

## Sifat Fisik dan Mekanik Bata Merah Kabupaten Majene untuk Konstruksi Dinding Rumah Sederhana Tahan Gempa

Sainuddin<sup>1\*</sup>, Herni Suryani<sup>2</sup>

<sup>1\*,2</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

\*Email: [sainuddin@unsulbar.ac.id](mailto:sainuddin@unsulbar.ac.id)

### Abstract

Clay brick is used as a non-structural material for building boundary walls. It is necessary to improve the quality of the products produced because the use of bricks in Majene Regency is currently not in balance with existing quality controls in the field. This research aims to determine the physical and mechanical properties of red bricks in Majene Regency which are adapted to SNI 15-2094-2000. A total of seven brick sellers in Majene Regency were selected to analyze the physical and mechanical properties of the test materials. The initial inspection in the field includes checking the soil mixture used, drying time, type of burning, and burning technique. The visible properties, size of the clay bricks, and salt content were also physically examined. In addition, mechanical properties were examined such as apparent density, water absorption and compressive strength tests. The results show that the physical properties of all locations do not meet the SNI 15-2094-2000 standards, but the results of the mechanical properties inspection of 6 locations meet the quality criteria for class 150 compressive strength according to SNI 15-2094-2000.

*Keywords:* SNI 15-2094-2000, red bricks, physical properties, mechanical properties, walls

### Abstrak

Batu bata merah digunakan sebagai bahan non-struktural untuk dinding pembatas gedung. Dibutuhkan peningkatan kualitas produk yang dihasilkan karena penggunaan batu bata di Kabupaten Majene sampai saat ini tidak seimbang dengan kontrol kualitas yang ada di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan sifat fisik dan mekanik batu bata merah di Kabupaten Majene yang disesuaikan dengan SNI 15-2094-2000. Sebanyak tujuh penjual batu bata di Kabupaten Majene dipilih untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik dari bahan uji. Pemeriksaan awal di lapangan meliputi pemeriksaan campuran tanah yang digunakan, lama pengeringan, jenis pembakaran, dan teknik pembakaran. Sifat tampak, ukuran bata merah, dan kandungan garam juga diperiksa secara fisik. Selain itu, dilakukan pemeriksaan sifat mekanik seperti pengujian kerapatan semu, penyerapan air, dan kuat tekan. Hasil menunjukkan sifat fisik semua lokasi tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000 tetapi hasil pemeriksaan sifat mekanik sebanyak 6 lokasi memenuhi kriteria mutu kuat tekan kelas 150 sesuai SNI 15-2094-2000.

*Kata kunci:* SNI 15-2094-2000, batu bata merah, sifat fisik, sifat mekanik, dinding

## 1. Pendahuluan

Gempa bumi tektonik dengan Magnitudo 6.2 dengan pusat gempa bumi berada pada kedalaman 21 km dan berada di darat 6 km arah timur laut Majene, Provinsi Sulawesi Barat pada hari Jumat, tanggal 15 Januari 2021 pukul 02:28:21 WITA yang menghancurkan bangunan di sekitar pusat gempa. Dikarenakan sejumlah besar rumah masih dibangun tanpa perhitungan struktur yang tepat. Saat terjadi gempa, banyak orang meninggal dan mengungsi karena rumah mereka hancur. Gempa di Majene ini menyebabkan kerusakan di bagian non-struktural, yaitu dinding rumah. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui karakteristik batu bata lokal ini, khususnya di Kabupaten Majene. Karakteristik ini dapat digunakan untuk menjelaskan kegagalan bangunan yang menggunakan struktur dinding yang terbuat dari batu bata.

Bata merah adalah bahan bangunan yang berbentuk prisma segi empat panjang, menurut SNI 15-2094-2000 [1]. Batu bata pejal atau batu bata berlubang dengan volume lubang sebesar 15% digunakan untuk membangun dinding bangunan yang terbuat dari tanah liat yang dicampur dengan atau tanpa bahan aktif dan dibakar pada suhu yang ditetapkan. Di Indonesia, batu bata ini adalah bahan bangunan yang paling umum digunakan. Batu bata biasanya digunakan sebagai bahan non-struktural untuk dinding pembatas di gedung atau konstruksi tingkat tinggi, tetapi sebagian juga menggunakannya sebagai bahan sederhana untuk membuat penyangga atau pemikul beban di atas rumah. Dengan menggunakan batu bata dalam konstruksi baik non-struktural maupun struktural, produk yang dihasilkan harus lebih baik, baik dengan meningkatkan kualitas bahan batu bata sendiri maupun dengan menambah lebih banyak jumlah batu batanya. Penggunaan limbah industri pada pembuatan bata merah telah dilakukan sebagai alternatif penggantian tanah lempung [2]. Penggunaan limbah sudah banyak dilakukan untuk pekerjaan konstruksi struktural maupun non-struktural [3] [4] [5] [6].

Bata merah adalah bahan yang digunakan untuk membuat dinding. Bata merah dibuat dari tanah liat yang dibakar pada suhu tinggi hingga warnanya menjadi kemerahan. Masyarakat sering menggunakan bata merah sebagai bahan pembuat dinding. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa bata merah adalah bahan yang tahan terhadap api dan memiliki ukuran yang cukup mudah untuk dikerjakan oleh tukang. Salah satu karakteristik bata merah yang harus diperhatikan adalah kapasitasnya untuk menahan tekanan; permukaannya tidak memiliki cacat atau retak; kandungan garamnya rendah atau sama sekali tidak ada; tepinya tajam; dan penyerapan airnya baik.

Studi ini dilakukan untuk menganalisis sifat fisik dan mekanik pada batu bata di Majene diantaranya warna fisik, dimensi, kerapatan semu, penyerapan air, dan kuat tekan pada batu bata. Selain itu, studi ini bertujuan untuk mengetahui pemetaan kualitas bata merah berdasarkan sifat fisik dan mekanik sesuai SNI 15-2094-2000 [1] di Kabupaten Majene. Benda uji diambil dari 7 lokasi yang berada di Kabupaten Majene, masing-masing lokasi mengambil 30 sampel batu bata untuk mengetahui perbedaannya. Penelitian ini dilakukan karena masih banyaknya ketidakseragaman kekuatan bata merah di Majene serta tidak tersedia data kualitas bata merah tersebut.

## 2. Metoda Penelitian

### 2.1. Benda Uji dan Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian

Pengambilan sampel bata merah dilakukan pada 7 (tujuh) lokasi industri rumah tangga pembuatan bata merah di Kabupaten Majene (Tabel 1) dan pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Sulawesi Barat. Lokasi pengambilan sampel bata merah dapat dilihat pada Gambar 1. Sebanyak 30 sampel bata merah diambil pada masing-masing variasi benda uji. Total sampel bata merah pada tujuh lokasi yang diuji sebanyak 210 sampel bata merah (Tabel 1).

Tabel 1. Jenis Pengujian dan Jumlah sampel bata merah.

Kode Uji	Kerapatan tekan	Ketahanan semu dan penyerapan air	Ketahanan garam	IRS	Total
A	10	10	5	5	30
B	10	10	5	5	30
C	10	10	5	5	30
D	10	10	5	5	30
E	10	10	5	5	30
F	10	10	5	5	30
G	10	10	5	5	30
Total					210



Gambar 1. Lokasi pengambilan 7 lokasi sampel bata merah

## 2.2. Metode Pengujian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental. Subjek yang diukur adalah sampel bata merah dari 7 lokasi pengambilan batu bata dengan melakukan pengujian sifat fisik dan mekanik bata merah, yaitu: kuat tekan, kerapatan semu, daya serap air, *Initial Rate of Suction* (IRS), dan ketahanan garam.

### 1) Sifat Tampak dan Ukuran

Sifat fisik batu bata adalah sifat fisik yang dilakukan tanpa merubah bentuk atau tanpa pemberian beban kepada batu bata itu sendiri. SNI 15-2094-2000 mengatur standar baku untuk pengujian ini [1]. Untuk sifat tampak yaitu 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. Sedangkan untuk pengukuran ukuran, batu bata mempunyai banyak variasinya. Ukuran batu bata yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094- 2000 dapat dilihat pada Tabel 2.

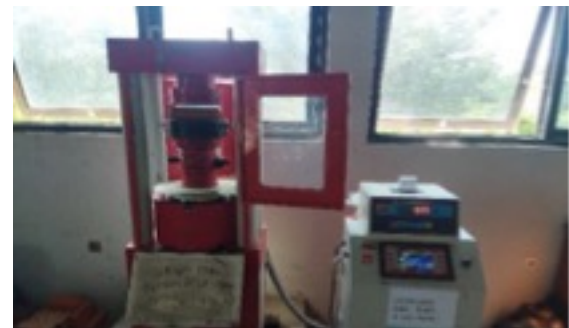
Tabel 2. Ukuran batu bata.

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

### 2) Kuat Tekan

Benda uji diuji menggunakan alat uji compression machine dengan kecepatan pembebanan 1,25 mm/menit Pelat baja dengan ketebalan 6 mm digunakan di bagian atas untuk memberikan beban (Gambar 2). Kuat tekan dihitung dari beban tekan terbesar dan luas bidang (Persamaan 1). Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan kelas tekannya dan kualitasnya. Tabel 3 menunjukkan besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk batu bata untuk pasangan dinding menurut SNI 03-4164-1996 [7]. Dimana, kuat tekan ( $f_c$ ) adalah maksimum besaran gaya tekan (kg); A adalah luas penampang ( $\text{cm}^2$ ); dan  $f_c$  adalah kuat tekan benda uji ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ).

$$\text{Kuat tekan } (f_c) = \frac{P}{A} \quad (1)$$



Gambar 2. Pengujian kuat tekan

Tabel 3. Nilai Kuat Tekan Bata Merah.

Kelas	Kekuatan Tekan Rata-Rata		Koefisien Variasi Ijin, %
	Kg/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
50	50	5	22
100	100	10	15
150	150	15	15

3) Kerapatan Semu

Kerapatan semu ( $Q_{sch}$ ) dihitung dengan menggunakan Persamaan (2). Kerapatan semu minimum batu bata untuk pasangan dinding adalah  $1,2 \text{ gram/cm}^3$ , menurut SNI-15-2094-2000 [1]. Dimana,  $M_d$  adalah berat kering oven (gram),  $b$  adalah Berat di dalam air (gram),  $c$  adalah Berat setelah direndam (gram),  $d_w$  adalah Kerapatan (density) air 1.0.

$$Kerapatan\ semu\ (Q_{sch}) = \frac{M_d}{c-b} \quad (2)$$

4) Penyerapan air

Menurut SNI-15-2094-2000 [1], penyerapan air maksimal untuk pasangan dinding bata merah pejal adalah 20%. Penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (3). Dimana,  $A$  adalah berat jenuh setelah direndam (gr) dan  $B$  adalah berat setelah dioven (gr).

$$Penyerapan = \frac{A-B}{B} \times 100\% \quad (3)$$



Gambar 3. Perendaman benda uji selama 24 jam



Gambar 4. Pengovenan benda uji selama 24 jam

5) Garam yang membahayakan

Sesuai dengan SNI 15-2094-2000 [1], metode pengujian kandungan garam dengan menggunakan tidak kurang dari lima buah bata utuh, sifat garam yang berbahaya dinilai. Tiap bata diletakkan pada bidang datar, dan masing-masing bejana dituangkan air suling dengan

jumlah lebih dari atau kurang dari 250 mililiter. Alat uji dan bejana dibiarkan di tempat yang memiliki penggantian udara yang baik.

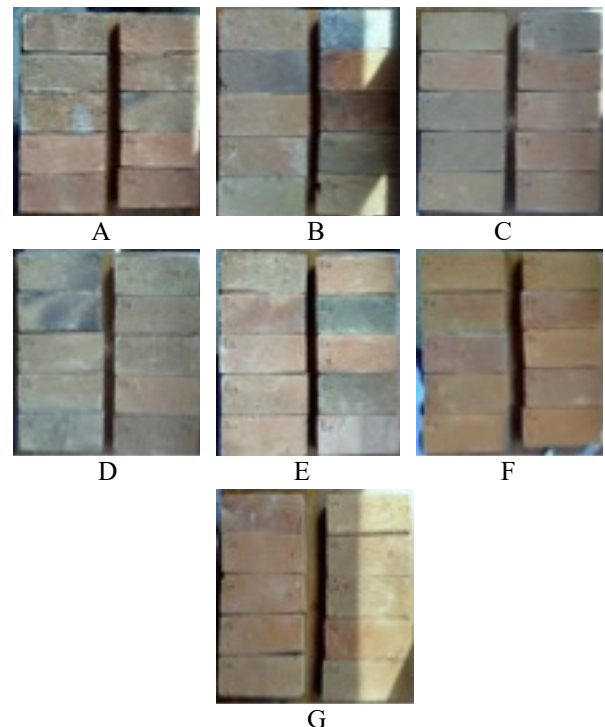


Gambar 5. Pengujian kadar garam

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemeriksaan Lapangan

Sebelum dilakukan pengujian mutu batu bata merah yang ada di Kabupaten Majene, dilakukan pemeriksaan tampak di Lapangan (Gambar 3) dengan data-data antara lain lama pengeringan, jenis pembakaran, lama pembakaran dan pengambilan sampel seperti yang disajikan pada Tabel 4.



Gambar 6. Pemeriksaan tampak lapangan

Tabel 4. Rekapitulasi Pemeriksaan lapangan pada batu bata.

Kode	Jenis tanah	Lama pengeringan pada batu bata	Jenis pembakaran	Lama pembakaran	Pengambilan sampel	Harga Satuan Bata
A	Lempung	Pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450
B	Lempung	Tergantung cuaca, pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450
C	Lempung	Tergantung cuaca, pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450
D	Lempung	Tergantung cuaca, pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450
E	Lempung	Tergantung cuaca, pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450
F	Lempung	Tergantung cuaca, pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450 - 470
G	Lempung	Pengeringan bisa 3 - 4 hari	Kayu	3hari - 3malam	Random (Acak)	450

Berdasarkan Tabel 4, hasil pemeriksaan batu bata yang diproduksi di Kabupaten Majene kebanyakan menggunakan tanah lempung sebagai bahan pokok pembuatan batu bata, dikarenakan tanah lempung yang mudah dibentuk dan memiliki ukuran butir yang halus. Lama penjemuran rata-rata 3-4 hari tergantung cuaca, pembakaran rata-rata menggunakan kayu sebagai bahan pembakaran, dikarenakan mudah dicari serta lebih cepat panas. Lama pembakaran bisa sampai 3 hari - 3 malam. Adapun harga satu buah batu bata mencapai 450 sampai dengan 470 perak.

### 3.2. Pemeriksaan Sifat Tampak Batu Bata

Sifat tampak pada batu bata dari hasil penelitian 7 lokasi pembuatan bata antara lain warna, bentuk datar, bentuk tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku dapat dilihat pada Tabel 5. Simbol R menandakan rata, simbol S menandakan siku, simbol RK menandakan Retak dan simbol T menandakan tidak.

Tabel 5. Pemeriksaan sifat tampak pada batu bata.

Kode	Warna	Definisi		
		Tidak / Rata	Tidak / Siku	Tidak / Retak
A	kemerah-merahan	R	S	T
B	orange ke merahan	T	T	RK
C	merah	R	S	RK
D	kuning kehitaman	T	T	RK
E	kuning ke orange	R	S	T
F	kuning ke orange	R	S	RK
G	merah	R	T	RK

Berdasarkan Tabel 5, hasil penelitian 7 lokasi batu bata beberapa sampelnya tidak memenuhi syarat SNI 15-2094-2000 dikarenakan proses pembakaran kurang sempurna sehingga batu bata yang dihasilkan banyak yang retak-retak.

### 3.3. Pemeriksaan Ukuran

Pengujian ukuran dilakukan untuk mengetahui apakah dimensi/ukuran batu bata yang dibuat di Kab. Majene sudah sesuai dengan standar SNI 15-2094-2000. Dalam pengujian ini dilakukan pengukuran panjang, lebar dan tebal dari 7 lokasi pembuatan batu bata dan masing-masing sebanyak 10 benda uji dilakukan pengujian ukuran dan toleransi.

Tabel 6. Rekapitulasi ukuran rata-rata batu bata di daerah Majene.

Kode	Ukuran, mm			Spesifikasi
	P	L	T	
A	191,2	89	41,6	Tidak masuk
B	188,2	88,5	41,2	Tidak masuk
C	185	84,8	40	Tidak masuk
D	184,9	85	40,9	Tidak masuk
E	184,8	86,7	41,7	Tidak masuk
F	188,3	89,3	40,7	Tidak masuk
G	184,3	86,9	41,4	Tidak masuk

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa secara umum dimensi batu bata Kab. Majene rata-rata panjang 184-191 mm, lebar 84-89,3 mm dan tebal 40-41,7 mm. Ukuran ini sangat jauh menyimpang dari standar dimensi batu bata yang ditetapkan oleh SNI 15-2094-2000, pada ketiga ukuran diperlukan peningkatan ukuran, terutama pada ukuran lebar dan tebal, dengan demikian untuk ukuran dan toleransi batu bata tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000.

**3.4. Pengujian Kuat Tekan**

Hasil pengujian kuat tekan batu bata pada 7 lokasi sampel batu bata dapat dilihat pada Tabel 7. Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk batu bata merah berdasarkan SNI 15-2094-2000 yaitu kelas 50 kg/cm<sup>2</sup>, 100 kg/cm<sup>2</sup>, dan 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 7. Pengujian kuat tekan batu bata 7 lokasi.

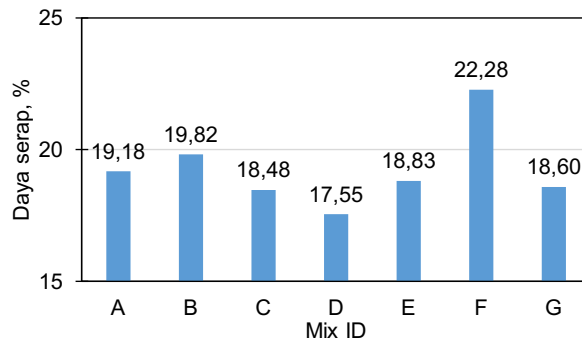
Kode	Kuat tekan $f_c'$ , Mpa	Klasifikasi Mutu Bata SNI-15-2094-2000
	28 hari	
A	15,93	150
B	18,11	150
C	25,93	150
D	14,32	100
E	20,28	150
F	17,52	150
G	24,40	150

Berdasarkan Tabel 7, nilai keseluruhan batu bata di Kab. Majene memenuhi standar yang diijinkan, untuk nilai tertinggi pada kode C dengan nilai rata-rata sebesar 25,93 MPa sedangkan nilai terendah pada kode D sebesar 14,32 MPa dengan nilai deviasi 3,07 yang dapat dilihat pada Tabel 7. Data rata-rata hasil uji kuat tekan bata di Kab. Majene didapatkan data uji klasifikasinya memenuhi standar SNI-15-2094-2000. Dengan kuat tekan rata-rata minimal dari 7 (tujuh) lokasi pembuatan bata masuk dalam kelas 150 dan kelas 100.

**3.5. Pengujian Daya Serap**

Nilai maksimum daya serap air berdasarkan SNI 15-2094-2000 adalah 20%. Gambar 7 menunjukkan hasil daya serap sampel batu bata dari 7 lokasi pengambilan batu

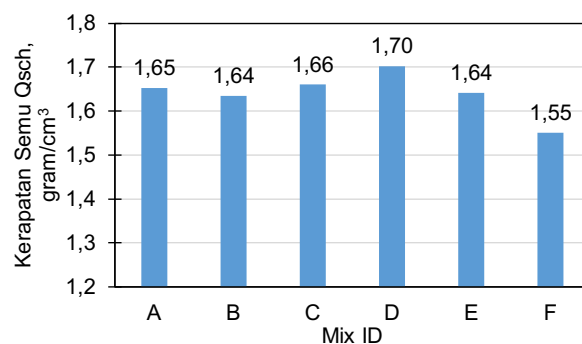
bata. Berdasarkan Gambar 7, hasil menunjukkan nilai daya serap pada sampel F tidak sesuai dengan standar SNI batu bata karena melebihi dari 20% serapan air. Nilai tertinggi pada kode F sebesar 22,3% sedangkan nilai terendah pada kode D sebesar 17,6%. Hanya kode lokasi F yang melebihi daya serap 20%.



Gambar 7. Pengujian daya serap

**3.6. Kerapatan Semu**

Berdasarkan SNI 15-2094-2000, nilai kerapatan semu pada batu bata pasangan dinding yang diisyaratkan minimal adalah 1,2 gram/cm<sup>3</sup>. Gambar 8 menyajikan rekapitulasi hasil kerapatan semu sampel batu bata. Berdasarkan Gambar 8, didapatkan nilai kerapatan semu semua benda uji memenuhi standar yang diijinkan. Nilai tertinggi pada kode D sebesar 1,70 gram/cm<sup>3</sup> sedangkan nilai terendah pada kode F sebesar 1,55 gram/cm<sup>3</sup>.



Gambar 8. Pengujian kerapatan semu

**3.7. Kadar Garam**

Pemeriksaan kadar garam disajikan pada Tabel 8. Sebanyak 5 sampel batu bata diuji kadar garamnya untuk masing-masing lokasi. Berdasarkan Tabel 8, hasil pengujian kadar garam yang telah direndam selama 3 hari

didapatkan pada kode A terdapat 1 benda uji memiliki nilai kadar garam 21,11%, pada kode E terdapat 4 benda uji E1 dengan nilai 14,60%, E2 dengan nilai 0,95%, E3 dengan nilai 5,66%, dan E4 dengan nilai 1,61%, dimana pada bagian permukaan batu batanya memiliki bintik-bintik putih seperti kristal putih artinya bawah di lokasi tersebut memiliki kadar garam, akan tetapi jika kadar garam yang dihasilkan tidak melebihi dari 50% maka pada 5 kode sampel tersebut memenuhi syarat SNI 15-2094-2000.

Karena kadar garam yang melebihi dari 50% dapat meminimalisir kerusakan pada struktural terutama tulangan yang akan mengakibatkan terjadinya korosi. Dengan demikian pada 7 lokasi pengambilan bata semuanya memenuhi standar SNI 15-2094-2000.

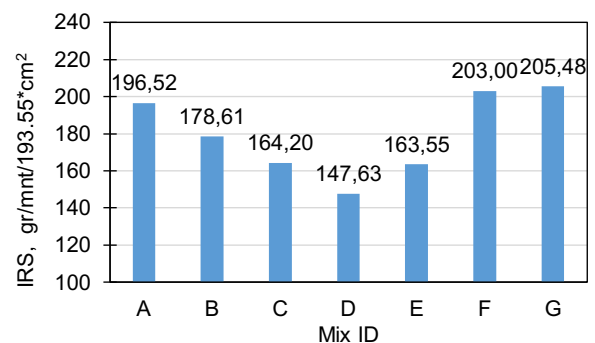
**3.8. Initial Rate of Suction (IRS)**

Hasil Initial rate of suction (IRS) dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan hasil uji IRS nilai rata-rata tertinggi pada sampel G dengan nilai 205,5 cm<sup>2</sup> dengan nilai standar deviasi sebesar 0,7 dan untuk nilai terendah pada sampel D dengan nilai 147,6 cm<sup>2</sup> dengan nilai standar deviasi sebesar 1,4. Dengan demikian pada sampel kode A, F dan G hasil nilai yang didapatkan melebihi dari 193,55 cm<sup>2</sup>, maka diperlukan perendaman agar nilai IRS dibawah dari 193,55 cm<sup>2</sup>. Semisal nilai IRS dibawah 193,55 cm<sup>2</sup>, maka tidak diperlukan perendaman. Sehingga sampel kode B, C, D dan E lolos uji Initial Rate of Suction pada ASTM C67-03.

Tabel 8. Pemeriksaan kadar garam.

Kode	Kode	Luasan Bata A (mm)	Luasan kandungan garam Ag (cm)	Kadar Garam (%)
A	A1	17280,00	3648	21,11
	A2	17370,00	-	-
	A3	17280,00	-	-
	A4	17088,00	-	-
	A5	16999,00	-	-
B	B1	16920,00	-	-

	B2	16554,00	-	-
	B3	16920,00	-	-
	B4	16095,00	-	-
	B5	15566,00	-	-
	C1	16082,00	-	-
	C2	15910,00	-	-
C	C3	16984,00	-	-
	C4	15996,00	-	-
	C5	15555,00	-	-
	D1	15725,00	-	-
	D2	16182,00	-	-
D	D3	15300,00	-	-
	D4	15652,00	-	-
	D5	15385,00	-	-
	E1	15996,00	2336	14,60
	E2	16008,00	152	0,95
E	E3	15824,00	896	5,66
	E4	15910,00	256	1,61
	E5	16182,00	-	-
	F1	16910,00	-	-
	F2	16732,00	-	-
F	F3	17010,00	-	-
	F4	16910,00	-	-
	F5	16830,00	-	-
	G1	17670,00	-	-
	G2	17577,00	-	-
G	G3	17670,00	-	-
	G4	17763,00	-	-
	G5	17860,00	-	-



Gambar 9. Pengujian IRS

**4. Kesimpulan**

Hasil menunjukkan kesimpulan bahwa sifat fisik semua lokasi tidak memenuhi standar SNI 15-2094-2000 tetapi hasil pemeriksaan sifat mekanik sebanyak 6 lokasi memenuhi kriteria mutu kuat tekan kelas 150 sesuai SNI 15-2094-2000.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] SNI15-2094-2000, Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal, Bandung: Standar Nasional Indonesia, 2000.
- [2] A. Dasar, D. Patah, N. Okviyani, A. Nurdin, A. Y. A. Manaf and A. F. Mahmuda, "Produksi Batu Bata Tanah Liat Yang Ramah Lingkungan Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA)," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, pp. 72-79, 2024.
- [3] D. Patah and A. Dasar, "The Impact of using Rice Husks Ash, Seawater and Sea Sand on Corrosion of Reinforcing Bars in Concrete," *Journal of the Civil Engineering Forum*, pp. 251-262, 2023.
- [4] D. Patah and A. Dasar, "Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM)," *Journal of The Civil Engineering Forum*, pp. 261-276, 2022.
- [5] A. Dasar and D. Patah, "Kekuatan dan Durabilitas Beton Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan Pasir Pantai," *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 1, pp. 83-94, 2024.
- [6] D. Patah, A. Dasar, I. Ridhayani, H. Suryani, A. I. Saudi and S. Sainuddin, "Kekuatan dan Durabilitas Oil Palm Shell (OPS) sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar pada Beton Bertulang," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, vol. 12, no. 1, pp. 80-87, 2024.
- [7] SNI03-4164-1996, "Metode Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium," Jakarta, Badan Standardisasi Nasional, 1996.