

Sustainable Material Melalui Pemanfaatan Limbah Sandblasting dan Fly Ash sebagai Bata Ringan dengan Variasi Foam Agent

Eva Nur Suroidah¹, Luqman Cahyono¹, Denny Dermawan^{1*}

¹Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111

*E-mail: denny.dermawan@ppns.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh meningkatnya kebutuhan bata ringan dan banyaknya limbah *sandblasting* dan *fly ash* yang tidak terolah. Satu industri galangan kapal menghasilkan 12.100 Kg limbah *sandblasting* per bulan, sementara satu PLTU menghasilkan 600.000 ton FABA dalam satu bulan. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah *sandblasting* dan *fly ash* menjadi bata ringan dengan tambahan *foam agent*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kuantitatif dengan eksperimen untuk mengidentifikasi komposisi bata ringan terbaik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan *foam agent* 3,5% menghasilkan bata ringan dengan kuat tekan 10,18 Mpa dan massa jenis 1.580 Kg/m³, tetapi tanpa menggunakan limbah. Berdasarkan SNI 8640:2018, massa jenis maksimal bata ringan adalah 1.400 Kg/m³ dan kuat tekan minimal 2 Mpa. Variasi persentase *foam agent* yang digunakan pada penelitian ini adalah 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase *foam agent* 7,5% menghasilkan bata ringan dengan kuat tekan 3,4 Mpa dan massa jenis 1.282,05 Kg/m³, sehingga disimpulkan bahwa limbah *sandblasting* dan *fly ash* dapat dimanfaatkan menjadi bata ringan yang memenuhi standar SNI 8640:2018 menggunakan persentase *foam agent* 7,5%.

Keywords: Bata Ringan, Fly Ash, Foam Agent, Limbah Sandblasting, Kuat Tekan

1. PENDAHULUAN

Limbah *sandblasting* yang dihasilkan dari proses penyemprotan pasir kuarsa bertekanan tinggi menjadi masalah lingkungan. Satu perusahaan galangan kapal dapat menghasilkan 12.100 Kg limbah *sandblasting* per bulan (Alifiadi dan Slamet, 2022). Berdasarkan Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah *sandblasting* termasuk dalam daftar limbah B3 dari sumber spesifik umum dengan kode limbah B323-1 dengan kategori bahaya kronis.

Limbah *sandblasting* memiliki komposisi kimia berupa silika oksida (SiO₂) yang dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan bata ringan. Pemanfaatan limbah *sandblasting* memerlukan penelitian untuk menemukan *mix design* yang tepat agar bata ringan yang dihasilkan bermutu (Pah dkk., 2022). Penelitian yang dilakukan oleh (Qomariah dkk., 2020) menyatakan bahwa kandungan silika oksida (SiO₂) yang terkandung dalam limbah *sandblasting* persentasenya hampir sama dengan pasir silika, sehingga limbah *sandblasting* dapat digunakan sebagai material pengganti agregat halus dalam pembuatan konstruksi bangunan.

Fly ash dalam Lampiran XIV Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, menyatakan bahwa *fly ash* merupakan limbah Non-B3 dengan kode limbah N-106. Namun perlu diketahui bahwa jumlah dari *fly ash* yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran batu bara pada PLTU sangatlah besar. Salah satu PLTU yang ada di Indonesia mampu menghasilkan 600.000 ton FABA dalam satu tahun atau 40.000 ton per bulan (Nababan, 2023).

Penggunaan *fly ash* sebagai material konstruksi bangunan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tekan dari material konstruksi tersebut. (Yemima dkk., 2023) menemukan bahwa, bata ringan dengan campuran *fly ash* 30% memiliki kuat tekan sebesar 6,21 Mpa dengan massa jenis 1.344 gram/cm³ sementara bata ringan tanpa campuran *fly ash* hanya memiliki kuat tekan sebesar 5,29 Mpa dengan massa jenis 1.270 gram/cm³. (Habsya dkk., 2018) menyatakan bahwa penggunaan *fly ash* sebagai bahan tambah dalam pembuatan bata ringan dapat meningkatkan nilai kuat tekan sekaligus dapat menjadi solusi dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan akibat banyaknya tumpukan *fly ash* yang tidak terolah.

Industri konstruksi semakin berkembang pesat seiring dengan pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang meningkat. Presentase kepemilikan rumah dalam bps.id pada tahun 2021 mencapai 81,08% dan meningkat di tahun 2022 menjadi 83,99%. Hal ini sejalan dengan permintaan bahan konstruksi, salah satunya bata ringan. Bata ringan banyak digunakan dalam konstruksi karena berat jenis yang ringan, bentuk presisi, dan ukuran besar yang mempermudah dan mempercepat proses pemasangan (Prasetyo dan Sumarno, 2022). Ada dua jenis bata ringan menurut SNI 8640:2018, yaitu CLC (*Cellular Aerated Concrete*) dan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*). Bata ringan jenis CLC lebih ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah diakses oleh industri konstruksi dengan sumber daya terbatas karena tidak memerlukan alat autoklaf bertekanan tinggi dan suhu

tinggi untuk proses curing.

Kekuatan tekan dan sifat fungsional bata ringan CLC dipengaruhi oleh kandungan udara dari penggunaan foam agent (Mustapure, 2016). Penelitian oleh (Sumiati dkk., 2020) menemukan bahwa bata ringan tanpa persentase foam agent 0% memiliki kuat tekan sebesar 22,20 Mpa dan massa jenis 2.025 Kg/m³, sedangkan bata ringan dengan persentase foam agent 3,5% memiliki kuat tekan 10,18 Mpa dan massa jenis 1.580 Kg/m³. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, studi terkait jumlah foam agent yang diperlukan untuk memaksimalkan mutu dari bata ringan. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen untuk mengetahui jumlah foam agent yang diperlukan untuk membuat bata ringan dengan material penyusun berupa limbah sandblasting dan fly ash agar memenuhi standar yang tercantum dalam SNI 8640:2018 agar dapat dikomersialkan atau direkomendasikan kepada industri bata ringan.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimen. Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengetahui pengaruh persentase foam agent terhadap kuat tekan dan berat dari bata ringan dalam kondisi yang dikendalikan.

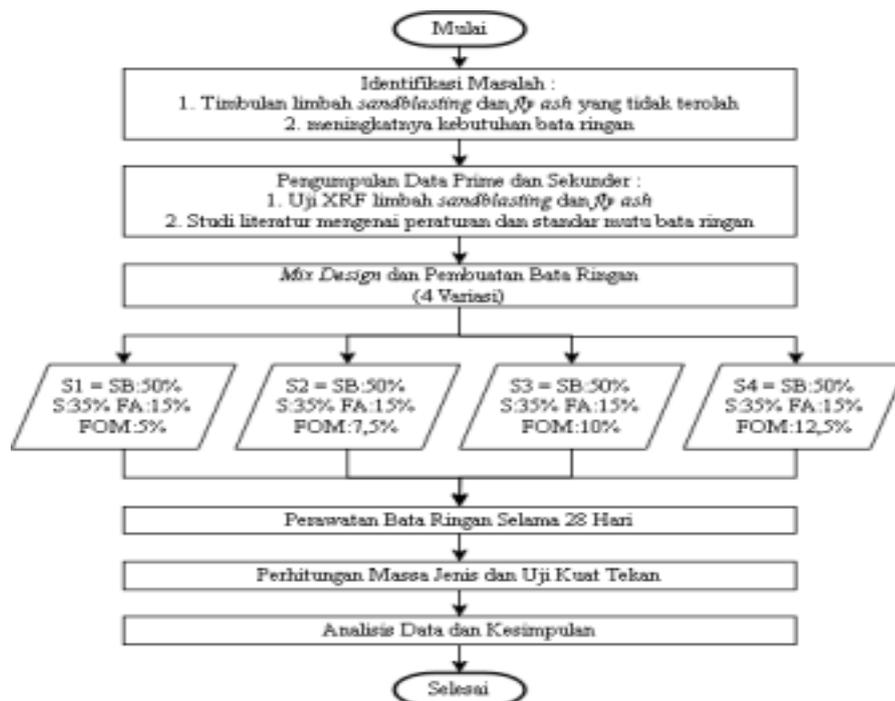
2.2 Mix Design

Sampel bata ringan dibuat dengan ukuran 7,5 x 15 cm, dan dibuat dengan perbandingan material sandblasting : semen : fly ash sebesar 1 : 0,7 : 0,3 dengan masing-masing variasi menggunakan persentase foam agent yang berbeda.

Tabel 1. Mix Design

Kode Sampel	Limbah Sandblasting (Kg)	Semen (Kg)	Fly Ash (Kg)	Air Total (mL)	Air Untuk Mortar (mL)	Persentase Foam Agent (%)	Foam Agent (mL)	Air Untuk Foam (mL)
S1	2,8	1,96	0,84	1.400	1.050	5	70	350
S2	2,8	1,96	0,84	1.400	875	7,5	105	525
S3	2,8	1,96	0,84	1.400	700	10	140	700
S4	2,8	1,96	0,84	1.400	525	12,5	175	875

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini secara ringkas dapat dilihat pada diagram alir berikut:



2.2 Pembuatan Sampel

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Cetakan silinder ukuran 7,5 x 15 cm
2. Timbangan
3. *Hand mixer*
4. Sabut besi
5. Gelas ukur
6. Timba atau ember
7. Sendok perata
8. Karung goni.

Bahan-bahan yang digunakan antara lain:

1. Semen *portland pozzolan cement* (PPC)
2. *Sandblasting*
3. *Fly ash*
4. *Foam agent*
5. Air PDAM

Prosedur pembuatan benda uji atau bata ringan meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

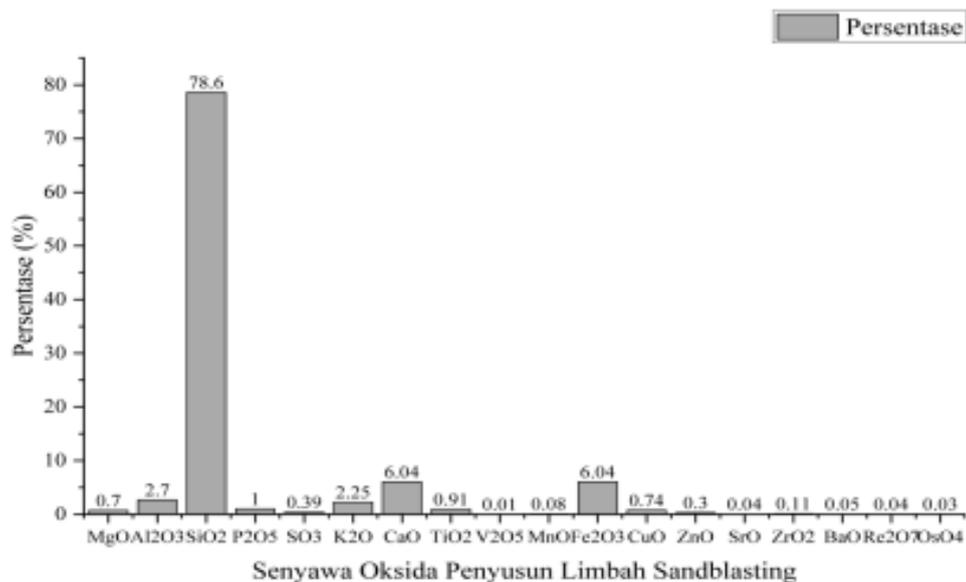
1. Pembuatan Mortar:
 - a. Menimbang material yang akan digunakan.
 - b. Mencampurkan material yang telah ditimbang dengan air dan mengaduknya hingga homogen.
2. Pembuatan *Foam*:
 - a. Memasukkan air dan *foam agent* sesuai takaran ke dalam ember dan mengaduknya dengan *hand mixer* hingga berbusa selama ± 15 menit.
 - b. Melakukan pengecekan busa, apakah sudah padat atau belum dengan cara mengangkatnya. Apabila busa terjatuh maka perlu dilakukan pengadukan kembali dan apabila tidak terjatuh maka busa dapat dicampurkan ke dalam adonan mortar.
3. Pembuatan Bata Ringan:
 - a. Mencampurkan adonan mortar dengan busa hingga homogen.
 - b. Melakukan proses pencetakan dan memastikan agar cetakan terisi penuh dan merata.
 - c. Memberikan label pada masing-masing variasi lalu meletakkannya pada tempat perawatan.
 - d. Melakukan *curing* selama 28 hari dengan menutupi sampel dengan karung goni yang basah.

Melalui prosedur ini, eksperimen dapat mengungkap pengaruh berbagai persentase *foam agent* terhadap kualitas bata ringan yang dihasilkan, khususnya dalam hal kuat tekan dan massa jenis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kandungan Limbah *Sandblasting*

Hasil pengujian kandungan dari limbah *sandblasting* dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah:

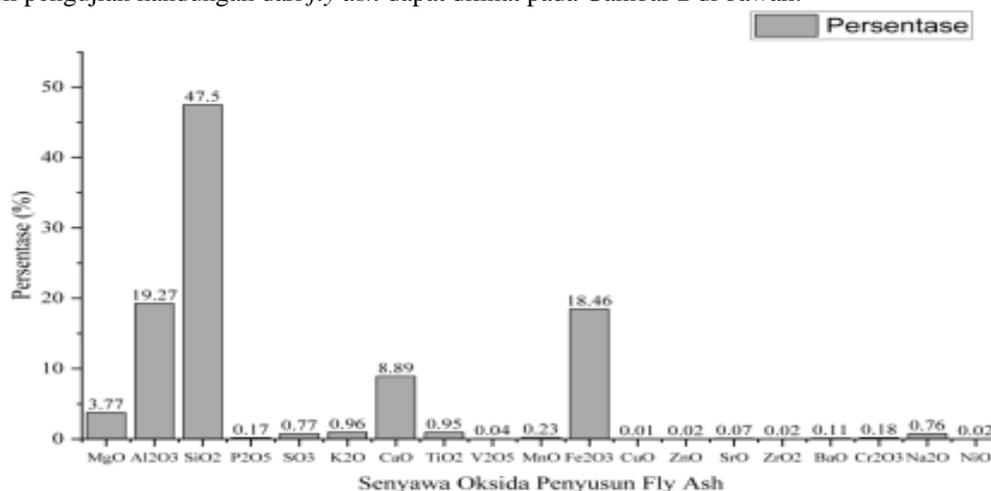


Gambar 1. Hasil Uji XRF Limbah Sandblasting

Berdasarkan Grafik di atas hasil analisa XRF (*X-Ray Fluorencence*) limbah *sandblasting* memiliki kandungan senyawa SiO₂ (silikon dioksida) sebesar 78,6%. Dimana sifat dari silika yang *hydrophilic* atau mampu untuk mengikat air membuat limbah *sandblasting* dapat digunakan sebagai material penyusun produk beton (Aprida dkk., 2018). Limbah *sandblasting* memiliki kandungan unsur yang mirip dengan pasir lumajang, yaitu kalsium (Ca), besi (Fe), dan silika (Si). Kemiripan kandungan unsur tersebut membuat limbah *sandblasting* dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus dalam pembuatan beton (Cahyono dkk., 2024).

3.2 Kandungan Fly Ash

Hasil pengujian kandungan dari *fly ash* dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah:

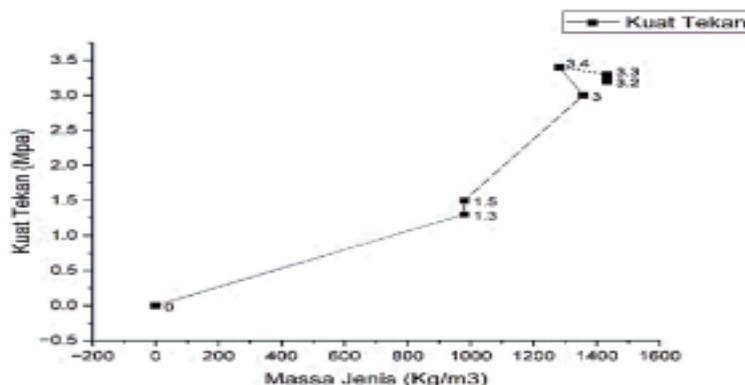


Gambar 2. Hasil Uji XRF Fly Ash

Berdasarkan hasil pengujian XRF *fly ash* diketahui bahwa *fly ash* memiliki kandungan senyawa CaO (kapur), dimana CaO sendiri merupakan komponen utama dalam pembuatan semen (Cahyono dkk., 2023). Adanya senyawa CaO dalam *fly ash* membuatnya dapat digunakan sebagai material bahan bangunan, karena sifat dari CaO yang mudah mengeras (Aprida dkk., 2018). Penggunaan *fly ash* dalam penelitian ini adalah sebagai bahan substitusi sebagian semen, dikarenakan persentase CaO pada *fly ash* kurang dari 10%, yaitu 8,89%. *Fly ash* dengan kandungan CaO kurang dari 10% digolongkan sebagai *fly ash* kelas F yang hanya memiliki sifat *pozzolanic* dan tidak *cementious*, sehingga penggunaannya tidak dapat menggantikan semen secara keseluruhan (Pojoh dkk.,2021).

3.3 Hasil Uji Kuat Tekan

Komponen utama yang digunakan dalam pembuatan bata ringan CLC adalah *foam agent*, dimana *foam* yang dihasilkan dari pengadukan antara *foam agent* dengan air nantinya akan dicampurkan kedalam adonan mortar yang telah dibuat. Bata ringan yang telah mengering nantinya akan memiliki banyak rongga yang disebabkan oleh *foam*. Banyaknya rongga yang terdapat pada bata ringan membuat bata ringan tersebut memiliki massa jenis yang ringan. Bobot isi maksimal dari bata ringan diatur dalam SNI 8640-2018 yaitu sebesar 12,6 Kg atau 1400 Kg/m³ dengan ukuran 60 cm x 20 cm x 7,5 cm dimana volume bata ringan tersebut sebesar 9000 cm³ atau 0,009 m³. Ukuran dari sampel yang dibuat dalam penelitian ini adalah 7,5 cm x 15 cm dan memiliki volume sebesar 0,000663 m³ dengan bobot isi maksimal sebesar 0,93 Kg atau 1400 Kg/m³. Setelah dilakukan pembuatan sampel uji dan telah dilakukan proses curing selama 28 hari.



Gambar 3. Grafik Hasil Uji Kuat Tekan

Berdasarkan grafik diatas diketahui bahwa terdapat perbedaan nilai kuat tekan yang signifikan dari masing-masing variasi, dimana untuk nilai kuat tekan tertinggi adalah pada bata ringan yang menggunakan persentase *foam agent* sebanyak 7,5% dengan nilai kuat tekan sebesar 3,4 Mpa dengan massa sebesar 0,85 Kg, dan massa jenis 1.282,05 Kg/m³, sedangkan nilai kuat tekan terendah adalah pada bata ringan yang menggunakan persentase *foam agent* sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 1,3 Mpa dengan massa sebesar 0,65 Kg, dan massa jenis 980,39 Kg/m³, sedangkan untuk bata ringan dengan persentase *foam agent* 12,5% tidak dapat mengeras dan tidak padat.

Faktor yang menyebabkan bata ringan dengan persentase *foam agent* tertinggi tidak dapat mengeras adalah adanya pengaruh jumlah air yang digunakan dalam membuat adonan mortar. Jumlah air untuk mortar sangat sedikit, sehingga ketika proses pengadukan adonan mortar sangat sulit dilakukan. Pengaruh dari rendahnya rasio antara air dan semen dalam pembuatan mortar membuat adonan beton sulit dipadatkan atau tidak dapat menyatu (Ginting, 2017).

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa semakin besar persentase *foam agent* yang digunakan, maka semakin ringan bata ringan yang dihasilkan dan semakin kecil pula nilai kuat tekan yang dimiliki oleh bata ringan, karena banyaknya rongga yang terbentuk oleh *foam*. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Kadela dkk., 2020) yang menyatakan bahwa semakin tinggi massa jenisnya, maka semakin tinggi pula nilai kuat tekan yang dimiliki, begitu pula sebaliknya. *Foam* yang ditambahkan kedalam adonan mortar tidak dapat mempengaruhi proses hidrasi semen, sehingga dalam pengembangannya, adonan mortar untuk bata ringan dapat menggunakan rasio antara air dan semen yang pas dan jumlah *foam agent* yang ditambahkan disesuaikan dengan target massa jenis yang ingin didapatkan dengan memperhatikan bahwa semakin ringan massa dari bata ringan, maka kuat tekan dari bata ringan tersebut akan semakin kecil.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa bata ringan dengan material penyusun berupa limbah *sandblasting* sebagai pengganti agregat halus dan *fly ash* sebagai bahan substitusi semen mampu memenuhi standar SNI 8640:2018 yaitu massa jenis kurang dari 1.400 Kg/m³ dan kuat tekan lebih dari 2 Mpa adalah bata ringan dengan kode sampel S2 dengan variasi persentase *foam agent* sebesar 7,5% dengan massa jenis 1.282,05 Kg/m³ dan kuat tekan sebesar 3,4 Mpa.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Alifiadi, R. and Slamet, A. (2022) 'Utilization of Sandblasting Waste as an Alternative Material for Paving Blocks Pemanfaatan Limbah Sandblasting sebagai Material Alternatif Penyusun Paving Block', 2(12), pp. 4399–4407.
- Aprida, L.F., Dermawan, D. and Bayuaji, R. (2018) 'Identifikasi Potensi Pemanfaatan Limbah Karbit dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Alternatif Pengganti Semen', (2623), pp. 2013–2016.
- Badan Standarisasi Nasional (2018) 'SNI 8640:2018 Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Spesifikasi bata ringan untuk pasangan dinding', *Badan Standarisasi Nasional* [Preprint]. Available at: www.bsn.go.id.
- Cahyono, L. et al. (2024) 'Studi Kelayakan Material Paving Berbahan Limbah Insinerator Rumah Sakit', 5(1), pp. 52–56.
- Cahyono, L.C. et al. (2023) 'Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kemiri Industri Makanan Sebagai Substitusi Agregat Halus Paving Block', *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(3), pp. 677–684. Available at: <https://doi.org/10.24912/jmts.v6i3.23155>.
- Ginting, A. (2017) 'Pengaruh Rasio Agregat Semen Dan Faktor Air Semen Terhadap', *Jurnal Teknik*, 5(April 2015), pp. 1–85.
- Habsya, C. et al. (2018) 'Study of Characteristic Physical and Mechanic of Foamed Lightweight Concrete with Fly Ash Added for Wall Materials', 5(1), pp. 27–33.
- Kadela, M., Kukielka, A. and Malek, M. (2020) 'Characteristics of Lightweight Concrete Based on a Synthetic Polymer Foaming Agent'.
- Mustapure, N. (2016) 'A study on cellular lightweight concrete blocks', pp. 2319–2322. Nababan, O.L.R. (2023) 'PERBANDINGAN PEMANFAATAN LIMBAH FLY ASH DAN SPENT BLEACHING EARTH (SBE) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA APLIKASI BETON MUTU NORMAL SKALA PRODUKSI (Study kasus Batching Plant PT. Lazuardi Cahaya Perkasa)'. Pah, J.J.S. et al. (2022) 'Hubungan Faktor Air-Semen dan Fakto Air-Foam terhadap Kuat Tekan dan Berat Volume Bara Ringan CLC', *Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), pp. 119–132.
- Pojoh, B., Mapanget, J.R. and Dua, P. (2021) 'KOMPOSIT PAVING BLOCK EFFECT OF FLY ASH SOLID WASTE VEGETABLE OIL FACTORY IN PAVING', 13(1), pp. 1–10.
- Prasetyo, A.M. and Sumarno, A. (2022) 'Jurnal Teknologi Lingkungan Pemanfaatan Limbah Spent Bleaching Earth (SBE) untuk Beton Ringan sebagai Material Konstruksi yang Ramah Lingkungan Utilization of Spent Bleaching Earth (SBE) Waste for Lightweight Concrete as Ecofriendly Construction Mater', 23(1), pp. 71–76.
- Qomariah, Q., Sugiharti, S. and Riyanto, S. (2020) 'The utilization of sandblasting sand waste for mortar and normal concrete', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 732(1). Available at:

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012036>.

Sumiati; Mahmuda; Sukarman; Indra, S. (2020) 'PENGARUH FOAM AGENT DAN POLYCARBOXYLATE TERHADAP KUAT TEKAN', 12, pp. 33–39.

Yemima, A.G.M.P., Abdi, F.N. and Haryonto, B. (2023) 'Jurnal Inovasi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi', *Akrab Juara*, 5(1), pp. 43–54.