

Studi Pemanfaatan Limbah Batubara Pabrik Tekstil pada Bata Beton

Nauval Rabbani

Fakultas Teknik, Universitas Pekalongan, Jl. Sriwijaya No.3, Bendan, Kec. Pekalongan Bar., Kota
Pekalongan, (0285) 421096
email: nauvrabbani@gmail.com

Abstrak

Limbah yang dihasilkan oleh pembakaran batu bara pada industri tekstil utamanya adalah *bottom ash*, *fly ash*, dan limbah pendamping. Limbah pembakaran batu bara yang semakin lama semakin meningkat serta diiringi oleh perkembangan sektor industri harus sudah dimulai bagaimana cara pengolahannya. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah batu bara untuk dimanfaatkan sebagai bahan yang memiliki nilai guna dan jual, seperti pemanfaatan sebagai bahan konstruksi bata beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode substitusi limbah batu bara berupa *bottom ash* dan limbah pendampingnya yang dimanfaatkan dalam pembuatan bata beton dengan mensubstitusikan bertahap sebagian pasir tersebut dengan limbah-limbah hingga 40%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sebagian limbah batubara pada bata beton mampu meringankan bata beton hingga 22,6%, menyerap air hingga 19,46%, serta meningkatkan kuat tekan sebesar 25%.

Kata kunci: bata beton, limbah batubara, *bottom ash*, limbah pendamping

Abstract

Coal waste which is increasing in number lately must be balanced with the management of the waste. The waste generated by burning coal in the textile industry is mainly bottom ash, fly ash, dan companion waste. Coal combustion waste which is increasing over time and accompanied by the development of the industrial sector in the Batang Regency area, must have to start on how to process it. Based on this, it is hoped that coal combustion waste can be used to become a material that has use and sale value, such as utilization as a construction material. In this study, coal combustion waste in the form of bottom ash and its companion waste will be utilized in the manufacture of concrete bricks by gradually substituting the sand with wastes of up to 40%. Using some of the waste in concrete bricks is able to lighten concrete bricks by up to 22,6%, absorb water by up to 19.46%, and increase compressive strength by 25%.

Keywords: concrete brick, bottom ash, additional waste

Diterima : 26 September 2022
Disetujui : 26 Desember 2022
Dipublikasi : 31 Desember 2022

©2022 Nauval Rabbani
Under the license CC BY-SA 4.0

Pendahuluan

Konsumsi batu bara sedang meningkat penggunaannya di Indonesia akhir akhir ini dengan semakin banyaknya rencana pemerintah untuk meningkatkan sektor industri serta sektor energi. Tidak hanya PLTU sebagai pengguna bahan bakar batu bara, berbagai macam perusahaan dalam sektor tekstil, sawit, produksi baja dan berbagai sektor lainnya. Semakin meningkatnya jumlah sektor pengguna bahan bakar batu bara diimbangi dengan meningkatnya kebutuhan batu bara sebagai bahan bakar utama, serta limbah hasil pembakaran batu bara. Terutama pada kabupaten Batang dimana sekarang sedang mulai marak industri berdatangan, harus diimbangi juga dengan pengolahan limbah yang efektif dan efisien. Limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara yang hanya dibuang dan

tidak dimanfaatkan dapat berpengaruh pada lingkungan luas seperti meresap ke dalam tanah, air dan udara, sebagai contoh salah satu limbah yang dihasilkan yaitu fly ash atau abu terbang, abu terbang memiliki massa yang sangat ringan sehingga mudah untuk terbang hanya dengan hembusan angin, dimana akan mudah terhirup oleh manusia (Damayanti, 2018).

Perusahaan yang menggunakan batu bara sebagai bahan bakar umumnya memberikan sebagian limbah tersebut ke pengusaha lokal untuk dimanfaatkan sebagai produk usaha. Di sisi lain, akademisi dan peneliti juga memanfaatkan potensi dari limbah batu bara untuk diteliti dari segi pemanfaatannya dalam pembuatan bahan ramah lingkungan. Penelitian limbah batu bara sudah marak diteliti terutama pada bidang konstruksi, seperti digunakan pada urugan (Jauhari et al., 2013), paving block (Winarno et al., 2019), pasangan dinding (Ansari et al., 2021), dan beton (Posedung et al., 2020). Pemanfaatan tersebut diharapkan dapat menjadikan limbah batu bara sebagai material sebagian atau material sepenuhnya pada produksi kebutuhan bahan konstruksi yang mempunyai nilai ekonomis dan kualitas yang tidak jauh beda dengan produk bahan konstruksi di pasar.

Penelitian terkait pemanfaatan limbah batu bara antara lain: Prasetia et al., (2016) memanfaatkan limbah batu bara berupa *fly ash* tipe C pada pembuatan batako dan beton dengan kadar hingga 40% sebagai pengganti semen pada batako dan beton yang mendapatkan hasil bervariasi dari hasil uji tekannya, peningkatan kuat tekan pada batako terjadi pada komposisi 40% *fly ash* yaitu sebesar 3,5% dan pada beton terjadi peningkatan sebesar 16% pada komposisi 20% *fly ash*. Tatan & Juniarti (2020) membuat paving block dengan memasukkan *fly ash* dan *bottom ash* pada campurannya dan mempunyai kuat tekan 262,4 kg/cm² pada umur 28 hari serta memiliki return of investment sebesar 13,92% untuk pengembalian modal pada bulan ke 7,2. Sultan et al., (2019) mensubstitusi sebagian agregat halus dengan *bottom ash* pada campuran bata semen dan mendapatkan hasil bahwa limbah batu bara khususnya *bottom ash* memiliki kemampuan penyerapan air yang begitu besar pada bata semen.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah hasil pembakaran batu bara pabrik tekstil pada pembuatan bata beton. Limbah batu bara yang digunakan berupa *bottom ash* dan limbah pendampingnya dengan mensubstitusikan bertahap sebagian pasir tersebut dengan limbah-limbah. Penggunaan sebagian limbah tersebut diharapkan dapat meringankan bata beton, menyerap air hingga, dan meningkatkan kuat tekan. Selain itu, diharapkan limbah batu bara dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan yang memiliki nilai guna dan jual, seperti pemanfaatan sebagai bahan konstruksi.

Metode

Limbah hasil pembakaran batu bara yang digunakan pada penelitian ini berasal dari pabrik tekstil yaitu PT Sukorintex yang berlokasi di Kabupaten Batang Jawa Tengah. Limbah tersebut terdiri dari abu bawah (BA) dan limbah pendamping (LP) hasil pembakaran batu bara, dengan komposisi limbah pendamping tersebut sesuai pada pasir yang digunakan pada penelitian ini berasal dari Kecamatan Weleri Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. Semen yang digunakan adalah semen berjenis PCC dengan merek Dynamix yang diproduksi oleh PT Solusi Bangun Indonesia Tbk. Semen PCC merupakan semen komposit dengan tambahan material seperti silikat, kapur, slag, dan bahan anorganik dengan karakteristik pozzolan. Pemilihan semen jenis PCC dalam penelitian ini selain merupakan material ramah lingkungan, semen jenis PCC mampu meningkatkan mutu, waktu perkerasan relatif cepat, dan kemudahan dalam pengerjaan (Yanita, 2020).

Untuk mengakomodasi variasi pengaruh substitusi limbah pembakaran batu bara pada bata beton, sebanyak 6 *mix design* disiapkan dan 1 *mix design* sebagai *mix design* kontrol tanpa substitusi limbah pembakaran dengan kode M1 seperti terlihat pada Tabel 1. Semua *mix design* menggunakan nilai faktor air semen yang sama yaitu 0,5. Terdapat perbedaan persentase antara BA dan LP pada beberapa *mix design* dikarenakan limbah yang dihasilkan tidak memiliki jumlah yang sama, dengan proporsi BA lebih banyak dibanding LP, sehingga jika akan diproduksi masal, material yang tersedia cukup untuk produksi tersebut.

Tabel 1. Mix design bata beton

Kode	Pasir	BA	LB	PC
M1	80%	0%	0%	20%
M2	60%	15%	5%	20%
M3	60%	10%	10%	20%
M4	50%	20%	10%	20%
M5	50%	15%	15%	20%
M6	40%	25%	15%	20%
M7	40%	20%	20%	20%

Benda uji disiapkan untuk 2 jenis pengujian, yaitu uji tekan dan uji absorpsi air. Penentuan dimensi benda uji disesuaikan dengan produk yang ada di pasaran, yaitu 120 × 240 × 50 mm. Cetakan dengan bahan multiplex disiapkan dan sebelum proses pencetakan batu bata, pengolesan oli dilakukan terlebih dahulu untuk memudahkan pengambilan

benda uji dari cetakan tersebut. Dalam proses pencampuran, material berupa pasir, semen dan limbah BA dan LP dicampurkan dalam mesin mixer hingga campuran terlihat merata untuk kemudian ditambahkan air. Proses pencampuran dihentikan jika campuran sudah terlihat homogen dan tidak terlihat gumpalan material pada mixer. Proses pencetakan dilakukan dengan tangan, dan dipastikan pemindahan campuran ke dalam cetakan sama rata antara satu cetakan dengan cetakan lain agar semua benda uji mengalami proses perkerasan yang sama dan juga campuran dipadatkan terlebih dahulu secara bertahap pada cetakan agar menghilangkan gelembung udara dan menghindari rusaknya permukaan luar bata beton akibat permukaan yang tidak rata. Benda uji yang sudah mengering kemudian dilepaskan dari cetakan dan diletakkan di ruangan dengan suhu $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ yang dipersiapkan untuk pengujian.

Benda uji yang sudah berumur 28 hari kemudian akan dilakukan pengujian berupa uji kuat tekan dan uji absorpsi air berdasarkan SNI 03-0349-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989). Pengujian uji kuat tekan dilakukan di laboratorium menggunakan mesin uji kuat tekan berkapasitas 2000 kN dengan perletakan benda uji sesuai pada Gambar 1. Sebelum pengujian, dilakukan penimbangan terhadap berat benda uji serta pengukuran volume benda uji untuk dihitung berat volumenya. Uji absorpsi air dilakukan dengan merendam benda uji selama 24 jam kemudian ditimbang berat basahya untuk dihitung kadar absorpsinya berdasarkan berat kering sebelum perendaman.



Gambar 1. Set up Pengujian Bata Beton

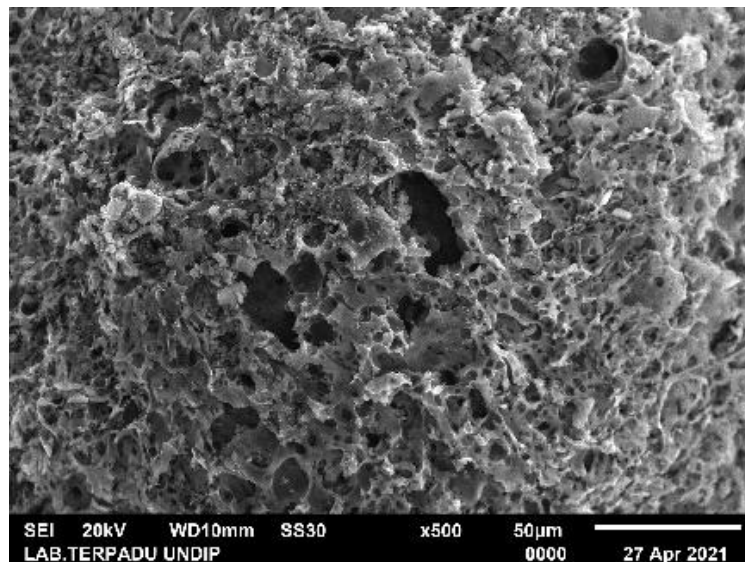
Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil dari pengujian limbah batu bara berupa susunan senyawa disajikan pada Tabel 2 dan hasil gambar dengan perbesaran 500x pada Gambar 2 yang didapatkan dari hasil uji SEM EDX pada Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro. Berdasarkan analisa komposisi tersebut, dapat terlihat bahwa material didominasi oleh senyawa karbon sebesar 94.73% dan senyawa lain yang tidak sampai 2%. Karbon juga dapat meningkatkan kuat tekan bata beton meksi penggunaan yang tidak begitu banyak (Everest et al., 2022).

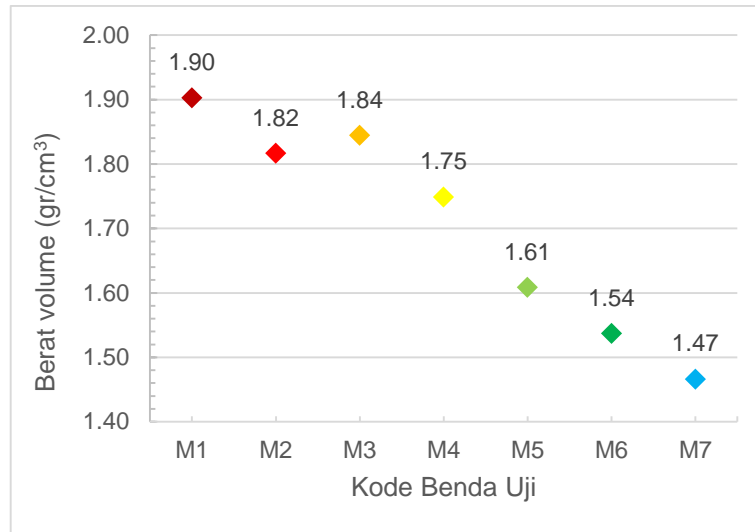
Tabel 2. Komposisi Limbah Pendamping

Parameter	Kadar
C	94.73%
MgO	0.15%
Al ₂ O ₃	1.37%
SiO ₂	1.27%
SO ₃	1.32%
CaO	0.18%
TiO ₂	0.55%
CuO	0.42%



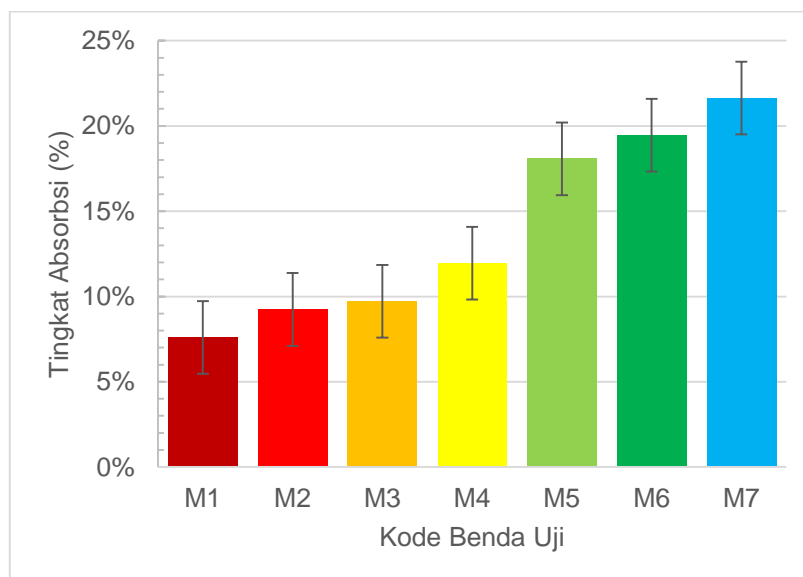
Gambar 2. Hasil foto *close up* material limbah pendamping sebesar 500x

Hasil pengujian berdasarkan SNI 03-0349-1898 pada berat volume, tingkat absorpsi air, dan kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, dan Gambar 5.



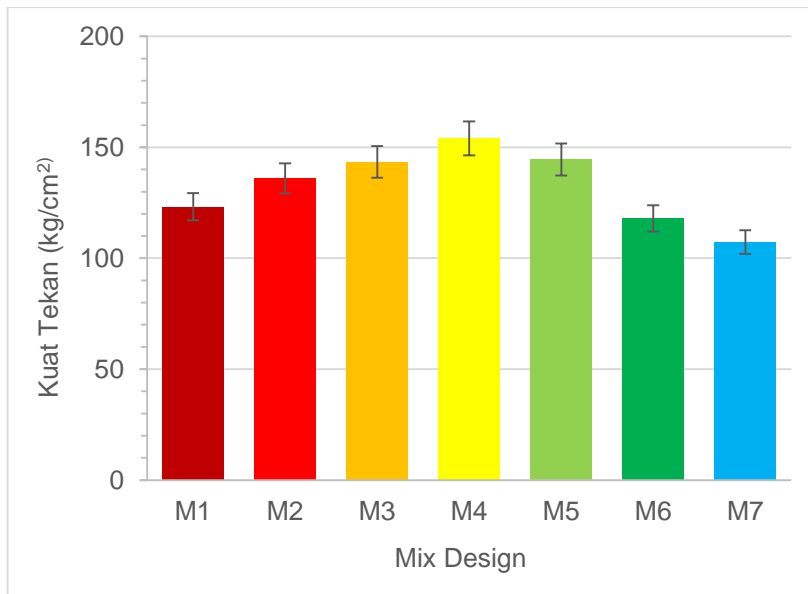
Gambar 3. Berat volume Bata Beton

Berdasarkan Gambar 3, berat volume benda uji kontrol atau campuran M1 memiliki nilai yang paling tinggi yaitu 1,90 gr/cm³, sedangkan berat volume yang terkecil yaitu pada campuran M7 sebesar 1,47 gr/cm³.



Gambar 4. Tingkat Absorpsi Air

Absorpsi air pada bata beton berdasarkan Gambar 4 didapatkan nilai paling rendah yaitu pada campuran M1 atau benda uji kontrol pada tingkat absorpsi 7,59% dan penyerapan yang paling tinggi pada campuran M7 yaitu 21,63%. Penyerapan campuran lainnya yaitu M2 sebesar 9,24%, M3 sebesar 9,73%, M4 sebesar 11,95%, M5 sebesar 18,07%, dan M6 sebesar 19,46%.



Gambar 5. Kuat Tekan Bata Beton saat 28 hari

Dari hasil pengujian kuat tekan yang ditunjukkan pada Gambar 5, nilai kuat tekan rata-rata benda uji bervariasi dari 107,28 kg/cm² hingga 154,02 kg/cm² dengan kuat tekan tertinggi terdapat pada campuran M4 dengan kenaikan tepat sebesar 25% terhadap benda uji normal dan kuat tekan terendah pada campuran M7 dengan penurunan sebesar 12,93%. Kuat tekan benda uji kontrol didapatkan sebesar 123,22 kg/cm².

Pembahasan

Pengamatan pada berat volume benda uji dilakukan dengan membagi berat masing-masing benda uji yang didapatkan dari menimbang benda uji tersebut dengan volume benda uji. Terjadinya perubahan pada berat volume bata beton dapat mengindikasikan bahwa apakah semakin ringan atau berat bata beton tersebut ketika disubstitusi limbah BA dan LP. Hasil pengamatan berat volume dapat dilihat pada Gambar 3 dimana terlihat bahwa terjadi penurunan pada berat volume ketika semakin banyak pasir disubstitusi. Dapat terlihat pada campuran M6 dan M7 dengan 40% pasir disubstitusi menghasilkan penurunan berat volume hingga hingga 22,96%. Campuran M7 memiliki berat volume yang lebih kecil dibanding M6 dikarenakan proporsi LP pada campuran M7 lebih banyak dibanding campuran M6 sebanyak 5%, meski proporsi pasir yang disubstitusi sama. Nilai berat volume dari limbah BA dan LP yang lebih ringan dibanding pasir mengakibatkan penurunan berat volume pada bata beton, hasil serupa juga dapat ditemukan pada penelitian oleh Ola et al., (2018) dan Pangaribuan et al., (2021).

Syarat absorpsi air yang baik terdapat pada mutu bata beton mutu 1 yaitu tidak

melebihi 25% berdasarkan SNI 03-0349-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989). Berdasarkan hasil uji, tingkat absorpsi bata beton mempunyai variasi antara 7,59% hingga 21,63%, dapat diartikan bahwa kadar absorpsi semua campuran dapat diklasifikasikan ke bata beton mutu 1 menurut standar SNI. Semakin banyak substitusi BA dan LP dilakukan, akan meningkatkan tingkat absorpsi air pada bata beton hal ini dapat dilihat pada Gambar 4. Penelitian yang dilakukan oleh Sultan et al., (2019) memperlihatkan hal serupa dimana penggantian bottom ash semakin banyak akan meningkatkan penyerapan. Kenaikan yang terjadi diakibatkan karena sifat fisik dari partikel BA yang memiliki banyak pori dibanding partikel pasir yang lebih padat, sehingga air akan lebih banyak menyerap ke dalam partikel-partikel BA pada bata beton. Partikel LP yang merupakan partikel halus dan ringan tidak begitu memberikan dampak yang signifikan terhadap kadar penyerapan air.

Hasil dari uji kuat tekan dan rasio kuat tekan terhadap benda uji kontrol dapat dilihat pada Gambar 5. Dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan kuat tekan hingga pada campuran M4 yang kemudian mulai menurun pada campuran M5 hingga nilai kuat tekan paling rendah pada campuran M7. Terjadinya kenaikan kuat tekan hingga campuran M4 diakibatkan salah satunya oleh interaksi antara pasir, BA, dan LP yang optimal ketika pasir disubstitusi hingga 37,5% seperti peningkatan yang terjadi pada Winarno et al., (2019). Kuat tekan pada campuran M3 dan M4 tidak begitu berbeda jauh meski terdapat perbedaan pasir sebanyak 10% serta campuran M4 yang memiliki kandungan bottom ash yang lebih banyak. Sebaliknya dengan kadar pasir yang sama, campuran M2 dan M3 memiliki nilai kuat tekan yang berbeda hingga 7,44 kg/cm², dengan campuran M2 yang memiliki kandungan BA lebih banyak dan LP lebih sedikit dibanding campuran M3. Terjadi penurunan pada campuran M4 ke M5 dengan penurunan sebesar 7,76% meski memiliki kandungan pasir yang sama, namun hanya berbeda pada kandungan BA dan LP. Untuk mencapai mutu 1 berdasarkan pada SNI 03-0349-1989 (Badan Standardisasi Nasional, 1989) untuk bata beton pejal, benda uji rata-rata harus mencapai minimal kuat tekan 100 kg/cm dan semua benda uji baik tanpa substitusi atau dengan substitusi BA dan LP pada penelitian ini masuk pada mutu 1 dengan kriteria kuat tekan rata-rata minimal 100 kg/cm² dan absorpsi air rata-rata dibawah 25%.

Kesimpulan

Penggunaan limbah batu bara yang dihasilkan oleh pabrik tekstil yaitu *bottom ash* dan limbah pendamping dengan kandungan karbon dapat digunakan sebagai substitusi sebagian agregat halus yaitu pasir hingga 40%. Substitusi limbah batu bara dapat meningkatkan kuat tekan bata beton hingga 25% pada usia 28 hari, dan untuk mendapatkan kenaikan kuat tekan optimal tersebut, dapat digunakan kadar pasir 40%,

bottom ash tidak lebih dari 20%, dan limbah pendamping hanya 10%. Sifat partikel BA yang lebih ringan dan berpori serta semakin banyak limbah batu bara disubstitusi, menyebabkan bata beton semakin ringan hingga 77,3% dibanding bata beton kontrol dengan substitusi pasir sebanyak 40%, serta semakin mudah untuk menyerap air hingga 285%.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Pusat Transformasi Kebijakan Publik (Transformasi) yang mempunyai visi yang sama dalam pengolahan limbah sehingga terwujudnya dukungan terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ansari, V., Prianto, D. E., Sudarto, J. P., Semarang, S. H. T., & Pos, K. (2021). *Ciptakan Rumah Ramah Lingkungan dengan Material Dinding Limbah Fly Ash dan Bottom Ash (Faba)*. 2014(Pp 101), 1–6.
- Badan Standardisasi Nasional. (1989). Spesifikasi Bata beton untuk pasangan dinding. *SNI 03-0349-1989, ICS 91.100(1)*, 1–6.
- Damayanti, R. (2018). Abu batubara dan pemanfaatannya: Tinjauan teknis karakteristik secara kimia dan toksikologinya. *Jurnal Teknologi Mineral Dan Batubara*, 14(3), 213–231. <https://doi.org/10.30556/jtmb.vol14.no3.2018.966>
- Everest, A., Pamadi, M., & Rifai, A. I. (2022). *Analisa Pengaruh Penambahan Zat Karbon dalam Pembuatan Batako Konvensional*. 3(1), 75–84.
- Jauhari, Z., Fauzi, A., & Fauzi, U. J. (2013). Pemanfaatan Limbah Batubara (Fly Ash) Untuk Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Konstruksi Jalan Yang Ramah Lingkungan. *Jurnal Tekno Global*, 11(1), 57–63.
- Ola, A. L., Silaban, D. P., & Silaban, D. P. (2018). Komposit Bata Beton Ringan Dari Fly Ash dan Bottom Ash Limbah Batubara Pabrik Minyak Nabati. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 12(1), 47–55. <https://doi.org/10.26578/jrti.v12i1.3514>
- Pangaribuan, M. R., Utari, & Amrizal. (2021). Studi Pemanfaatan Limbah Batubara dan Kotoran Sapi sebagai Agregat Tambahan untuk Batako. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(2), 161–170.
- Posedung, A. C., Phengkarsa, F., & Sandy, D. (2020). Pemanfaatan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kekuatan Beton. *Paulus Civil Engineering Journal*, 2(3), 187–195. <https://doi.org/10.52722/pcej.v2i3.142>
- Prasetia, I., Ma'ruf, & Riswan. (2016). Potensi Pemanfaatan Limbah Abu Batubara Sebagai Bahan Konstruksi Di Daerah Rawa. *Jurnal Teknologi Berkelanjutan (Sustainable*

- Technology Journal*), 5(2), 71–78. <http://jtb.ulm.ac.id>
- Sultan, M. A., Imran, I., & Sakti, R. (2019). Substitusi Parsial Agregat Halus Dengan Bottom Ash Pada Pembuatan Bata Semen. *Rekayasa Sipil*, 13(1), 64–69. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.01.9>
- Tatan, Z., & Juniarti, A. D. (2020). Studi Kelayakan Pemanfaatan Fly Ash Dan Bottom Ash Menjadi Paving Blok Di Pltu Banten 3 Lontar. *Journal Industrial Servicess*, 5(2), 129–137. <https://doi.org/10.36055/jiss.v5i2.7989>
- Winarno, H., Muhammad, D., & Wibowo, Y. G. (2019). Pemanfaatan Limbah Fly Ash Dan Bottom Ash Dari Pltu Sumsel-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan Paving Block. *Jurnal Teknika*, 11(1), 1067. <https://doi.org/10.30736/jt.v11i1.288>
- Yanita, R. (2020). Semen PCC Sebagai Material GREEN CONSTRUCTION dan Kinerja Beton yang Dihasilkan. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 19(1), 13–18.