

Produksi Batu Bata Tanah Liat Yang Ramah Lingkungan Menggunakan *Palm Oil Fuel Ash (POFA)*

Amry Dasar¹, Dahlia Patah^{1*}, Nur Okviyani¹, Amalia Nurdin¹, Apriansyah¹,
Yusman¹, Abdi Manaf¹, Ali Fauzi Mahmuda¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat

*Email: dahliapatah@unsulbar.ac.id

Abstract

Palm Oil Fuel Ash (POFA) is used to replace clay in different ratios of 0%, 15%, 30% and 45% by weight of cement in bricks production. The aim of this study is to evaluate the properties of bricks and introduce innovations of making bricks with utilization of POFA. The properties of bricks using POFA compared to conventional bricks (control bricks follow the minimum standards of SNI-15-2094-2000). The addition of replacement ratio of POFA for clay with 15-30% generates bricks that have water absorption capacity, apparent density and compressive strength that meet the limit standards. The replacement ratio of POFA for clay up to 30% lead to reduces in the quality of bricks from Grade 15 to Grade 10. Further, the replacement ratio of POFA up to 15% has better water absorption and apparent density than bricks with 0% POFA (control bricks without POFA).

Keywords: POFA, clay, brick, compressive strength, apparent density, water absorption

Abstrak

Abu cangkang sawit/*Palm Oil Fuel Ash (POFA)* digunakan untuk menggantikan tanah liat dalam jumlah yang berbeda yaitu 0%, 15%, 30% dan 45% terhadap berat semen dalam pembuatan batu bata. Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari sifat-sifat batu bata dan memperkenalkan inovasi pembuatan batu bata menggunakan POFA. Sifat-sifat batu bata menggunakan POFA dibandingkan dengan produk konvensional (batu bata kontrol/0%POFA) mengikuti standar minimum dari SNI 03-4164-1996 dan SNI-15-2094-2000. Penambahan jumlah limbah POFA 15-30% menggantikan tanah liat dapat menghasilkan batu bata yang memiliki penyerapan air, kerapatan semu dan kekuatan tekan yang memenuhi nilai-nilai yang ditetapkan oleh standar. Penggunaan POFA hingga 30% sebagai pengganti tanah liat pada pembuatan batu bata menurunkan mutu bata dari mutu 15 menjadi mutu 10. Lebih lanjut, penggunaan 15% POFA menunjukkan penyerapan air dan kerapatan semu yang lebih baik dari batu bata dengan 0%POFA (batu bata kontrol tanpa POFA).

Kata kunci: POFA, tanah liat, batu bata, kerapatan semu, penyerapan air

1. Pendahuluan

Batu bata merupakan salah satu bahan bangunan yang terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain, kemudian dibakar pada suhu tinggi sampai berwarna

kemerah-merahan [1]. Batu bata yang baik terdiri atas pasir (silika) dan tanah liat yang dicampur dengan perbandingan tertentu dan bila diberi sedikit air menjadi bersifat plastis, sehingga dengan mudah tanah dapat dicetak

[2]. Penggunaan bata memiliki keuntungan karena memungkinkan digunakan sebagai beberapa fungsi yang pada struktur portal tidak mungkin dilakukan. Dinding bata berfungsi juga sebagai komponen struktur penyekat ruangan [3].

Saat ini penggunaan material alternatif ramah lingkungan telah banyak diterapkan pada material konstruksi. Pemanfaatan limbah industry telah banyak dilakukan seperti pemanfaatan fly ash, abu sekam padi, metakaolin, *silica fume*, *Blast Furnace Slag* (GGBFS) pada beton maupun *paving block* [4] [5] [6] [7] [8]. Selain itu, pemanfaatan material limbah digunakan pada pembuatan batu bata. Sri Handayani (2010) melakukan penelitian terkait pemanfaatan limbah serbuk gergaji pada pembuatan batu bata [9]. Mifthaul Huda (2012) memanfaatkan sisa abu pembakaran dalam pembuatan batu bata merah [1]. Diah Sarasanty (2021) memanfaatkan limbah sekam padi untuk meningkatkan kualitas batu bata [10]. Lebih lanjut, salah satu diantara limbah yang sering dijumpai adalah Abu Cangkang Sawit atau POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) yang merupakan hasil industri pertanian. Pemanfaatan material limbah seperti POFA dapat menjadi material alternatif karena kandungan sifat pozzolan yang dapat mengikat seperti pada semen. Oleh karena itu, penggunaan POFA pada pembuatan batu bata berpotensi untuk meningkatkan kinerjanya.

Pada penelitian ini memanfaatkan limbah POFA pada pembuatan batu bata dengan mengganti sebagian tanah liat dengan POFA dengan beberapa rasio penggantian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja batu bata dengan pengujian penyerapan air, kerapatan semu dan kekuatan tekan yang sesuai standar SNI 03-4164-1996 dan SNI-15-2094-2000. Selanjutnya, dari hasil pengujian didapatkan penggunaan POFA hingga 30% sebagai pengganti tanah liat pada pembuatan batu bata menurunkan mutu batu bata dari Grade-15 menjadi Grade-10. Selain itu penggunaan hingga 15% POFA untuk menggantikan tanah liat menunjukkan penyerapan air dan kerapatan semu yang lebih

baik jika dibandingkan dengan batu bata dengan 0% POFA (batu bata kontrol tanpa POFA).

2. Metoda Penelitian

2.1. Material dan Pencampuran Bahan

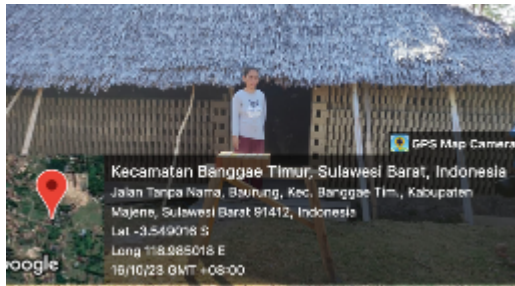
Bahan yang digunakan untuk pembuatan batu bata adalah tanah liat, abu cangkang sawit atau *Palm Oil Fuel Ash* (POFA) dan air. Tanah liat yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Kelurahan Lembang (Gambar 1). POFA yang lolos saringan No.50 digunakan diperoleh dari hasil limbah industri kelapa sawit PT Lestari II Mamuju Tengah. Bahan baku tanah liat digunakan tanpa pengolahan apapun selama penelitian. Komposisi kimia tanah liat ditunjukkan pada Tabel 1. Kandungan SiO_2 pada tanah liat (22%wt) lebih rendah dibandingkan pada POFA (52.32%wt), namun kandungan Al_2O_3 lebih tinggi pada tanah bernilai 15.93%wt dibandingkan pada POFA sebesar 0%wt. Proses pembuatan dan pembakaran benda uji dilakukan di pabrik pembakaran batu bata industri rumah tangga (Gambar 2).



Gambar 1. Pengambilan tanah

Tabel 1. Komposisi kimia dari tanah liat dan POFA.

Oxide content, %	Tanah	POFA
SiO_2	22	52.32
Al_2O_3	15.93	-
Fe_2O_3	14.22	9.23
CaO	3.84	15.27
MgO	1.81	-
K_2O	7.95	14.13
P_2O_5	0.21	5.38
TiO_2	1.54	0.6170
SrO	0.035	0.2020
Rb_2O	-	0.1660
MnO	0.032	0.4320



Gambar 2. Lokasi pembuatan dan pembakaran batu bata

2.2. Pembuatan Batu Bata

Sebanyak 100 benda uji batu bata berukuran $190 \times 90 \times 40$ mm disiapkan di lokasi pembakaran batu bata dengan variasi proporsi POFA sebanyak 0%, 15%, 30%, dan 45% menggantikan sebagian tanah liat sesuai Tabel 2. Teknik pencampuran dan pencetakan batu bata secara umum diadopsi pembuatan batu bata konvensional. POFA dicampur secara manual dalam proporsi yang diinginkan dengan tanah liat dalam keadaan kering (Gambar. 3(a)). Setelah itu, air ditambahkan ke dalam campuran kering dan pencampuran manual dilanjutkan sampai tercapai campuran homogen. Campuran kemudian dibiarkan selama 2-3 jam agar air dapat mengisi rongga untuk mencapai homogenitas maksimum. Gumpalan campuran yang dibuat untuk pembuatan batu bata kemudian dimasukkan dalam mesin cetak batu bata bertenaga 15 PK (Gambar 3b). Hasil cetak tanah liat basah lalu dipotong secara berkelompok berukuran $190 \times 90 \times 40$ mm (Gambar 3c).

Tabel 2. Proporsi batu bata (%-vol).

Tipe	Tanah Liat	POFA
0%POFA/Kontrol	100	0
15%POFA	85	15
30%POFA	70	30
45%POFA	55	45

Tabel 3. Jumlah benda uji

Tipe	Kuat Tekan dan sifat fisik	Daya Serap dan porositas	Kadar Garam	Jumlah
0%POFA	10	10	5	25
15%POFA	10	10	5	25
30%POFA	10	10	5	25
45%POFA	10	10	5	25

Batu bata segar dikeringkan selama 4–5 hari di udara terbuka di bawah sinar matahari (Gambar 4a) hingga cukup mengeras untuk diangkut ke tempat pembakaran (Gambar 4b). Setelah itu, batu bata dimasukkan ke dalam tempat pembakaran dan dibakar selama tiga hari. Itu suhu di dalam klin sekitar 800°C . Setelah 20 hari, batu bata tanah liat yang terbakar dikeluarkan dari tempat pembakaran (Gambar 4c).



Gambar 3. Proses pembuatan batu bata basah



Gambar 4. (a) Pengeringan benda uji batu bata dengan sinar matahari, (b) Proses pembakaran (c) Benda uji batu bata setelah dibakar di kiln

2.3. Metode Pengujian Batu Bata

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. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan standar yang baku sesuai SNI 15-2094-2000:

- 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.
- Ukuran: Batu bata mempunyai banyak variasinya. Ukuran batu bata yang telah diizinkan dalam peraturan SNI 15-2094-2000 dapat 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

2) Garam yang Membahayakan

Sifat garam yang membahayakan diukur berdasarkan SNI 15-2094-2000 tentang cara pengujian kandungan garam digunakan tidak kurang dari 5 buah bata utuh. Tiap bata ditempatkan berdiri pada bidang datar, dalam masing-masing bejana dituangkan air suling ± 250 ml. Bejana-bejana beserta benda-benda uji dibiarkan dalam ruang yang mempunyai penggantian udara yang baik.

3) Kuat Tekan

Kuat tekan ditentukan menurut ASTM C67. Benda uji diuji pada kecepatan pembebanan 1,25 mm/menit. Pelat baja dengan ketebalan 6 mm digunakan di bagian atas untuk memberikan beban. Kuat tekan diperoleh dari hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas bidang (Persamaan 1). Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan mutu dan kelas kuat tekannya. Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diizinkan untuk batu bata untuk pasangan dinding menurut SNI 03-4164-1996 [11] dapat dilihat pada Tabel 5.

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

Dimana, Kuat tekan (fc)= maksimum besaran gaya tekan (kg), A= luas penampang (cm²), fc= kuat tekan benda uji (kg/cm²).

Tabel 5. Nilai Kuat Tekan Bata Merah.

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

Kerapatan Semu (*Apparent Density*) diukur berdasarkan SNI-15-2094-2000 [12] dimana kerapatan semu minimum batu bata untuk pasangan dinding adalah 1,2 gram/cm³. Kerapatan semu (Q_{sch}) dihitung dengan Persamaan (2).

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

Dimana, Md= Berat kering oven (gram), b= Berat di dalam air (gram), c= Berat setelah direndam (gram), dw= Kerapatan (density) air 1.0.

Penyerapan air diukur berdasarkan SNI-15-2094-2000 dimana penyerapan air maksimum bata merah pejal untuk pasangan dinding adalah 20%. Penyerapan air dapat dihitung dengan Persamaan (3).

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

Dimana, A= Berat jenuh setelah direndam (gr) dan B= Berat setelah dioven (gr).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pemeriksaan Fisik

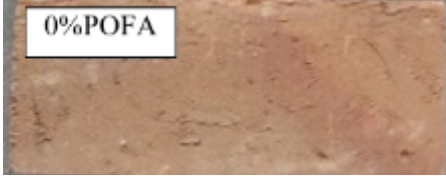
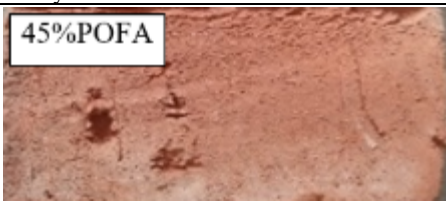
1) Sifat Fisik dan Ukuran

Pemeriksaan sifat tampak pada batu bata dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 dapat dilihat bahwa hanya batu bata 0%POFA yang memenuhi syarat SNI 15-2094-2000 menyebutkan yaitu 100% tidak bunyi, 5% bentuk tidak datar, tidak retak, dan ruas-ruasnya siku-siku. Akan tetapi, penggunaan 15%POFA menghasilkan batu bata yang 83% tidak bunyi, 7% bentuk tidak datar, 85% tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku; penggunaan 30%POFA menghasilkan batu bata yang 70% tidak bunyi, bentuk datar, 60% tidak retak, ruas-ruasnya

tidak siku-siku; dan penggunaan 45%POFA menghasilkan batu bata yang 50% tidak bunyi, bentuk tidak datar, bentuk retak, ruas-ruasnya tidak siku-siku.

Rekapitulasi ukuran rata-rata batu bata dapat dilihat Tabel 7. Tabel 7 dapat dilihat bahwa ukuran yang masuk dalam SNI 15-2094-2000 yaitu benda uji 0%POFA, 15%POFA, 30%POFA dan 45%POFA pada M-5a hanya untuk lebar $90\pm 3\text{mm}$ dan panjang $190\pm 4\text{mm}$. Akan tetapi, untuk tebal tinggi $65\pm 2\text{mm}$ tidak memenuhi. Sehingga semua ukuran tidak masuk pada standarisasi dikarenakan ukuran cetakan pada tebalnya tidak disesuaikan dengan peraturan SNI 15-2094-2000.

Tabel 6. Pemeriksaan sifat tampak pada batu bata.

Tipe	Warna rata-rata batu bata
0%POFA	 Warna kuning, 100% tidak bunyi, 5% bentuk tidak datar, tidak retak, dan ruas-ruasnya siku-siku.
15%POFA	 Warna kuning kemerah-merahan, 83% tidak bunyi, 7% bentuk tidak datar, 85% tidak retak, ruas-ruasnya siku-siku.
30%POFA	 Warna kuning kemerah-merahan, 70% tidak bunyi, bentuk datar, 60% tidak retak, ruas-ruasnya tidak siku-siku.
45%POFA	 Warna oran kemerah-merahan, 50% tidak bunyi, bentuk tidak datar, bentuk retak, ruas-ruasnya tidak siku-siku.

Tabel 7. Rekapitulasi ukuran rata-rata batu bata.

Tipe	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Spesifikasi
0%POFA	188	89	41	Tidak masuk
15%POFA	188	89	41	Tidak masuk
30%POFA	189	90	41	Tidak masuk
45%POFA	188	90	41	Tidak masuk

2) Kandungan Garam

Penampakan hasil uji kandungan garam dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4, hasil pengamatan kandungan garam benda uji batu bata kontrol 0%POFA tidak mengandung garam yang membahayakan. Tetapi pada benda uji 15%, 30% dan 45%POFA terdapat serbuk-serbuk putih yang menempel pada batu bata dengan presentase 5%. Hasil tersebut masih aman digunakan dan masih masuk pada SNI 15-2094-1991 yaitu kurang dari 50%.



Gambar 4. Pengamatan kandungan garam

3.2. Pemeriksaan Sifat Mekanik

1) Kuat Tekan

Hasil rata-rata kuat tekan rata-rata batu bata dapat dilihat pada Tabel 8. Berdasarkan Tabel 8, nilai kuat tekan 0%, 15%, 30% dan 45% POFA adalah masing-masing sebesar 26.55 MPa, 18.37 MPa, 11.88 MPa, dan 3.96 MPa. Klasifikasi mutu bata berdasarkan SNI-15-2094-2000 untuk benda uji 0%POFA masuk mutu 15MPa, untuk 15% dan 30%POFA masuk mutu 10MPa, sedangkan benda uji 45%POFA tidak masuk klasifikasi mutu. Sementara koefisien variasi dari kuat tekan rata-rata yang diuji untuk benda uji 0%, 15%, 30% dan 45%POFA masing-masing sebesar 2.04%, 2.04%, 0.42% dan 2.12%. Semua benda uji masuk dalam standar SNI-15-2094-2000 yaitu lebih kecil dari 22% untuk klasifikasi mutu 15MPa dan 15% untuk klasifikasi mutu 10MPa. Presentasi penurunan kuat tekan karena penggunaan 15%, 30% dan 45%POFA terhadap 0%POFA masing-masing sebesar 30.81%, 79.88% dan 190.18%.

Tabel 8. Rekapitulasi kuat tekan.

MIX ID	Kuat tekan fc', Mpa	Klasifikasi Mutu Bata	Koef variasi, %
0%POFA	26.55	15	2.04
15%POFA	18.37	10	2.04
30%POFA	11.88	10	0.42
45%POFA	3.96	-	2.12

Kuat tekan batu bata dengan penambahan POFA mengalami penurunan linier dengan rasio jumlah penambahannya. Hal ini dipengaruhi oleh sifat POFA yang dapat menyerap air [13]. Sifat POFA ini menyebabkan berkurangnya kadar air yang dibutuhkan untuk mendorong terjadinya pengikatan bahan pada campuran batu bata. Akibatnya, kuat tekan batu bata menurun seiring dengan meningkatnya persentase penggantian POFA [14]. Selain itu, indeks aktivitas kekuatan POFA sangat bergantung pada kandungan silika, distribusi ukuran partikel, dan luas permukaannya. Tay et al. (1990) melaporkan POFA yang tanpa perlakuan digiling dapat meningkatkan kuat

tekan beton dengan maksimal rasio penggunaan 10% [15].

2) Kerapatan Semu dan Penyerapan Air

Hasil rata-rata kerapatan semu dan penyerapan air dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10. Berdasarkan Tabel 9, hasil rata-rata kerapatan semu untuk benda uji 0%, 15%, 30%, dan 45% adalah masing-masing sebesar 1.58 gram/cm³, 1.65 gram/cm³, 1.37 gram/cm³ dan 1.34 gram/cm³. Berdasarkan SNI-15-2094-2000, semua benda uji masuk kriteria minimum kerapatan semu yaitu 1,2 gram/cm³.

Tabel 9. Kerapatan Semu Q_{sch}.

Tipe	Kerapatan Semu Q _{sch} , gram/cm ³
0%POFA	1.58
15%POFA	1.65
30%POFA	1.37
45%POFA	1.34

Berdasarkan Tabel 10, hasil rata-rata penyerapan air untuk benda uji 0%, 15%, 30%, dan 45% POFA adalah masing-masing sebesar 21.16%, 20.27%, 26.53%, 35.46%. Penyerapan batu bata sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan POFA yang digunakan. Semakin banyak penambahan kadar 15-45%POFA maka menghasilkan nilai penyerapan air semakin tinggi. Nilai penyerapan air benda uji 15%POFA lebih kecil (20.27%) dibandingkan dengan benda uji kontrol 0%POFA (21.16%), sehingga dengan penggunaan 15%POFA pada batu bata dapat menurunkan nilai penyerapan air. Hal serupa dilaporkan oleh Chindaprasirt et al. (2007), bahwa kandungan POFA yang lebih tinggi dari 20% akan mendorong meningkatnya permeabilitas pada beton [x].

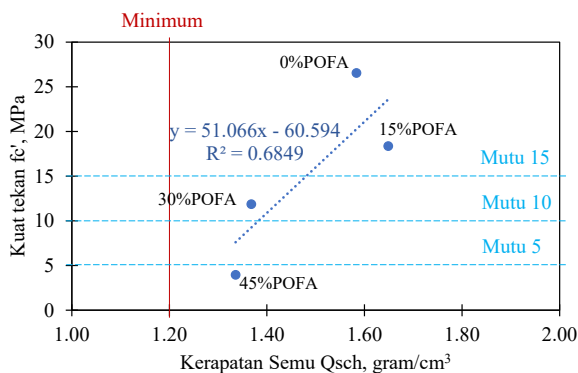
Tabel 10. Penyerapan air.

Tipe	Penyerapan air, %
0%POFA	21.16
15%POFA	20.27
30%POFA	26.53
45%POFA	35.46

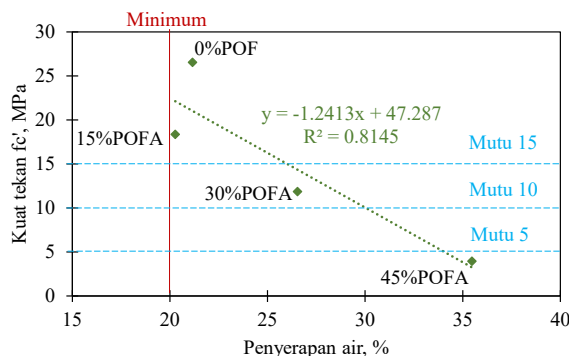
3.3. Pembahasan

Hubungan kuat tekan dan kerapatan semu dapat dilihat pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa hubungan kuat tekan dan kerapatan semu yaitu tidak linier, hanya memiliki $R^2 = 0.6849$. Semakin tinggi kerapatan semu batu bata dengan penambahan %POFA tidak menandakan menaikkan nilai kuat tekannya.

Hubungan kuat tekan dan penyerapan air dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa hubungan kuat tekan dan penyerapan air yaitu linear dimana nilai $R^2 = 0.8145$. Semakin rendah penyerapan air maka semakin tinggi nilai kuat tekan. Lebih lanjut, tingkat penyerapan POFA sangat bergantung ukuran partikelnya. Bentuk partikel dan ukuran POFA yang digiling dan yang tidak digiling berbeda. Dari pemindaian mikroskop elektron, ditemukan bahwa partikel POFA yang tidak digiling sebagian besar berukuran besar, berbentuk bola, dan berpori [16]. Semakin besar pori maka akan menurunkan kuat tekannya. Oleh karena itu kuat tekan sangat bergantung pada kerapatan semu.



Gambar 5. Hubungan kuat tekan dan kerapatan semu



Gambar 6. Hubungan kuat tekan dan penyerapan air

4. Kesimpulan

Penggunaan POFA hingga 30% sebagai pengganti tanah liat pada pembuatan batu bata menurunkan mutu bata dari Mutu 15 menjadi Mutu 10. Akan tetapi, penggunaan 15%POFA memiliki daya serapan air dan kerapatan semu yang lebih baik dari 0%POFA (batu bata kontrol).

5. Saran

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang treatment diawal pada POFA yang digunakan dengan melakukan penyaringan lolos saringan 100.

6. Daftar Pustaka

- [1] M. Huda and E. Hastuti, "Pengaruh temperatur pembakaran dan penambahan abu terhadap kualitas batu bata," *Jurnal Neutrino: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 2012.
- [2] Ramli and D. Djasas, "Pengaruh Pemberian Material Limbah Serat Alami Terhadap Sifat Fisika Bata Merah," 2007.
- [3] W. Sinaga and R. Partogian, "Pengaruh Dimensi Ukuran Batu Bata Merah dan Campuran Mortar Terhadap Karakteristik Mekanik Pasangan Dinding," 2016.
- [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, September.
- [5] 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.
- [6] D. Patah, A. Dasar, A. Apriansyah and M. Caronge, "Strength Development of Seawater Mixed and Cured Concrete with Various Replacement Ratios of Fly Ash," *Materials Science Forum*, vol. 1091, pp. 111-118, 2023, July.
- [7] D. Patah, H. Hamada and A. Dasar, "Effects of Mineral Admixtures on Pore Structure and Compressive Strength of Mortar Contaminated

- Chloride," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 875, no. 1, p. 012091, 2020, June.
- [8] I. Ridhayani, A. Dasar, A. Mahmuda, A. Manaf and D. Patah, "PERBANDINGAN KINERJA BATA BETON MENGGUNAKAN ABU CANGKANG SAWIT, ABU SEKAM PADIDAN ABU SERAT SAGU," *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 11(2), vol. 11, no. 2, pp. 241-248, 2023.
- [9] S. Handayani, "Kualitas Batu Bata Merah Dengan Penambahan Serbuk Gergaji," *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, vol. 12, no. 1, pp. 41-50, 2010.
- [10] D. Sarasanty and D. Zulfika, "Pendampingan Peningkatan Kualitas Batu Bata dengan Limbah Sekam Padi pada Kelompok Pengrajin di Desa Domas Trowulan Mojokerto," *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 25, no. 2, pp. 175-181, 2021.
- [11] SNI03-4164-1996, "Metode Pengujian Kuat Tekan Dinding Pasangan Bata Merah di Laboratorium," Jakarta, Badan Standardisasi Nasional, 1996.
- [12] SNI15-2094-2000, Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal, Bandung: Standar Nasional Indonesia, 2000.
- [13] D. Oyejobi, T. Abdulkadir and A. Ahmed, "A study of partial replacement of cement with palm oil fuel ash in concrete production," *Journal of Agricultural Technology*, vol. 12, no. 4, pp. 619-31, 2015 Jan 1.
- [14] P. Chindaprasirt, S. Homwuttiwong and C. Jaturapitakkul, "Strength and water permeability of concrete containing palm oil fuel ash and rice husk-bark ash," *Construction and Building Materials*, vol. 21, no. 7, pp. 1492-9., 2007 Jul 1.
- [15] J. Tay and K. Show, "Use of ash derived from oil-palm waste incineration as a cement replacement material," *Resources, conservation and recycling*, vol. 13, no. 1, pp. 27-36, 1995 Apr 1.
- [16] V. Sata, C. Jaturapitakkul and K. Kiattikomol, "Utilization of palm oil fuel ash in high-strength concrete," *Journal of materials in civil engineering*, vol. 16, no. 6, pp. 623-8, 2004 Dec.
- [17] O. F. Nur, "Analisa Sifat Fisis dan Mekanis Batu Bata Berdasarkan Sumber lokasi dan Posisi Batu Bata Dalam," *Jurnal Rekayasa Sipil*, vol. 4, no. 2, Oktober 2008.