

PEMANFAATAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT DAN PLASTIK JENIS LDPE SEBAGAI BAHAN CAMPURAN DALAM PEMBUATAN BATA BETON

Tumingan¹⁾, Afif Bizrie Mardhanie²⁾, Ade Kasianto Pratama³⁾

^{1,2)} Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

³⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, Samarinda

ABSTRACT

Indonesia is the largest palm oil producing country in the world, on the other hand it is also the largest producer of plastic waste. From the statement both are the same as producing a waste which is a problem for the environment. The purpose of this study was to determine the optimum strength and water absorption of concrete bricks (paving block) using shredded LDPE plastic waste, namely used gallon caps as a substitute for palu sand. Concrete brick (paving block) with the composition of cement and palu sand is 1 : 4 with a phase of 0,24. The LDPE type of plastic waste used 6 variations consisting of 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, and 12,5% of the total volume of hammer sand. The parameters of the tests carried out on concrete bricks (paving block) with ages used were 7, 14, 21, and 28 days for the compressive strength test, while for the flexural strength and water absorption tests only 28 days. The test results obtained for the optimum compressive strength found in the 0% plastic variation of 14,427 MPa including C quality, while for the optimum flexural strength found in the 0% plastic variation of 8,906 MPa and with a minimum water absorption of 8,785% including C quality.

Keywords: *concrete brick, compressive strength, flexural strength, water absorption*

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi bidang konstruksi Indonesia secara terus menerus mengalami ada peningkatan, di mana tidak terlepas dari tuntutan dan kebutuhan masyarakat terhadap fasilitas infrastruktur yang memadai. Hal ini yang mendorong adanya kebutuhan teknologi konstruksi yang tepat guna. Berbagai inovasi dilakukan dengan upaya untuk mengatasi permasalahan pada ketersediaan bahan baku dari alam, serta untuk mengurangi limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas produksi, baik dari rumah tangga hingga skala industri dengan cara pemanfaatan ulang limbah tersebut. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan spesifikasi konstruksi yang kuat dan juga secara tidak langsung ikut serta upaya penyelamatan lingkungan, termasuk penelitian inovasi terhadap bata beton (paving block).

Bata beton (paving block) adalah suatu elemen bahan bangunan dibuat dari campuran semen hidrolis atau sejenis, agregat halus dan air dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang tidak mengurangi mutunya [1]. Keunggulan utama dari konstruksi perkerasan dengan paving block adalah kemampuannya untuk menyerap air sehingga tidak terdapat genangan air pada permukaan perkerasan paving block dan membantu menjaga keseimbangan air tanah. Proses pelaksanaan perkerasan paving block relatif lebih cepat dibandingkan perkerasan aspal dan beton, pemeliharannya yang mudah, dan memiliki nilai estetika yang tinggi. Kondisi saat ini sering dijumpai paving block yang telah diaplikasikan sebagai perkerasan jalan yang tidak memenuhi aspek kekuatan dan ketahanan. Hal ini disebabkan oleh mutu bahan yang tidak sesuai standar, komposisi bahan yang tidak tepat, atau perbedaan tingkat pemadatan pada saat produksi paving block.

Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Berdasarkan Statistik Perkebunan Indonesia untuk kelapa sawit pada tahun 2017-2019, dihasilkan sebanyak 25.927.859 ton kelapa sawit pada tahun 2019 [2]. Provinsi penghasil kelapa sawit di Indonesia tersebar di Pulau Kalimantan dan Pulau Sumatera. Provinsi Kalimantan Timur sendiri pada tahun 2019 memproduksi 2.451.907 ton kelapa sawit dan menduduki peringkat 3 di Indonesia. Dalam proses produksi kelapa sawit ini, tentu saja menghasilkan berbagai macam limbah baik limbah padat maupun limbah cair.

Indonesia juga merupakan salah satu penghasil sampah terbesar di dunia, salah satunya sampah plastik. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) menyebutkan Indonesia pada tahun 2020 untuk data timbunan sampah mencapai 67,8 ton yang dihasilkan. Hal tersebut mengakibatkan meningkatnya krisis pencemaran pada lingkungan dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang diperkirakan membuat jumlah sampah mengalami peningkatan. Permasalahan mengenai sampah plastik bisa lihat di sekitar kita seperti usaha DAMIU (Depo Air Minum Isi Ulang) yang sudah pasti menghasilkan sampah plastik berupa tutup galon yang tidak bisa dipakai berulang kali sehingga digunakan hanya untuk sekali saja. Tutup galon yang telah dipakai atau bekas tersebut dibuang sebab tidak ada nilai kegunaannya. ASTM D7611/D7611M-13e1 [3]: Standard

¹ Korespondensi penulis: Tumingan, Telp 08125304265, tumingan@polnes.ac.id

Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identifications membagi plastik menjadi 7 kategori berdasarkan bahannya, yakni PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, dan other. Berbagai jenis plastik yang paling banyak dibuang ke lingkungan adalah jenis LDPE (low density polyethylene) [4] dan bahan plastik tutup galon termasuk plastik jenis LDPE yang karakteristiknya relatif tipis, lentur, jernih, dan ringan sehingga mudah dijadikan material atau produk.

Kondisi kekinian kebutuhan bata beton (paving block) berkualitas tinggi dengan kuat tekan dan daya tahan yang baik, serta pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit dan plastik saat ini melatarbelakangi inovasi dalam hal pemanfaatan limbah-limbah tersebut sebagai bahan dalam campuran beton untuk pembuatan bata beton (paving block). Limbah padat kelapa sawit yang diolah ke dalam bentuk abu cangkang kelapa sawit sebagai bahan tambah mineral. Sampah plastik sendiri diolah menjadi cacahan, di mana jenis plastik yang digunakan adalah plastik jenis LDPE. Pemanfaatan limbah plastik untuk campuran beton merupakan salah satu langkah mengurangi limbah plastik yang permasalahan belum bisa terselesaikan [5]. Abu cangkang kelapa sawit dan cacahan limbah plastik jenis LDPE yang akan dicampurkan pada saat pembuatan campuran beton dan diharapkan mampu menambah kualitas dari bata beton (paving block), serta menghasilkan yang sesuai standar SNI 03-0691-1996 [6].

2. METODE PENELITIAN

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan sejak dari bulan April hingga Juli 2021. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Bahan dan Bengkel Jurusan Teknik Sipil Kampus Politeknik Negeri Samarinda.

Bahan-bahan yang digunakan untuk campuran dalam pembuatan paving block sebagai objek penelitian ini, antara lain :

- a) Semen yang digunakan adalah semen PCC merk 'Tonasa' dalam kemasan 50 kg/sak.
- b) Agregat halus yang digunakan dalam pembuatan paving block adalah pasir palu yang diperoleh dari PT. Borneo Prima Material (BPM) yang berlokasi di Jalan Untung Suropati, Kel. Karang Asam Ulu, Kec. Sungai Kunjang.
- c) Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air bersih dari PDAM Samarinda yang berada di Bengkel Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.
- d) Abu Cangkang Kelapa Sawit. Persentase abu kelapa sawit yang digunakan dalam pembuatan paving block sebanyak 15% karena dengan jumlah tersebut merupakan penggunaan yang optimum. Abu kelapa sawit dalam penelitian diperoleh dari PT. Niagamas Gemilang yang berlokasi di Desa Jonggon, Kec. Loa Kulu, Kab. Kutai Kartanegara.
- e) Cacahan Limbah Plastik Jenis LDPE. Cacahan limbah plastik tersebut berasal dari tutup galon bekas yang dicacah terlebih dahulu, lalu dicuci bersih dan dikeringkan untuk menghindari adanya kandungan yang dapat berpengaruh terhadap benda uji yang dihasilkan. Cacahan limbah plastik yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari UD. Maju Jaya Plastindo yang berlokasi di Jalan Teuku Umar Kel. Karang Asam Ilir, Kec. Sungai Kunjang.

Komposisi campuran semen dan pasir palu yang digunakan dalam pembuatan bata beton (paving block) adalah 1 : 4 yang ditentukan dari jurnal dengan kuat tekan maksimum [7] dan faktor air semen yang ditentukan dari pengujian konsistensi normal. Dalam penggunaan abu kelapa sawit sebanyak 15% dari total berat semen sedangkan komposisi cacahan limbah plastik jenis LDPE yang digunakan sebagai pengganti pasir dengan persentase sebanyak 6 variasi, yaitu 0%; 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; dan 12,5% dari 100% pasir palu.

Paving block yang dicetak berjumlah 24 buah setiap persentase komposisi, mengikuti standar jumlah sampel yang digunakan untuk pengujian, dengan dimensi panjang x lebar x tebal : 20 x 10 x 8 (cm). sesuai dengan ukuran cetakan mesin. Bahan-bahan ditimbang sesuai dengan kebutuhan untuk setiap paving block. Proses pencetakan paving block dilakukan menggunakan Press Machine dengan metode hidrolik.

Paving block yang telah berumur 1 hari atau didiamkan selama 24 jam setelah dari proses pencetakan, lalu dilakukan perawatan dengan menutupi paving block dengan karung goni yang direndam air terlebih dahulu. Selama 4 hari menutupi paving block dengan karung goni yang basah. Setelah lewat 4 hari karung goni diangkat dan dijemur tanpa terkena sinar matahari langsung hingga tiba umur yang direncanakan untuk siap dilakukan pengujian.

Paving block setelah melewati tahap pencetakan dan perawatan, selanjutnya dilakukan 3 pengujian, yaitu kuat tekan, kuat lentur, dan daya serap air. Pengujian paving block dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda.

Kuat Tekan (*Compressive Strength*) adalah kemampuan paving block untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan mengidentifikasi mutu paving block dari semakin besar menahan beban, maka semakin tinggi mutunya. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Dady, 2015). Proses pengujian yang terjadi tegangan sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang (A) sehingga untuk hitungan nilai kuat tekan beton [8], dengan persamaan $f'_c = \frac{P}{A}$ (1)

Kuat lentur adalah kemampuan paving block yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu paving block yang diberikan sampai patah dan nilai satuannya dinyatakan dalam MPa. Metode pengujian kuat lentur dapat dilakukan dengan 2 cara, antara lain :

- Pengujian kuat lentur beton dengan balok sederhana yang dibebani terpusat di tengah bentang [9].
- Pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan [10].

Menurut [9] nilai kuat lentur beton, dihitung dengan persamaan : $R = \frac{3.P.L}{2.b.d^2}$ (2)

Menurut [11], penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel dan dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya. Hitung persentase penyerapan air paving block [6], sebagai berikut :

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua bahan setelah dilakukan pengujian diperoleh data hasil uji untuk dianalisa hasilnya sehingga mengetahui karakteristik dari bahan-bahan tersebut. Di bawah ini merupakan rekap data hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Karakteristik Semen PCC Merk Tonasa

No.	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Konsistensi Normal	24%-30%	24,3%	Memenuhi
2	Setting Time			
	Pengikatan Awal	Min. 45 menit	80 menit	Memenuhi
	Pengikatan Akhir	Maks. 375 Menit	165 menit	Memenuhi
3	Berat Jenis	3,00-2,00	3,062	Memenuhi
4	Kehalusan			
	Tertahan No. 100	0% berat	0%	Memenuhi
	Tertahan No. 200	22%-78% berat	26%	Memenuhi
5	Berat Volume	-	1,167 gr/cm ³	Memenuhi

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap semen PCC merk Tonasa yang hasilnya menunjukkan bahwa semen tersebut memenuhi Standar Nasional Indonesia [12] yang telah ditentukan.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus (Pasir Palu)

No.	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Berat Jenis	Min. 2,5	2,620	Memenuhi
2	Penyerapan	Maks. 3%	1,010%	Memenuhi
3	Kadar Air	Maks. 2,5%	3,062%	Memenuhi
4	Kadar Lumpur	Maks. 5%	1,5%	Memenuhi
5	Analisa Saringan			
	Tertahan ø 4,8 mm	Min. 2% berat	6,981%	Memenuhi
	Tertahan ø 0,3 mm	80%-95% berat	83,124%	Memenuhi
5	Berat Volume	Min. 1,3 gr/cm ³	1,5 gr/cm ³	Memenuhi

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap agregat halus (pasir palu) yang hasilnya menunjukkan bahwa pasir palu tersebut memenuhi Standar Nasional Indonesia [11] yang telah ditentukan.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Karakteristik Abu Cangkang Kelapa Sawit

No.	Karakteristik	Hasil Pengujian
1	Berat Jenis	1,305
2	Penyerapan	28,205%
3	Kadar Air	2,354%
4	Kadar Lumpur	0,2%
5	Analisa Saringan	
	Tertahan ø 4,8 mm	0%
	Tertahan ø 0,3 mm	26,809%
6	Berat Volume	0,508 gr/cm ³

Perhitungan Job Mix Design Bata Beton (Paving Block)

Dalam pembuatan paving block agar terlebih dahulu menghitung rencana perhitungan campuran atau job mix untuk paving block [13]. Di bawah ini bisa dilihat tabel perhitungan untuk komposisi [14] sesuai kebutuhan bahan-bahan dalam pembuatan paving block sebagai berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Komposisi (12 Buah)

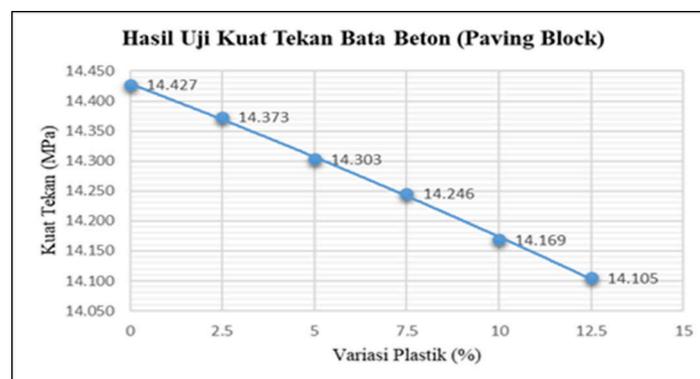
Variasi (%)	Pc (kg)	Ps (kg)	AKS (kg)	Plastik (kg)	Air (kg)
0	4,571	27,648	0,807	0	1,291
2,5	4,571	26,957	0,807	0,691	1,291
5	4,571	26,266	0,807	1,382	1,291
7,5	4,571	25,574	0,807	2,074	1,291
10	4,571	24,883	0,807	2,765	1,291
12,5	4,571	24,192	0,807	3,456	1,291

Pada tabel 4 di atas merupakan rekapitulasi hasil job mix yang telah dilakukan perhitungan sehingga diperoleh kebutuhan semua bahan yang digunakan dalam campuran paving block untuk 12 buah.

Berdasarkan komposisi hasil job mix, kita lakukan pencetakan benda uji paving blok masing-masing 12 buah setiap variasi [15], selanjutnya dilakukan perawatan sesuai aturan. Setelah umur memenuhi yang direncanakan, maka dilakukan sebanyak 3 pengujian, yaitu uji kuat tekan, uji kuat lentur, dan uji daya serap air dengan tahapan pengujian berikut.

Pada uji kuat tekan terhadap paving block yang telah berumur 7, 14, 21, dan 28 untuk dilakukan pengujian sesuai dengan umur yang direncanakan sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa kekuatan dari paving block pada saat diberi tekanan. Alat yang digunakan untuk pengujian kuat tekan paving block adalah alat CTM.

Pengujian kuat tekan yang telah dilakukan terhadap paving block diperoleh data yang hasilnya ditampilkan dalam bentuk sebuah grafik pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Grafik Data Hasil Pengujian Kuat Tekan

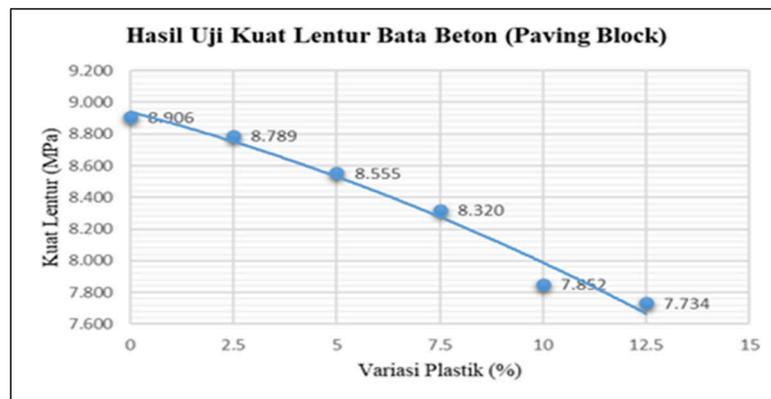
Dari grafik gambar 1 di atas memperlihatkan bahwa paving block dengan penggunaan cacahan limbah plastik dalam campuran terus mengalami penurunan kuat tekan dilihat dari nilai hasil pengujian yang diperoleh

pada variasi terkecil hingga terbesar dibandingkan dengan paving block yang campuran tanpa cacahan limbah plastik memperoleh nilai kuat tekan maksimum. Hasil pengujian untuk nilai kuat tekan rata-rata pada variasi secara berurutan dari 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% yang diperoleh sebesar 14,427 MPa, 14,373 MPa, 14,303 MPa, 14,246 MPa, 14,169 MPa, dan 14,105 MPa.

Nilai kuat tekan paving block yang dihasilkan dari penggunaan cacahan limbah plastik diperoleh sebesar ± 14 MPa dari data hasil semua variasi 0% sampai dengan 12,5%. Hasil yang diperoleh sebesar ± 14 MPa disebabkan pengaruh dari penggunaan limbah tersebut tidak besar terhadap paving block dilihat dari penurunan nilai kuat tekan pada 2,5% terhadap 0% yang memiliki selisih 5,4%. Untuk nilai kuat tekan optimum terdapat pada variasi 0% atau campurannya tanpa penggunaan cacahan limbah plastik dengan nilai yang diperoleh sebesar 14,427 MPa.

Pada uji kuat lentur terhadap paving block yang telah berumur 28 bisa untuk dilakukan pengujian sesuai dengan umur yang direncanakan sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berapa kekuatan lentur dari paving block saat diberi beban. Alat yang digunakan untuk pengujian kuat lentur paving block adalah alat Hydraulic Concrete Beam Testing.

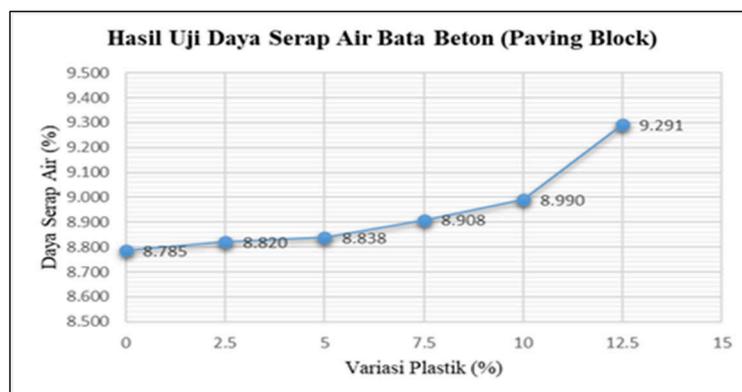
Pengujian kuat lentur yang telah dilakukan terhadap paving block diperoleh data yang hasilnya ditampilkan dalam bentuk sebuah grafik pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Grafik Data Hasil Pengujian Kuat Lentur

Dari grafik gambar 2 di atas memperlihatkan bahwa paving block dengan campuran cacahan limbah plastik terus mengalami penurunan kuat lentur dilihat dari nilai hasilnya. Berbeda dengan paving block variasi 0% diperoleh nilai kuat lentur maksimum dan hasil pengujian untuk nilai kuat lentur rata-rata pada variasi secara berurutan dari 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, dan 12,5% yang diperoleh sebesar 8,906 MPa, 8,789 MPa, 8,555 MPa, 8,320 MPa, 7,852 MPa, dan 7,734 MPa. Jadi, untuk nilai kuat lentur optimum terdapat pada variasi 0% atau campurannya tanpa limbah tersebut dengan nilai yang diperoleh sebesar 8,906 MPa.

Pada uji daya serap air terhadap paving block yang telah berumur 28 bisa untuk dilakukan pengujian sesuai dengan umur yang direncanakan sebelumnya. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan air dari paving block pada saat direndam dan dibakar. Hasil uji daya serap air terhadap paving block yang hasilnya ditampilkan dalam bentuk sebuah grafik pada gambar 3 berikut ini



Gambar 3. Grafik Data Hasil Pengujian Daya Serap Air

Dari grafik gambar 3 di atas memperlihatkan bahwa paving block dengan penggunaan cacahan limbah plastik dalam campuran dengan persentase penyerapan air terus mengalami naik. Persentase terjadi naik dimulai dari variasi terkecil, yaitu 0% hingga 12,5%. Hasil persentase penyerapan air rata-rata dari semua variasi yang secara berurutan diperoleh 8,785%, 8,820%, 8,838%, 8,908%, 8,990%, dan 9,291%. Jadi, penyerapan air minimum adalah sebesar 8,785% terdapat pada variasi 0% atau tanpa cacahan limbah plastik dalam campurannya dan penyerapan air maksimum terdapat pada variasi 12,5% adalah 9,291%.

Pengaplikasian Bata Beton (Paving Block), berdasarkan hasil uji kuat tekan paving block optimum diperoleh sebesar 14,427 MPa pada variasi 0% pada grafik 1, termasuk paving blok mutu C yang dapat diaplikasikan paving block sebagai pejalan kaki. Untuk hasil uji penyerapan air minimum yang terjadi pada paving block diperoleh sebesar 8,785%. Nilai penyerapan tersebut termasuk penyerapan air rata-rata pada mutu C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian bata beton (paving block) yang telah dilaksanakan, maka diperoleh hasil dan dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Nilai kuat tekan optimum pada bata beton (paving block) dengan pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit dan cacahan limbah plastik jenis LDPE pada variasi 0% yang diperoleh sebesar 14,427 MPa. 2) Nilai kuat lentur optimum pada bata beton (paving block) dengan pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit dan cacahan limbah plastik jenis LDPE pada variasi 0% yang diperoleh sebesar 8,906 MPa. 3) Persentase daya serap air pada bata beton (paving block) dengan pemanfaatan abu cangkang kelapa sawit dan cacahan limbah plastik jenis LDPE penyerapan air minimum yang diperoleh sebesar 8,785%. 4) Penggunaan cacahan limbah plastik pada campuran bata beton (paving block) yang sebagai substitusi pasir palu tidak ada pengaruh untuk menaikkan kuat tekan maupun kuat lentur.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amran, Y. Pemanfaatan Limbah Plastik Untuk Bahan Tambahan Pembuatan Paving Block, Sebagai Alternatif Perkerasan Pada Lahan Parkir Di Universitas Muhammadiyah Metro. Jurnal Tapak, 2015.
- [2] Kementerian Pertanian. Statistika Perkebunan Indonesia. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018.
- [3] ASTM International. ASTM D7611/D7611M-13e1 : Standard Practice for Coding Plastic Manufactured Articles for Resin Identifications, 2013.
- [4] Indrawijaya, B., & dkk. Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE Sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Block. Jurnal Teknik Kimia UNPAM, 2019.
- [5] Soebandono, B., Pujiyanto, A., & Kurniawan, D. Perilaku Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Campuran Limbah Plastik HDPE. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 2013.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-0691-1996 : Bata Beton (Paving Block), 1996.
- [7] Wibowo, A.. Perbandingan Kuat Tekan Dan Serapan Air Paving Block Hydraulic Dengan Variasi Campuran Semen, 2017.
- [8] Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-1974-1990 : Metode pengujian kuat tekan beton, 1990.
- [9] Badan Standarisasi Nasional. SNI 4154 : 2014 : Metode uji kuat lentur beton (menggunakan balok sederhana dengan beban terpusat di tengah bentang), 2014.
- [10] Badan Standarisasi Nasional. SNI 4431:2011 : Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan, 2011.
- [11] Badan Stadarisasi Nasional. SNI 1970:2008 : Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus, 2008.
- [12] Badan Standarisasi Nasional. SNI 15-7064-2004; Semen portland komposit, 2004.
- [13] Badan Standarisasi Nasional. SNI 03-2843-2000 : Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal, 2000.
- [14] Siregar, C. Komposisi Paving Block Berbasis Limbah Padat Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pengganti Semen. Bogor, 2016.
- [15] PT. ASIACOM CIPTA PRIMA. (n.d.). Metode Pembuatan Paving Block. Retrieved from asiacon.co.id.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Samarinda yang telah membantu biaya penelitian yang kami lakukan pada tahun anggaran 2021 ini.