

SKRIPSI

**STUDI PEMANFAATAN ZEOLIT DENGAN CAMPURAN
SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN BATUBATA
RAMAH LINGKUNGAN**

Disusun dan diajukan oleh

NURHIDAYAT

D111181012



PROGAM STUDI TEKNIK PERTAMBANGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI PEMANFAATAN ZEOLIT DENGAN CAMPURAN
SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN BATUBATA
RAMAH LINGKUNGAN**

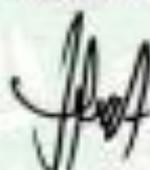
Disusun dan diajukan oleh

**NURHIDAYAT
D111181012**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Februari 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Ir. Sufriadin, S.T., M.T.
NIP. 196608172000121001

Pit. Ketua Program Studi,



Dr. Amel Ahmad Ilham, S.T., M.IT.
NIP. 197310101998021001

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nurhidayat
NIM : D111 18 1012
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"Studi Pemanfaatan Zeolit Dengan Campuran Sekam Padi
Dalam Pembuatan Batubata Ramah Lingkungan"

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alih tulisan orang lain dan bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan Skripsi ini hasil karya orang lain maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Februari 2023

Yang menyatakan



Nurhidayat

ABSTRAK

Pembuatan batubata dari campuran zeolit dan sekam padi merupakan salah satu produksi batubata yang inovatif. Zeolit alam umumnya memiliki kualitas rendah sehingga diperlukan penambahan material dengan kandungan silika seperti sekam padi. Penelitian ini bertujuan mengetahui komposisi mineral dan kimia zeolit dan sekam padi terhadap kualitas batubata. Variasi penambahan sekam padi adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% sedangkan variasi suhu pembakaran yang digunakan adalah 400°C, 500°C, 600°C, dan 700°C. Selain itu, penelitian ini mengkaji pengaruh suhu pembakaran serta perbandingan campuran sekam padi dan suhu pembakaran terhadap kualitas batubata. Hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) zeolit didominasi mordenit 53,6% dan sanidine 41,9% serta mineral lain seperti kuarsa sebesar 3,1% dan klinoptilolit-Ca sebesar 1,3%. Hasil analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) pada zeolit mengandung SiO₂ sebesar 46,884% dan Al₂O₃ sebesar 42,604%. Pengujian sifat batubata meliputi sifat kuat tekan batubata, daya serap air, dan densitas batubata sesuai dengan SNI 15-2094-2000 yang berlaku. Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adanya ikatan fisik yang kurang sempurna antar zeolit dan ukuran partikel sekam padi yang sama dengan zeolit yang membentuk pori-pori yang besar sehingga menurunkan sifat batubata. Hasil pengujian kualitas batubata pada masing-masing variasi campuran sekam padi dengan suhu 600°C telah memenuhi standar batubata kelas 50 dengan kuat tekan batubata 6,25 MPa, daya serap air dibawah 20% yaitu 8,61% dan densitas batubata adalah 1,65 g/cm³ sedangkan kuat tekan batubata pada setiap variasi campuran dengan 700°C adalah 7,03 MPa, daya serap air dibawah 20% yaitu 12,36% dan densitas batubata adalah 1,66 g/cm³. Berdasarkan pengaruh campuran sekam padi dan suhu pembakaran, batubata yang direkomendasikan adalah batubata dengan campuran 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan suhu pembakaran 600°C dan 700°C.

Kata Kunci : Batubata, Sekam Padi, Suhu, Zeolit

ABSTRACT

Making bricks from a mixture of zeolite and rice husk is one of the innovative brick production. Natural zeolites generally have low quality, so it is necessary to add materials with silica content such as rice husks. This study aims to determine the mineral and chemical composition of zeolite and rice husk on the quality of the bricks. Variations in the addition of rice husks were 0%, 5%, 10%, and 15% while the variations in the combustion temperature used were 400°C, 500°C, 600°C, and 700°C. In addition, this study examines the effect of firing temperature and ratio of rice husk mixture and firing temperature on the quality of the bricks. The results of the X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed that the zeolite was dominated by 53.6% mordenite and 41.9% sanidine and other minerals such as 3.1% quartz and 1.3% clinoptilolite-Ca. The results of X-Ray Fluorescence (XRF) analysis on zeolite containing 46.884% SiO₂ and 42.604% Al₂O₃. Testing the properties of the bricks includes the compressive strength of the bricks, water absorption, and the density of the bricks in accordance with the applicable SNI 15-2094-2000. The results of the research that has been carried out indicate that there is an imperfect physical bond between the zeolite and the particle size of rice husk which is the same as the zeolite which forms large pores thereby reducing the properties of the bricks. The results of testing the quality of the bricks for each variation of the rice husk mixture with a temperature of 600°C have met the standard of class 50 bricks with a brick compressive strength of 6.25 MPa, water absorption capacity below 20% which is 8.61% and brick density is 1.65 g/cm³ while the compressive strength of the bricks in each variation of the mixture with 700°C is 7.03 MPa, the water absorption capacity is below 20% which is 12.36% and the density of the bricks is 1.66 g/cm³. Based on the effect of the rice husk mixture and the firing temperature, The recommended bricks are bricks with a mixture of 0%, 5%, 10% and 15% with a firing temperature of 600°C and 700°C.

Keywords: Bricks, Rice Husk, Temperature, Zeolite

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. yang telah memberikan kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Studi Pemanfaatan Zeolit Dengan Campuran Sekam Padi Dalam Pembuatan Batubata Ramah Lingkungan". Tak lupa pula penulis mengirimkan salam menyertai selawat kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad Saw. yang telah membawa umat manusia dari zaman biadab menuju zaman beradab.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan masa studi dan mendapatkan gelar sarjana di Progam Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Skripsi ini membahas tentang pengaruh suhu pembakaran dan penambahan sekam padi dalam campuran zeolit pada pembuatan batubata terhadap sifat batubata tersebut sehingga dapat menjadi pilihan dalam pembuatan batubata yang ramah lingkungan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang membantu dalam penelitian ini. Terima kasih Bapak Asran Ilyas, S.T., M.T., Ph.D sebagai Kepala Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Univeritas Hasanuddin, seluruh dosen dan staf administrasi Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu dalam pengurusan administrasi penulis. Terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Sufriadin, ST., MT. selaku Kepala Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian sekaligus dosen pembimbing dalam pelaksanaan penelitian ini yang telah memberikan saran membangun, kritik, solusi dalam penyelesaian masalah dan masukan dalam penyusunan laporan Skripsi. Terima kasih kepada Bapak Dr. Eng. Purwanto, S.T., M.T., Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T., dan Ibu Dr. Eng. Rini Novrianti Sutarjo Tui, S.T., M.BA., M.T. selaku dosen penguji dalam seminar hasil penelitian yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan

Skripsi penulis. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Anggota Laboratorium Analisis dan Pengolahan Bahan Galian yang telah membantu dan memberikan dukungan selama pengerjaan Skripsi.

Terima kasih juga penulis ucapkan kepada Angkatan TUNNEL 2018 yang senantiasa memberikan dukungan kepada penulis. Penulis mengucapkan banyak terima kasih secara khusus kepada Orang tua yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis dalam penyusunan laporan Skripsi.

Penulis menyadari dalam penyusunan Skripsi masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Penulis berharap penelitian ini dapat menjadi salah satu referensi dalam pengembangan penelitian yang relevan dan inovatif di masa yang akan datang.

Makassar, November 2022

Nurhidayat

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
HALAMAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat penelitian.....	4
1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	4
1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian.....	6
BAB II PEMANFAATAN ZEOLITE	7
2.1 Zeolite	7
2.2 Sekam Padi.....	21
2.3 Batubata	24
2.4 Pengolahan dan Pemanfaatan Batubata	30
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Persiapan	33

3.2	Variabel Penelitian	34
3.3	Tahapan Penelitian	34
3.4	Diagam Alir Penelitian	48
BAB IV PEMANFAATAN ZEOLIT DENGAN CAMPURAN SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN BATUBATA RAMAH LINGKUNGAN		49
4.1	Lokasi Pengambilan Sampel Zeolit	49
4.2	Karakteristik Mineralogi dan Kimia Zeolit	50
4.3	Pengaruh Variasi Campuran Sekam padi Terhadap Hasil Pengujian Sifat Batubata	53
4.4	Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Hasil Pengujian Sifat Batubata	60
BAB V PENUTUP		64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Bangun Primer Zeolit (Auerbach, 2003).....	9
Gambar 2. 2 Proses Pemanasan Zeolit Terhidrasi menjadi Terdehidrasi (E. Erdem, 2004)	10
Gambar 2. 3 Proses Zeolit Teraktivasi Menjadi Adsorben (E. Erdem, 2004).....	11
Gambar 2. 4 Pertukaran Ion Pada Zeolit (E. Erdem, 2004).....	12
Gambar 2. 5 Proses Zeolit Sebagai Katalis (E. Erdem, 2004)	13
Gambar 2. 6 Sebaran Zeolit Di Indonesia (Kartawa, 2005).....	18
Gambar 2. 7 Limbah Sekam padi	22
Gambar 2. 8 Perubahan Kenampakan Batu Bata Sebelum di Bakar (A) dan Setelah di Bakar (B).....	27
Gambar 3. 1 Proses Pengambilan Sampel Zeolit.....	35
Gambar 3. 2 Proses Pengeringan Sampel Zeolit.....	35
Gambar 3. 3 Proses Pengeringan Arang Sekam Padi	36
Gambar 3. 4 Proses Sieving Sampel Zeolit dan Arang Sekam Padi	37
Gambar 3. 5 XRD tipe Shimidzu Maxima-X XRD 7000	38
Gambar 3. 6 X-Ray Fluorscence Spektrometer EDX-720.....	39
Gambar 3. 7 Proses Penimbangan Sampel	40
Gambar 3. 8 Proses Pencampuran Sampel Zeolit Dengan Arang Sekam Padi	41
Gambar 3. 9 Proses Pengeringan Sampel Batubata	42
Gambar 3. 10 Proses Pembakaran Sampel Batubata Menggunakan Alat Furnace.....	43
Gambar 3.11 Kondisi Perubahan Kenampakan Batubata Sebelum di Bakar (A) dan Setelah di Bakar (B).....	43
Gambar 3. 12 Proses Pengujian Kuat Tekan Batubata	44
Gambar 4. 1 Kenampakan Lokasi Pengambilan Sampel Zeolit.....	49

Gambar 4. 2 Difaktogram Hasil XRD Sampel Zeolit.....	50
Gambar 4. 3 Kenampakan Hasil Pengujian Kuat Tekan Sebelum (A) dan Sesudah (B) Pengujian Kuat Tekan	53
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Kuat Tekan Batubata	55
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Pengujian Daya Serap Air Batubata	57
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Pengujian Densitas Batubata	59
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Batubata	60
Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Daya Serap Air Batubata ..	61
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Suhu Pembakaran Terhadap Densitas Batubata	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Zeolit (E. Erdem, 2004)	9
Tabel 2. 2 Zeolit Sintetis dan Kegunaannya (Saputra, 2016)	13
Tabel 2. 3 Mineral Penyusun Dalam Zeolit (Dimitar Georgiev, 2009)	15
Tabel 2. 4 Rumus Oksida Jenis Zeolit Sintetis (Dimitar Georgiev, 2009).....	17
Tabel 2. 5 Sebaran Sumber Daya Zeolit Di Indonesia (Kusdarto, 2008)	17
Tabel 2. 6 Komposisi Kimia Sekam padi (Waliuddin, 1996).....	23
Tabel 2. 7 Modul Standar Ukuran Batubata Sesuai Dengan SII-0021-78.....	26
Tabel 2. 8 Kekuatan Tekan Rata-rata Batu bata (SNI 15-2094-2000)	29
Tabel 4. 1 Komposisi Kimia Sampel Zeolit	51
Tabel 4. 2 Komposisi Kimia Sekam padi	52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Batubata	54
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Daya Serap Air Batubata	56
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Densitas Batubata	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Hasil Analisis <i>X-Ray Diffraction Zeolit</i>	71
Lampiran B Perhitungan Hasil Uji Kuat Tekan Batubata	76
Lampiran C Perhitungan Hasil Uji Daya Serap Air Batubata	79
Lampiran D Perhitungan Hasil Uji Densitas Batubata	83

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Zeolit adalah kelompok mineral yang dalam pengertian atau penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri dari 48 jenis yang terdata dan pernah dijumpai oleh kegiatan penyelidikan yang pernah dilakukan oleh Pusat Sumber Daya Geologi (PSDG), Badan Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Zeolit adalah satu kelompok berkerangka aluminosilikat yang terjadi di alam dengan kapasitas tukar kation yang tinggi, adsorpsi tinggi dan bersifat hidrasi-dehidrasi. Telah diketahui sekitar 150 spesies yang berbeda dari kelompok mineral ini, tetapi hanya 14 mineral zeolit yang sering dijumpai seperti *analcim*, *chabazit*, *klinoptiolit*, *heulandit*, *erionit*, *ferrierit*, *laumontit*, *mordenit*, dan *phillipsit*. Struktur dari setiap mineral ini berbeda tetapi semua mempunyai lorong terbuka yang besar dalam struktur kristal yang memungkinkan satu lubang besar untuk penyerapan dan bertukar kation, mengakibatkan zeolit sangat efektif sebagai penukar ion (Kusdarto, 2008).

Zeolit alam merupakan mineral aluminosilikat terhidrasi yang terkenal yang dicirikan oleh struktur mikroporinya (A.Y. Buzimov, 2018). Mereka yang terbentuk di bawah kondisi geokimia variabel oleh pergantian kaca vulkanik. Kerangka zeolit terdiri dari $(\text{SiO}_4)^{4-}$ dan $(\text{AlO}_4)^{5-}$ tetrahedral, bergabung bersama oleh atom oksigen bersama untuk menghasilkan struktur kontinu dengan banyak pori-pori terbuka. Zeolit memiliki banyak sifat menarik seperti kapasitas pertukaran ion yang tinggi, luas permukaan spesifik yang besar dan struktur berpori (Mohau Moshoeshoe, 2017). Zeolit adalah tufa yang berbentuk secara alami. Zeolit biasanya mengandung persentase yang rendah

(kurang dari 10%), selain mineral lain seperti kalsit, kristobalt, kuarsa, montmorilonit, dan kadang-kadang feldspar (D. Kallo, 1982).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kartawa W. (2005) bahwa endapan zeolit dapat ditemukan di daerah Sangkarapi-Mendila, Tana Toraja, Sulawesi Selatan berupa tufa litik dan tufa gelas yang terubah dan sebagian termineralisasi termasuk ke dalam Gunung Api Lamasi berumur Oligosen. Tuf yang mengandung zeolit termasuk ke dalam tuf litik dasitik terubah dan tuf kaca terubah kuat, bertekstur piroklastika dengan komposisi mineral, dan terdiri atas fenokris kuarsa, plagioklas, ortoklas, piroksen, hornblenda, biotit, dan muskovit. Komponen bagian gunung api adalah dasit batu apungan dan andesit dengan persentase yang berbeda-beda diikat oleh massa dasar kaca gunung api dan mineral-mineral ubahannya. Endapan zeolit juga terdapat di daerah moncongloe, kabupaten Maros, Sulawesi Selatan yang memiliki kadar yang rendah. Zeolit dimanfaatkan sebagai tanah timbunan dalam pembuatan rumah.

Pemanfaatan zeolit dijadikan sebagai bahan dasar dalam pembuatan batubata dengan campuran sebuk gergaji. Penelitian Jamal Eldin F.M. Ibrahim (2021) mengatakan bahwa karakteristik mekanisnya yang unggul, porositas yang besar, dan ringan, zeolit menjadi bahan bangunan yang sangat baik dalam pembuatan bahan yang memiliki struktur berpori dengan sifat insulasi termal yang ditingkatkan.

Sekam padi adalah salah satu material yang banyak di Indonesia yang merupakan limbah dari proses penggilingan padi. Pemanfaatan sekam padi di daerah Pattallassang masih relatif rendah. Sekam padi memiliki tekstur kasar, bernilai gizi, kerapatan rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa yang kaya akan silika (Lakum, 2009).

Jumlah sekam padi cukup banyak tetapi dalam pemanfaatannya sekam padi masih sangat sedikit, sehingga sekam tetap menjadi bahan limbah yang mengganggu

lingkungan. Sekam padi dapat diolah kembali karena memiliki manfaat, salah satu alternatifnya sebagai campuran pembuatan batu bata. Sekam padi dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti sumber silika, pemurniaan air dan bahan bakar. Sekam padi berfungsi sebagai bahan pengisi pori pada pembuatan batu bata menggunakan zeolit dengan kadar rendah.

Lakum (2009) Batu bata adalah bahan bangunan yang telah lama dikenal dan umum digunakan oleh masyarakat seiring dengan peningkatan jumlah dan laju perkembangan penduduk. Batu bata merupakan material yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran tambahan (*additive*) yang melalui beberapa proses dan tahapan. Penggunaan batu bata seringkali menyebabkan pencemaran terlebih jika menggunakan bahan dari semen. Pemanfaatan batubata dalam konstruksi bangunan perlu adanya peningkatan produk yang dihasilkan. Salah satu caranya menggunakan zeolit dengan campuran sekam padi.

Anis Rahmawati (2015) mengatakan bahwa kuat tekan batubata optimum dicapai antara persentase penggunaan material limbah pada kisaran 5%-10%. Penambahan bahan sekam padi dengan persentase tertentu difungsikan untuk menstabilkan ikatan antar molekul karena kandungan SiO_2 dalam sekam padi sebesar 94,5% dapat mengisi pori zeolit yang kosong. Selain itu, SiO_2 berfungsi sebagai katalis yang membantu mempercepat proses pembakaran zeolit.

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan pembuatan batubata menggunakan zeolit sebagai bahan utama dengan campuran sekam padi yang ramah lingkungan. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh penambahan sekam padi dan suhu pembakaran pada batubata.

1.2 Rumusan Penelitian

Rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana komposisi mineral dan kimia zeolit dan sekam padi ?
2. Bagaimana pengaruh variasi pencampuran sekam padi dalam zeolit terhadap kualitas batubata ?
3. Bagaimana pengaruh suhu pembakaran terhadap kualitas batubata ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang akan dicapai sebagai berikut :

1. Mengetahui komposisi mineral dan kimia zeolit dan sekam padi.
2. Menganalisis pengaruh variasi pencampuran sekam padi dalam zeolit terhadap kualitas batubata.
3. Menganalisis pengaruh suhu pembakaran terhadap kualitas batubata.
4. Membandingkan pengaruh variasi campuran sekam padi dan suhu pembakaran terhadap kualitas batubata.

1.4 Manfaat penelitian

Kegiatan penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan suatu alternatif dalam mengurangi limbah sekam padi dan pembuatan batubata yang ramah lingkungan dari pemanfaatan zeolit berkadar rendah. Selain itu, dapat menjadi media pembelajaran mengenai karakteristik dan pengolahan zeolit dalam bidang ilmu pengetahuan. Penelitian ini merupakan salah satu cara mengembangkan pembuatan batubata menggunakan zeolit dengan campuran sekam padi ramah lingkungan.

1.5 Tahapan Kegiatan Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan selama ± 4 bulan dimulai pada bulan Mei 2022 sampai bulan September 2022. Tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian sebagai berikut :

1. Persiapan

Kegiatan persiapan dilakukan sebagai langkah awal dalam penelitian ini. Dalam tahapan ini meliputi persiapan berkas administrasi penelitian dan persuratan dengan pihak terkait serta pencarian dan pengumpulan sumber-sumber literatur yang berkaitan dengan judul penelitian yang dapat menunjang kegiatan penelitian.

2. Studi Literatur

Kegiatan studi literatur adalah pengumpulan kajian kepustakaan untuk menunjang dan memahami topik dan metode penelitian selama pelaksanaan penelitian. Tahapan studi literatur yang dilakukan dapat melalui jurnal, buku, artikel, dan referensi literatur lainnya yang berhubungan dengan topik penelitian.

3. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel Zeolit berada di Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan dimulai pada tanggal 7 April 2022. Lokasi pengambilan sampel Zeolit merupakan lahan tambang rakyat yang dikelola mandiri oleh warga setempat.

4. Penelitian di Laboratorium

Penelitian di Laboratorium meliputi preparasi sampel zeolit dan sekam padi serta menganalisis zeolit sebagai sampel awal. Selanjutnya melakukan pencampuran zeolit dan sekam padi sebelum dicetak menjadi batubata. Sampel kemudian di jemur dan dibakar untuk diuji kuat tekan, daya serap dan densitasnya. Hasil dari pengujian tersebut akan disesuaikan dengan klasifikasi batubata sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

5. Pengolahan dan penyusunan data

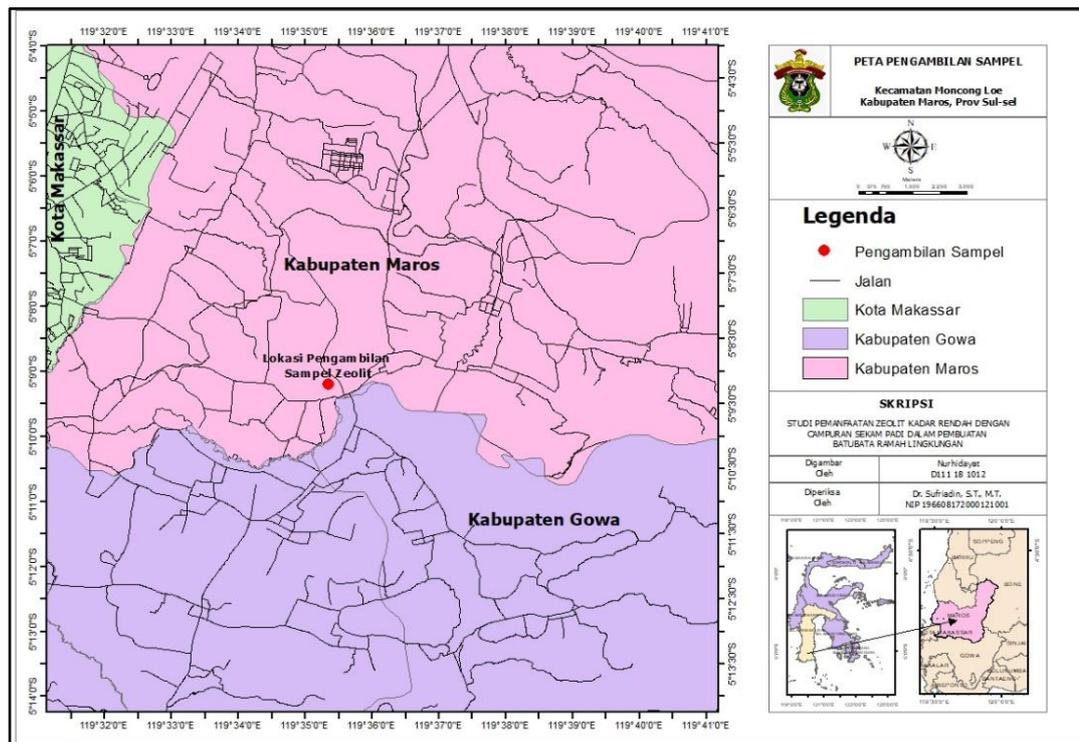
Hasil data yang diperoleh dari pengujian terhadap kualitas batubata yang dibuat kemudian disesuaikan dengan standar batubata yang berlaku di Indonesia. Selain itu hasil dari pengumpulan literatur disusun dalam laporan penelitian sebagai rujukan teori dalam kegiatan *experiment* ini.

6. Seminar Hasil Penelitian

Kegiatan seminar hasil adalah tahap akhir dari tahapan penelitian. Mahasiswa akan mempersentasikan dan memaparkan hasil penelitian yang telah dilakukan. Melalui tahapan ini, didapatkan saran-saran untuk menyempurkan laporan tugas akhir dari tim penguji, pembimbing, dan peserta seminar lainnya. Hasil revisi laporan tugas akhir selanjutnya akan diserahkan kepada Departemen Teknik Pertambangan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

1.6 Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

Lokasi pengambilan sampel berada di daerah Moncongloe, Kabupaten maros, Provisi Sulawesi Selatan. Lokasi pengambilan sampel merupakan daerah tambang dengan tipe golongan c yang digunakan sebagai timbunan dalam pembangunan konstruksi bangunan. Secara astronomis, lokasi tersebut terletak pada titik koordinat $119^{\circ}35'36.63''$ BT dan $5^{\circ}9'19.57''$ LS. Lokasi pengambilan sampel zeolit dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Peta Lokasi dan Kesampaian Daerah Penelitian

BAB II

PEMANFAATAN ZEOLIT

2.1 Zeolite

Zeolit pertama kali ditemukan oleh seorang ahli mineral bangsa Swedia pada tahun 1756, yang bernama A.F Cronstedt. Zeolit berasal dari bahasa Yunani yaitu dari kata Zeinlithos. Kata Zein memiliki arti membuih atau mendidih sedangkan kata Lithos memiliki arti batuan. Batuan ini akan mendidih atau membuih jika dipanaskan pada suhu 100 °C - 150 °C (Agung, 2007).

Menurut Perdana (2010), zeolit adalah kelompok mineral yang dalam pengertian/penamaan bahan galian, merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri.

Mineral zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Warna dari zeolit adalah putih keabu-abuan, putih kehijau-hijauan, atau putih kekuning-kuningan (Sutarti, 1994)

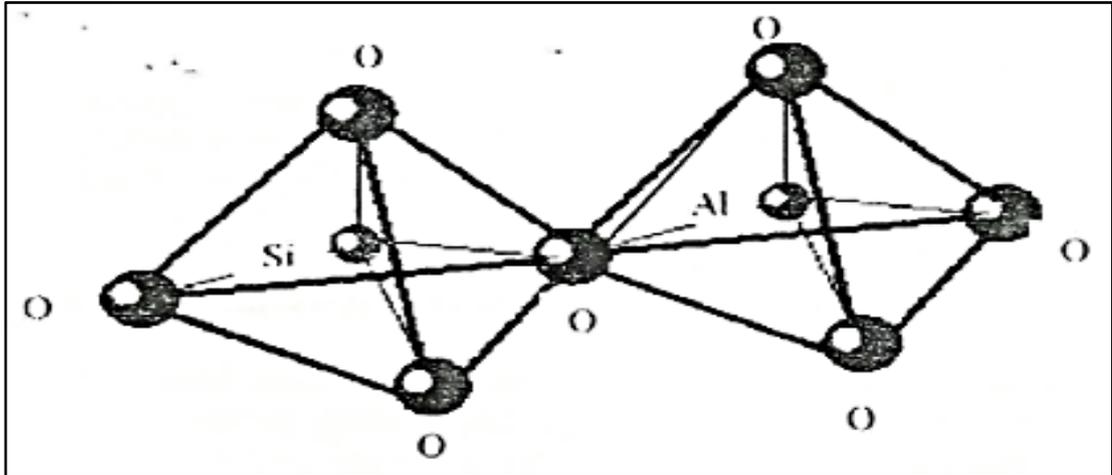
Menurut Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral (2001), komposisi zeolit alam terdiri atas senyawa alumino silikat hidrat dan unsur logam alkali. Zeolit memiliki sifat fisika dan kimia seperti derajat hidrasi yang tinggi, kerapatan ruang yang rendah, kemampuan untuk melakukan pertukaran kation, saluran molekul yang seragam dalam kristal terhidrasi, kemampuan sebagai katalis dan konduktivitas terhadap aliran listrik.

2.1.1 Struktur Zeolit

Zeolit merupakan mineral alumina silikat terhidrat yang tersusun atas tetrahedral-tetrahedral alumina (AlO_4^{5-}) dan silika (SiO_4^{4-}) yang membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori. Muatan negatif pada kerangka zeolit dinetralkan

B = Kerangka $[\text{Si},_{1-n}\text{Al}_n\text{O}_2]$

C = Fasa diadsorpsi ($n\text{H}_2\text{O}$)



Gambar 2. 1 Struktur Bangun Primer Zeolit (Auerbach, 2003).

Zeolit adalah salah satu kelompok mineral alumina silikat yang mempunyai sifat multi struktur, karena memperlihatkan struktur sarang tikus dan serat yang sangat baik. Secara kimia, mineral zeolit mengandung ion alkali dan mempunyai air kristal. Apabila dipanaskan, air kristalnya mudah menguap, sehingga bekas air dalam zeolit merupakan lubang-lubang atau saluran mikro ke segala arah. Struktur yang memiliki pori ini menyebabkan zeolit mempunyai kemampuan menyerap dan menyaring molekul.

2.1.2 Sifat Sifat Zeolit

Zeolit merupakan mineral alami aluminosilikat yang terhidrasi. Zeolit termasuk golongan yang dikenal sebagai mineral "tektosilikat". Zeolit alam biasanya terbentuk dari perubahan batuan yang kaya akan gelas di danau atau air laut (E. Erdem, 2004).

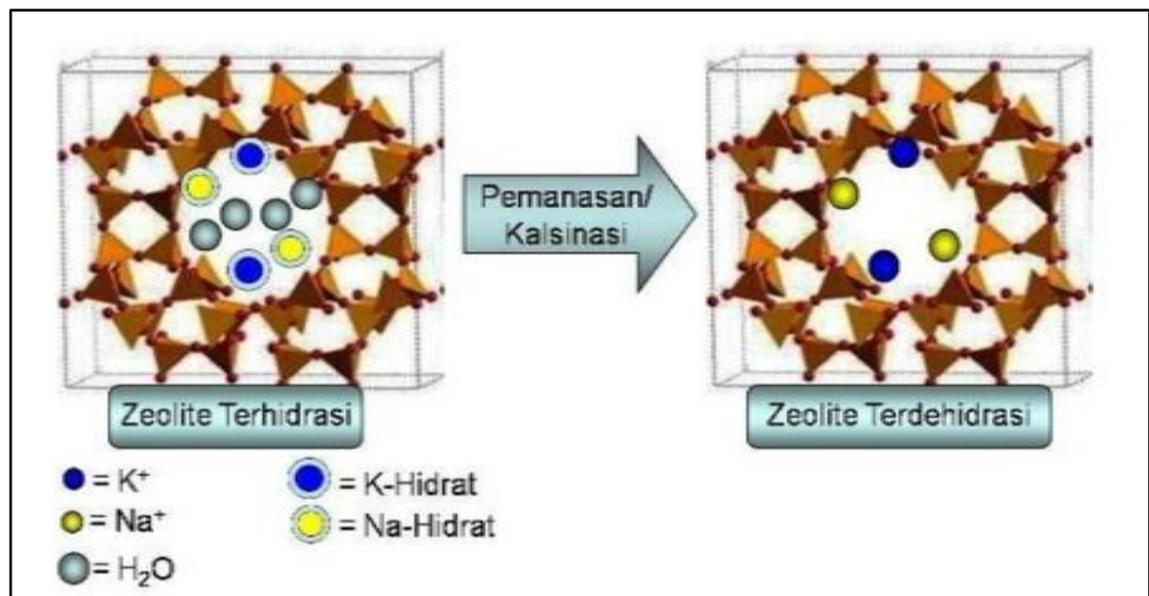
Komposisi mineral zeolit dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Zeolit (E. Erdem, 2004)

Komposisi Kimia	(%)	Sifat Fisika
SiO_2	69,3	Porositas 41,5%
Al_2O_3	13,11	Densitas 2,27 g/cm^3
K_2O	2,83	Keputihan 68%
H_2O	6,88	Bleaching aktif 1,92 gam
Su/Al	4,66	pH 7,5

1) Sifat Dehidrasi

Zeolit mempunyai sifat dehidrasi yaitu melepaskan molekul H_2O apabila dipanaskan. Pada umumnya struktur kerangka zeolit akan menyusut. Tetapi kerangka dasarnya tidak mengalami perubahan secara nyata. Bila kation-kation atau molekul air tersebut dikeluarkan dari pori dengan perlakuan tertentu maka zeolit akan meninggalkan pori-pori kosong. Secara alami pori-pori zeolite yang belum diolah akan mengandung sejumlah molekul air dan alkali atau alkali tanah hidrat. Proses pemanasan pada temperatur $300 - 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat menghilangkan kandungan air dan hidrat pada alkali atau alkali tanah hidrat. Zeolit mengalami pemanasan ini disebut zeolite teraktivasi fisika artinya zeolit terdehidrasi atau zeolit yang kehilangan air. Proses pemanasan zeolit terhidrasi untuk menjadikan zeolit terdehidrasi dapat kita lihat pada Gambar 2.2

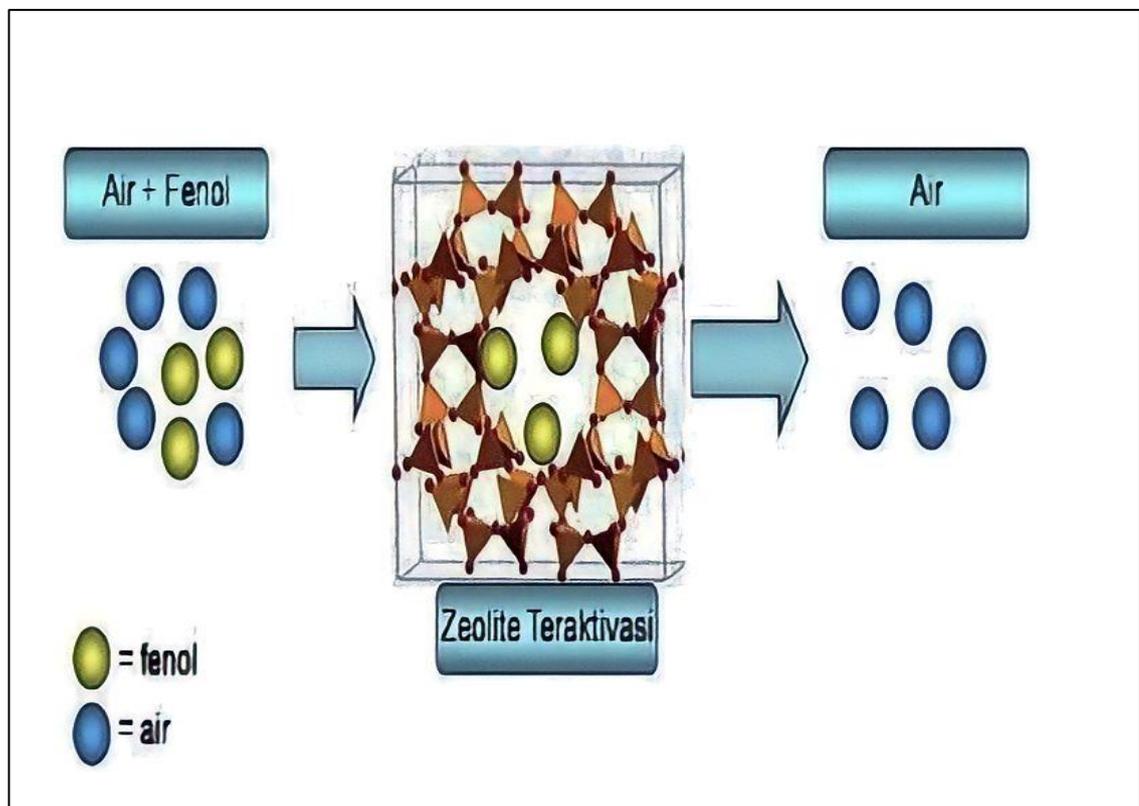


Gambar 2. 2 Proses Pemanasan Zeolit Terhidrasi menjadi Terdehidrasi (E. Erdem, 2004)

2) Sifat Penjerapan

Zeolit mempunyai kapasitas yang tinggi sebagai penjerap (adsorben). Mekanisme adsorpsi yang mungkin terjadi adalah adsorpsi fisika (melibatkan Gaya Van der Waals), adsorpsi kimia (melibatkan Gaya Elektrostatis), dan pembentukan

kompleks koordinasi. Molekul atau zat yang jerap akan menempati posisi pori. Daya serap (adsorbansi) zeolit tergantung dari jumlah pori dan luas permukaan. Molekul-molekul dengan ukuran lebih kecil dari pori yang mampu terjerap oleh zeolit. Proses zeolit teraktivasi sebagai adsorben dapat dilihat pada Gambar 2.3

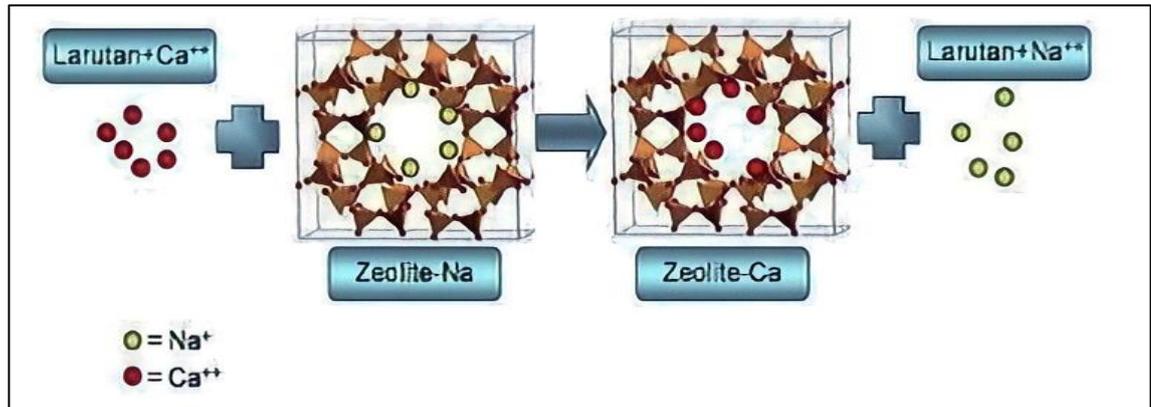


Gambar 2. 3 Proses Zeolit Teraktivasi Menjadi Adsorben (E. Erdem, 2004)

Alkohol seperti fenol adalah zat pengotor yang bersifat racun bagi manusia. Air yang mengandung fenol dapat dibebaskan dari fenol dengan melewati air dalam zeolit teraktivasi. Fenol yang terkandung dalam air akan teradsorpsi dan menempati posisi pori-pori. Sehingga konsentrasi fenol dalam air menjadi kurang.

3) Sifat pertukaran ion

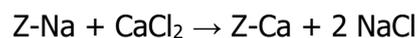
Kation-kation pada pori berperan sebagai muatan zeolit. Kation-kation ini dapat bergerak bebas sehingga dapat dengan mudah terjadi pertukaran ion. Mekanisme pertukaran kation tergantung pada ukuran, muatan, dan jenis zeolitnya. Proses pertukaran ion pada zeolit dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2. 4 Pertukaran Ion Pada Zeolit (E. Erdem, 2004)

Larutan atau air yang mengandung ion-ion Ca^{2+} dilewatkan dalam zeolite-Na teraktivasi. Ion Ca^{2+} dalam larutan atau air akan mengganti ion-ion Na^+ yang ada dalam pori-pori zeolit-Na. ion-ion Na^+ akan lepas ke dalam larutan atau air. Pada akhirnya konsentrasi ion Ca^{2+} dalam larutan atau air akan berkurang.

Reaksi pertukaran ion-ionnya dapat dijelaskan sebagai berikut :



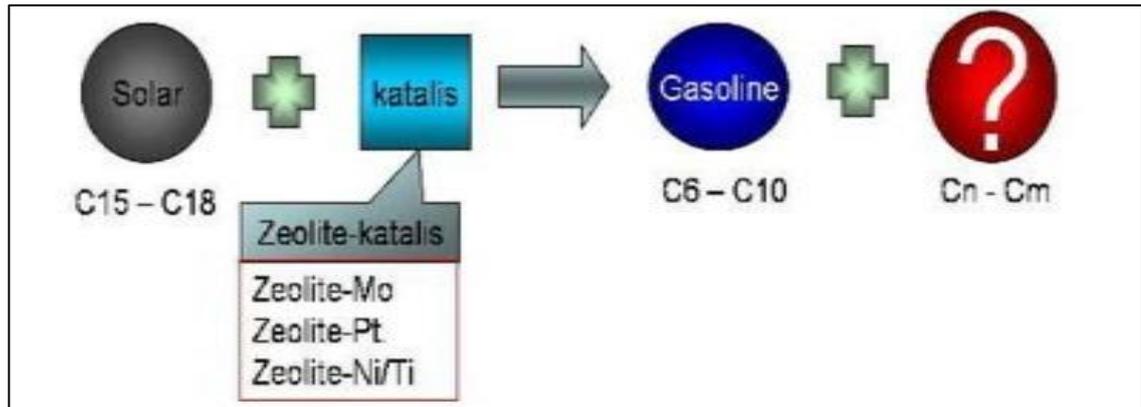
Z-Na = Zeolite-Natrium

Z-Ca = Zeolite-Ca

4) Sifat Katalis

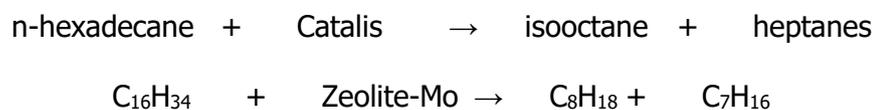
Sifat sebagai katalis didasarkan pada adanya ruang kosong yang dapat digunakan sebagai katalis ataupun sebagai penyangga katalis untuk reaksi katalitik. Kemampuan zeolit sebagai katalis berkaitan dengan tersedianya pusat-pusat aktif dalam saluran antar zeolit. Pusat-pusat aktif tersebut terbentuk karena adanya gugus fungsi asam tipe Bronsted maupun Lewis.

Perbandingan kedua jenis asam ini tergantung pada proses aktivasi zeolit dan kondisi reaksi. Pusat-pusat aktif yang bersifat asam ini selanjutnya dapat mengikat molekul-molekul basa secara kimiawi. Zeolit dengan rasio Si/Al yang tinggi akan menyebabkan keasaman tinggi. Proses zeolit sebagai katalis dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2. 5 Proses Zeolit Sebagai Katalis (E. Erdem, 2004)

Cracking adalah penguraian molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi molekul-molekul senyawa hidrokarbon yang kecil. Contoh *cracking* ini adalah pengolahan minyak solar atau minyak tanah menjadi bensin



Zeolit sintesis yang sesuai dengan kebutuhan seperti yang diperlihatkan pada Tabel 2.2. Zeolit sintesis memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan zeolit alam dan memiliki rasio Si/Al yang dapat disusun sesuai kebutuhan. Perubahan rasio Si/Al pada suatu material akan mempengaruhi sifat dari material tersebut (Lestari, 2010).

Tabel 2. 2 Zeolit Sintetis dan Kegunaannya (Saputra, 2016)

Jenis Zeolit	Kegunaan
Zeolit X	<i>Catalytic Cracking</i> (FCC) dan <i>Hydrocracking</i> , mereduksi NO
Zeolit Y	Removal, pemisah fruktosa-glukosa, pemisah N ₂ di udara, bahan pendingi kering
Zeolit US-Y	Memisahkan monosakarida
Zeolit A	Pengkonsentrasi alkohol, pengering olin, bahan gas alam padat, pembersih CO ₂ dari udara
Zeolit ZSM-5	Dewaxing, produksi syngas, mensintesis ethylbenzene
Linde Zeolit-A	Bubuk pembersih untuk memindahkan ion Ca dan Mg

Kemampuan zeolit sebagai penyerap, katalis, dan penukar ion sangat bergantung kepada perbandingan Al dan Si, sehingga dapat dikelompokkan menjadi 3 (Sutarti, 1994 dalam Rini, 2010) :

1) Zeolit sintetis dengan kadar Si rendah

Zeolit jenis ini banyak mengandung Al, berpori, mempunyai nilai ekonomi tinggi karena efektif untuk pemisahan dengan kapasitas besar. Volume porinya dapat mencapai $0,5 \text{ cm}^3$ tiap cm^3 volume zeolit.

2) Zeolit sintetis dengan kadar Si sedang

Jenis zeolit ini mempunyai perbandingan Si/Al 2 hingga 5. Contoh zeolit sintetis jenis adalah zeolit omega

3) Zeolit sintetis dengan kadar Si tinggi

Zeolit jenis ini sangat higroskopis dan menyerap molekul non polar sehingga baik untuk digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon. Zeolit jenis ini misalnya zeolit ZSM-5, ZSM-11, ZSM-21, dan ZSM-24.

2.1.3 Jenis-jenis Zeolit

Zeolit menurut proses pembentukannya dibagi 2, yaitu : zeolit alam (*natural zeolite*) dan zeolit sintetis (*synteticzeolit*). Berdasarkan ukuran porinya, zeolit dapat diklasifikasikan menjadi 3 golongan, yaitu: zeolit dengan pori kecil (*small pore zeolite*), zeolit dengan pori medium (*medium pore zeolite*), dan zeolit dengan pori besar (*large pore zeolite*). Zeolit alam diperoleh dengan penambangan secara terbuka dan dapat secara mekanis ditemukan di Indonesia.

a. Zeolit alam

Zeolit alam biasanya mengandung kation-kation K^+ , Na^+ , Ca^{2+} atau Mg^{2+} . Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi

memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membeku menjadi batuan vulkanik, batuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin. Pada zeolit alam, adanya molekul air dalam pori dan oksida bebas di permukaan seperti Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O dapat menutupi pori-pori atau situs aktif dari zeolit sehingga dapat menurunkan kapasitas adsorpsi maupun sifat katalisis dari zeolit tersebut. Inilah alasan mengapa zeolit alam perlu diaktivasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Zeolit alam ditemukan dalam bentuk mineral dengan komposisi yang berbeda, terutama dalam komposisi Si/Al dan jenis logam yang menjadi komponen minor, seperti diperlihatkan dalam Tabel 2.3

Tabel 2. 3 Mineral Penyusun Dalam Zeolit (Dimitar Georgiev, 2009)

Zeolit Alam	Komposisi
Analsim	$Na_{16}(Al_{16}Si_{32}O_{96}).16H_2O$
Kabasit	$(Na_2,Ca)_6(Al_{12}Si_{24}O_{72}).40H_2O$
Klinoptilolit	$(Na_4K_4)(Al_8Si_{40}O_{96}).24H_2O$
Erionit	$(Na,Ca_5K)(Al_9Si_{27}O_{72}).27H_2O$
Ferrierit	$(Na_2Mg_2)(Al_6Si_{30}O_{72}).18H_2O$
Heulandit	$Ca_4(Al_8Si_{28}O_{72}).24H_2O$
Laumonit	$Ca(Al_8Si_{16}O_{48}).16H_2O$
Mordenit	$Na_8(Al_8Si_{40}O_{96}).24H_2O$
Filipsit	$(Na,K)_{10}(Al_{10}Si_{22}O_{64}).20H_2O$
Natrolit	$Na_4(Al_4Si_6O_{20}).4H_2O$
Wairakit	$Ca(Al_2Si_4O_{12}).12H_2O$

Mineral zeolit yang banyak ditemukan di Indonesia adalah Mordenit dan Klinoptilolit.

1) Mordenit

Rasio Si/Al dari wujud natural dan sintetik zeolit mordenit biasanya bernilai sekitar 5.0 tapi kandungan aluminium pada struktur penampang dapat

dikurangi secara substansial menggunakan *leaching* asam tanpa kehilangan kristalinitasnya. Struktur saluran dari *mordenite* terbentuk dari cincin oksigen beranggotakan 12, memiliki diameter nominal bebas sekitar 6.7–7 Å. Namun *mordenite* alam bersifat seperti zeolit dengan pori kecil, dan bahkan molekul-molekul kecil seperti methane dan ethane teradsorpsi dengan sangat lambat. *Mordenite* berpori besar juga dapat disiapkan secara sintesis dimana saluran dapat dibebaskan dari sumbatan, dan memiliki sifat difusi yang diharapkan dari sieve bercincin 12. Keberadaan sedikit material pengotor dalam kristal memiliki efek yang sangat besar pada kemampuan adsorpsi mordenit, dimana jumlah demikian memiliki efek yang relatif kecil pada zeolit A, X dan Y.

2) *Klinoptilolite*

Zeolit *klinoptilolite* merupakan salah satu zeolit yang sering ditemui dalam alam yang mempunyai kandungan silika yang sangat tinggi dengan perbandingan Si/Al antara 7-18. Zeolit klinoptilolit alam pada suhu 25°C dan tekanan 2,6666 kPa kapasitas adsorpsinya terhadap H₂O dapat mencapai 16 gam H₂O/100 gam.

b. Zeolit Sintetis

Zeolit sintetik mengandung kation-kation K⁺ atau Na⁺. Zeolit sintesis adalah zeolit yang dibuat secara rekayasa yang sedemikian rupa sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar produksi zeolit sintetik adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina, sehingga dapat disintesis dari berbagai bahan baku yang mengandung kedua komponen di atas.

Komponen minor dalam zeolit juga dapat ditambahkan dengan mudah menggunakan senyawa murni, sehingga zeolit sintesis memiliki komposisi yang tetap dengan tingkat kemurnian yang tinggi (Dimitar Georgiev, 2009) . Dengan perkembangan penelitian, dewasa ini telah dikenal beragam zeolit sintetik, dan beberapa diantaranya disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2. 4 Rumus Oksida Jenis Zeolit Sintetis (Dimitar Georgiev, 2009)

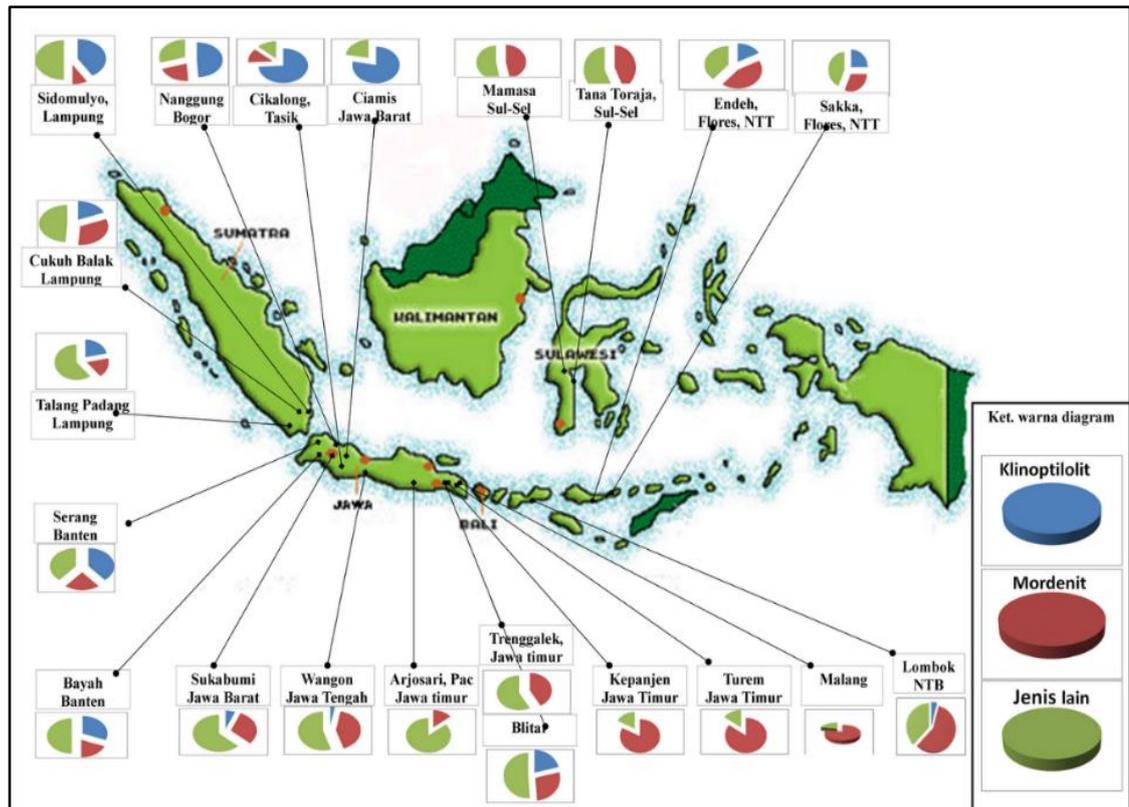
No	Zeolit	Rumus Oksida
1.	Zeolit A	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4,5\text{H}_2\text{O}$
2.	Zeolit N-A	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
3.	Zeolit H	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
4.	Zeolit L	$(\text{K}_2\text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
5.	Zeolit X	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
6.	Zeolit Y	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,8\text{SiO}_2 \cdot 8,9\text{H}_2\text{O}$
7.	Zeolit P	$\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2,5\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
8.	Zeolit O	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
9.	Zeolit Ω	$(\text{Na}, \text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 7\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ TMA – $(\text{CH}_3)_4\text{N}^+$
10	Zeolit ZK-4	$0,85\text{Na}_2\text{O} \cdot 0,15(\text{TMA})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3,3\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
11.	Zeolit ZK-5	$(\text{R}, \text{Na}_2)\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4,6\text{SiO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

2.1.4 Sebaran Endapan Zeolit

Indonesia berada dalam wilayah rangkaian gunung api mulai dari Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Maluku sampai Sulawesi. Beragam jenis batuan gunung api yang dihasilkan, di antaranya berupa batuan piroklastika tuf berbutir halus yang bersifat asam dan bersusun dasit-riolit atau bermasa kaca gunung api. Tuf halus ini tersebar luas mengikuti jalur gunung api yang sebagian atau seluruhnya telah mengalami proses ubahan atau diagenesis menjadi zeolit. Karenanya sebcara geologis Indonesia berpotensi besar untuk menghasilkan zeolit teutama daerah Sulawesi Selatan.

Di Indonesia tercatat endapan zeolit di 20 lokasi dengan jumlah sumberdaya 447.490.160 ton, seperti di Provinsi Jawa Barat mempunyai sumberdaya 185.595.160 ton, Provinsi Lampung sumberdayanya 43.800.000 ton, Provinsi Nusa Tenggara Timur sumberdayanya 6.115.000 ton, Provinsi Sulawesi Barat sumberdayanya 26.400.000 ton,

Provinsi Sumatera Utara sumberdayanya 16.200.000 ton dan Provinsi Sulawesi Selatan sumberdayanya 169.880.000 ton termasuk di wilayah Sangkaropi-Mendila, Tana Toraja.



Gambar 2. 6 Sebaran Zeolit Di Indonesia (Kartawa, 2005)

Batuan induk zeolit di daerah Sangkaropi-Mendila berupa tuf litik dan tuf gelas yang terubah dan sebagian termineralisasi termasuk ke dalam Gunung Api Lamasi berumur Oligosen. Hal ini ditunjukkan oleh hadirnya mineral ubahan hidrotermal seperti klorit, epidot, mineral lempung, karbonat dan silika, serta logam-logam dasar. Sembilan belas percontoh batuan telah dianalisis secara petrografis, tuf yang mengandung zeolit termasuk ke dalam tuf litik dasitik terubah dan tuf kaca terubah kuat, bertekstur piroklastika dengan komposisi mineral, dan terdiri atas fenokris kuarsa, plagioklas, ortoklas, piroksen, hornblenda, biotit, dan muskovit.

Batuan induk zeolit di daerah Sangkaropi-Mendila berupa tuf litik dan tuf gelas yang terubah dan sebagian termineralisasi termasuk ke dalam Gunung Api Lamasi

berumur Oligosen. Hal ini ditunjukkan oleh hadirnya mineral ubahan hidrotermal seperti klorit, epidot, mineral lempung, karbonat dan silika, serta logam-logam dasar. Sembilan belas percontoh batuan telah dianalisis secara petrografis, tuf yang mengandung zeolit termasuk ke dalam tuf litik dasitik terubah dan tuf kaca terubah kuat, bertekstur piroklastika dengan komposisi mineral, dan terdiri atas fenokris kuarsa, plagioklas, ortoklas, piroksen, hornblenda, biotit, dan muskovit. Sebaran sumber daya zeolit di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2. 5 Sebaran Sumber Daya Zeolit Di Indonesia (Kusdarto, 2008)

No	Lokasi	Provinsi	Kabupaten/ Kecamatan	Sumberdaya (Ton)	Keterangan
1	Pasir Gembong	Banten	Lebak/ Bayah	123.000.000	Jenis mineral Mordenit (32,70%), Klinoptilotit (30,89%) Nilai KTKnya berkisaran antara 52 sampai dengan 67 meq/100g
2	Nanggung	Jabar	Bogor/ Nanggung	25.000.000	Berupa modernit dan clipnoptilote
3	Desa Tungilis	Jabar	Ciamis/ Kalipucang	520.000	Nilai C.E.C : 184,08 Meq/100g
4	Bojong	Jabar	Sikabumi/ Cikembar	24.151.000	Pekan ternak
5	Gegerbitung	Jabar	Sukabumi/ Gegerbitung	100.000.000	-
6	Cikancra	Jabar	Tasikmalaya/ Cikalong	2.776.160	Berupa mordenit dan klinoptilolit, CEC 112,70 – 203,35 meq/100 g

No	Lokasi	Provinsi	Kabupaten/ Kecamatan	Sumberdaya (Ton)	Keterangan
7	Sindangkerta	Jabar	Tasikmalaya/ Cipatujah	2.158.000	Berupa mordenit dan Klinoptilolit, CEC 83,80 – 222,95 meq/100 g
8	Cibatuireng dan Karangmekar	Jabar	Tasikmalaya/ Karangnunggal	6.000.000	Berupa mordenit dan klinoptilolit, CEC 105,35 – 183,29 meq/100 g
9	Ds. Campangtiga	Lampung	Lampung Selatang/ Kalianda	200.000	Diusahakan oleh PT Mina Tama
10	Katibung	Lampung	Lampung Selatan/ Katibung	2.000.000	Berupa mordenit dan klinoptilolit, CEC 85,26 – 174,64 meq/100 g
11	Pantai Tegor	Lampung	Tanggamus/Cuku Balak	37.000.000	Zeolit kadar tinggi (klinoptilolit)
12	Desa Tengor	Lampung	Tanggamus/Cuku Balak	4.600.000	Sudah berhenti lebih kurang 5 tahun
13	Desa Khekakado	NTT	Ende/Ende	100.000	KTK 190.93 meq/100 g
14	Desa Maurole	NTT	Ende/ Maukaro	525.000	Terdiri dari modernit, kuarsa, plagioklas
15	Desa Seppong	Sulbar	Sendana	26.400.000	-147,56 meq/100 %
16	Aifua, Desa Ondorea	NTT	Ende/ Nangapanda	3.390.000	Mineral modernit, Klinoptilolit, kuarsa, dan plagioklas

No	Lokasi	Provinsi	Kabupaten/ Kecamatan	Sumberdaya (Ton)	Keterangan
17	Riasawa Barat, Desa Ondorea	NTT	Ende/ Nangapanda	1.250.000	Mineral modernit, klinoptilolit, KTK 168,13 meq/100 g
18	Riasawa Timur, Desa Ondorea	NTT	Ende/ Nangapanda	250.000	Mineral modernit, Klinoptilolit, KTK 163,35 meq/100 g
19	Desa Malimongang	Sulsel	Bone/ Salomeko	1.400.000	-
20	Sangkaropi-Mendila	Sulsel	Tana Toraja/ Sesean	168.480.000	Jenis mordenit, dan heulandite, CEC meq/100 g.
21	Simangumbang	Sumut	Tapanuli Utara/ Pahan Jae	16.200.000	Dalam formasi sihapas, mineral klinoptilolit

2.2 Sekam Padi

Sekam padi merupakan bahan berligno-selulosa seperti biomassa lainnya namun mengandung silika yang tinggi. Kandungan kimia sekam padi terdiri atas 50 % selulosa, 25 – 30 % lignin, dan 15 – 20 % *silica*. Sekam padi saat ini telah dikembangkan sebagai bahan baku untuk menghasilkan abu yang dikenal di dunia sebagai RHA (*rice husk ash*). Sekam padi yang dihasilkan dari pembakaran sekam padi pada suhu 400° C – 500° C akan menjadi *silica amorphous* dan pada suhu lebih besar dari 1.000° C akan menjadi silika kristalin (Waliuddin, 1996).

Sekam padi telah digunakan sebagai bahan pozzolan reaktif yang sangat tinggi untuk meningkatkan mikrostruktur pada daerah transisi interfase antara pasta semen dan agregat beton yang memiliki kekuatan tinggi. Penggunaan sekam padi pada komposit

semen dapat memberikan beberapa keuntungan seperti meningkatkan kekuatan dan ketahanan, mengurangi biaya bahan, mengurangi dampak lingkungan limbah bahan, dan mengurangi emisi karbon dioksida (D.D. Bui, 2005)



Gambar 2. 7 Limbah Sekam padi (D.D. Bui, 2005)

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, di mana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Jika sekam padi dibakar akan menghasilkan sekam padi. secara tradisional, sekam padi digunakan sebagai bahan pencuci alatalat dapur dan bahan bakar dalam pembuatan bata merah. Penggilingan padi selalu menghasilkan kulit gabah/ sekam padi yang cukup banyak yang akan menjadi material sisa. Ketika bulir padi digiling, 78% dari beratnya akan menjadi beras dan akan menghasilkan 22% berat kulit sekam. Kulit sekam ini dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam proses produksi. kulit sekam terdiri 75% bahan mudah terbakar dan 25% berat akan berubah menjadi abu. Sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500 °C – 600 °C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Prasetyoko, 2001).

Bila sekam padi dibakar pada suhu terkontrol, abu sekam yang dihasilkan dari sisa pembakaran mempunyai sifat pozzolan yang tinggi karena mengandung silika. Selama proses perubahan sekam padi menjadi abu, pembakaran menghilangkan zat-zat organik dan meninggalkan sisa yang kaya akan silika. Perlakuan panas pada sekam menghasilkan perubahan struktur yang berpengaruh pada dua hal yaitu tingkat aktivitas pozzolan dan kehalusan butiran abunya. Komposisi kimia sekam padi adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 6 Komposisi Kimia Sekam padi (Waliuddin, 1996).

Komponen	Jumlah (dalam % berat kering)
SiO ₂	86,90 – 97,30
K ₂ O	0,58 – 2,50
Na ₂ O	0,01 – 1,75
CaO	0,20 – 1,50
MgO	0,12 – 1,96
Fe ₂ O ₃	0,01 – 0,54
P ₂ O ₅	0,20 – 2,85
SO ₃	0,10 – 1,13
Cl	0,01 – 0,42

Sekam padi merupakan lapisan keras yang meliputi kariopsis yang terdiri dari dua belahan yang disebut lemma dan palea yang saling bertautan. Pada proses penggilingan beras sekam akan terpisah dari butir beras dan menjadi bahan sisa atau limbah penggilingan. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar.

Menurut ASTM C 618-96 (Mastari, 2003) pozzolan adalah bahan yang mengandung senyawa silika dimana bahan pozzolan itu sendiri tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen. Sekitar 20% silika dalam sekam padi merupakan suatu sumber silika yang cukup tinggi, silika dari sekam merupakan saingan dari sumber silika lain seperti pasir, bentonit dan tanah diatomae tetapi biasanya silika dari sekam padi mempunyai keuntungan karena jumlah elemen lain (pengotor) yang tidak diinginkan adalah sangat sedikit dibandingkan jumlah silikanya. Silika diperoleh dari pembakaran sekam untuk menghasilkan abu atau secara ekstraksi sebagai natrium – silikat dengan larutan alkali. Pozzolan dibagi menjadi 2 macam (Tjokrodimulyo, 2004) yaitu :

- a. Pozzolan Alam yaitu pozzolan yang terdapat di alam seperti abu vulkanis
- b. Pozzolan Buatan yaitu pozzolan yang didapat dari hasil pembakaran tanah liat, pembakaran batu bara berupa abu terbang (*Fly Ash*) dan sekam padi.

Berdasarkan sifat yang dimiliki sekam padi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bangunan yang dapat menambah sifat kekerasan balok, batubata, ubin, batu tulis dan sifat lunak.

2.3 Batubata

Batu bata merupakan bahan bangunan yang telah lama dikenal dan dipakai oleh masyarakat baik dipedesaan maupun diperkotaan yang berfungsi untuk bahan bangunan konstruksi. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya pabrik batu bata yang dibangun masyarakat untuk memproduksi batu bata. Penggunaan batu bata banyak digunakan seperti dinding pada bangunan perumahan, bangunan gedung, pagar, saluran dan pondasi. Batu bata umumnya dalam konstruksi bangunan memiliki fungsi sebagai bahan non-struktural, disamping berfungsi struktural. Sebagai fungsi struktural, batu bata dipakai sebagai penyangga atau pemikul beban yang ada di atasnya seperti pada

konstruksi rumah sederhana dan pondasi. Pada bangunan konstruksi tingkat tinggi/gedung, batu bata berfungsi sebagai non-struktural yang dimanfaatkan untuk dinding pembatas dan estetika tanpa memikul beban yang ada di atasnya.

Suatu unsur bangunan, yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi, bila direndam air (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, 1978).

Kebutuhan terhadap batu bata dapat terpenuhi dengan menyediakan batu bata yang memenuhi persyaratan teknis, mudah didapat dan harga yang murah sehingga dapat dijangkau oleh masyarakat. Adapun kualitas batu bata yang tersedia kebanyakan mudah retak, hancur, permukaan yang tidak rata dan sudut yang tidak siku akibat kurangnya kualitas batu bata yang dihasilkan. Maka perlu peningkatan produksi yang dihasilkan, dengan meningkatnya kualitas bahan material sendiri (material dasar lempung atau tanah liat) atau dengan mencampurkan bahan-bahan yang bersifat pozzolan seperti sekam padi (*rice husk ash/RHA*) kedalam bahan dasar pembuat batu bata.

Definisi batubata menurut SNI 15-2094-1991 merupakan suatu unsur bangunan yang di peruntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

2.3.1 Standar batubata

Batubata adalah batu buatan yang terbuat suatu bahan yang dibuat oleh manusia supaya mempunyai sifat-sifat seperti batu. Hal tersebut hanya dapat dicapai dengan memanasi (membakar) atau dengan pengerjaan-pengerjaan-pengerjaan kimia (Djoko Soejoto dalam Nuraisyah Siregar, 2010).

Syarat-syarat batubata dalam SNI 15-2094-1991 dan SII-0021-78 meliputi beberapa aspek seperti :

a. Pandangan luar

Batubata harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisinya harus datar, tidak menunjukkan retak-retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warnanya seragam dan berbunyi nyaring bila dipukul.

b. Ukuran

Standar bata di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) nomor 15-2094-1991 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut :

1. Panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm
2. Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm

Standar ukuran batubata menurut SII-0021-78 sebagai berikut :

Tabel 2. 7 Modul Standar Ukuran Batubata Sesuai Dengan SII-0021-78

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65	90	190
M-5b	65	140	220
M-6	55	110	220

2.3.2 Sifat Fisik Batu bata

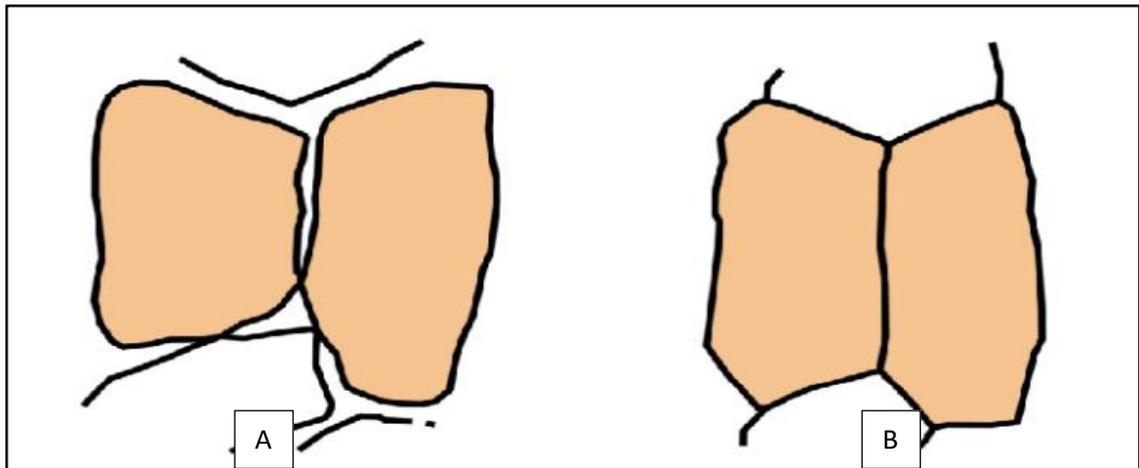
Untuk mengetahui sifat fisik dari batubata maka perlu dilakukan pengujian dan analisis. Sifat fisik batubata sebagai berikut :

a. Porositas (Daya Serap Air)

Batu bata merupakan material yang bersifat higroskopis, artinya mudah menyerap air. Bata yang berkualitas tinggi akan memiliki daya serap yang rendah terhadap

air dan kelembapan, sebaliknya bata yang berkualitas rendah akan memiliki daya serap yang tinggi terhadap air dan kelembapan. Secara umum daya serap dengan kualitas baik kurang adari 20% (Pramono, 2014).

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Bobot isi adalah perbandingan berat dalam keadaan kering dengan bobot dalam kondisi jenuh air. Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada pemasangan batu bata dan adukan karena air pada adukan akan diserap oleh batu bata sehingga pengeras adukan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukan menjadi lemah. Daya serap yang tinggi disebabkan besarnya kadar pori pada batu bata atau dapat dikatakan batu bata tidak rapat. Perubahan kenampakan batu bata setelah di bakar dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Perubahan Kenampakan Batu Bata Sebelum di Bakar (A) dan Setelah di Bakar (B)

Berdasarkan SNI-10-78 Pasal 6, rumus untuk menghitung daya serap dan bobot isi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$PA = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\%$$

$$BI = \frac{mk}{mb - mc} \times 100\%$$

Dimana :

PA = Penyerapan Air

BI = Bobot Isi

mb = Massa Setelah Direndam 24 Jam (Kg)

mc = Massa Dalam Air (Kg)

mk = Massa Kering (tetap) (Kg)

b. Kuat tekan

Kuat tekan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kekuatan atau kemampuan suatu material atau benda untuk menahan tekanan atau beban. Nilai kuat tekan batu bata diperlukan untuk mengetahui kekuatan maksimum dari suatu benda untuk menahan tekanan atau beban hingga retak atau pecah. Kualitas batu bata biasanya ditunjukkan oleh besar kecilnya kuat tekan. Namun besar kecil kuat tekan sangat dipengaruhi oleh suhu atau tingkat pembakaran, porositas, dan bahan dasar.

Rumus kuat tekan sebagai berikut :

$$P = \frac{F}{A}$$

Dimana :

P = Kuat Tekan Bahan (N/m² atau Kgf/cm²)

F = Beban Tekan Maksimum (Gaya Tekan), (Kgf atau N)

A = Luas Bidang Bahan (m²)

Jika gaya tekan F = 1 N bekerja pada luas permukaan A = 1 m², maka menurut persamaan di atas kuat tekanan bahan adalah

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1 \text{ newton}}{1 \text{ m}^2} = 1 \frac{N}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa} = 10^{-6} \text{ Mpa}$$

Dalam Satuan Internasional (SI), satuan tekanan adalah N/m². Satuan tersebut juga diberi nama pascal (Pa) jadi 1 N/m² = 1 Pa. satuan pascal adalah tekanan

yang dilakukan oleh gaya satuan newton pada luas permukaan satu meter persegi.

Kuat tekan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2000 dapat dilihat pada tabel 2.7

Tabel 2. 8 Kekuatan Tekan Rata-rata Batu bata (SNI-15-2094-2000)

Kelas	Kekuatan Tekan rata-rata Batu bata	
	Kg/cm ²	N/m ²
50	50	5.0
100	100	10
150	150	15
200	200	20
250	250	25

c. Densitas

Densitas (ρ) adalah massa atau massa sampel yang terdapat dalam satu satuan volume. Densitas sering disebut sebagai massa jenis atau biasa juga disebut dengan kerapatan bahan. Densitas yang diisyaratkan untuk digunakan adalah 1,60 g/cm³ – 2,50 g/cm³. Persamaan yang digunakan dalam menghitung densitas atau kerapatan batu bata adalah (Susatyo, 2014)

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

ρ = Densitas Suatu Bahan (g/cm³)

m = Massa Kering Bahan (g)

v = Volume Bahan (cm³)

2.4 Pengolahan dan Pemanfaatan Batubata

Mineral zeolit tersebar di berbagai wilayah di Indonesia, khususnya di Sulawesi Selatan. Kadar zeolit di Sulawesi Selatan relatif rendah sehingga mayoritas masyarakat setempat menggunakan zeolit sebagai bahan timbunan dalam membuat sebuah bangunan.

Berdasarkan sifat yang terkandung dalam mineral zeolit, terdapat beberapa pemanfaatan/penggunaan zeolit sebagai berikut:

a. Pemanfaatan zeolit sebagai adsorben

Adsorpsi merupakan proses penyerapan zat pada permukaan zat lain. Zat yang menyerap disebut adsorben dan zat yang diserap disebut adsorbat. Permukaan zat padat yang terkontak dengan suatu larutan cenderung mengakumulasi suatu lapisan permukaan molekul-molekul zat terlarut, hal ini terjadi akibat adanya ketidakseimbangan gaya-gaya permukaan. Peristiwa adsorpsi ini banyak dimanfaatkan untuk menghilangkan zat atau senyawa yang tidak diinginkan keberadaannya.

Penggunaan zeolit sebagai adsorben yaitu dengan cara menghaluskan dan menyaring zeolit dengan ukuran antara 140 dan 80 mesh kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu 400°C selama 5 jam. Pemanasan ini dilakukan untuk menghilangkan air yang terkandung dalam rongga zeolit sehingga kation-kation pada permukaan logam zeolit tidak terlindungi dan medan elektrostatis diperluas sampai ke dalam rongga dan diharapkan berinteraksi dengan spesies yang diadsorpsi dapat terjadi lebih baik (Muryani, 2000).

b. Pemanfaatan zeolit dalam bidang peternakan dan pertanian

Pemanfaatan zeolit dalam bidang peternakan memanfaatkan kemampuan zeolit sebagai pengabsorpsi dan daya tukar kationnya yang tinggi. Penggunaan zeolit dalam bidang peternakan di Indonesia baru berkembang pada dua dekade terakhir ini, baik

sebagai campuran ransum atau pakan ternak, perbaikan lingkungan peternakan maupun sebagai media pertumbuhan tanaman atau hijauan makanan ternak.(Pollung, 2005).

Secara umum manfaat zeolit dalam bidang peternakan adalah:

1. Meningkatkan nilai efisiensi pemanfaatan protein pakan oleh hewan ternak, sehingga pertumbuhan dan produksi ternak meningkat
2. Menurunkan kandungan lemak pada proses penggemukan kambing, sapi, dan lain-lain
3. Mereduksi penyakit pada hewan ruminensia yang disebabkan oleh adanya bahan-bahan beracun pada pakan ternak dan penyakit pencernaan
4. Mengontrol kelembaban dan kandungan amonia pada kotoran hewan, sehingga dapat mengurangi bau serta menjaga kesehatan lingkungan kandang
5. Kemampuan zeolit sebagai penukar kation dapat mempercepat pematangan kotoran pada proses pembuatan pupuk organik
6. Zeolit dapat menyerap kation/anion pada kotoran sapi, sehingga kation/anion itu tidak mudah terlepas, sehingga lebih efektif ketika digunakan sebagai pupuk

Pada peternakan unggas atau ayam, zeolit digunakan untuk mengurangi bau yang timbul dari kotoran ayam. Penggunaannya adalah dengan ditaburkan secara langsung pada kotoran ayam. Penambahan 10% zeolit pada kotoran dapat mengurangi pembentukan gas ammonia dan H_2S , sebagai gas utama pembentuk bau pada kotoran ayam (Sri Rachmawati, 2000). Pemberian 5% zeolit pada ransum makanan ayam ternyata dapat meningkatkan penyerapan protein oleh ayam. Hal ini menyebabkan efisiensi pada pemberian makanan dan dapat meningkatkan berat badan ayam (Pollung, 2005).

Pemanfaatan zeolit dalam bidang pertanian telah lama populer di Jepang. Para petani menggunakan zeolit untuk menjaga kelembaban tanah. Setiap 1 gam zeolit alam dapat mengabsorpsi lebih dari 1 meq ion amonium dan ion kalium yang terkandung

dalam pupuk, dan melepaskannya ion-ion tersebut secara bertahap ke dalam tanah (desorpsi). Secara umum, ada beberapa manfaat zeolit dalam pertanian, antara lain:

1. Memperbaiki kondisi tanah, baik kondisi fisik, kimia, maupun biologi tanah. Penambahan zeolit akan menambah jumlah zat basa seperti K^+ , Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} dan kapasitas penukaran kation dari tanah. Zeolit juga memperbaiki aegasi tanah, sehingga pori-pori tanah akan bertambah.
2. Meningkatkan kandungan hara tanaman, yaitu dengan adanya kandungan unsur mikro dan makro pada zeolit
3. Mengurangi keracunan logam berat dan tingkat kelarutan ion Fe (besi) dan Al (aluminium)
4. Melepaskan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman secara teratur dan perlahan
5. Mengurangi hilangnya pupuk karena terbawa air
6. Penggunaan zeolit pada lahan pertanian ada dua cara yaitu ditaburkan langsung pada lahan dan dibuat campuran zeolit/pupuk. Contoh campuran antara zeolit dan pupuk adalah campuran zeolit dan urea, perbandingan yang disarankan adalah 1:1.