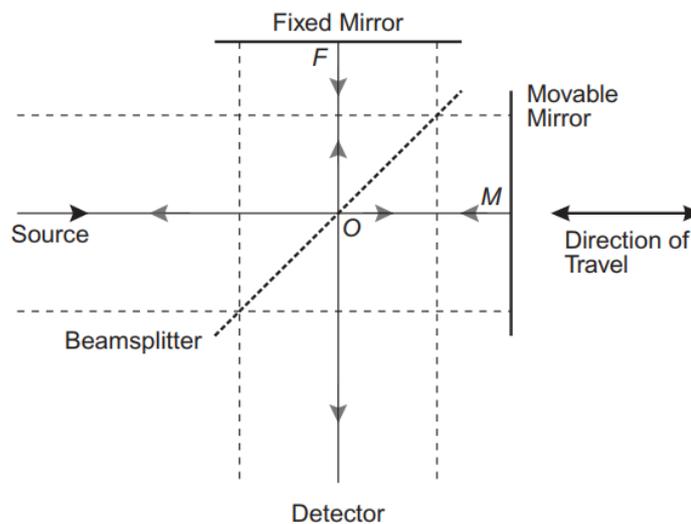
Gambar 4. Instrumen FTIR

Spektroskopi inframerah menyelidiki vibrasi molekuler. Gugus fungsi dapat fundamental gugus fungsi tersebut. Vibrasi yang simetris biasanya tidak terdeteksi dalam inframerah. Lebih lanjut, ketika sebuah molekul memiliki pusat simetri, semua vibrasi yang simetris terhadap pusat simetri tidak aktif terhadap inframerah. Sebaliknya, vibrasi asimetris semua molekul dapat dideteksi. Kurangnya selektivitas ini membuat kita dapat menyelidiki properti hampir seluruh gugus kimiawi dalam satu sampel, terkhusus asam amino dan molekul air yang sulit dideteksi oleh spektroskopi metode lain (Berthomieu dan Hienerwadel, 2009).

Absorpsi inframerah kuat diamati untuk gugus yang merupakan dipol permanen, seperti pada ikatan senyawa polar. Dengan demikian, gugus karbonil polipeptida berkontribusi besar terhadap spektra absorpsi inframerah protein. Pada wilayah inframerah tengah ($4.000 - 1.000 \text{ cm}^{-1}$), dua tipe vibrasi utama dapat diamati; vibrasi dalam ikatan kimia yang dinamakan vibrasi *stretching* (ν) yang melibatkan perubahan panjang ikatan, dan vibrasi yang melibatkan perubahan sudut ikatan, khususnya vibrasi *bending* (δ jika ke dalam bidang, π jika ke luar bidang) (Berthomieu dan Hienerwadel, 2009).

Desain interferometer yang banyak digunakan dalam spektrometri inframerah saat ini berdasarkan pada interferometer yang awalnya didesain oleh Michelson pada 1891. Inferometer dua sinar yang lain telah didesain agar dapat memiliki kegunaan yang lebih banyak daripada interferometer Michelson untuk beberapa aplikasi spesifik. Meskipun begitu, teori di balik seluruh interferometer dua sinar tidak jauh berbeda dan teori umum interferometri dapat dimengerti dengan mengetahui prinsip interferometer Michelson sederhana dapat digunakan untuk spektrum inframerah (Griffiths dan Haseth, 2007).

Interferometer Michelson merupakan peralatan yang dapat memisahkan radiasi sinar ke dua arah dan menggabungkan kembali dua sinar tersebut setelah terjadi perbedaan arah. Kondisi interferensi akan terbentuk. Variasi intensitas sinar yang muncul dari interferometer dihitung sebagai fungsi dari perbedaan jalur oleh detektor. Bentuk paling sederhana dari interferometer Michelson ditunjukkan pada gambar 5. Interferometer ini terdiri atas dua cermin datar yang disusun tegak lurus, dimana salah satunya dapat berpindah pada sumbu yang tegak lurus terhadap bidangnya (Griffiths dan Haseth, 2007).



Gambar 5. Interferometer Michelson

2.5. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM), yang juga dikenal dengan analisis SEM atau teknik SEM, telah digunakan di seluruh dunia dalam berbagai disiplin ilmu. Metode ini dapat dikatakan sebagai metode yang efektif dalam analisis material organik dan anorganik dalam skala nanometer (nm) atau mikrometer (μm). SEM bekerja dalam perbesaran yang tinggi, dapat mencapai angka 300.000 hingga 1.000.000 kali (dalam beberapa model modern) dalam memproduksi gambar yang

presisi untuk berbagai material. Spektroskopi energi dispersif (EDS) dapat digunakan bersama SEM untuk menghasilkan hasil analisis kualitatif dan semi-kuantitatif. Kedua teknik ini memiliki potensial untuk memperkenalkan informasi fundamental komposisi material untuk spesimen yang dipindai, yang tidak dapat diperoleh dari uji laboratorium biasa. Analisis dilakukan dengan alat SEM sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 6. Alat SEM terdiri atas sistem variabel tekanan dengan kemampuan untuk menganalisis berbagai sampel, termasuk sampel basah dengan preparasi minimum. Alat ini dapat menganalisis sampel dengan diameter hingga 200 mm dan tinggi 80 mm. Perbesaran alat ini bervariasi dari 5 hingga 300.000 kali. Material yang dapat digunakan dalam SEM yakni material organik dan material anorganik padat termasuk logam dan polimer (Mohammed dan Abdullah, 2018).



Gambar 6. Alat SEM

Pengembangan SEM dimulai pada 1926 hampir bersamaan ketika Hans Busch menemukan bahwa medan listrik dan medan magnet yang simetris dapat bertindak sebagai lensa partikel dan de Broglie mengembangkan konsepnya terkait dualisme gelombang-partikel cahaya, ketika dia menemukan panjang gelombang

elektron diberikan dengan persamaan berikut setelah mempertimbangkan koreksi relativistik

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0 v} = \frac{h}{\sqrt{2m_0 eU}} \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{eU}{2m_0 c^2}}} \quad \dots (3)$$

dengan λ adalah panjang gelombang elektron, h adalah konstanta Planck, m_0 adalah massa diam elektron, e adalah muatan elektron, U adalah potensial listrik sumber cahaya, dan c adalah kecepatan cahaya. SEM beroperasi dengan memindai sinar elektron yang menyerupai gelombang ini, yang telah difokuskan ke suatu titik tertentu sepanjang permukaan sampel yang dipreparasi untuk diuji. Untuk membentuk gambar, interaksi antara sinar dan sampel dimonitor melalui detektor yang mengukur intensitas area interaksi yang berbeda, dimana yang lebih umum digunakan adalah sinyal elektron sekunder (Seyforth, 2015).

SEM memberikan informasi permukaan yang detail dengan menelusuri sampel dengan pola raster menggunakan pancaran elektron. Prosesnya diawali dengan tembakan elektron yang menghasilkan sinar elektron berenergi ke dalam kolom kemudian menuju ke rangkaian lensa elektromagnetik. Lensa-lensa ini berupa tabung, dibungkus dengan gulungan yang disebut solenoid. Gulungan ini diatur untuk fokus ke sinar elektron datang menuju ke sampel, yang mengakibatkan terjadinya fluktuasi tegangan listrik, peningkatan atau penurunan kecepatan dimana elektron melakukan kontak dengan permukaan sampel. Dengan bantuan komputer, operator SEM dapat mengatur sinar untuk kontrol perbesaran serta dapat menentukan area permukaan yang akan dipindai. Sinar ini difokuskan ke *stage* dimana sampel ditempatkan. Kebanyakan sampel memerlukan preparasi sebelum ditempatkan ke ruang vakum. Dari berbagai proses preparasi, dua yang paling

umum digunakan untuk analisis SEM adalah *sputter coating* untuk sampel non-konduktif dan dehidrasi untuk kebanyakan spesimen biologis (Choudhary dan Choudary, 2017).

SEM dapat diaplikasikan dalam beragam disiplin ilmu dan dalam ranah terkait industri, terkhusus ketika karakterisasi material padat dibutuhkan. Sebagai tambahan untuk informasi topografis, morfologis dan komposisi, SEM dapat mendeteksi dan menganalisis keretakan permukaan, memberikan informasi struktur mikro, menguji kontaminasi permukaan, memperlihatkan variasi spasial dalam komposisi kimiawi, memberikan hasil analisis kualitatif dan mengidentifikasi struktur kristalin. SEM dapat menjadi alat riset esensial dalam bidang ilmu seperti ilmu alam, biologi, gemologi, ilmu medis, forensik, dan metalurgi. Sebagai tambahan, SEM memiliki aplikasi dalam dunia industri dan teknologi seperti pada inspeksi semikonduktor, jalur produksi produk kecil dan penyusunan *microchip* pada komputer (Choudhary dan Choudary, 2017).

2.6. Abu Daun Bambu

Daun bambu adalah istilah umum yang menggambarkan daun dari grup taksonomi rumput-rumputan besar, dalam hal ini subfamili *bambusoideae* famili *Andropogonae* atau *Poaceae*). Bambu telah digunakan sebagai supermaterial dengan jangkauan penggunaan yang luas mulai dari tekstil hingga konstruksi. Dalam konstruksi, bambu digunakan untuk pembangunan jembatan, fasilitas transportasi air, perancah, konstruksi dinding pial, dan digunakan secara luas sebagai lantai maupun rangka atap. Bambu juga digunakan sebagai peralatan rumah tangga seperti kontainer, sumpit, dan tikar anyaman (Umoh dan Ujene, 2014).

Banyak studi yang telah dilakukan untuk mengamati kelayakan abu daun bambu (ADB) untuk membantu menguatkan beton. Kelayakan ADB dalam menguatkan beton ini termasuk dalam pembuatan sanggurdi dengan bambu berusia sembilan bulan. Tangki-tangki juga dapat dibuat dengan mengaplikasikan plaster semen ke keranjang bambu. Tangki ini dapat digunakan pada toilet, penyimpanan air maupun pada perahu. Bambu sendiri merupakan fitur bangunan yang telah membudaya di seluruh penjuru dunia. Keberagaman dan kegunaannya yang luas telah didokumentasikan dengan baik, dimana 1250 spesies dan 1500 aplikasi tradisional telah teridentifikasi. Umumnya, pengguna bambu berasal dari kalangan bawah, dan untuk alasan ini bambu telah digunakan pula pada komunitas luas (Olutoge dan Oladunmoye, 2017).

Komposisi yang paling umum yang digunakan untuk dicampurkan dengan semen portland adalah komponen hidrolik laten atau material pozzolan seperti *pozzo-lana*, *fly ash*, abu jerami, busa silika padat, tanah liat, atau komponen filter seperti *limestone* dan material limbah lainnya. Ketika material pozzolan tertentu yang mengandung silika amorf ditambahkan saat hidrasi semen *portland*, material pozzolan ini akan bereaksi dengan kapur sehingga dapat menambahkan sejumlah kalsium-silikat-hidrat (C-S-H) yang merupakan komponen semen utama. Kemudian, material pozzolanik akan mengurangi kandungan Ca(OH)_2 dan meningkatkan kandungan C-S-H, sehingga apabila material pozzolan berkualitas ditambahkan dalam jumlah yang sesuai saat hidrasi semen *portland*, kualitas semen akan meningkat. Kandungan ADB dan semen *portland* diberikan dalam tabel 2 (Dwivedi dkk., 2006). Studi reaktivitas pozzolan ADB dengan membakar ADB di ruangan terbuka serta dipanaskan dalam tanur 600°C selama dua jam telah

dilakukan. Reaksi antara abu dengan kalsium hidroksida menunjukkan bahwa abu ini bersifat pozzolanik di alam. Pozzolan sendiri berarti bahwa bahan tersebut memiliki sifat mirip alumina dan silika meskipun bahan ini sendiri tidak mengandung alumina dan silika. Dilaporkan pula bahwa reaktivitas pozzolan bertambah seiring suhu dan waktu. Ketika ADB 20% dicampurkan dengan semen *portland*, kuat tekan dalam hidrasi 28 hari sebanding dengan komposisi semen tanpa ADB (Umoh dan Odesola, 2015).

Tabel 2. Kandungan Kimiawi Semen *Portland* (OPC) dan Abu Daun Bambu (ADB)

Material	Kandungan (%)								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	SO ₃
OPC	21,40	5,03	4,40	61,14	1,35	0,48	0,24	-	2,53
ADB	75,90	4,13	1,22	7,47	1,85	5,62	0,21	0,20	1,06



Gambar 7. Daun Bambu Kering