

**NASKAH SEMINAR
ANALISIS SIFAT FISIK DAN MEKANIS BATU BATA DALAM MENINGKATKAN
KEKUATAN DINDING DI YOGYAKARTA¹**

Endra Aji Setyawan², Fadillahwaty Saleh³, Hakas Prayuda⁴

ABSTRAK

Gempa bumi di Indonesia yang terjadi di beberapa daerah terutama di Yogyakarta pada 27 Mei 2006 menyebabkan runtuhnya bangunan-bangunan disekitar pusat gempa. Banyak rumah-rumah yang dibangun tanpa perhitungan struktur yang benar, sehingga ketika terjadi gempa banyak penduduk meninggal dan mengungsi karena rumahnya rusak. Gempa di Yogyakarta ini kerusakan yang sering terjadi di bagian non-struktural yaitu pada dinding rumah, dengan demikian diperlukan penelitian-penelitian yang lebih banyak dan lebih dalam untuk mengetahui karakteristik batu bata lokal ini yang dapat digunakan untuk menjelaskan kejadian kegagalan bangunan yang menggunakan struktur dinding batu bata (Wisnumurti, 2013). Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui sifat fisik dan mekanis batu bata di Yogyakarta yang mengacu pada SNI 15-2094-2000. Benda uji mengambil 10 tempat penjual dan pembuat batu bata yang berada di beberapa kabupaten khususnya wilayah Yogyakarta, masing-masing tempat mengambil 30 sampel batu bata untuk mengetahui perbedaannya. Pemeriksaan awal di lapangan meliputi campuran tanah pada batu bata, lama pengeringan, jenis pembakaran, dan lama pembakaran. Pemeriksaan ke dua dilakukan di laboratorium TS. FT UMY meliputi pengujian sifat fisik yaitu menganalisa sifat tampak, ukuran, kandungan garam dan Sifat mekanik yaitu pengujian kerapatan semu, penyerapan, berat jenis, kadar air, Initial Rate of Suction (IRS), kuat tekan dan modulus elastisitas (ME). Berdasarkan hasil, telah didapatkan sifat fisik 1. Pengujian sifat fisik yang dilakukan terdiri dari pengukuran, warna, dan kandungan garam. Kode sampel I memenuhi seluruh persyaratan sifat fisik dari segi warna dan kandungan garam, sedangkan kode A,B,C,D,E,F,G,H hanya memenuhi persyaratan fisik kandungan garam. Pengujian sifat mekanis yang dilakukan terdiri dari pengujian kerapatan semu, berat jenis, kadar air, penyerapan, IRS, dan kuat tekan. Seluruh kode sampel memenuhi persyaratan kerapatan semu, berat jenis, kadar air, dan IRS, sedangkan penyerapan air hanya kode sampel A,B,C,D,E,H,I,J yang memenuhi persyaratan. Kuat tekan tidak ada sampel yang memenuhi

Kata kunci: Batu Bata, Sifat fisik, Sifat mekanis, Yogyakarta.

¹Disampaikan pada seminar tugas akhir,

²20120110142 Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

³Dosen Pembimbing I Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

⁴Dosen Pembimbing II Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Rumah sederhana adalah bangunan rumah layak huni yang bagian huniannya berada langsung di atas permukaan tanah, berupa rumah tunggal, rumah kopel dan rumah susun. Hal ini menunjukkan betapa rumah tinggal begitu utama dan mendasar sebagai bentuk pemenuhan kebutuhan pokok manusia selain kebutuhan sandang dan pangan. Dalam proses pembangunan rumah tinggal sederhana biasanya tidak mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku. Dampak ter-sebut dapat mengakibatkan runtuhnya bangunan ketika terjadi bencana gempa bumi.

Gempa bumi di Indonesia yang terjadi di beberapa daerah terutama di Yogyakarta pada 27 Mei 2006 menyebabkan runtuhnya bangunan-bangunan disekitar pusat gempa. Masih banyak

rumah-rumah yang dibangun tanpa perhitungan struktur yang benar. Sehingga ketika terjadi gempa banyak penduduk meninggal dan mengungsi karena rumahnya rusak. Pada gempa di Yogyakarta ini kerusakan yang sering terjadi di bagian non-struktural yaitu pada dinding rumah. Demikian diperlukan penelitian-penelitian yang lebih banyak dan lebih dalam untuk mengetahui karakteristik batu bata lokal ini yang dapat digunakan untuk menjelaskan kejadian kegagalan bangunan yang menggunakan struktur dinding batu bata. (Wisnumurti, 2013)

SNI 15-2094-2000 menjelaskan bahwa definisi bata merah adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang. Pejaj atau berlubang dengan volume lubang maksimum 15% dan digunakan untuk konstruksi dinding bangunan, yang dibuat dari

tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan aktif dan dibakar pada suhu tertentu. Batu bata ini merupakan bahan bangunan yang paling banyak digunakan di Indonesia. Umumnya sebagai bahan non-struktural digunakan untuk dinding pembatas pada gedung/konstruksi tingkat tinggi, tetapi sebagian masyarakat menggunakan batu bata sebagai konstruksi rumah sederhana untuk penyangga atau pemikul beban yang berada di atasnya. Pemanfaatan batu bata dalam konstruksi baik non-struktur ataupun struktural perlu adanya peningkatan produk yang dihasilkan, baik dengan cara meningkatkan kualitas bahan material batu bata sendiri maupun penambahan dengan bahan lainnya

B. Tinjauan Pustaka

1. Sifat fisik

Wisnumurti (2013) melakukan penelitian tentang sifat fisik khususnya dimensi batu bata, mengambil 7 tempat di Jawa Timur. Menggunakan peraturan SNI 15-2094-1991. Hasil tersebut menunjukkan dimensi yang disyaratkan dalam peraturan di Indonesia tidak terpenuhi dengan sempurna, khususnya pada ketebalan batu bata dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Dalam praktek batu bata yang tipis akan menghabiskan lebih banyak mortar dan pekerjaan dinding menjadi lebih lama.

Tabel 1. Perbandingan dimensi batu bata menurut SNI 15-2094-1991 dan hasil pengukuran dari Wisnumurti.

Modul SNI	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
M-5a	190	90	65
M-5b	190	100	65
M-6a	230	110	52
M-6b	230	110	55
M-6c	230	110	70
M-6d	230	110	80

Sumber : SNI 15-2094-1991

Tabel 2. Perbandingan dimensi batu bata menurut SNI 15-2094-1991 dan hasil pengukuran dari Wisnumurti.

Asal daerah	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
Mojokerto	193.56	98.51	52.18
kediri	209.24	97.31	44.69
Pakis	242.00	117.06	43.09
Tulungagung	226.50	103.95	43.13
Dau- Malang	236.00	114.20	40.40
Gondonglegi	232.20	111.50	41.70
Singosari	238.00	111.80	41.70

Sumber : Wisnumurti,2013

2. Sifat mekanis

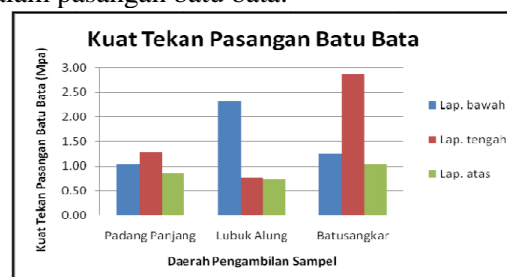
Wisnumurti (2013) melakukan pengujian kuat tekan pasangan batu bata mengikuti aturan model kubus, SNI 15-2094-1991 dan uji tekan berdasarkan ASTM C67-07 tahun 2007. Menggunakan batu bata asal Tulungagung, Pakis-Malang, Mojokerto, Kediri, Dau-Malang, dan Singosari. Penelitian ini mortar yang digunakan dengan perbandingan campuran volume semen : pasir adalah 1 : 5 tebal mortar untuk melekatkan batu bata adalah 1,5 cm. Hasil penelitian kuat tekan batu bata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penelitian kuat tekan batu bata

Daerah		Kuat tekan rata-rata (kg/cm ²)	Standar deviasi (kg/cm ²)	Koefisien variasi (%)
Tulung- agung	Uji kubus	27,21	12,94	47,6
	SNI/ SII	18,26	8,16	44,7
	ASTM	3,18	2,25	70,8
Pakis	Uji kubus	8,32	2,45	29,5
	SNI/ SII	6,09	2,55	41,9
	ASTM	7,17	3,91	54,4
Mojo- kerto	Uji kubus	21,28	9,13	42,9
	SNI/ SII	12,28	7,60	60,5
	ASTM	9,36	3,18	33,9
Kediri	Uji kubus	10,5	3,21	30,6
	SNI/ SII	7,89	3,07	38,9
	ASTM	5,97	3,82	64,1

Sumber : Wisnumurti, 2013

Nur (2008), melakukan pengujian kuat tekan pasangan batu bata menggunakan standar ASTM E 519-02 dengan batu bata asal Padang, Sumatra Barat. Data yang diperoleh kuat tekan rata-rata tertinggi untuk pasangan batu bata dari daerah Batuankar dapat dilihat pada Gambar 1 dengan (lapisan tengah) sebesar 2,87 MPa, batu bata dari daerah Lubuk Alung (lapis bawah) sebesar 2,33 MPa dan batu bata dari daerah Padang Panjang (lapis tengah) sebesar 1,30 MPa. Kuat tekan dari pasangan batu bata dipengaruhi oleh kekuatan batu bata yang berhubungan dengan densitas (kerapatan batu bata), daya lekat permukaan bata bata dengan mortar dan komposisi campuran mortar yang digunakan dalam pasangan batu bata.



Gambar 1. Kuat tekan rata-rata batu bata (Nur, 2008)

C. Landasan Teori

Definisi batu bata menurut SNI-2094-1991 merupakan unsur bahan bangunan yang digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan, dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-banahan lain, dibakar pada suhu yang cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

1. Sifat fisik batu bata

Sifat fisik batu bata adalah sifat fisik yang dilakukan tanpa merubah bentuk atau tanpa pemberian beban kepada batu bata itu sendiri. Adapun syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000 dan SNI 15-2094-1991 sebagai berikut

a) Sifat tampak.

Batu bata untuk pasangan dinding harus berbentuk prisma segi empat panjang, warna mempunyai rusuk-rusuk yang siku, bidang-bidang datar yang rata dan tidak menunjukkan retak.

b) Dimensi atau ukuran batu bata.

Batu bata mempunyai banyak variasinya. Ukuran batu bata yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Ukuran batu bata

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	55±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

Sumber : SNI-15-2094-2000

c) Garam yang dapat membahayakan.

SNI 15-2094-1991 tentang cara pengujian kandungan garam, masing-masing bejana dituangkan air suling ± 250 ml. Bejana-bejana beserta benda-benda uji dibiarkan dalam ruang yang mempunyai penggantian udara yang baik. Bila sudah beberapa hari air telah siap dan bata dibiarkan lagi hingga kering. Kemudian bata-bata diperiksa tentang pengeluaran bunga-bunga putih pada permukaannya. Hasil penglihatan dinyatakan sebagai berikut.

1) Tidak membahayakan.

Bila kurang dari 50% permukaan bata tertutupi oleh lapisan tipis berwarna putih, karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut.

2) Ada kemungkinan membahayakan.

Bila 50% atau lebih dari permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang agak tebal karena pengkristalan garam-garam yang dapat larut, tetapi bagian-bagian dari permukaan bata tidak menjadi bubuk atau terlepas.

3) Membahayakan.

Bila lebih dari 50% permukaan bata tertutup oleh lapisan putih yang tebal karena pengkristalan gram-garam yang dapat larut dan bagian-bagian dari permukaan bata menjadi bubuk atau terlepas.

2. Sifat mekanis batu bata

Sifat mekanik batu bata adalah sifat yang ada pada batu bata jika dibebani atau dipengaruhi dengan perlakuan tertentu

a) Kerapatan semu (*Apparent density*).

Minimum batu bata untuk pasangan dinding adalah 1,2 gram/cm³.

$$Qsch = \frac{Md}{(c-b)} \times d_w \text{ gram/cm}^3$$

dengan:

Md : Berat kering oven (gram).

b : Berat di dalam air (gram).

C : Berat setelah direndam (gram).

d_w : Kerapatan (*density*) air 1,0.

b) Penyerapan air

Penyerapan air adalah kemampuan maksimum batu bata untuk menyimpan atau menyerap air atau lebih dikenal dengan batu bata yang jenuh air. Standar penyerapan maksimum 20%.

$$\text{Penyerapan} = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

dengan :

A : Berat jenuh setelah direndam (gr).

B : Berat setelah dioven (gr).

c) Kadar air.

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam batu bata dengan berat kering batu bata

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

dengan :

W_w : Berat normal (gr).

W_s : Berat kering (gr).

d) Berat Jenis.

Berat jenis di definisikan sebagai massa per satuan volume. Didefinisikan sebagai berikut.

$$\text{Berat jenis } (\rho) = \frac{\text{Massa } (M)}{\text{Volume } (V)} = (\text{gr/cm}^3)$$

dengan :

M : Berat normal (gr).

V : Volume benda (cm³).

e) *Initial Rate of Suction* (IRS) dari Batu Bata.

IRS adalah kemampuan dari batu bata dalam menyerap air pertama kali dalam satu menit pertama. Hal ini sangat berguna pada saat penentuan kadar air untuk mortar (Nur, 2008). Standar IRS batu bata yang disyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah minimum 30 gr/mnt/193,55 cm². Persamaan yang digunakan dalam menghitung IRS batu bata adalah

$$IRS = (m_1 - m_2) K$$

dengan :

m_1 : Massa setelah direndam di air (gr).

m_2 : Massa kering (gr).

Karena IRS memiliki satuan gr/mnt/193,55 cm², maka harus dikalikan dengan suatu faktor, yaitu :

$$K = \frac{193,55}{\text{luas area}}$$

f) Kuat tekan.

Kuat tekan adalah kekuatan tekan maksimum yang dipikul dari pasangan batu bata. Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan mutu dan kelas kuat tekannya. Kuat tekan yang disyaratkan SNI-15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. kuat tekan pasangan dinding

Kelas	Kuat tekan rata-rata minimum dari 30 bata yang diuji kg/cm ² (Mpa)	Koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji %
50	50 (5)	22
100	100 (10)	15
150	150 (15)	15

Sumber: SNI-15-2094-2000

dengan demikian kuat tekan dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kuat tekan (f)} = \frac{P_{max}}{A}$$

dengan :

P_{max} : Maksimum besaran gaya tekan (kg).

A : luas penampang (cm²).

f : kuat tekan benda uji (kg/cm²).

g) Modulus elastisitas (ME).

Modulus elastisitas pasangan batu bata biasanya didekati dari kekuatan tekannya dengan persamaan.

$$E_m = k \cdot f_m'$$

dengan :

k :Konstanta yang ditentukan dari pengujian laboratorium.

f_m' : Kuat tekan struktur pasangan bata (MPa).

Beberapa persamaan modulus elastisitas ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Persamaan modulus elastisitas

No	Pustaka	Modulus elastisitas dari kuat tekan pasangan batu bata
1	Paulay and Priestley, 1992	$E_m = 750 f_m'$
2	FEMA 273, 1997	$E_m = 550 f_m'$
3	Eurocode 6, 2001	$E_m = 1000 f_m'$
4	ACI 530, 2005	$E_m = 700 f_m'$
5	Kaushik, et al, 2007	$E_m = 550 f_m'$

Sumber : Wisnumurti 2013

D. Metode Penelitian

1. Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai batu bata ini dilakukan di dua tempat yaitu di lapangan dan di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut ini.

- 300 buah batu bata dari 10 tempat penjual di Yogyakarta.
- Semen *Portland* berfungsi sebagai perekat campuran mortar. Tipe semen yang digunakan yaitu tipe I dengan *merk Holcim* kemasan 40 kg.
- Agregat halus yang digunakan adalah pasir Progo yang berasal dari Kali Progo, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta dan lolos saringan No. 4 atau 4.8 mm
- Air yang diambil dari Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini dari mulai pemeriksaan bahan sampai dengan pengujian benda uji, antara lain.

- Timbangan *merk Ohaus* dengan ketelitian 0,1 gram , untuk mengetahui berat dari batu bata dan penyusunnya.
- Mistar dan *kaliper*, untuk mengukur dimensi dari alat-alat benda uji yang digunakan
- Oven*, untuk pengujian atau pemeriksaan sifat mekanik batu bata.
- Molen, mesin pengaduk campuran mortar.
- Cetakan pasangan mortar dan batu bata.
- Cetok untuk mengaduk mortar dan memasang mortar ke batu bata.

g. Mesin uji tekan beton, digunakan untuk menguji dan mengetahui nilai kuat tekan dari pasangan batu bata.

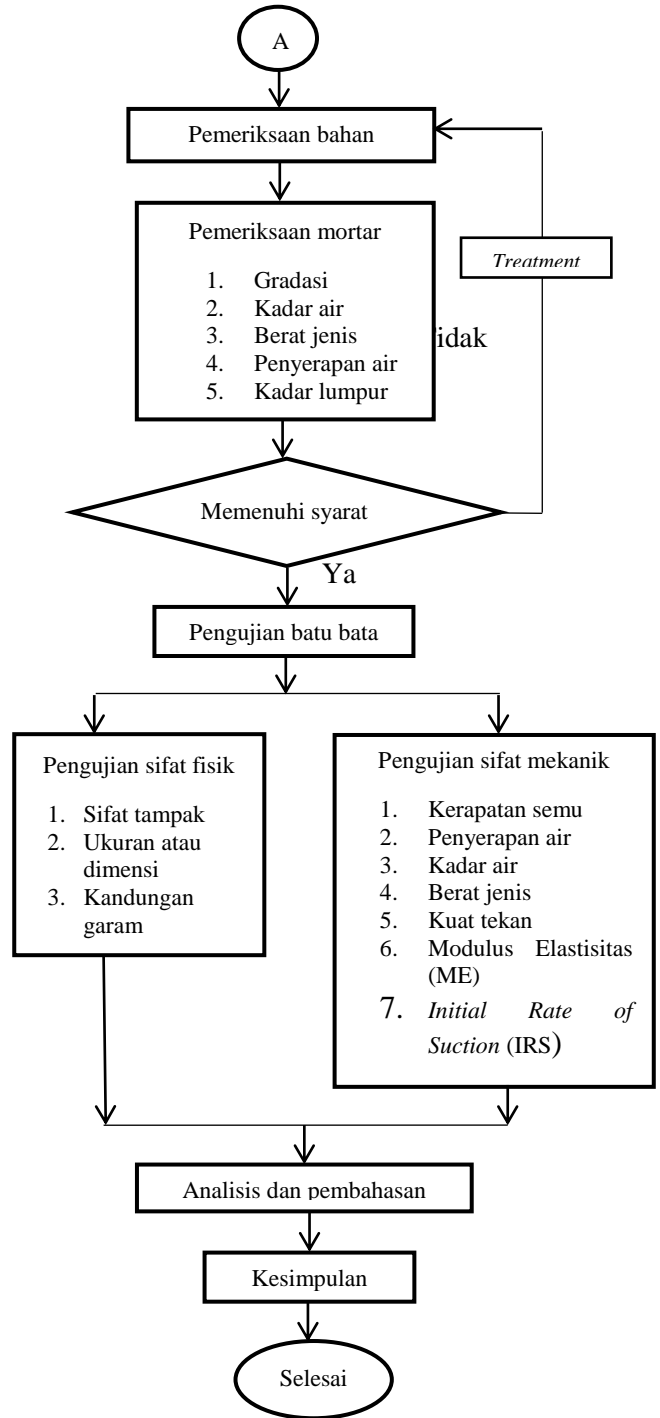
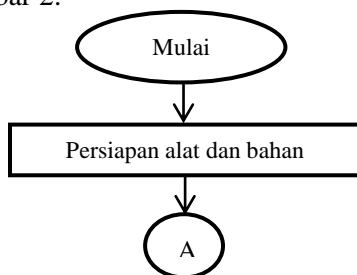
4. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan pengujian batu bata dilakukan dengan langkah-langkah berikut ini.

- a. Membeli batu bata di 10 lokasi di Yogyakarta.
- b. Mengambil 15 buah batu bata secara acak untuk di uji sifat fisik.
- c. Mengamati warna dan bentuk di setiap batu bata
- d. Mengukur dimensi panjang, lebar, tinggi. Dalam satu pengukuran dilakun dalam tiga tempat berbeda.
- e. Meneliti kandungan garam pada batu bata.
- f. Menimbang batu bata
- g. Merendam batu bata selama ± 24 jam dan timbang.
- h. Setelah dalam kondisi SSD timbang bata beton dalam air
- i. Masukkan bata beton kedalam oven dan diamkan selama ± 24 jam pada suhu 105 °C dan timbang.
- j. Mengambi 30 batu bata di setiap tempat untuk menguji kuat tekannya
- k. Memotong batu bata menjadi 2 bagian.
- l. Menyiapkan cetakan pasangan batu bata dan mortar.
- m. Menyiapkan mortar dengan bandingan 1:3 dan air 0,6 dari berat semen.
- n. Ambil mortar untuk di uji sebar dan uji kuat tekan mortar.
- o. Pasang batu bata dengan mortar, tinggi mortar ± 2 cm.
- p. Diamkan selama 28 hari dalam konsisi suhu ruang.
- q. Setelah 28 hari, pasanagan batu bata siap di uji tekan.

5. Bagan Alir Penelitian

Bagan alir penelitian disajikan untuk mempermudah dalam proses pelaksanaannya. Adapun bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan alir penelitian

E. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil pemeriksaan di lapangan.

Pemeriksaan di lapangan meliputi campuran tanah pada batu bata, lama pengeringan, jenis pembakaran, dan lama pembakaran. Hasil ini diperoleh melalui wawancara kepada pembuat batu bata. Wawancara ini perlu dilakukan karena untuk mengetahui sifat awal dari batu bata. Hasil wawancara kebanyakan menggunakan tanah

sawah sebagai bahan pokok pembuat batu bata, karena tanah tersebut mengandung lempung dan pasir. Lama penjemuran rata-rata 4-8 hari (tergantung cuaca). Pembakaran menggunakan sekam padi dan kayu selama 5-7 hari. Lokasi pengambilan dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Tabel kode sampel





No	Lokasi	Kode
1	Madurejo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta	A
2	Jogotirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta	B
3	Payak, Srimulyo, Piyungan, Bantul, Yogyakarta	C
4	Bintaran, Srimulyo, Piyungan, Bantul, Yogyakarta	D
5	Segoroyoso, Pleret, Bantul, Yogyakarta	E
6	Jambidan, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta	F
7	Grojogan, Wirokerten, Banguntapan, Bantul, Yogyakarta	G
8	Tegaltirto, Berbah, Sleman, Yogyakarta	H
9	Ambarketawang, Gamping, Sleman, Yogyakarta	I
10	Sidomulyo, Godean, Sleman, Yogyakarta	J

2. Pemeriksaan sifat fisik







a. Sifat tampak.

Sifat tampak pada batu bata antara lain warna, bunyi, bentuk datar, bentuk tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku. Untuk mengetahui ketidak sempurnaan dari batu bata dapat dinyatakan dalam %. Hasil penelitian ke 10 tempat penjual batu bata kode I yang memenuhi syarat SNI 15-2094-2000 menyebutkan bahwa diketuk berbunyi, berbentuk datar, tidak retak, dan ruas-ruasnya siku-siku, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Pemeriksaan sifat tampak pada batu bata

Ko-de	Warna rata-rata batu bata	Definisi
A		Warna kuning, 100% tidak bunyi, 6,67% bentuk tidak datar, tidak retak, dan ruas-ruasnya siku-siku.
B		Warna kuning kemerah-merahan, 73% tidak bunyi, 6,67% bentuk tidak datar, 86,67% tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku
C		Warna kuning ke oren-orenan, 80% tidak bunyi, bentuk datar, tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku.
D		Oran ke merah-merahan, 46,66% tidak bunyi, 13,3% bentuk tidak datar, 6,67% bentuk retak, ruas-ruasnya siku.

Tabel 9 Pemeriksaan sifat tampak pada batu bata (lanjutan)

Ko-de	Warna rata-rata batu bata	Definisi
E		Warna Oran kemerah-merahan, 66,67% tidak bunyi, 20% bentuk tidak datar, bentuk tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku.
F		Warna kuning kemerah-merahan, 46,67% tidak bunyi, 20% bentuk tidak datar, 13,5% bentuk retak, 26,67% bentuk tidak siku.
G		Warna kuning ke oran-orenan, 93,3% tidak berbunyi, 66,6% bentuk tidak datar, 33,3% bentuk retak, 20% bentuk tidak siku.
H		Kuning kemerah-merahan, 26,67% tidak bunyi, 6,6% bentuk tidak datar, 6,6% bentuk retak, 20 % tidak siku.
I		Warna kuning kemerah-merahan, 13,5% tidak berbunyi, berntuk datar, tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku.
J		Warna kuning ke oren-orenan, Tidak berbunyi, 33,3% bentuk tidak datar, 20% bentuk retak, ruas-ruasnya siku-siku.

Sumber : Hasil pengujian

b. Ukuran

Ukuran batu bata harus memenuhi persyaratan SNI 15-2094-2000 dapat dilihat pada Tabel 10. Pengukuran diambil rata-rata dalam 3 posisi yang berbeda. Hasil yang didapat yaitu panjang, lebar, dan tinggi dengan mengambil 15 sampel batu bata setiap tempat penjual. Adapun hasil rata-rata keseluruhan ukuran per daerah penjual di Yogyakarta dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Ukuran batu bata

Modul	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
M-5a	190±4	90±3	65±2
M-5b	190±4	100±3	65±2
M-6a	230±4	110±4	52±3
M-6b	230±5	110±6	55±3
M-6c	230±5	110±6	70±3
M-6d	230±5	110±6	80±3

Sumber : SNI 15-2094-2000

Tabel 11 dapat dilihat bahwa lokasi I dan J yang memenuhi syarat SNI 15-2094-2000. Hasil pengukuran batu bata kebanyakan kurang tebal dan tidak memenuhi persyaratan dikarenakan ukuran cetakan batu bata tidak sesuai dengan SNI 15-2094-2000.

Tabel 11. Rata-rata ukuran batu bata di Yogyakarta

Lokasi	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Spesifikasi
A	214,35	104,04	43,73	Tidak masuk
B	212,87	106,03	43,34	Tidak masuk
C	214,80	106,97	42,17	Tidak masuk
D	222,63	111,74	52,80	Tidak masuk
E	218,55	106,99	45,12	Tidak masuk
F	210,37	103,17	42,90	Tidak masuk
G	207,17	103,91	45,05	Tidak masuk
H	212,36	105,96	43,75	Tidak masuk
I	226,62	109,45	49,44	Masuk M-6a
J	233,21	108,73	54,42	Masuk M-6a

Sumber : Hasil pengujian

c. Kandungan garam

Pemeriksaan kandungan garam dengan mengambil sampel pada setiap lokasi secara acak. Hasil rata-rata tidak keluar serbuk-serbuk putih pada batu bata. Penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa batu bata di Yogyakarta tidak mengandung garam yang membahayakan dan masuk pada SNI 15-2094-1991 karena serbuk putih kurang dari 50% .

3. Pemeriksaan sifat mekanis

a. kerapatan semu, penyerapan, berat jenis, kadar air, IRS

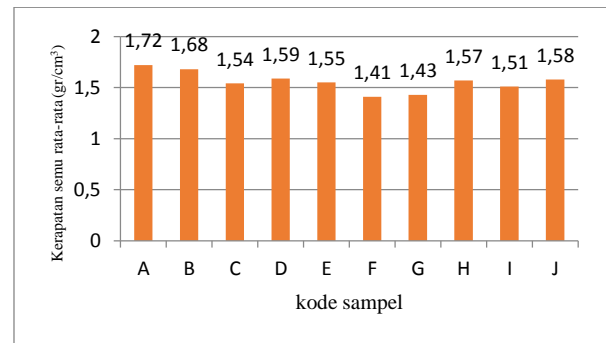
Pemeriksaan sifat mekanik batu bata meliputi kerapatan semu, penyerapan, berat jenis, kadar air, IRS. Hasil pengujian ini menggunakan 15 sampel. Adapun hasil rata-rata kerapatan semu, penyerapan, berat jenis, kadar air, IRS dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Rata-rata hasil kerapatan semu, penyerapan, berat jenis, kadar air, IRS.

Lokasi	Kerapatan semu (gr/cm ³)	Penyerapan (%)	Berat jenis (gr/cm ³)	Kadar air (%)	IRS (gr/mnt/cm ²)
A	1,72	14,79	1,67	1,05	20,75
B	1,68	12,51	1,66	1,05	16,78
C	1,54	17,22	1,54	1,06	19,69
D	1,59	16,29	1,63	1,09	25,29
E	1,55	19,48	1,56	1,06	24,10
F	1,41	26,96	1,50	1,15	28,36
G	1,43	24,06	1,51	1,12	27,86
H	1,57	19,75	1,55	1,10	24,02
I	1,51	19,31	1,55	1,08	26,68
J	1,58	17,58	1,61	1,09	27,30
Rata*	1,56	18,80	1,58	1,09	24,08

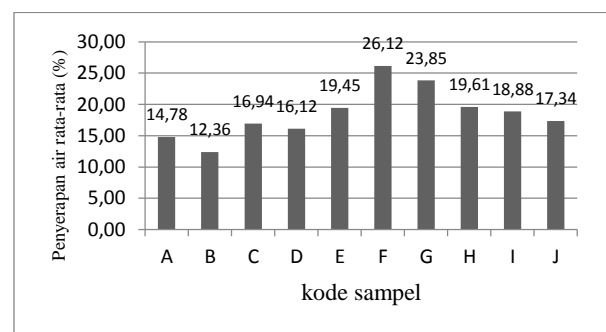
Sumber : Hasil pengujian

Nilai kerapatan semu pada SNI 15-2094-2000 batu bata pasangan dinding minimal adalah 1,2 gram/cm³. Gambar 3 dapat dilihat nilai keseluruhan batu bata di Yogyakarta memenuhi standar yang diijinkan. Untuk nilai rata-rata keseluruhan sebesar 1,56 gr/cm³, dan untuk nilai tertinggi pada lokasi A sebesar 1,72 gr/cm³ sedangkan nilai terendah pada lokasi F sebesar 1,41 gr/cm³, dapat dilihat pada Tabel 9.



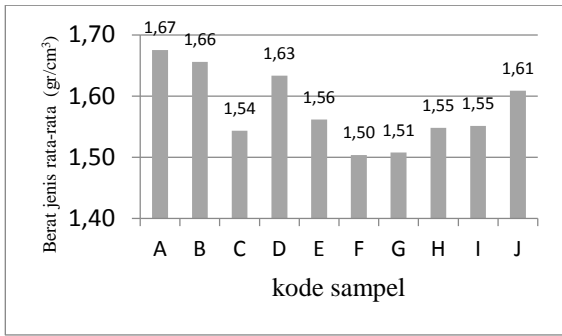
Gambar 3. Hubungan kerapatan semu rata-rata dengan kode sampel

Nilai penyerapan pada SNI 15-2094-2000 batu bata nilai maksimum adalah 20%. Pada Gambar 4 hasil menunjukkan lokasi F dan G melebihi batas maksimum penyerapan air. Tinggi nilai penyerapan dapat ditelusuri dari proses pembuatan dengan campuran dan lama proses pembakaran. Untuk nilai rata-rata keseluruhan sebesar 18,80%, dan untuk nilai tertinggi pada lokasi F sebesar 26,96% sedangkan nilai terendah pada lokasi B sebesar 12,51%, dapat dilihat pada Tabel 9.



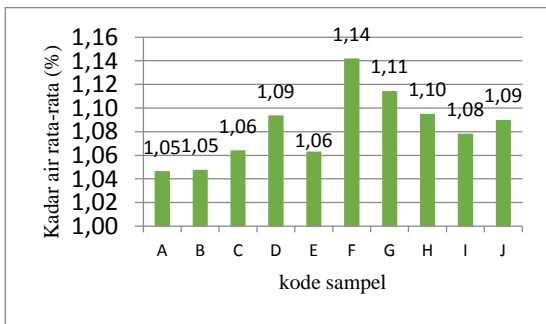
Gambar 4. Hubungan penyerapan air rata-rata dengan kode sampel

Nilai berat jenis rata-rata batu bata di Yogyakarta sebesar 1,58 gr/cm³ dan untuk nilai berat jenis tertinggi pada lokasi A 1,67 gr/cm³ sedangkan nilai berat jenis terendah pada lokasi F sebesar 1,50 gr/cm³ dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 9.



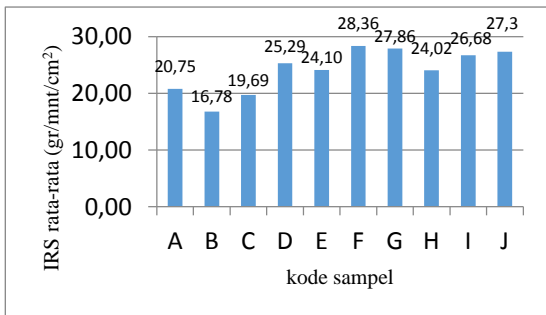
Gambar 5. Hubungan berat jenis rata-rata dengan kode sampel

Nilai kadar air rata-rata batu bata di Yogyakarta sebesar 1,09% dan untuk nilai kadar air tertinggi pada lokasi F sebesar 1,14% sedangkan nilai terendah kadar air pada lokasi A 1,05% dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 9.



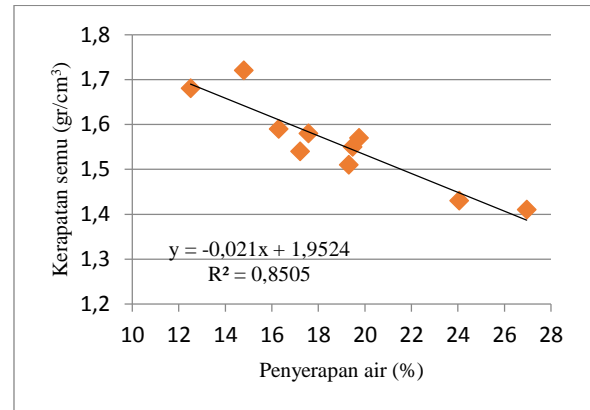
Gambar 6. Hubungan kadar air rata-rata dengan kode sampel

Nilai *Initial Rate of Suction* (IRS) yang di syaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah minimal 30 gr/mnt/cm². Gambar 7 di jelaskan nilai keseluruhan batu bata di Yogyakarta dibawah 30 gr/mnt/cm², maka tidak diperlukan perendaman. Semisal melebihi 30 gr/mnt/cm² maka diperlukan perendaman supaya nilai IRS dibawah 30 gr/mnt/cm². Untuk nilai IRS tertinggi pada lokasi F 28,36 gr/mnt/cm²



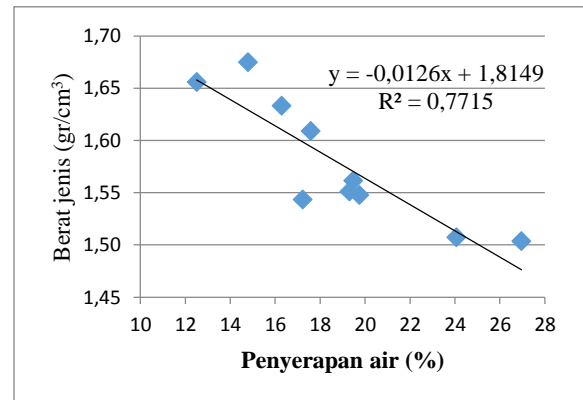
Gambar 7. Hubungan IRS rata-rata dengan kode sampel

Adapun hubungan penyerapan air dengan pengujian mekanik sebagai berikut.



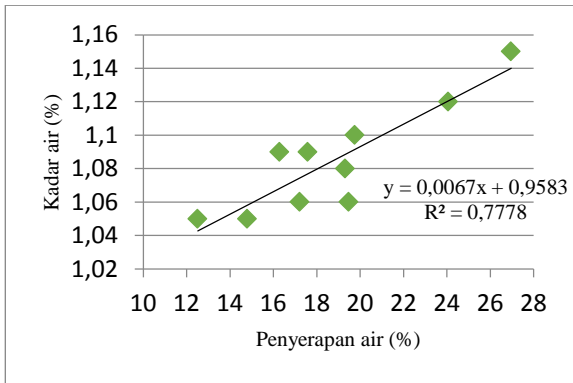
Gambar 8. Hubungan antara penyerapan air dengan kerapatan semu.

Gambar 8 dijelaskan bahwa hubungan antara penyerapan dengan kerapatan, semakin besar penyerapan air maka kerapatan semu akan semakin kecil. Disebabkan oleh campuran batu bata serta pembakaran yang kurang sempurna.



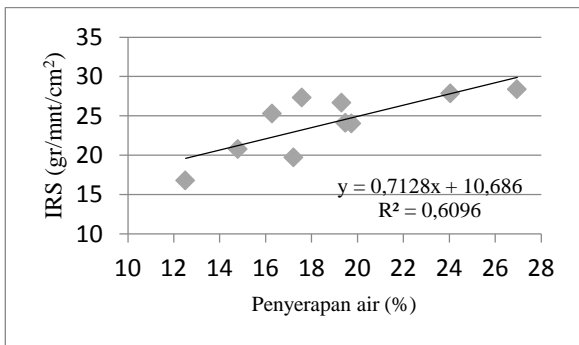
Gambar 9 Hubungan antara penyerapan air dengan berat jenis.

Gambar 9 dijelaskan bahwa hubungan antara penyerapan dengan kerapatan, semakin besar penyerapan air maka berat jenis akan semakin kecil.



Gambar 10 Hubungan antara penyerapan air dengan kadar air.

Gambar 10 dijelaskan bahwa hubungan antara penyerapan dengan kadar air, semakin besar penyerapan air maka kadar air akan semakin besar pula.













Gambar 11 Hubungan antara penyerapan air dengan IRS.

Gambar 11 menjelaskan penyerapan dan IRS adalah perilaku fisik yang sama-sama berhubungan dengan masuknya air kedalam batu bata. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penyerapan air semakain besar maka IRS yang terjadi akan semakin besar pula.

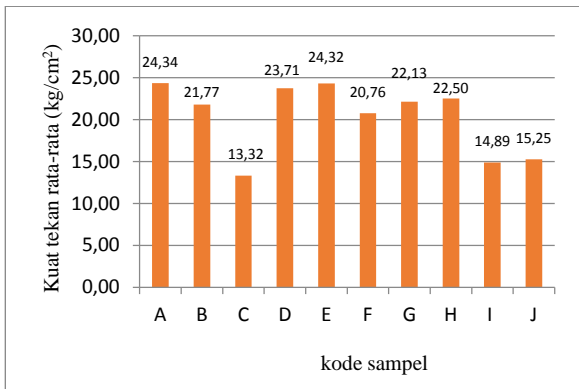
b. Kuat tekan pasangan batu bata

Pengujian kuat tekan batu bata ini diambil 30 sampel di setiap tempat. Pengujian ini mengambil 10 tempat penjual yang berada di Yogyakarta. Pembuatan sampel setiap batu bata di potong 2 bagian kemudian di rekatkan dengan mortar, pengujian ini mengacu pada peraturan SNI 15-2094-2000, dapat dilihat pada Tabel 5 untuk standarisasi kuat tekan. Hasil rata-rata kuat tekan batu bata dan modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel.13.

Tabel 13 Hasil rata-rata kuat tekan dan ME

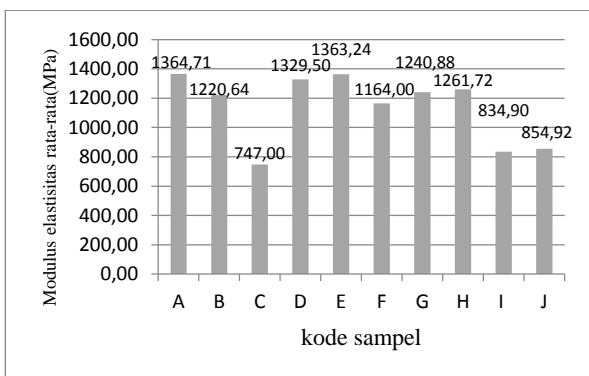
Lokasi	Benda uji	Kuat tekan (kg/cm ²)	S.Deviasi Kuat tekan (Mpa)	ME
A		24,34	8,24	1364,71
B		21,77	7,15	1220,64
C		13,32	3,36	747,00
D		23,71	4,54	1329,50
E		24,32	7,23	1363,24
F		20,76	7,55	1164,00
G		22,13	5,63	1240,88
H		22,50	6,04	1261,72
I		14,89	5,07	834,90
J		15,25	4,04	854,92

Sumber : Hasil penelitian



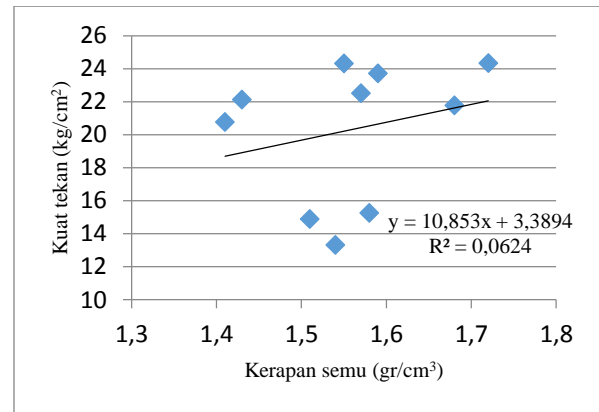
Gambar 12 Perbandingan kuat tekan rata-rata dengan kode sampel

Gambar 12 dapat dilihat nilai kuat tekan rata-rata di bawah 25 kg/cm², hasil tersebut tidak memenuhi syarat pada SNI 15-2094-2000 dengan kuat tekan minimum 50 kg/cm². Hasil tertinggi pada lokasi A daerah Madurejo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta dengan kuat tekan rata-rata sebesar 24,34 kg/cm². Kuat tekan batu bata dipengaruhi oleh kerapatan semu (*densitas*). Kuat tekan batu bata akan meningkat apa bila kerapatan semu (*densitas*) semakin besar, dapat dilihat pada Tabel 10 di situ tertulis bahwa nilai kerapatan semu pada lokasi A paling besar dia antara lokasi lain sebesar 1,72 gr/cm³ dan dapat dilihat pada Gambar 14 hubungan antara kerapatan semu dengan kuat tekan, semakin besar nilai kerapatan yang terjadi maka semakin besar pula kuat tekannya. Pada segi fisik batu bata A tidak memenuhi syarat dengan warna kuning, di ketuk tidak berbunyi. Ternyata bentuk fisik tidak menjamin kuat tekan tinggi.



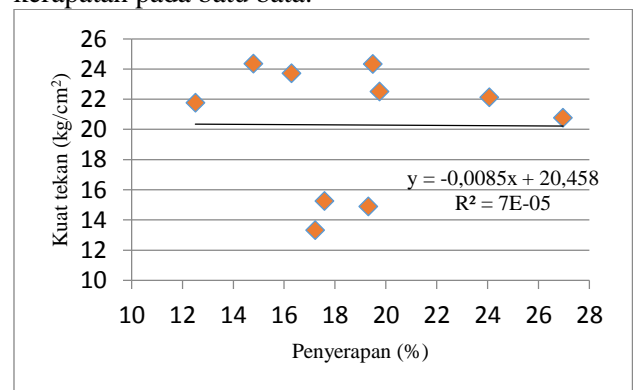
Gambar 13 Hubungan modulus elastisitas rata-rata dengan kode sampel

Gambar 13 dapat dilihat bahwa nilai ME tertinggi pada lokasi A daerah Madurejo, Prambanan, Sleman, Yogyakarta dengan nilai modulus elastisitas (ME) sebesar 1364,71 MPa dan nilai terkecil didapat pada lokasi C dengan dilai sebesar 747,00 MPa.



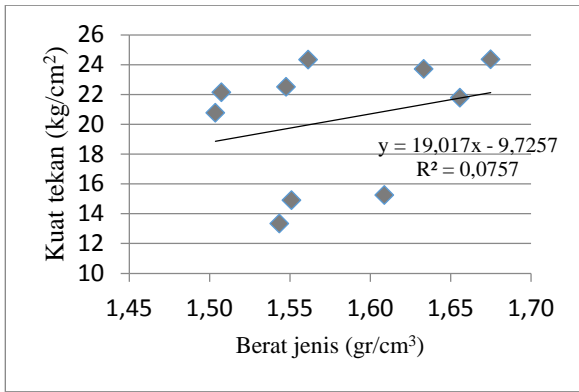
Gambar 14 Hubungan kuat tekan dengan kerapatan

Gambar 14 dijelaskan hubungan kuat tekan dengan kerapatan semu diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai kerapan semu maka semakin besar kuat tekannya. Jadi untuk meningkatkan kuat tekannya diperlukan kerapatan pada batu bata.



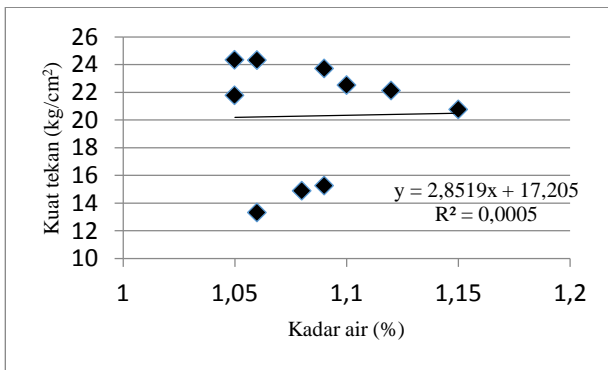
Gambar 15 Hubungan kuat tekan dengan penyerapan air

Gambar 15 dijelaskan hubungan kuat tekan dengan penyerapan air diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai penyerapan maka tidak berpengaruh pada kuat tekan.



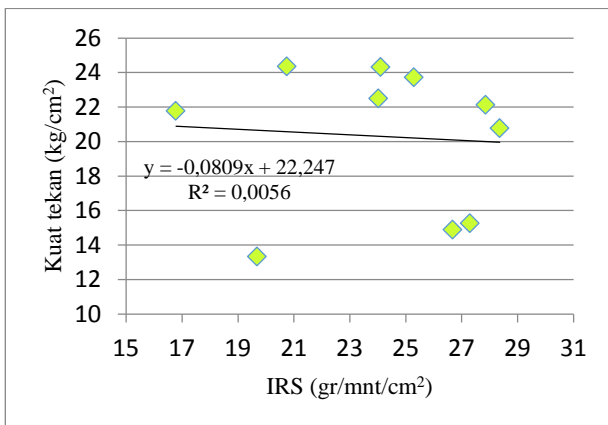
Gambar 16 Hubungan kuat tekan dengan berat jenis

Gambar 16 dijelaskan hubungan kuat tekan dengan berat jenis diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai berat jenis maka semakin besar kuat tekannya.



Gambar 17 Hubungan kuat tekan dengan kadar air

Gambar 17 dijelaskan hubungan kuat tekan dengan kadar air diatas dapat disimpulkan bahwa Semakin besar kadar air tidak berpengaruh pada kuat tekan batu bata.



Gambar 18 Hubungan kuat tekan dengan IRS

Gambar 18 dijelaskan hubungan kuat tekan dengan IRS diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai IRS (*Intial Rate of Suction*) maka semakin kecil kuat tekannya.

F. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, maka dapat di simpulkan sebagai berikut ini.

- Pengujian sifat fisik yang dilakukan terdiri dari pengukuran, warna, dan kandungan garam. Kode sampel I memenuhi seluruh persyaratan sifat fisik dari segi warna dan kandungan garam, sedangkan kode A,B,C,D,E,F,G,H hanya memenuhi persyaratan fisik kandungan garam.
- Pengujian sifat mekanis yang dilakukan terdiri dari pengujian kerapatan semu, berat jenis, kadar air, penyerapan, IRS, dan kuat tekan. Seluruh kode sampel memenuhi persyaratan kerapatan semu, berat jenis, kadar air, dan IRS, sedangkan penyerapan air hanya kode sampel A,B,C,D,E,H,I,J yang memenuhi persyaratan. Kuat tekan tidak ada sampel yang memenuhi

2. Saran

Penulis ingin memeberikan beberapa saran yang perlu diperhatikan supaya penelitian ini tidak berhenti begitu saja melaikan dapat ditindak lanjuti. Adapun saran sebagai berikut.

- Perlunya sosialisasi kesemua pembuat batu bata tentang SNI 15-2094-2000 kususnya Yogyakarta.
- Pembaca di mohon untuk melakukan penelitian lagi dengan berbagai campuran, supaya kuat tekan batu bata memenuhi SNI 15-2094-2000.
- Untuk pembuatan benda uji pasangan batu bata dan mortar diharapkan permukaan rata, supaya hasil kuat tekan bisa maksimal.
- Perlunya dibuat cetakan yang lebih baik dengan memnggunakan triplex/ lempengan baja yang bisa di bongkar pasang, dibaut supaya ukuran benda uji berdimensi sama

G. Daftar Pustaka

ACI 530-05, *Building Code Requirements for Masonry Structures*, American Concrete Institute

ASTM C67-03, 2003. *Setandard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Strctural*

Clay Tile, ASTM International, 100 Barr Harbor, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19426-2959, United States.

Eurocode 6.2001. *Design of Masonry Structures*, Part 1-1.

FEMA 273. 1997. *NEHRP Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings*, A Council of the National Institute of Building Sciences, Washington DC.

Kaushik, H.B., D.C. Rai and S. K. Jain 2007a. Uniaxial compressive stress-strain model for clay brick masonry, *J. CURRENT SCIENCE*, VOL.92, NO.4, 25th FEBRUARY.

Nur, 2008. Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Batu Bata Berdasarkan Sumber lokasi dan Posisi Batu Bata Dalam Proses Pembakaran, *Jurnal Rekayasa Sipil*, Vol. 4, No 2, Oktober 2008.

Paulay, T. & M. J. N. Priestley. 1992. *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*, John Wiley & Sons, New York.

SNI 15-2094-1991, *Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah.

SNI 15-2094-2000, *Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal*, Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah

Wisnumurti, 2013. *Struktur Dinding Pasangan Batu Merah Lokal Dengan Perkuatan Bilah Bambu Di Daerah Rawan Gempa*, Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Brawijaya Malang, November 2013.