

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ABU TERBANG SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN
CAMPURAN DALAM PEMBUATAN BATU BATA**



ANDI MUHAMMAD IRHAM

D131 18 1324

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022



LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Judul : **Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Alternatif Bahan Campuran Dalam Pembuatan Batu Bata**

Disusun Oleh :

Nama : **Andi Muhammad Irham** **D131181324**

Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 15 November 2022

Pembimbing I

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

Pembimbing II

Dr. Eng. Akbar Caronge, S.T., M.Eng.
NIP. 198604092019043001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan



Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Andi Muhammad Irham

Nim : D131181324

Program Studi : Teknik Lingkungan

Jenjang Studi : Strata 1 (S1)

Menyatakan bahwa karya tulis dengan judul:

“Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Alternatif Bahan Campuran Dalam Pembuatan Batu Bata”

Adalah karya tulis saya sendiri dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun. Adapun semua informasi yang tertulis dalam karya tulis ini yang bersumber dari penulis lainnya telah dicantumkan sumber dan tahun penerbitannya. Jika terdapat pihak yang merasa terdapat kesamaan judul atau hasil yang diperoleh dengan karya tulis ini maka saya siap untuk dimintai pertanggungjawaban mengenai hal tersebut.

Makassar, 17 November 2022

Yang membuat pernyataan



Andi Muhammad Irham

D131181324

KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh...

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat, berkah, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Alternatif Bahan Campuran Dalam Pembuatan Batu Bata”**. Shalawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan seluruh umat muslim baginda Nabiullah Muhammad SAW, pemimpin dan sebaik-baiknya suri tauladan umat manusia. Skripsi ini ditujukan sebagai salah satu persyaratan ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyelesaian tugas akhir ini bukan tanpa hambatan. Beberapa masalah yang telah dilalui oleh penulis tidak jarang membutuhkan kesabaran yang tinggi.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat merasa terbantu oleh banyak pihak. Oleh karenanya penulis ingin menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Andi Muhammad Rafi'i M.P., dan Ibu Siti Mutiara, selaku kedua orang tua yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan dalam bentuk apapun. Semoga selalu diberikan kesehatan dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
2. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Eng. Irwan Ridwan Rahim, S.T., M.T., dan Ibu Dr. Eng. Ashiyanti T. Lando, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah menyediakan waktunya untuk memberikan masukan kepada penulis.

4. Bapak Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan senantiasa memberikan arahan selama penelitian.
5. Bapak Dr. Eng. Akbar Caronge, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan senantiasa memberikan arahan selama penelitian.
6. Ibu Dr. Eng. Ashiyanthi T. Lando, S.T., M.T., selaku dosen Penasihat Akademik dari penulis.
7. Bapak dan Ibu Dosen Departemen Teknik Lingkungan yang dengan tulus dan ikhlas senantiasa memberikan bimbingan, didikan, dan motivasi selama masa perkuliahan.
8. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin terutama kepada staf Departemen Teknik Lingkungan Ibu Sumiati dan Kak Olan serta Ibu Utami yang telah banyak membantu dalam segala urusan administrasi penunjang tugas akhir.
9. Rio, Nasri, Aldi, Alya, Bappao, Cunnul, Ekky, selaku sahabat terdekat penulis yang selalu memberikan semangat kepada penulis dan saling menyemangati satu sama lain.
10. Mahasiswa Teknik Lingkungan Angkatan 2018 terutama Rekan Lab Riset Sanitasi dan Persampahan, selaku rekan seperjuangan yang telah memberikan banyak bantuan dan semangat kepada penulis.
11. Anak-anak yang selalu kumpul di G3, selaku kawan mengukir cerita dan berbagi tawa selama menjalani masa perkuliahan.
12. Faturrahman Al-Hamid (Alm), salah satu kawan hebat penulis ketika menjalani status sebagai mahasiswa teknik, Surga untukmu kawan.
13. Eddy yang menjadi rekan Kerja Praktik dan Faiz serta Osop yang memberikan bantuan sehingga penulis bisa praktik di UPC Sidrap Bayu Energi.
14. Saudara-saudara se-TRANSISI 2019 yang telah menjadi salah satu bagian kisah perkuliahan penulis mulai dari mahasiswa baru hingga menjadi mahasiswa akhir.

15. Untuk kanda-kanda senior dan adik-adik di Departemen Teknik Lingkungan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak pelajaran dan pengalaman berharga kepada penulis.
16. Nurul Pratiwi S.A.P., selaku pemeran penting dalam cerita kehidupan penulis. Terima kasih telah menjadi rumah bagi penulis dari kuatnya badai, menemani, membantu, memberikan semangat dan motivasi, membukakan pandangan, mengajarkan kesabaran dan keikhlasan serta perjuangan dalam berbagai hal yang dijalani dalam kehidupan.
17. Serta seluruh pihak yang namanya tidak sempat disebutkan satu persatu. Terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan.

Akhir kata, semoga Allah SWT membalaskan kebaikan kepada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sebuah kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini dapat memberikan sebuah manfaat sekecil apapun bagi para pembaca.

Gowa, September 2022

Penulis

ABSTRAK

ANDI MUHAMMAD IRHAM. Pemanfaatan Abu Terbang Sebagai Alternatif Bahan Campuran Dalam Pembuatan Batu Bata (dibimbing oleh Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng. dan Dr. Eng. Akbar Caronge, S.T., M.Eng).

Pesatnya laju pembangunan melahirkan beberapa peluang yang memberikan kesempatan untuk memenuhi kebutuhan primer, salah satunya tempat tinggal. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan pembangunan, maka semakin besar pula penggunaan bahan bangunan khususnya penggunaan batu bata. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik batu bata sebagai bahan bangunan dan persentase maksimum penggunaan limbah abu terbang. Metodologi penelitian ini bersifat eksperimental dan dilakukan di Laboratorium dengan melakukan percobaan kekuatan tekan, berat jenis, porositas, *leachate*, dan *thermal performance* dengan variasi substitusi sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian menunjukkan persentase maksimum substitusi abu terbang terhadap tanah yang disarankan sebesar 5% dengan kekuatan tekan sebesar 3,27 MPa dan persentase minimum substitusi abu terbang yang disarankan sebesar 10% dengan kekuatan tekan sebesar 2,68 MPa dan memenuhi persyaratan SII-0021-78. Sedangkan substitusi abu terbang sebesar 15% tidak disarankan karena memiliki kekuatan tekan sebesar 1,95 MPa yang tidak memenuhi persyaratan standarisasi. Pengaruh substitusi abu terbang terhadap karakteristik *leachate* yang dihasilkan batu bata menunjukkan unsur-unsur kimia yang dihasilkan masih di bawah batas baku mutu yang ditetapkan oleh *United State Environmental Protection Agency* (USEPA) 1992.

Kata Kunci: Batu Bata, Abu Terbang, Kekuatan Tekan, *Leachate*.

ABSTRACT

ANDI MUHAMMAD IRHAM. Utilization of Fly Ash as an Alternative Mixture for Making Bricks (supervised by Dr. Eng. Ibrahim Djamaluddin, S.T., M.Eng. and Dr. Eng. Akbar Caronge, S.T., M.Eng).

The rapid pace of development has given rise to several opportunities that provide opportunities to meet primary needs, one of which is a place to live. With the rapid growth of development, the greater the use of building materials, especially the use of bricks. This study aims to determine the characteristics of bricks as building materials and the maximum percentage of use of fly ash waste. This research methodology is experimental and is carried out in a laboratory by conducting experiments on compressive strength, specific gravity, porosity, leachate, and thermal performance with substitution variations of 0%, 5%, 10%, and 15%. The results showed that the maximum percentage of fly ash substitution against the recommended soil was 5% with a compressive strength of 3, 27 MPa and the recommended minimum percentage of fly ash substitution is 10% with a compressive strength of 2.68 MPa and meets the requirements of SII-0021-78. Meanwhile, 15% fly ash substitution is not recommended because it has a compressive strength of 1.95 MPa which does not meet the standardization requirements. The effect of fly ash substitution on the characteristics of leachate produced by bricks shows that the chemical elements produced are still below the quality standard limits set by the United State Environmental Protection Agency (USEPA) 1992.

Keywords: Bricks, Fly Ash, Compressive Strength, Leachate.

DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup	4
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Batu Bata	6
B. Tanah	10
C. Abu Terbang	22
D. Penelitian Terdahulu	26
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	28
A. Bagan Alir Penelitian	28

B. Tempat dan Waktu Penelitian	30
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	30
D. Alat dan Bahan Penelitian	30
E. Benda Uji	35
F. Prosedur Penelitian	36
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	46
A. Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) di Indonesia	46
B. Karakteristik Material	47
C. Kuat Tekan	48
D. Porositas	49
E. Berat Jenis	51
F. Tes Lindi (<i>Leachate</i>)	52
G. <i>Thermal Performance</i>	53
BAB V. PENUTUP	58
A. Kesimpulan	58
B. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Ukuran batu bata berdasarkan SNI-15-2094-2000	8
Tabel 2. Modul standar ukuran batu bata merah berdasarkan SII-0021-78	8
Tabel 3. Ukuran maksimum batu bata sesuai dengan SII-0021-78	9
Tabel 4. Kekuatan Tekan rata-rata batu bata menurut SII-0021-78	9
Tabel 5. Komposisi dan klasifikasi abu terbang	23
Tabel 6. Rancangan campuran batu bata	37
Tabel 7. Jumlah benda uji	41
Tabel 8. Karakteristik Fisik dan Kimia Bahan	47
Tabel 9. Nilai kuat tekan sampel batu bata	48
Tabel 10. Nilai porositas sampel batu bata	49
Tabel 11. Nilai berat jenis sampel batu bata	51
Tabel 12. Laporan hasil uji <i>Leachate</i>	52
Tabel 13. Nilai suhu variasi 1	53
Tabel 14. Nilai suhu variasi 2	55
Tabel 15. Nilai suhu variasi 3	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan Alir Penelitian	29
Gambar 2. Cetakan Batu Bata	31
Gambar 3. Timbangan Digital	31
Gambar 4. Timbangan Gantung	32
Gambar 5. Alat uji kuat tekan <i>Universal Testing Machine</i>	32
Gambar 6. Alat <i>Atomic Absorbtion Spectrometry</i>	33
Gambar 7. Termometer ruang dan termometer laser	33
Gambar 8. Abu terbang PLTU Batubara	34
Gambar 9. Tanah lempung	34
Gambar 10. <i>Styrofoam</i> mading	35
Gambar 11. Lem silikon	35
Gambar 12. Bahan campuran pembuatan batu bata	37
Gambar 13. Proses penimbangan benda campuran	38
Gambar 14. Pengadukan campuran hingga menjadi tanah liat	38
Gambar 15. Proses pencetakan batu bata	39
Gambar 16. Proses pengeringan batu bata di bawah sinar matahari	39
Gambar 17. Proses pembakaran batu bata	40
Gambar 18. Proses pendinginan batu bata	40
Gambar 19. Grafik kuat tekan batu bata	49
Gambar 20. Grafik hubungan porositas terhadap kuat tekan	50

Gambar 21. Grafik berat jenis sampel batu bata	51
Gambar 22. Grafik nilai suhu variasi 1	54
Gambar 23. Grafik nilai suhu variasi 2	55
Gambar 24. Grafik nilai suhu variasi 3	57

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Pesatnya laju pembangunan melahirkan beberapa peluang bagi banyak orang. Hal ini juga didukung oleh peningkatan pendapatan yang memberikan kesempatan untuk memenuhi kebutuhan primer, salah satunya tempat tinggal. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan pembangunan, maka semakin besar pula penggunaan bahan bangunan khususnya penggunaan batu bata. Penggunaan batu bata banyak digunakan pada bangunan tempat tinggal yaitu sebagai dinding bangunan. Membangun rumah dari bata merah adalah hal yang sering kita jumpai di masyarakat, karena strukturnya kuat dan harganya terjangkau membuat bata merah tetap menjadi pilihan sebagai bahan utama dinding dibandingkan bahan bangunan lainnya seperti batako, bata ringan, dan bahan lainnya (Dian, 2010).

Batu bata adalah bahan bangunan yang telah lama dikenal dan dipakai oleh masyarakat baik di perdesaan maupun di perkotaan 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 untuk aplikasi teknik sipil seperti dinding pada bangunan perumahan, bangunan gedung, pagar, saluran dan pondasi. Batu bata umumnya dalam konstruksi bangunan memiliki fungsi sebagai bahan non-struktural, di samping berfungsi sebagai struktural. Sebagai fungsi struktural, batu bata dipakai sebagai penyangga atau pemikul beban yang ada di atasnya seperti pada konstruksi rumah sederhana dan pondasi. Sedangkan 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 (Muhardi dkk, 2007).

Timbulnya permasalahan penurunan kualitas lingkungan nantinya akan mengganggu keseimbangan ekosistem. Hal tersebut dikarenakan penggunaan lahan yang tidak memperhatikan kemampuan lahan, daya dukung dan bentuk peruntukannya (Harini, 2013).

Penelitian ini dimaksudkan menganalisis seberapa besar dampak yang ditimbulkan dari kegiatan pembuatan batu bata ini untuk menyeimbangkan antara peran manusia sebagai perencana dan pelaksanaan pembangunan dengan pemanfaatan sumber daya alam. Kegiatan pembangunan yang menjadi salah satu penyebab peningkatan penyalahgunaan sumberdaya alam. Oleh sebab inilah alasan dibutuhkan sebuah inovasi dalam mengurangi penggunaan tanah sebagai bahan baku dasar pembuatan batu bata, dan salah satu alternatif yang digunakan adalah produk sampingan yang memiliki karakteristik serupa dengan tanah sehingga tidak mengurangi sifat mekanis batu bata sebagai material dalam konstruksi sebuah bangunan.

Salah satu sumber daya alam yang dalam pengelolaannya menghasilkan produk sampingan adalah batu bara. Batubara adalah bahan bakar fosil, di mana di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 38,9 miliar ton. Dari jumlah tersebut sekitar 67 % tersebar di Sumatera, 32% di Kalimantan dan sisanya tersebar di Pulau Jawa, Sulawesi dan Irian Jaya. Dengan kualitas batubara yang baik dan dengan jumlah yang besar tersebut serta tingkat produksi saat ini, batubara dapat menjadi sumber energi bagi Indonesia selama ratusan tahun (Sri, 2008).

Abu terbang merupakan bahan sisa buangan yang berasal dari pembakaran batu bara yang biasanya digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Saat suhu pembakaran antara 1250°C sampai 1600°C, material-material yang tahan terhadap api akan bergabung membentuk butiran-butiran berbentuk bola seperti kaca dengan komposisi silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferioksida (Fe_2O_3), dan unsur-unsur minor lainnya (Hidayat, 1986). Material abu terbang yang berasal dari sisa pembakaran batu bara dan merupakan limbah industri, sampai saat ini masih belum ditemukan penggunaan yang tepat, sedangkan produksi limbah batu bara ini semakin meningkat dari tahun ke tahun jauh melebihi dari permintaan pasar. Harga

jual dari material abu terbang ini sangatlah murah, oleh karena itu penelitian tentang penggunaan material abu terbang yang tepat terus berkembang, hal ini disebabkan material abu terbang memiliki potensi untuk dibuat bahan bangunan dengan mutu yang baik namun biaya produksinya relatif murah. Menurut perhitungan empiris yang dilakukan Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan dari batu bara yang dibakar tiap satu ton akan menghasilkan abu batu bara sekitar 15% -17 %. Sampai saat ini limbah hasil pabrik ini belum dimanfaatkan secara optimal dikarenakan belum adanya solusi pemanfaatan yang tepat (Endah Safitri, 2009). Penanganan lingkungan yang dapat diterapkan adalah salah satunya yaitu pemanfaatan residu abu terbang untuk pemenuhan kebutuhan materil konstruksi sipil.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh pemanfaatan limbah abu terbang dalam mereduksi penggunaan tanah sebagai campuran pembuatan batu bata.
2. Bagaimana pengaruh penambahan limbah abu terbang terhadap karakteristik batu bata.
3. Bagaimana pengaruh penambahan limbah abu terbang terhadap karakteristik air lindi yang dihasilkan batu bata.

C. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui persentase maksimum substitusi limbah abu terbang terhadap tanah.
2. Mengetahui pengaruh penambahan abu terbang terhadap karakteristik batu bata.
3. Menganalisis karakteristik air lindi batu bata dengan campuran abu terbang.

D. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu menciptakan suatu komposisi yang seimbang antara batu bata dengan kolaborasi abu terbang berbasis ramah lingkungan sebagai pengganti tanah liat.

E. Ruang Lingkup

Agar penelitian ini terlaksana secara prosedur, maka dibuatlah ruang lingkup permasalahan sebagai berikut:

1. Substitusi tanah liat dalam penambahan abu terbang dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 15%.
2. Abu terbang yang digunakan berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang berlokasi di Kecamatan Ampana, Sulawesi Tengah.
3. Tanah liat yang digunakan merupakan tanah yang berasal dari industri pembuatan batu bata.

F. Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini dibagi dalam lima bab, antara lain: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil dan Pembahasan, dan ditutup dengan Kesimpulan dan Saran. Berikut uraian dari kelima bab tersebut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang hal-hal yang menjadi permasalahan sebagai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup, dan sistematika penulisan yang memuat gambaran garis besar tentang hal-hal yang akan dibahas selanjutnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan konsep kerangka pikir yang dituliskan dari beberapa penelitian sebelumnya yang relevan terhadap penambahan abu terbang sebagai substitusi tanah dalam pembuatan batu bata.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan bagan alir penelitian, tahap-tahap yang turunkan menjadi sebuah prosedur penelitian, benda-benda yang menjadi alat dan bahan penelitian, lokasi penelitian, pembuatan sampel uji, dan uraian beberapa pengujian sampel.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini memuat penjelasan tentang hasil beberapa pengujian sampel yang telah dilakukan guna kemudian dilakukan studi banding tingkat efektif, tinjauan dampak lingkungan, dan efisiensi daripada penambahan abu terbang terhadap karakteristik batu bata.

BAB V PENUTUP

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari hasil analisis uji yang didapatkan setelah penelitian dan memuat tentang beberapa saran yang dapat menjadi perkembangan uji selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Batu Bata

Batu bata telah banyak digunakan sebagai bahan bangunan di seluruh dunia, dengan produksi tahunan global sekitar 1391 miliar unit (Zhang, 2013). Batu bata adalah salah satu dari beberapa bahan konstruksi bangunan yang digunakan sejak dahulu hingga saat ini yang masih dipakai oleh banyak masyarakat, baik di daerah pedesaan maupun perkotaan. Realita tersebut dapat dilihat dari berkembang dan meningkatnya jumlah produsen batu bata yang ada di Indonesia. Namun, masyarakat yang sedang mempertahankan kehidupannya dari geliang perekonomian dan aspek lingkungan hidup juga menimbulkan kesenjangan diantara keduanya. Baik pembuatan batu bata yang dilakukan secara konvensional maupun moderen menjadi penyebab dari hilangnya lapisan atas tanah yang subur.

Definisi batu bata adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segiempat panjang, pejal, atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aditif dan dibakar pada suhu tertentu (SNI-15-2094-2000).

Menurut (Jedy dkk, 2017) batu bata merupakan salah satu bahan pemodelan properti, yaitu dinding sebagai sekat dalam sebuah bangunan. Batu bata digunakan untuk membuat sebuah dinding yang dapat menjadi pelindung utama bagi masyarakat sebagai penghuni bangunan dari kondisi cuaca dan situasi alam dari luar bangunan. Beberapa alasan yang menyebabkan batu bata masih diminati di kalangan masyarakat luas antara lain mudah untuk didapatkan akibat menjamurnya produsen batu bata, dan memiliki harga yang

cukup murah sehingga dengan mudahnya diperoleh oleh masyarakat luas terutama bagi masyarakat dengan kondisi ekonomi menengah ke bawah.

Batu Bata memiliki beberapa kelebihan serta kekurangan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, khususnya batako dan bat. Menurut (Hendro dkk, 2012) kelebihan batu bata antara lain adalah:

1. Tahan terhadap bahaya api, terutama pada saat kebakaran
2. Tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam memasang batu bata
3. Merupakan bahan bangunan yang tergolong murah dan cukup mudah ditemukan.

Sedangkan kekurangan batu bata jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain, antara lain:

1. Mudah menyerap air dan mudah rusak bila mengabsorbsi air garam, sehingga tidak cocok untuk struktur bawah air.
2. Mudah menyerap panas pada saat musim kemarau dan mudah menyerap dingin pada saat musim hujan sehingga menjadikan sulit untuk mendapatkan suhu ruangan yang stabil jika menggunakan dinding batu bata.
3. Jika terjadi perubahan suhu yang ekstrim, maka akan mengakibatkan retak-retak rambut pada plesteran.

Pada umumnya batu bata terbuat dari tanah liat yang dalam pembuatannya tanpa atau dengan bahan-bahan lain. Untuk proses pembuatannya sendiri diawali dari pengambilan bahan dasar untuk kemudian dilakukan pengolahan pada bahan baku seperti proses pencetakan, proses pengeringan, proses pembakaran, dan hasil pembakaran yang dilakukan pada suhu tinggi hingga tidak dapat hancur bila direndam dalam air (Dian, 2010).

Bahan baku dalam pembuatan batu bata merah adalah tanah yang mempunyai sifat lempung (tanah liat). Tanah lempung mempunyai sifat plastis apabila dicampur air dengan jumlah tertentu. Hal ini dimaksudkan agar dapat dengan mudah dibentuk atau dicetak, serta mempunyai kekuatan tarik yang

cukup untuk mempertahankan bentuknya sebelum diproses akhir (pengeringan). Tanah lempung adalah bahan kompleks.

Sementara itu, tingginya permintaan tanah liat dalam produksi batu bata telah menyebabkan eksploitasi berlebihan, yang mengakibatkan pengurangan bahan tak terbarukan ini di sejumlah negara yang berkembang pesat di seluruh dunia (Chen dkk. 2011; Lingling dkk, 2005).

Pada umumnya standar mutu batu bata sebagai bahan bangunan yang harus dipenuhi adalah: SNI-15-2094-2000 dan SII-0021-78 dengan penjabaran sebagai berikut:

A. Bentuk

Bentuk bidang-bidang sisinya harus datar, rusuk-rusuknya tajam dan siku, permukaan rata dan tidak retak.

B. Ukuran

Ukuran standar menurut SNI-15-2094-2000 dan SII-0021-78 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Ukuran batu bata berdasarkan SNI-15-2094-2000

Modul	Tinggi (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M - 5a	65 ± 2	92 ± 2	190 ± 4
M - 5b	65 ± 2	100 ± 2	190 ± 4
M - 6a	52 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M - 6b	55 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M - 6c	70 ± 3	110 ± 2	230 ± 5
M - 6d	80 ± 3	110 ± 2	230 ± 5

(Sumber: SNI-15-2094-2000)

Tabel 2. Modul standar ukuran batu bata merah berdasarkan SII-0021-78

Modul	Tebal	Lebar	Panjang
M - 5a	65	90	190
M - 5b	65	140	190
M - 6	55	110	230

(Sumber: SII-0021-78)

Penyimpangan maksimal ukuran standar batu bata yang diperbolehkan dalam SII-0021-78 yaitu sebesar 3% untuk panjang, 4% untuk lebar, dan 5% untuk tebal. Sedangkan, selisih antara bata berukuran maksimum dengan bata minimum yang diperbolehkan yaitu 10mm untuk panjang, 5mm untuk lebar, dan 4mm untuk tebal.

Tabel 3. Ukuran maksimum batu bata sesuai dengan SII-0021-78

Kelas	Penyimpangan Ukuran Maksimum (mm)		
	M-5a M-5b dan M-6		
	Tebal	Lebar	Panjang
25	2	3	5
50	2	3	5
100	2	3	4
150	2	2	4
200	2	2	4
250	2	2	4

(Sumber: SII-0021-78)

C. Kuat tekan

Kuat tekan batu bata dinyatakan sebagai kemampuan batu bata untuk menerima beban maksimum sampai bata pecah. Sesuai dengan SII-0021-1978 dinyatakan dalam tabel berikut.

Tabel 4. Kekuatan Tekan rata-rata batu bata menurut SII-0021-78

Kelas	Kekuatan Tekan Rata-Rata Batu Bata		Koefisien Variasi Izin
	kg/cm ²	N/mm ²	
25	25	2,50	25%
50	50	5,0	22%
100	100	10	22%
150	150	15	15%
200	200	20	15%
250	250	25	15%

(Sumber: SII-0021-78)

D. Garam yang membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan serta yang dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktural “*Efflorescence*” pada permukaan bata adalah magnesium sulfat ($MgSO_4$), natrium sulfat (Na_2SO_4), kalium sulfat (K_2SO_4), dengan total kadar garam maksimum 1,0 %.

E. Kerapatan semu

Kerapatan semu minimum batu bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 1,2 gram / cm^2 .

F. Penyerapan air

Penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 20%.

B. Tanah

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut).

Menurut Bowles (1989) dalam Fauizek dkk (2018), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm. 7
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Tanah sebagai mineral yang terdiri dari agregat mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Tanah terjadi sebagai produk pecahan dari batuan yang mengalami pelapukan mekanis atau kimiawi. Pelapukan mekanis terjadi apabila batuan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil tanpa terjadi suatu perubahan kimiawi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu pengaruh iklim, eksfoliasi, erosi oleh angin dan hujan, abrasi, serta kegiatan organik. Sedangkan pelapukan kimiawi meliputi perubahan mineral batuan menjadi

senyawa mineral yang baru dengan proses yang terjadi antara lain seperti oksidasi, larutan (solution), pelarut (leaching) (Das, 1995).

Terzaghi (1987) dalam Ayu (2015), tanah liat atau lempung akan menjadi sangat keras dalam keadaan kering, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Tanah liat atau lempung mempunyai sifat permeabilitas sangat rendah dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Lempung atau tanah liat adalah suatu silika hidraaluminium yang kompleks dengan rumus kimia yang terikat dan bervariasi untuk masa yang sama. Mineral lempung mempunyai daya tarik menarik individual yang mampu menyerap 100 kali volume partikelnya, ada atau tidaknya air (selama pengeringan) dapat menghasilkan perubahan volume dan kekuatan yang besar. Partikel-partikel lempung juga mempunyai tenaga tarik antar partikel yang sangat kuat yang untuk sebagian menyebabkan kekuatan yang sangat tinggi pada suatu bongkahan kering (batu lempung).

Menurut Bowles (1991) dalam Septayani (2016), tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif. Namun menurut Chen (1975) dalam Aziz & Safitri (2015), bahwa suatu mineral lempung tidak dapat dibedakan melalui ukuran partikel saja, sebagai contoh partikel quartz dan feldspar, meskipun terdiri dari partikel-partikel yang sangat kecil namun tidak bisa disebut tanah lempung karena umumnya partikel-partikel tersebut tidak dapat menyebabkan terjadinya sifat plastis dari tanah. Perubahan sifat fisik dan mekanis tanah lempung dikendalikan oleh kelompok mineral yang mendominasi tanah tersebut.

Secara umum lempung dibagi dalam dua kelas, yaitu lempung yang mengandung kapur, lempung jenis ini mengandung kalsium karbonat kurang lebih 15%, dan jika dibakar berwarna kekuning-kuningan dan lempung yang tak mengandung kapur, lempung jenis ini mengandung kalsium, alumina, dan oksida besi sekitar (2 –10 %). Lempung jenis ini jika dibakar akan berwarna kuning tua atau merah. Warna ini timbul disebabkan oleh adanya kandungan oksida besi (Rochadi dan Irianta, 2006).

Jenis mineral lempung yang dihasilkan pada suatu keadaan tertentu bergantung pada batuan asal dan lingkungan pelapukan. Faktor- faktor penting adalah iklim, topografi, dan nilai ph dari air yang merembes dalam tanah. Misalnya, kaolinite dibentuk dari mineral feldspar akibat air dan karbon dioksida. Kwarsa adalah mineral yang paling tahan terhadap pelapukan, sehinggah tanah yang berasal dari granit biasanya mengandung banyak butir kasar yang terdiri atas kwarsa, (tercampur dengan butir lain yang lebih halus). Pelapukan kimiawi lebih keras pada iklim panas dan basah. Pada iklim semacam ini pelapukan dapat berlangsung sampai sangat dalam. Di Indonesia pelapukan masih berlangsung sampai sedalam puluhan meter. Cara pelapukan sebetulnya kurang penting diketahui dengan teliti yang penting adalah sifat tanah yang dihasilkan oleh proses pelapukan (Wasley, 2010).

Selain pelapukan fisika dan kimiawi, ada faktor lain yang terlibat dalam cara pembentukan tanah. Faktor terpenting adalah pengangkutan butir tanah dan kemudian pengendapannya di lain tempat seperti dilaut atau danau. (Wasley, 2010).

Razak (1987) dalam Hari (2015), berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya, lempung dibagi dalam beberapa jenis:

1. Lempung residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan, tidak plastis, semakin digali semakin banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

2. Lempung illuvial

Lempung illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya seperti di kaki bukit. Lempung ini memiliki sifat yang mirip dengan lempung residual, hanya saja lempung illuvial tidak ditemukan lagi batuan dasarnya.

3. Lempung alluvial

Lempung alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau disepanjang sungai. Pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya.

4. Lempung rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa. Jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam. Apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam. Di Indonesia pada pembuatan batu bata merah dan genteng pada umumnya menggunakan lempung alluvial, karena sawah-sawahnya rata-rata mengandung lempung alluvial dan jarang sekali menggunakan lempung marin. tanah liat memiliki komposisi kimia sebagai berikut:

- a. Silika (SiO_2), silika dalam bentuk sebagai kuarsa jika memiliki kadar yang tinggi akan menyebabkan tanah liat menjadi pasiran dan mudah slaking, kurang plastis dan tidak begitu sensitif terhadap pengeringan dan pembasahan.
- b. Alumina (Al_2O_3) terdapat dalam mineral lempung, feldspar dan mika. Kadar alumina yang tinggi akan memperlebar jarak temperature sintering
- c. Komponen besi ini dapat menguntungkan atau merugikan, tergantung jumlahnya dan sebar butirannya. makin tinggi kadar besi tanah liat, makin rendah temperature peleburan tanah liat. Mineral besi yang berbentuk kristal engan ukuran yang besar dapat menyebabkan cacat pada permukaan produknya seperti pada batu bata atau keramik.
- d. CaO (kapur) terdapat dalam tanah liat dalam bentuk batu kapur. bertindak sebagai pelebur bila temperature pembakarannya mencapai lebih dari 11000°C , 5 MgO , terdapat dalam bentuk dolomite, magnesit atau silikat. dapat meningkatkan kepadatan produk hasil pembakaran.

e. Organik, bahan-bahan yang bertindak sebagai protektor koloid dan menaikkan keplastisan, misalnya: humus, bitumen dan karbon. bahan dasar pembuatan batu bata merah bersifat plastis, dimana tanah liat akan mengembang bila terkena air dan terjadi penyusutan bila dalam keadaan kering atau setelah proses pembakaran. tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur yang tinggi hingga mengeras seperti batu. proses perubahan yang terjadi pada pembakaran tanah liat dalam suhu tertentu, yaitu: pada temperatur $\pm 150^{\circ}\text{C}$, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah liat pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah. pada temperatur antara 300°C - 600°C , air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah liat akan menguap dan akan menjadi kuat dan keras seperti batu. Pada temperatur diatas 800°C , terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah liat dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata merah menjadi padat dan keras. senyawa-senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata merah. tanah liat yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah-pecah dan retak. tanah liat yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah liat atau lempung oleh pengaruh udara maupun air.

Menurut Murray (2011) dalam Winner (2016), tanah liat terdiri dalam beberapa jenis berdasarkan tempat dan jarak pengangkutannya dari daerah asalnya, yaitu sebagai berikut:

1. Tanah liat residual yaitu tanah liat yang terdapat pada tempat dimana tanah liat tersebut belum berpindah tempat sejak terbentuk
2. Tanah illuvial yaitu tanah liat yang telah terangkat dan mengendap pada satu tempat tidak jauh dari asalnya, misalnya kaki bukit

3. Tanah liat alluvial atau limpa sungai yaitu tanah liat yang diendapkan oleh air sungai
4. Tanah liat formasi adalah tanah liat yang terjadi dari endapan yang berada di laut
5. Tanah liat rawa adalah tanah liat yang diendapkan di rawa-rawa dan berwarna hitam
6. Tanah liat danau adalah tanah liat yang diendapkan di danau air tawar.

Tanah lempung yang dibakar akan mengalami perubahan seperti berikut (Uraisyah 2010) dalam (Hari 2015):

1. Pada temperatur + 150°C, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah lempung pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah.
2. Pada temperatur antara 400°C – 600°C, air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah lempung akan menguap.
3. Pada temperatur diatas 800°C, terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah lempung dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata menjadi padat dan keras.
4. Senyawa - senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata.
5. Tanah lempung yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah, pecah dan retak. tanah lempung yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah lempung oleh pengaruh udara maupun air. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya (Das, 1995).

A. Sifat Fisika Tanah

- a. Tekstur dan Struktur Tanah

Tekstur tanah adalah perbandingan relatif fraksi–fraksi pasir, debu, dan liat. Partikel-partikel pasir memiliki luas permukaan yang kecil dibandingkan debu dan liat tetapi ukurannya besar. Semakin banyak ruang pori diantara partikel tanah, maka semakin dapat memperlancar gerakan udara dan air. Luas permukaan debu jauh lebih besar dari permukaan pasir, dimana tingkat pelapukan dan pembebasan unsur hara untuk diserapakan lebih besar dari pasir. Tanah yang memiliki kemampuan besar dalam memegang air adalah fraksi liat (Hanafiah, 2007).

b. Berat Isi Tanah

Menurut Lembaga Penelitian Tanah (1979), definisi berat isi tanah adalah berat tanah utuh (*undisturbed*) dalam keadaan kering dibagi dengan volume tanah, dinyatakan dalam g/cm³ (g/cc). Nilai berat isi tanah sangat bervariasi antara satu titik dengan titik lainnya karena perbedaan kandungan bahan organik, tekstur tanah, kedalaman tanah, jenis fauna tanah, dan kadar air tanah (Agus et al. 2006).

B. Sifat Kimia Tanah

a. C-Organik dalam Tanah

Menurut (Hanafiah, 2007) C-Organik adalah penyusun utama bahan organik. Bahan organik tanah adalah senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi. Dimana menurut Hasibuan (2006) bahan organik adalah segala bahan-bahan atau sisa-sisa yang berasal dari tanaman, hewan dan manusia yang terdapat di permukaan atau di dalam tanah dengan tingkat pelapukan yang berbeda. Kandungan bahan organik dalam tanah merupakan salah satu faktor yang berperan dalam menentukan keberhasilan suatu budidaya tanaman. Hal ini dikarenakan bahan organik dapat meningkatkan kesuburan kimia, fisika maupun biologi tanah. Penetapan kandungan bahan organik dilakukan berdasarkan jumlah C-Organik (Utami, 2009).

Bahan organik adalah bagian tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis yang bersumber dari sisa tanaman dan atau 15 binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia. Bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, bahan organik yang stabil atau humus (Atmojo, 2009).

Selain itu, menurut Mulyani (1997); Kohnke (1968) menyatakan bahwa fungsi bahan organik adalah sebagai berikut: (i) sumber makanan dan energi bagi mikroorganisme, (ii) membantu keharaan tanaman melalui perombakan dirinya sendiri melalui kapasitas pertukaran humusnya, (iii) menyediakan zat-zat yang dibutuhkan dalam pembentukan pematapan agregat-agregat tanah, (iv) memperbaiki kapasitas mengikat air dan melewatkan air, (v) serta membantu dalam pengendalian limpasan permukaan dan erosi.

b. Nitrogen dalam Tanah

Nitrogen di dalam tanah terdapat dalam berbagai bentuk yaitu protein (bahan organik), senyawa-senyawa amino, amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Unsur Nitrogen penting bagi tanaman dan dapat disediakan oleh manusia melalui pemupukan (Hardjowigeno, 2003). Nitrogen umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+ walaupun urea (H_2NCONH_2) dapat juga dimanfaatkan oleh tanaman karena urea secara cepat dapat diserap melalui epidermis daun (Leeiwakabessy, 2003).

Nitrogen adalah unsur hara makro utama yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang banyak, diserap tanaman dalam bentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^+). Sedangkan, menurut Hanafiah (2007), nitrogen menyusun sekitar 1,5% bobot tanaman dan berfungsi terutama dalam pembentukan protein. Nitrogen anorganik sangat larut dan mudah hilang dalam air drainase atau hilang ke atmosfer. Efek nitrogen

terhadap pertumbuhan akan jelas dan cepat hal tersebut menyatakan bahwa nitrogen merupakan unsur yang berdaya besar sehingga tidak saja harus diawetkan tetapi juga perlu diatur pemakaiannya.

c. Phosphor dalam Tanah

Sutcliffe dan Baker, (1975) dalam Utami (2009), menyatakan bahwa fosfat adalah zat hara yang sering langka dalam tanah. Ketersediaan unsur fosfat sangat tergantung dari bentuk kehadiran fosfat tersebut. Sumber fosfat yang paling mudah dijumpai ialah P-Ca dan P-Mg, sedangkan di tanah asam terdapat P-Fe dan P-Al yang relatif lebih bagus. Sumber primer terpenting bagi P di dalam tanah ialah mineral apatit. Apatit dirombak relatif cepat oleh air yang mengandung CO₂, sehingga kalsium dan fosfor di dalamnya menjadi larut.

Beberapa peranan fosfat yang penting ialah dalam proses fotosintesa, perubahan-perubahan karbohidrat dan senyawa-senyawa yang berhubungan dengannya, glikolisis, metabolisme asam amino, metabolisme lemak, metabolisme sulfur, oksidasi biologis dan sejumlah reaksi dalam proses hidup. Fosfor betul-betul merupakan unsur yang sangat penting dalam proses transfer energi, suatu proses vital dalam hidup dan pertumbuhan (Leiwakabessy et al. 2003).

d. Kalium dalam Tanah

Pengaruh kekurangan kalium secara keseluruhan baik terhadap pertumbuhan maupun terhadap kualitasnya merupakan pengaruhnya terhadap proses-proses fisiologis. Proses fotosintesis dapat berkurang bila kandungan kaliumnya rendah dan pada saat respirasi bertambah besar. Hal ini akan menekan persediaan karbohidrat yang tentu akan mengurangi pertumbuhan tanaman. Peranan kalium dan hubungannya dengan kandungan air dalam tanaman adalah penting dalam mempertahankan turgor tanaman yang sangat diperlukan agar proses-proses fotosintesa dan proses-proses metabolisme lainnya dapat berkurang dengan baik (Leiwakabessy, 2003).

(Hakim et al, 1986) menyatakan bahwa ketersediaan Kalium merupakan Kalium yang dapat dipertukarkan dan dapat diserap tanaman yang tergantung penambahan dari luar, fiksasi oleh tanahnya sendiri dan 17 adanya penambahan dari kaliumnya sendiri. Ketersediaan hara kalium di dalam tanah dapat dibagi menjadi tiga bentuk yaitu kalium relatif tidak tersedia, kalium lambat tersedia, dan kalium sangat tersedia. Kalium tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan mineral-mineral yang mengandung kalium. Melalui proses dekomposisi bahan tanaman dan jasad renik maka kalium akan larut dan kembali ke tanah. Sebagian besar kalium tanah yang larut akan tercuci atau tererosi dan proses kehilangan ini akan dipercepat lagi oleh serapan tanaman dan jasad renik. Beberapa tipe tanah mempunyai kandungan kalium yang melimpah. Kalium dalam tanah ditemukan dalam mineral-mineral yang terlapuk dan melepaskan ion-ion kalium. Ion-ion adsorpsi pada kation tertukar dan cepat tersedia untuk diserap tanaman.

e. Derajat Kemasaman Tanah (pH)

Nilai pH tanah tidak sekedar menunjukkan suatu tanah asam atau alkali, tetapi juga memberikan informasi tentang sifat-sifat tanah yang lain, seperti ketersediaan fosfor, status kation-kation basa, status kation atau unsur racun, dsb. Kebanyakan tanah-tanah pertanian memiliki pH 4 hingga 8. Tanah yang lebih asam biasanya ditemukan pada jenis tanah gambut dan tanah yang tinggi kandungan aluminium atau belerang. Sementara tanah yang basa ditemukan pada tanah yang tinggi kapur dan tanah yang berada di daerah arid dan di kawasan pantai. pH tanah merupakan suatu ukuran intensitas keasaman, bukan ukuran total asam yang ada di tanah tersebut. Pada tanah-tanah tertentu, seperti tanah liat berat, gambut yang mampu menahan perubahan pH atau keasaman yang lebih besar dibandingkan dengan tanah berpasir (Mukhlis, 2007).

pH tanah sangat berpengaruh terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pengaruh langsung berupa ion hidrogen sedangkan pengaruh tidak

langsung yaitu tersedianya unsur-unsur hara tertentu dan adanya unsur beracun. Kisaran pH tanah mineral biasanya antara 3,5-10 atau lebih. 18 Sebaliknya untuk tanah gembur, pH tanah dapat kurang dari 3,0. Alkalis dapat menunjukkan pH lebih dari 3,6. Kebanyakan pH tanah toleran pada yang ekstrim rendah atau tinggi, asalkan tanah mempunyai persediaan hara yang cukup bagi pertumbuhan suatu tanaman (Sarwono, 2003).

Faktor-faktor yang mempengaruhi pH tanah adalah unsur-unsur yang terkandung dalam tanah, konsentrasi ion H^+ dan ion OH^- , mineral tanah, air hujan dan bahan induk, bahwa bahan induk tanah mempunyai pH yang bervariasi sesuai dengan mineral penyusunnya dan asam nitrit yang secara alami merupakan komponen renik dari air hujan juga merupakan faktor yang mempengaruhi pH tanah (Kemas, 2005).

C. Sifat Biologi Tanah

Menurut Ananthakrishnan, (1996), tanah sehat adalah tanah yang mengandung banyak organisme tanah. Fauna tanah mempercepat penyediaan hara dan sebagai bahan organik tanah. Beberapa fauna tanah berperan dalam penghancuran bahan organik dan distribusi hara. Kesehatan tanah merupakan kemampuan berkesinambungan untuk melakukan fungsinya dalam sistem kehidupan, dalam ekosistem dan penggunaan lahan, untuk keberlanjutan produktifitas biologi, peningkatan kualitas udara dan air lingkungan, serta pemeliharaan kesehatan tumbuhan, hewan, dan manusia (Doran & Safley, 1998).

Dalam lapisan tanah atas terkandung bahan-bahan organik atau "humus" serta macam-macam zat hara mineral yang sangat diperlukan oleh tanaman. Di dalam lapisan itu juga terkandung pula jasad-renik biologis seperti bakteri, cacing-cacing tanah, serangga-serangga tanah, yang dalam botani dikenal sebagai mikro flora dan mikro fauna (Nugroho dan Niswati, 2000).

Menurut (Mukhlis dkk, 2011) fungsi komponen organik meliputi fungsi nutrisi dimana bahan organik sebagai sumber hara N, P, dan S. Fungsi biologi dimana bahan organik akan mempengaruhi aktifitas mikrobiologi dan

fungsi fisik bahan organik dan fisiko kimia akan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi, retensi air dan meningkatkan kapasitas tukar kation.

Peranan utama fauna tanah antara lain: (i). merubah ciri fisik tanah, (ii). Meningkatkan laju dekomposisi materi organik, dan (iii). Membantu proses pembentukan humus. Invertebrata tanah merubah ciri fisik tanah dengan meningkatkan porositas, aerasi, dan sifat perkolasi. Faktor ini dihasilkan dari pembuatan lubang serta penyediaan hara. Struktur tanah meningkat dengan kehadiran invertebrata tanah yang menghasilkan dan mencampur berbagai bahan organik dalam tanah, yang mengakibatkan terjadinya ikatan antara bahan organik dengan partikel mineral (Dindal & Wray, 1977; Yang et al., 2007).

C. Abu Terbang

Abu terbang adalah debu yang dihasilkan dari sisa pembakaran Pembangkit Listrik Tenaga Uap berbahan bakar batubara (Nugroho, 2003). Sedangkan menurut Yatti S. Hidayat (1996) abu layang adalah bagian dari abu bakar yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku yang menggunakan bahan bakar batubara. Abu terbang memiliki sifat pozzolan dengan kandungan silikat dan aluminat yang tinggi sehingga dapat bereaksi dengan air dan kapur padam sehingga dapat berubah menjadi massa padat yang tidak larut dalam air (Tjokrodimuyo, 1996:48).

Abu terbang sisa pembakaran batubara ini berpengaruh pada kesehatan manusia yaitu terkait dengan timbulnya penyakit saluran pernafasan kronik dan nonspesifik, pneumokoniosis, dan dapat meracuni saraf manusia. Saat ini diperkirakan 40% dari penyakit akibat kerja adalah iritasi kulit berupa dermatitis akibat kerja. Insiden penyakit mencapai 7/10 pekerja mengalami dermatitis dan mengakibatkan kehilangan hari kerja rata-rata 2 – 10 hari per tahun (Harrianto, 2010). Abu terbang (*Fly Ash*) batu bara yang mengandung logam berat Cu dan Pb tersebut jika tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan dampak kesehatan terhadap manusia. Cu yang masuk ke dalam

tubuh, dengan cepat masuk ke peredaran darah dan didistribusi ke seluruh tubuh. Bila minum air dengan kadar Cu lebih tinggi dari normal akan mengakibatkan muntah, diare, kram perut dan mual. Bila intake sangat tinggi dapat mengakibatkan kerusakan liver dan ginjal, bahkan sampai kematian.

Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus amorf dan abu tersebut merupakan bahan anorganik yang terbentuk dari perubahan bahan mineral (*mineral matter*) karena proses pembakaran. Dari proses pembakaran batubara pada unit pembangkit uap (*boiler*) akan terbentuk dua jenis abu yaitu abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*) Komposisi abu batubara yang dihasilkan terdiri dari 10 - 20 % abu dasar, sedang sisanya sekitar 80 - 90 % berupa abu terbang. Abu terbang ditangkap dengan *electric precipitator* sebelum dibuang ke udara melalui cerobong. Beberapa logam berat yang terkandung dalam abu batubara seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), kadmium (Cd), chrom (Cr). Menurut ACI Committee 226, dijelaskan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5 – 27% dengan specific gravity antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Abu batubara mengandung silika dan alumina sekitar 80% dengan sebagian silika berbentuk amorf. Sifat-sifat fisik abu batubara antara lain densitasnya 2,23 gr/cm³, kadar air sekitar 4% dan komposisi mineral yang dominan adalah α -kuarsa dan mullite. Selain itu abu batubara mengandung SiO₂ = 58,75%, Al₂O₃ = 25,82%, Fe₂O₃ = 5,30% CaO = 4,66%, alkali = 1,36%, MgO = 3,30% dan bahan lainnya = 0,81% (Misbachul, 2008).

Tabel 5. Komposisi dan klasifikasi abu terbang

Komponen (%)	Bituminus	Subbituminus	Lignit
SiO ₂	20 - 60	40 – 60	15 - 45
Al ₂ O ₃	5 – 35	20 – 30	20 - 25
Fe ₂ O ₃	10 – 40	4 – 10	4 – 15
CaO	1 – 12	5 – 30	15 – 40
MgO	0 – 5	1 – 6	3 – 10

SO ₃	0 – 4	0 – 2	0 – 10
Na ₂ O	0 – 4	0 – 2	0 – 6
K ₂ O	0 – 3	0 – 4	0 – 4
LOI	0 – 15	0 – 3	0 – 5

Abu terbang batubara sebagai limbah tidak seperti gas hasil pembakaran, karena merupakan bahan padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap sehingga akan lebih merepotkan dalam penanganannya. Apabila jumlahnya banyak dan tidak ditangani dengan baik, maka abu batubara tersebut dapat mengotori lingkungan terutama yang disebabkan oleh abu yang beterbangan di udara dan dapat terhisap oleh manusia dan hewan juga dapat mempengaruhi kondisi air dan tanah di sekitarnya sehingga dapat mematikan tanaman. Akibat buruk terutama ditimbulkan oleh unsur-unsur Pb, Cr dan Cd yang biasanya terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5 – 10 µm). Butiran tersebut mudah melayang dan terhisap oleh manusia dan hewan, sehingga terakumulasi dalam tubuh manusia dengan konsentrasi tertentu dapat memberikan akibat buruk bagi kesehatan (Putra, D.F.et al, 1996).

Abu terbang batubara umumnya dibuang di ash lagoon atau ditumpuk begitu saja di dalam area industri. Penumpukan abu terbang batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton. Selain itu, sebenarnya abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam:

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. Recovery magnetic, cenosphere, dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (polisher)
6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen

8. Aditif dalam pengolahan limbah (waste stabilization)

9. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

Menurut ASTM C618 fly ash dibagi menjadi dua kelas yaitu fly ash kelas F dan kelas C. Perbedaan utama dari kedua ash tersebut adalah banyaknya calcium, silika, aluminium dan kadar besi di ash tersebut. Walaupun kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai untuk digunakan fly ash yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum digunakan berdasarkan asal produksi batubara atau kadar CaO. Yang penting diketahui, bahwa tidak semua fly ash dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi.

1. Fly ash kelas F: merupakan fly ash yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. Fly ash kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$).
2. Fly ash kelas C: diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ($\text{CaO} > 20\%$).

Karakteristik abu terbang:

- a. Dari segi gradasinya, jumlah prosentase yang lolos dari saringan No. 200 (0,074 mm) berkisar antara 60% sampai 90%.
- b. Warna dari fly ash dapat bervariasi dari abu-abu sampai hitam tergantung dari jumlah kandungan karbonnya, semakin terang semakin rendah kandungan karbonnya.
- c. Fly ash bersifat tahan air (hydrophobic) (Ary setiawan, dkk,2009)

D. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian oleh Safeer Abbas, Muhammad A. Saleem, Syed M.S. Kazmi, Muhammad J. Munir (2017) dengan judul “*Production of Sustainable Clay Bricks using Waste Fly Ash: Mechanical and Durability Properties*”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pengaruh abu pada sifat mekanik dan daya tahan batu bata tanah liat yang dibakar. Variabel utama dalam penelitian ini adalah persentase *fly ash* yaitu 0%, 5%, 10%, 15, 20%, dan 25% dari tanah liat. Hasil menunjukkan bahwa kuat tekan batu bata yang menggunakan *fly ash* lebih rendah dibandingkan dengan batu bata tanah liat tanpa *fly ash*. Namun, kuat tekan batu bata yang menggabungkan hingga 20% *fly ash* memenuhi persyaratan minimum dari Kode Bangunan Pakistan.
2. Penelitian oleh Hendri Faisal (2011) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Abu Terbang (*Fly Ash*), Abu Dasar (*Bottom Ash*) Batubara dan Limbah Padat (*Sludge*) Industri Karet Sebagai Bahan Campuran Pada Pembuatan Batako. Penelitian pembuatan batako dari campuran *fly ash* sebagai campuran semen dengan bahan agregat berbasis *bottom ash* dan *sludge*, dan pasir, di mana *fly ash* dan semen digunakan sebagai matrik perekat telah dilakukan. Persentase penambahan *fly ash* adalah 10%,20%,30%,40% dan 50% dari berat awal semen. Persentase penambahan *bottom ash* dan *sludge* sebagai agregat adalah 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat awal pasir dengan waktu pengerasan selama 28 hari. Parameter pengujian yang dilakukan meliputi: uji logam B3, densitas, penyerapan air, kuat tekan, kuat patah, hammer test, dan analisa foto mikroskopik. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa batako dengan variasi komposisi terbaik adalah 20% *fly ash* dan 5% agregat *bottom ash* dan *sludge*. Pada komposisi tersebut batako yang dihasilkan memiliki densitas 1,60 gr/cm³, penyerapan air = 18,98%, kuat tekan = 2,46 MPa, kuat patah = 1,56 MPa dan uji hammer test) 24,0 kg/cm².

3. Penelitian oleh Erwan Adi Saputro, Nove Kartika Erliyanti, Meiswita Romalawati, Rachmad Ramadhan Yogaswara (2020) dengan judul “Pemanfaatan Limbah Biosolid dan *Fly Ash* Untuk Pembuatan Batu Bata”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan komposisi batu bata biosolid yang memiliki nilai kuat tekan sesuai dengan SNI. Pada penelitian ini Limbah padat biosolid dibuat sebagai batu bata dengan dicampur abu terbang batu bara dan semen. Komposisi batu bata tersebut meliputi; fly ash dengan kadar 10, 20, 30, 40, dan 50%; semen berkadar 10, 15, 20, 25, dan 30%. Waktu pengeringan yang di terapkan pada penelitian ini adalah 7, 14, 21, dan 28hari. Setelah pengeringan, batu bata diuji kuat tekan-nya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa batu bata yang mempunyai nilai kuat tekan terbaik dan sesuai dengan SNI 15-2094-2000 yaitu batu bata biosolid dengan tambahan fly ash 30% dan semen 25% serta waktu pengeringan 28hari, dengan kuat tekan sebesar 64,51kg/cm².
4. Penelitian oleh Zulfan Evendi, Ahmad Fadli, dan Drastinawati (2015) dengan judul “Pembuatan Batu Bata Dengan Penambahan *Fly Ash* dan Semen Tanpa Proses Pembakaran”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penambahan *fly ash* dan waktu pengerasan terhadap karakteristik mekanik batu bata yang dihasilkan. Batako dibentuk dengan mencampurkan semen, tanah liat, air, dan *fly ash* dengan penambahan berat 0;0,3;0,6;0,9;1,2 kg. Bata yang terbentuk didiamkan pada suhu ruang selama 7, 14, dan 21 hari. Kualitas bata diukur dari kuat tekan, porositas, dan nilai kandungan lindinya. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa penambahan *fly ash* 0,6 kg yang dikeringkan selama 21 hari merupakan terkuat di mana nilainya 9,375 N/mm². Didapatkan juga nilai porositas yang semakin tinggi pada penambahan *fly ash* hingga berat 0,6 kg. Porositas tertinggi sebesar 21,34% terdapat pada penambahan 1,2 kg *fly ash*. Hasil uji TCLP menunjukkan bahwa untuk kandungan Pb, Cu, Cr masih di bawah baku mutu berdasarkan PP No. 85 Tahun 1999 dan masih dianggap tidak berbahaya. Nilai kandungan lindi untuk Pb adalah 3,10 mg/L, 1,213 mg/L untuk Cr dan 4,374 mg/L untuk Cu.