

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI SIFAT FISIS BATAKO DENGAN PENAMBAHAN  
LIMBAH SERBUK BESI**

**Disusun dan Diajukan Oleh :**

**MAULIDIYAH**

**H021181019**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**KARAKTERISASI SIFAT FISIS BATAKO DENGAN PENAMBAHAN  
LIMBAH SERBUK BESI**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hasanuddin*

**MAULIDIYAH**

**H021181019**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2023**

HALAMAN PENGESAHAN

KARAKTERISASI SIFAT FISIS BATAKO DENGAN PENAMBAHAN  
LIMBAH SERBUK BESI

Disusun dan diajukan oleh:

MAULIDIYAH

H021181019

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
Pada 18 Oktober 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

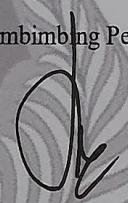
Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Prof. Dr. Nurlaela Rafi, M. Sc.

NIP. 19600624 198601 2 001

  
Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.

NIP. 19580508 198312 2 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Arifin, M. T.

NIP. 19670520 199403 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulidiyah  
NIM : H021181019  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **Karakterisasi Sifat Fisis Batako Dengan Penambahan Limbah Serbuk Besi**

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 18 Oktober 2023

Yang Menyatakan



Maulidiyah

## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan limbah serbuk besi pada campuran batako dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk besi terhadap sifat fisis batako. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan material pasir sungai, semen portland komposit, serbuk besi dan air. Selanjutnya bahan material dicampur dengan variasi campuran serbuk besi sebesar 0%, 3%, 5%, 7% dan 10% dari berat pasir. Kemudian dicetak dengan cara manual, dipadatkan dan dikeringkan. Setelah proses pengeringan, dilakukan pengujian karakteristik sifat fisis berupa: uji densitas, kuat tekan, porositas dan daya serap air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah serbuk besi memiliki pengaruh terhadap kualitas batako. Pada pengujian kuat tekan diperoleh hasil sebesar 40,79 kg/cm<sup>2</sup>, 40,79 kg/cm<sup>2</sup>, 38,52 kg/cm<sup>2</sup>, 40,79 kg/cm<sup>2</sup>, dan 40,79 kg/cm<sup>2</sup> untuk setiap variasi campuran serbuk besi yang telah memenuhi standar kuat tekan mutu III. Sedangkan pada pengujian daya serap air hasil yang diperoleh sebesar 14,19%, 15,07%, 13,88%, 14,71% dan 15,49% untuk setiap variasi campuran serbuk besi yang telah memenuhi standar penyerapan air pada mutu I berdasarkan standar SNI 03-0349-1989.

**Kata kunci:** Limbah serbuk besi, batako, kuat tekan, daya serap air.

## **ABSTRACT**

Research has been carried out regarding the use of iron powder waste in brick mixtures with the aim of determining the effect of iron powder waste on the physical properties of brick blocks. This research was carried out using river sand, composite portland cement, iron powder and water. Next, the materials are mixed with various iron powder mixtures of 0%, 3%, 5%, 7% and 10% of the weight of the sand. Then printed manually, compacted and dried. After the drying process, physical characteristic tests are carried out in the form of: density, compressive strength, porosity and water absorption tests. The research results show that the addition of iron powder waste has an influence on the quality of the bricks. In the compressive strength test, the results obtained were 40.79 kg/cm<sup>2</sup>, 40.79 kg/cm<sup>2</sup>, 38.52 kg/cm<sup>2</sup>, 40.79 kg/cm<sup>2</sup>, and 40.79 kg/cm<sup>2</sup> for each variation of the iron powder mixture that had been meets quality III compressive strength standards. Meanwhile, in the water absorption test, the results obtained were 14.19%, 15.07%, 13.88%, 14.71% and 15.49% for each variation of iron powder mixture which met the water absorption standards of quality I based on SNI standard 03-0349-1989.

**Key words:** Iron powder waste, bricks, compressive strength, water absorption capacity.

## KATA PENGANTAR

### *Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu wa ta'ala atas berkah, rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam panjatkan kepada baginda Rasulullah Nabi Muhammad Shallallahu 'Alaihi wa Sallam, Nabi yang membawa syafaat kepada umat Islam. Alhamdulillahirabbil 'Alamin, penulis telah diberikan kesehatan dan kesempatan sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul "Karakterisasi Sifat Fisis Batako dengan Penambahan Limbah Serbuk Besi" yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Sarjana Sains di Departemen Fisika Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam penyelesaian skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan dari tahap awal penelitian hingga tahap penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena keterbatasan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Namun atas kehendak-Nya dan dukungan yang sangat berarti dari banyak pihak sehingga penulis termotivasi dan semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda H. Lamondo, S. Ag, M.M dan Ibunda Sitti Mugirah, S.Pd.I yang selalu mengirimkan doa, memberikan kasih sayang, perhatian, nasehat dan dukungan baik secara moral maupun materi, serta kakak dan adik tersayang Raodhatul Jannah, Muzdalifah, Khairun Ni'mah, Ainur Rahma dan Ainur Rahmi yang selalu memberikan semangat, dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini dibuat khusus untuk dapat membanggakan dan membahagiakan kedua orang tua.
2. Prof. Dr. Nurlaela Rauf, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Prof. Dr. Sri Suryani, DEA. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

3. Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M. Sc. dan Bapak Drs. Bansawang B.J., M. Si. selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi dan ilmu untuk menjadikan skripsi ini lebih baik.
4. Prof. Dr. Arifin, MT selaku Ketua Departemen Fisika serta Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, terima kasih telah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan menjadi bekal yang bermanfaat untuk masa depan.
5. Bapak/Ibu Staf Pegawai FMIPA UNHAS, terutama Staf Departemen Fisika; Pak Syukur, Ibu Evi dan Kakak Rana yang selalu membantu selama proses administrasi di departemen dengan keramahan.
6. Teman seperjuangan Suci Indah Sari, terima kasih telah menjadi teman bertukar pikiran, teman paling dapat diandalkan, teman yang paling sering penulis susahkan, juga seluruh bantuan, masukan dan motivasi yang diberikan selama penyelesaian skripsi ini.
7. Teman satu dosen pembimbing Putri Dwi Pratiwi dan Nurwahyuni Hamzah, terima kasih telah untuk seluruh masukan, motivasi dan bantuan yang diberikan selama penyelesaian skripsi ini.
8. Himpunan Mahasiswa Fisika (Himafi) FMIPA Unhas terima kasih telah membentuk karakter Keras, Kuat, Cerdas dan Berani.
9. Besti grup ciwi-ciwi bucket (Dewi, Cunni, Indah, Maya, Firda, Anti, Azizah, Fatimah dan Milda), Terimakasih telah menjadi telinga dan lengan yang selalu ada, telah memberikan dukungan dan kebaikan hati kepada penulis, terimakasih untuk tidak pernah meninggalkan dan yang paling sering disusahkan penulis. Semoga kita semua sukses dimasa mendatang dan silaturahmi diantara kita tetap terjalin.
10. Seluruh Fisika UH angkatan 2018 banyak cerita telah dilalui bersama dari mahasiswa baru hingga sekarang satu persatu telah menyelesaikan masa studinya. Semoga kita semua sukses dimasa mendatang dan silaturahmi diantara kita tetap terjalin.



11. Maulidiah, terima kasih untuk suka dan duka, untuk tidak pernah menyerah, tetap sabar dari segala hal yang mengejar, telah lapang untuk segala hal yang bukan menjadi takdir, terima kasih untuk tetap bertahan.
12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan dukungan serta doa sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Harapan dari penulis skripsi, hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah, Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMBUNG</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	2
I.3 Tujuan Penelitian .....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1 Batako .....	3
II.1.1 Pengertian Batako .....	3
II.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Batako .....	4
II.1.3 Material Penyusun Batako .....	4
II.1.4 Jenis dan Ukuran Batako .....	7
II.1.5 Persyaratan Mutu Batako .....	8
II.1.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Batako .....	9
II.2 Serbuk Besi .....	9
II.3 Kualitas Batako (Kuat Tekan) .....	10
II.4 Densitas .....	12
II.5 Daya Serap Air .....	12
II.6 Porositas .....	12
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	14

III.2 Alat dan Bahan .....	14
III.3 Prosedur penelitian .....	14
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Analisis X-Ray <i>Fluorescence</i> (XRF) .....	17
IV.2 Analisis Kadar Lumpur .....	18
IV.3 Analisis Densitas .....	19
IV.4 Analisis Kuat Tekan .....	21
IV.5 Analisis Porositas .....	22
IV.6 Analisis Daya Serap Air .....	24
<b>BAB V PENUTUP</b>	
V.1 Kesimpulan .....	26
V.2 Saran .....	26
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	27
<b>LAMPIRAN</b> .....	31

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Batako Tras .....	3
<b>Gambar 2.2</b>	Batako Semen .....	4
<b>Gambar 3.1</b>	Bagan Alir Penelitian .....	16
<b>Gambar 4.1</b>	Pengujian Kandungan Lumpur (a) Pasir Sungai (b) Serbuk Besi. 19	
<b>Gambar 4.2</b>	Pengukuran Densitas Terhadap Komposisi Campuran Serbuk Besi .....	20
<b>Gambar 4.3</b>	Pengaruh Variasi Penggunaan Limbah Serbuk Besi Terhadap Kuat Tekan Batako .....	21
<b>Gambar 4.4</b>	Penngukuran Porositas Terhadap Komposisi Campuran Serbuk Besi .....	23
<b>Gambar 4.5</b>	Pengaruh Variasi Penggunaan Limbah Serbuk Besi Terhadap Daya Serap Air pada Batako .....	24

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Ukuran Bata Beton .....	8
<b>Tabel 2.2</b>	Komposisi Kimia Serbuk Besi .....	10
<b>Tabel 2.3</b>	Sifat Fisik Serbuk Besi dan Semen .....	10
<b>Tabel 2.4</b>	Syarat Fisis Bata Beton .....	11
<b>Tabel 4.1</b>	Senyawa yang terkandung dalam Pasir Sungai .....	17
<b>Tabel 4.2</b>	Senyawa yang terkandung dalam Serbuk Besi .....	18
<b>Tabel 4.3</b>	Kadar Lumpur pada Agregat Halus .....	19
<b>Tabel 4.4</b>	Hasil Pengujian Densitas .....	20
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Pengujian Kuat Tekan .....	21
<b>Tabel 4.6</b>	Hasil Pengujian Porositas .....	23
<b>Tabel 4.7</b>	Hasil Pengujian Daya Serap Air .....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	Perencanaan Campuran .....	31
<b>Lampiran 2</b>	Analisis Kadar Lumpur pada Agregat Halus .....	34
<b>Lampiran 3</b>	Gambar Sampel Uji .....	36
<b>Lampiran 4</b>	Analisis Densitas .....	38
<b>Lampiran 5</b>	Analisis Kuat Tekan .....	40
<b>Lampiran 6</b>	Analisis Porositas .....	42
<b>Lampiran 7</b>	Analisis Daya Serap Air .....	44
<b>Lampiran 8</b>	SNI 15-0129-2004 Semen Portland Putih .....	47
<b>Lampiran 9</b>	SNI 15-2049-2004 Semen Portland .....	48
<b>Lampiran 10</b>	SNI 15-7064-2004 Semen Portland Komposit .....	49
<b>Lampiran 11</b>	SNI 15-0302-2004 Semen Portland Pozzolan .....	50
<b>Lampiran 12</b>	SNI 03-0349-1989 Bata Beton Untuk Pasangan Dinding .....	51
<b>Lampiran 13</b>	SNI 03-1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder .....	52

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk yang cukup padat. Banyaknya jumlah penduduk membuat kebutuhan akan fasilitas publik dan pembangunan infrastruktur mengalami peningkatan [1]. Seiring dengan pembangunan yang pesat seperti pembangunan gedung, perkantoran dan perumahan mengakibatkan permintaan terhadap bahan bangunan di industri kecil juga ikut meningkat. Salah satunya yaitu industri batako [2]. Peningkatan permintaan bahan bangunan ini berdampak juga pada kekurangan bahan bangunan, sehingga perlu pengendalian secara mutlak agar produk yang dihasilkan tetap berkualitas atau tetap harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) [3,4].

Salah satu solusi alternatif yaitu dengan mendaur ulang limbah untuk keperluan bahan bangunan. Penggunaan daur ulang berbagai jenis limbah dalam pembuatan batako menunjukkan potensi yang besar. Selain itu, pemanfaatan bahan limbah ini juga dapat berkontribusi pada konservasi sumber daya alam dan perlindungan lingkungan [4].

Telah banyak penelitian yang dilakukan tentang pembuatan batako dari campuran agregat limbah, diantaranya pada penelitian Trinugraha dkk. (2019) yang memanfaatkan limbah serutan besi sebagai material tambahan dalam campuran batako untuk menggantikan sebagian pasir dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penambahan limbah serutan besi dalam campuran batako tersebut menunjukkan peningkatan nilai kuat tekan. Persentase kenaikan kuat tekan dari batako normal adalah 14,87%, 24,79%, 45,45%, dan 71,90% [5]. Selain itu, Santhosh dkk (2021) juga melakukan penelitian dengan menggunakan lima belas limbah produk industri sebagai agregat halus. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan yang signifikan pada kualitas bata beton untuk penggunaan limbah terak baja, tembaga dan debu granit sebagai agregat halus [6]. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Titiksh dan

Wanjari (2022) dengan menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti agregat halus. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ada peningkatan substansial sebesar 35,36%, 9,10%, dan 13,85% pada kuat tekan, kuat lentur dan kuat tarik split masing-masing dengan penurunan penyerapan air sebesar 53,2% [7].

Pada penelitian ini akan digunakan limbah serbuk besi. Di Indonesia, limbah serbuk besi hampir tidak pernah digunakan sebagai material yang bernilai efektif, sehingga menyebabkan timbulnya gangguan polusi pada lingkungan [8]. Limbah serbuk besi memiliki karakteristik yang mirip dengan pasir dilihat dari ukuran maupun gradasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dengan adanya penambahan serbuk besi. Dengan karakteristik dari serbuk besi tersebut, maka limbah serbuk besi cocok untuk digunakan sebagai pengganti agregat halus [9].

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti mencoba untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah serbuk besi sebagai bahan tambah dalam campuran batako. Pembuatan batako dengan menggunakan serbuk besi, diharapkan mampu memanfaatkan limbah serbuk besi yang sudah tidak terpakai lagi dan juga mampu untuk meningkatkan mutu kualitas dari batako tersebut.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana pengaruh serbuk besi (substitusi pasir) dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7% dan 10% pada umur 28 hari terhadap sifat fisis batako ?
- b. Bagaimana komposisi variasi campuran serbuk besi yang paling baik dalam pembuatan batako tersebut ?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

- a. Menganalisis pengaruh serbuk besi (substitusi pasir) dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7% dan 10% pada umur 28 hari terhadap sifat fisis batako.
- b. Mendapatkan komposisi variasi campuran serbuk besi yang paling baik dalam pembuatan batako.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II. 1 Batako

#### II.1.1 Pengertian Batako

Batako adalah alternatif bahan dinding yang murah, relatif kuat dan tahan lama. Seiring dengan pesatnya pembangunan perumahan, jelas terlihat bahwa kebutuhan bahan bangunan dari hari ke hari semakin meningkat. Masyarakat pada umumnya lebih suka menggunakan batako daripada menggunakan batu bata merah sebagai bahan bangunan. Hal ini dikarenakan batako dinilai lebih cepat dalam pembuatan maupun pengerjaannya untuk pemasangan dinding. Dalam produksi batako, tidak diperlukan proses pembakaran seperti pada produksi batu bata merah [10].

Berdasarkan bahan bakunya, batako dibedakan menjadi dua jenis yaitu batako putih dan batako semen. Batako putih terbuat dari campuran *tras*, batu kapur dan air sehingga sering disebut batu cetak kapur *tras*. *Tras* adalah jenis tanah yang berasal dari lapukan batuan yang berasal dari gunung merapi. Warnanya ada yang putih dan ada yang putih kecoklatan. Ukuran batako adalah panjang 30 cm, tebal 8 cm dan tinggi 14 cm [11].



**Gambar 2.1** Batako *Tras* [12].

Batako semen PC terbuat dari campuran semen PC dan pasir. Ukuran dan modelnya lebih variatif dibandingkan dengan batako putih. Batako jenis ini biasanya menggunakan dua lubang yang digunakan sebagai dinding pengisi. Di pasaran, ukuran batako semen biasanya panjang 38 cm, tinggi 18 cm dan tebal 8-10 cm. Nama lain dari batako semen adalah batako pres [11].



**Gambar 2.2** Batako Semen [12].

### **II.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Batako**

Sebagai bahan bangunan, batako tentunya memiliki kelebihan sebagai berikut:

- a. Beratnya  $\frac{1}{3}$  dari batu bata dengan pemakaian luasan yang sama.
- b. Aplikasi di lapangan 4 kali lebih cepat dari batu bata.
- c. Kemampuan meredam suara lebih baik daripada batu bata.
- d. Apabila pekerjaan batako rapi maka setelah batako dipasang sebagai dinding bangunan tidak perlu diplester ulang.
- e. Lebih mudah dipotong untuk sambungan yang membutuhkan potongan.
- f. Lebih ramah lingkungan.
- g. Lebih ekonomis.

Selain kelebihan, batako juga memiliki kekurangan sebagai berikut :

- a. Retakan rambut pada dinding mudah terjadi.
- b. Kemampuan meredam panas yang rendah [13,14].

### **II.1.3 Material Penyusun Batako**

#### **1. *Portland Cement* (PC)**

Semen portland adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam produksi beton. Semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolis yang diproduksi dengan cara menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang biasanya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sebagai aditif (bahan tambahan) yang digiling bersama dengan bahan utamanya [15].

Standar Nasional Indonesia (SNI) berlaku untuk semen yang diperdagangkan di seluruh wilayah Indonesia. Beberapa jenis semen yang banyak beredar di pasaran sebagai berikut:

a. Semen Portland Putih, berdasarkan SNI 15-0129-2004

Semen portland putih dapat digunakan untuk segala keperluan dalam pembuatan campuran semen dan beton yang tidak memerlukan persyaratan khusus, kecuali warna putihnya. Warna putih dari semen ini merupakan hasil dari pemilihan material yang mengandung besi oksida dan magnesium oksida (semen tersebut akan memberikan warna abu-abu yang menjadi ciri khas semen portland) [16].

b. Semen Portland, berdasarkan SNI 15-2049-2004

Standar ini membagi semen menjadi lima kategori sebagai berikut:

- 1) Tipe I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada semen jenis lainnya.
- 2) Tipe II, yaitu semen portland yang penggunaannya membutuhkan ketahanan terhadap sulfat atau hidrasi suhu sedang.
- 3) Tipe III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan kekuatan tinggi pada tahap awal setelah pengikatan.
- 4) Tipe IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan hidrasi suhu rendah.
- 5) Tipe V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya membutuhkan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat [17].

c. Semen Portland Komposit, berdasarkan SNI 15-7064-2004.

Semen portland komposit dapat digunakan untuk konstruksi umum, seperti pekerjaan beton, pasangan bata, selokan, jalan, pagar, dinding dan konstruksi khusus (seperti beton pracetak, beton pratekan, panel beton dan bata beton/*pavingblock*) [18].

d. Semen Portland Pozzolan, berdasarkan SNI 15-0302-2004

Semen portland pozzolan dapat digunakan secara luas, seperti konstruksi beton skala besar (bendungan, dam dan irigasi), konstruksi beton yang memerlukan ketahanan terhadap serangan sulfat (bangunan tepi pantai, tanah rawa), pekerjaan bangunan atau instalasi yang memerlukan kedapan air yang lebih tinggi, pekerjaan pasangan bata dan plesteran [19].

## 2. Pasir

Pasir (agregat halus) adalah material batuan berbutir halus dengan ukuran antara 0,14-5 mm, diperoleh dengan desintegrasi batuan alam (*natural sand*) atau dengan penghancuran (*artificial sand*). Pasir biasanya diperoleh dari penggalian di dasar sungai. Pasir merupakan bahan pengisi yang digunakan bersama dengan semen untuk membuat adukan (mortar). Selain itu, pasir juga mempengaruhi sifat tahan susut, keretakan dan kekerasan pada batako atau bahan bangunan berbahan dasar semen lainnya [20].

Pasir yang digunakan untuk membuat batako harus berkualitas baik. Berikut persyaratan agregat halus yang baik mengacu pada SK-SNI-S-04-1989-F-28 adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus harus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan kurang dari 2,2.
- b. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan garam sulfat jenuh sebagai berikut:
  - 1) Jika digunakan natrium sulfat, bagian hancur maksimal adalah 12%.
  - 2) Jika digunakan magnesium sulfat, bagian halus maksimal adalah 10%.
  - 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, jika pasir mengandung lumpur lebih dari 5% maka pasir harus dicuci.
- c. Susunan butiran pasir yang besar memiliki modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butiran yang berbeda.
- d. Pasir tidak boleh mengandung terlalu banyak bahan-bahan organik.
- e. Pasir tidak mudah rentan terhadap perubahan cuaca.
- f. Pasir laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton kecuali sesuai dengan petunjuk dari lembaga pemerintahan bahan bangunan yang diakui.
- g. Agregat halus untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan pasir pasangan [20,21].

### 3. Air

Air dibutuhkan untuk bereaksi dengan semen, serta sebagai pelumas antar agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air digunakan untuk mengentalkan campuran dan juga merupakan bahan untuk menimbulkan reaksi pada bahan lain untuk dapat mengeras. Oleh karena itu, air sangat penting dalam proses pembuatan batako. Tanpa air, konstruksi material tidak akan terlaksana dengan baik dan sempurna [22,23].

Air yang digunakan untuk mencampur batako dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam dan lainnya). Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% dari berat semen, tetapi dalam prakteknya nilai faktor air semen (fas) yang digunakan hampir tidak kurang dari 0,35 [22]. Faktor air semen (fas) adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam batako [24].

Mengacu pada SK SNI S-04-1989-F, air yang digunakan sebagai bahan bangunan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Airnya harus bersih.
- b. Bebas dari lumpur, minyak dan benda-benda terapung yang dapat dilihat secara visual dan benda-benda yang tersuspensi ini tidak boleh lebih dari 2 gr/liter.
- c. Tidak mengandung garam larut yang dapat merusak batako (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter.
- d. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter.
- e. Tidak mengandung senyawa sulfat ( $\text{SO}_3$ ) lebih dari 1 gr/liter [25].

#### **II.1.4 Jenis dan Ukuran Batako**

Menurut Supribadi (1986), berdasarkan tipe-tipenya batako memiliki 6 tipe yaitu :

- a. Tipe A : Ukuran  $20 \times 20 \times 40$  cm berlubang untuk tembok/dinding pemikul setebal 20 cm.
- b. Tipe B : Ukuran  $20 \times 20 \times 40$  cm berlubang untuk tembok/dinding tebal 20 cm sebagai penutup sudut-sudut.

- c. Tipe C : Ukuran  $10 \times 20 \times 40$  cm berlubang dipergunakan sebagai penutup dinding pengisi dengan tebal 10 cm dan memiliki rongga di kedua sisinya.
- d. Tipe D : Ukuran  $10 \times 20 \times 40$  cm berlubang sebagai dinding pengisi pemisah dengan tebal 10 cm.
- e. Tipe E : Ukuran  $10 \times 20 \times 40$  cm tidak berlubang untuk dinding setebal 10 cm. Digunakan untuk dinding pengisi atau pemikul sebagai hubungan sudut-sudut.
- f. Tipe F : Ukuran  $8 \times 20 \times 40$  cm tidak berlubang sebagai dinding pengisi [26].

Untuk ukuran dan toleransi bata beton harus sesuai dengan tabel 2.1 [27].

**Tabel 2.1** Ukuran Bata Beton Berdasarkan SNI 03-0349-1989.

Jenis	Ukuran			Tebal dinding sekatan lobang, minimum	
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luar (cm)	Dalam (cm)
1. Pejal	$390 + 3$ $390 - 5$	$90 \pm 2$	$100 \pm 2$	-	-
2. Berlobang					
a. Kecil	$390 + 3$ $390 - 5$	$190 + 3$ $190 - 5$	$100 \pm 2$	20	15
b. Besar	$390 + 3$ $390 - 5$	$190 + 3$ $190 - 5$	$200 \pm 3$	25	20

### II.1.5 Persyaratan Mutu Batako

Bata beton pejal dibedakan menjadi empat tingkatan mutu, yaitu mulai dari tingkat mutu I sampai IV.

- a. Tingkat mutu I, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang menahan beban dan juga dapat digunakan untuk konstruksi yang tidak terlindung (di luar atap).

- b. Tingkat mutu II, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi yang menahan beban, tetapi penggunaannya hanya untuk konstruksi yang terlindung dari cuaca luar (di bawah atap).
- c. Tingkat mutu III, adalah bata beton yang digunakan untuk konstruksi tanpa beban, dinding penyekat dan konstruksi lain yang selalu terlindung dari hujan dan terik matahari, tetapi permukaan dinding dari bata tersebut boleh tidak diplester (di bawah atap).
- d. Tingkat mutu IV, adalah jenis bata beton yang digunakan untuk konstruksi non-beban, dinding penyekat dan konstruksi lain yang selalu terlindungi dari terik matahari dan hujan (harus diplester dan dibawah atap) [28].

#### **II.1.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Mutu Batako**

Agar didapat mutu batako yang memenuhi syarat SNI banyak faktor yang mempengaruhi antara lain:

- a. Jenis semen dan kualitasnya.
- b. Faktor air semen (f.a.s)  
Kekuatan dan kemudahan pengerjaan (*workability*) campuran adukan batako sangat dipengaruhi oleh jumlah air campuran yang dipakai. Untuk suatu perbandingan campuran batako tertentu diperlukan jumlah air yang tertentu pula.
- c. Umur batako  
Mutu batako (kuat tekan) bertambah tinggi dengan bertambahnya umur batako.
- d. Kepadatan batako  
Kekuatan batako juga dipengaruhi oleh tingkat kepadatannya.
- e. Suhu.  
Pada umumnya kecepatan pengerasan batako bertambah dengan bertambahnya suhu [29,30].

#### **II.2 Serbuk Besi**

Serbuk besi dihasilkan dari sisa pemotongan, penggilingan atau sisa pembubutan besi tuang sebagai hasil dari penggunaan di industri, terutama di bengkel dan pengecoran. Jika tidak didaur ulang dengan baik, sejumlah besar

limbah yang dilepaskan ke lingkungan dapat menyebabkan pencemaran dan penyumbatan sistem drainase yang dapat memperburuk banjir [31].

Ada tiga jenis besi tuang yang banyak digunakan secara luas yaitu besi tuang kelabu (*greycastiron*), besi tuang ulet atau besi tuang nodular (*nodularcastiron*) dan besi tuang putih (*whitecastiron*). Ketiga jenis besi tuang ini memiliki komposisi kimia yang hampir sama. Penggunaan besi di industri menghasilkan limbah berupa serbuk besi sebagai hasil langsung dari sisa proses pembubutan dan pemotongan besi [32].

Secara umum, serbuk besi mengandung kimia dan memiliki sifat fisik seperti yang tertera pada tabel 2.2 dan 2.3 [33].

**Tabel 2.2** Komposisi kimia serbuk besi.

Unsur Kimia	Komposisi (%)
Fosfor	0.03
Besi	93.4
Silikon	2.67
Mangan	0.31
Sulfur	0.01
Karbon	3.53
Magnesium	0.05

**Tabel 2.3** Sifat fisik serbuk besi dan semen.

Sifat	Nilai Serbuk Besi	Nilai Semen
Ukuran yang melewati saringan (mm)	4,75	95
Warna	Hitam- Abu abu	Abu-abu
Berat jenis ( $N/m^3$ )	3,95	3,34
Densitas ( $kg/m^3$ )	1.946	-

### II.3 Kualitas Batako (Kuat Tekan)

Identifikasi karakteristik kualitas adalah identifikasi faktor-faktor yang dianggap penting yang mempengaruhi karakteristik suatu produk. Karakteristik



kualitas yang diukur adalah kuat tekan (satuan kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tekan (*Compressive strength*) suatu material adalah perbandingan besar beban maksimum yang dapat ditahan dengan luas penampang bahan yang mengalami gaya tersebut. Kuat tekan batako menentukan kualitas suatu struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, semakin tinggi pula mutu beton tersebut [34].

Untuk pengujian kuat tekan pada batako dilakukan dengan metode pengujian kuat tekan untuk batako berdasarkan SNI 03-0349-1989.

**Tabel 2.4** Syarat fisis bata beton [27].

Syarat Fisis	Tingkat mutu bata beton pejal				Tingkat mutu bata beton berlubang			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Kuat tekan bruto* rata-rata min. (Kg/cm <sup>2</sup> )	100	70	40	25	70	50	35	20
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min. (Kg/cm <sup>2</sup> )	90	65	35	21	65	45	30	17
Penyerapan air rata-rata maks. (%)	25	35	-	-	23	35	-	-

Berdasarkan SNI 03-1974-2011 tentang pengujian kuat tekan beton, nilai kuat tekan batako dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini [35]:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$f_c'$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas benda uji (cm<sup>2</sup>)

## II.4 Densitas

Densitas merupakan massa jenis suatu benda, dimana pengukuran massa setiap volume benda. Semakin tinggi nilai densitas rata-rata suatu benda, maka semakin besar pula nilai massa setiap volumenya [36] :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.2)$$

Keterangan :

$\rho$  = Densitas (gr/cm<sup>3</sup>)

m = Massa benda uji (gr)

V = Volume benda uji (cm<sup>3</sup>)

## II.5 Daya Serap Air

Daya serap air adalah jumlah air yang dapat diserap batako atau jumlah air yang ada dalam batako. Berdasarkan standar SNI No. 03-0349-1989 pada tabel 2.4 menunjukkan syarat daya serap maksimal yaitu 25% [37].

Uji daya serap air dilakukan untuk membandingkan penyerapan air relatif antar bata dengan rasio pencampuran yang berbeda. Pengukuran daya serap air dapat dihitung dengan persamaan berikut [38]:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100 \% \quad (2.3)$$

Keterangan :

W<sub>2</sub> = Massa basah (gr)

W<sub>1</sub> = Massa kering (gr)

## II.6 Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai rasio antara volume pori-pori terhadap volume total batako. Besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada batako merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton. Dengan bertambahnya volume pori, nilai porositas juga semakin meningkat yang akan berdampak buruk pada kuat tekan batako [36].

Porositas dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [36]:

$$\text{Porositas} = \frac{M_b - M_k}{\rho_{air} \times V} \times 100 \% \quad (2.4)$$

Keterangan :

M<sub>b</sub> = massa basah (gr)

$M_k$  = massa kering (gr)

$\rho_{\text{air}}$  = massa jenis air (gr/cm<sup>3</sup>)

$V$  = volume benda uji (cm<sup>3</sup>)