

Analisis Sifat Fisik dan Mekanik terhadap Hasil Lelehan Sampah Plastik Kemasan sebagai Pengganti Bata Beton

Ahmad Syakir Raharja¹, Mahir Ruardhian¹, Muhammad Yusuf¹, Nadia Fransiska¹,
Zahra Salsabila², Destri Muliastri¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

²Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

Email: destri.muliastri@polban.ac.id

Diajukan: 17-09-2024; Diterima: 19-12-2024; Diterbitkan: 21-12-2024

Abstrak

Indonesia merupakan negara dengan produksi sampah tertinggi kelima di dunia setelah Negara Brasil. Sampah yang tidak dapat dikelola dengan baik yaitu sampah plastic kemasan dengan jumlah sebesar 16% dari total timbunan sampah nasional. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan yaitu dengan mendaur ulang sampah plastic menjadi Bata Beton. Bata beton berbahan dasar plastic dapat dimanfaatkan sebagai kebutuhan lahan parker dan konstruksi untuk pejalan kaki. Peneliti ini bertujuan untuk mengetahui seberapa bear kekuatan fisik dan mekanik dari bata beton berbahan dasar plastic serta mengetahui kualitas bata beton berbahan dasar plastic yang dihasilkan. Metode pelelehan yang paling efektif digunakan yaitu menggunakan pelelehan dengan kompor dua tungku. Jenis sampah yang digunakan yaitu PE (polyethylene) & PP (polypropylene) dengan variasi suhu 200°C dan 220°C. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji ketahanan air, ketahanan termal, uji tekan, uji bending, dan uji impact. Hasil pengujian untuk penyerapan air diperoleh daya penyerapan air paling baik yaitu sampel jenis PE pada suhu 200°C dengan nilai penyerapan air sebesar 1,88% sedangkan pada sampel jenis Mix pada suhu 220°C dengan nilai penyerapan sebesar 1,78%. Pada hasil pengujian termal yang stabil terdapatpada sampel jenis PP 200°C dan mix 220°C dengan nilai termal berturut-turut 336°C-356°C dan 339,7°C-359,2°C. Hasil pengujian bending, kekuatan bending yang paling tinggi diperoleh sebesar 24,663 MPa pada specimen PP 200°C. sedangkan pada hasil pengujian impact, kekuatan impact yang paling tinggi diperoleh sebesar 2,04 MPa padaa specimen PP 220°C.

Kata kunci: Plastik Kemasan; Polyethylene; Polypropylene Sifat Fisik; Sifat Mekanik

Abstract

Indonesia has the fifth highest waste generation in the world after Brazil. Waste that cannot be managed properly is plastic packaging waste with an amount of 16% of the total national waste generation. One of the innovations that can be done is to recycle plastic waste into concrete bricks. Plastic-based concrete bricks can be used as parking lot needs and construction for pedestrians. This study aims to determine how much the physical and mechanical strength of plastic-based concrete bricks and determine the quality of plastic-based concrete bricks produced. The most effective melting method used is using melting with a two-burner stove. The types of waste used are PE (polyethylene) & PP (polypropylene) with temperature variations of 200°C and 220°C. Tests conducted in this study are water resistance test, thermal resistance, press test, bending test, and impact test. The test results for water absorption value of 1.88%. In the results of stable thermal testing there are samples of PP type 200°C and mix 220°C with thermal values of 336°C - 356°C and 339.7°C-359.2°C, respectively. The best compressive test results are in the 200°C PP type sample of 17.67 MPa. The results of the bending test, the highest bending strength was obtained at 24.663 MPa in the 200°C PP specimen. While in the impact test results, the highest impact strength was obtained at 2.04 MPa in the 220°C PP specimen.

Keywords: Mechanical Properties; Physical Properties; Plastic Packaging; Polyethylene; Polypropylene

1. Pendahuluan

Di Indonesia khususnya industri makanan dan kemasan telah menempati 80% penggunaan kemasan plastik [14] Setiap tahun, jumlah timbulan sampah di Indonesia selalu meningkat linier dengan pertumbuhan penduduk [15] Sampah plastik termasuk sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan anorganik [1] Diperlukan waktu yang sangat lama untuk membuat sampah jenis plastik terurai dengan sempurna dengan tanah. Jika terus diabaikan sampah plastik akan menumpuk dan dapat mengganggu ekosistem bahkan kesehatan manusia [2] Terkait kesehatan studi mengungkapkan bahwa

masyarakat Indonesia mengonsumsi sekitar 15 gram mikroplastik per bulan. Menyusul Indonesia, di posisi kedua dan ketiga adalah Malaysia dan Filipina. Mikroplastik sebagian besar berasal dari ikan dan makanan laut. Dengan menggunakan model data yang ada, peneliti mengatakan konsumsi harian partikel plastik masyarakat Indonesia meningkat 59 kali lipat di tahun 1990 hingga 2018. Temuan terbaru ini menambah daftar panjang bahaya polusi plastik yang mengkhawatirkan di Indonesia. Keberadaan mikroplastik tidak dapat dipisahkan dari produksi plastik secara besar-besaran. Penelitian yang dilakukan oleh Cornell University ini memetakan serapan mikroplastik di 109 negara dan menemukan bahwa masyarakat di Asia Tenggara adalah konsumen yang paling besar di dunia [3]. Pembuatan Bata Beton dari sampah plastik dapat menjadi inovasi yang bisa dilakukan dalam menjawab sebagian permasalahan terkait sampah. Bata beton (paving block) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenis air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. Adapun Sifat Fisik Bata Beton menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-0691-1989) [4].

Tabel 1. Sifat Fisik dan Mekanik Bata Beton menurut Standar Nasional Indonesia (SNI)

Klasifikasi Mutu	Penyerapan air rata-rata maks (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Pengaplikasian
A	3	35	Jalan dan Konstruksi Bangunan
B	6	17	Parkiran
C	8	12.5	Konstruksi untuk Pejalan Kaki
D	10	8.5	Taman

Karakteristik Sampah Plastik yang digunakan:

Tabel 2. Karakteristik Plastik *Polyethylene* [11]

Karakteristik	<i>Polyethylene</i>
Titik Leleh	110°C-137°C
Warna	Putih
Kekuatan Tarik	3,7-19 Gpa
Ketahanan Kimia	Sangat Tinggi
Transparansi	Beberapa varian tembus cahaya

Tabel 3. Karakteristik Plastik *Polypropylene* [12]

Karakteristik	<i>Polypropylene</i>
Titik Leleh	190°C-200°C
Warna	Transparan
Kekuatan Tarik	0,5-3,0 Gpa
Ketahanan Kimia	Tinggi
Transparansi	Alami berwarna buram tetapi dapat tembus cahaya

Metode yang digunakan saat proses melelehkan sampah plastik kemasan yaitu pembakaran dengan Tungku Api. Metode pelelehan ini memasukkan sampah plastik kemasan kedalam cetakan lalu dipanaskan diatas kompor. Metode ini lebih efektif dibanding metode yang lainnya.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Bahan dan Metalurgi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Laboratorium Uji Impak Politeknik Manufaktur Bandung, dan Laboratorium *Thermogravimetric Analysis* Badan Riset Inovasi dan Teknologi (BRIN) . Tahapan penelitian dijelaskan pada poin berikut:

2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Bahan baku utama yang digunakan yaitu sampah plastik kemasan PE (*polyethylene*), PP (*polypropylene*) dan campuran keduanya dengan media pendukung yaitu oli sebagai pelumas plastik yang akan dicetak. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat kompor gas 2 tungku, cetakan bata beton dari baja, tang jepit, dan *termogun*.

2.2 Pelelehan Sampah Plastik Kemasan dengan metode Pembakaran Tungku Api

Sampah dicacah terlebih dahulu sampai berukuran 3cm-5cm lalu dilakukan pelelehan di atas kompor dua tungku langsung pada cetakan bata betonnya. Setelah sampah dilelehan di suhu 200°C dan 220°C selama 3 jam, didiamkan selama 15 menit, sebelum hasil lelehan di *Quenching* oleh aquadest sekitar 15 menit.

2.3 Pelepasan Bata Beton Plastik dari Cetakan

Pelepasan menggunakan Mesin *Press* dilakukan dengan tenaga manusia sampai Bata Beton Plastik keluar dari cetakannya. Olesan Oli yang diolesi pada cetakan sebelum Pelelehan dapat mempermudah proses pelepasan Bata Beton dari Cetakannya. Waktu yang dibutuhkan untuk pelepasan Bata Beton Plastik dari cetakan sekitar 5 menit.

2.4 Pengujian Mekanik Kekuatan Tekan dan Bending Bata Beton Plastik

Pada penelitian ini, menggunakan Mesin *Computerized Servo Hydraulic Universal Testing Machine 300Kn VTS, WAW 300E* yang dimonitoring langsung pada layar komputer untuk mengetahui grafik *Load Extension Curve* sebagai gambaran pembebanannya secara aktual yang selanjutnya data perlu diolah lebih lanjut. Untuk menghitung kekuatan tekan dapat menggunakan persamaan (1) [13].

$$\text{Kekuatan tekan bata beton} = \frac{P}{A} (\text{kg/cm}^2) \quad (1)$$

Keterangan:

P : Beban Maksimum (kg)

A : Luas Permukaan (cm^2)

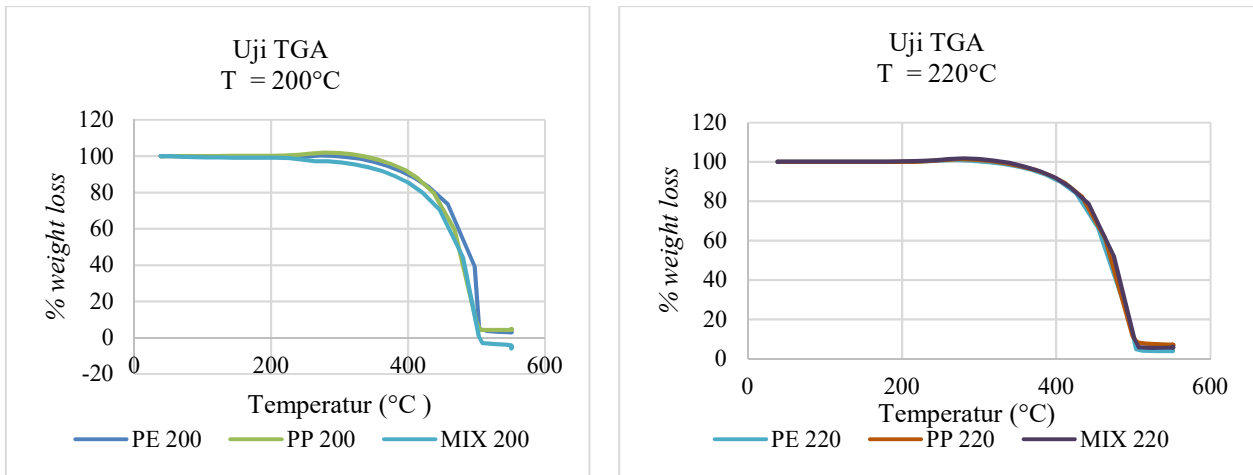
3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pengujian Spesimen Pengujian Termal

Pengujian Kekuatan Bending menggunakan Mesin *Thermogravimetric Analysis 701*, menghasilkan data berupa grafik gambar.



Gambar 1. Spesimen saat akan diuji Termal



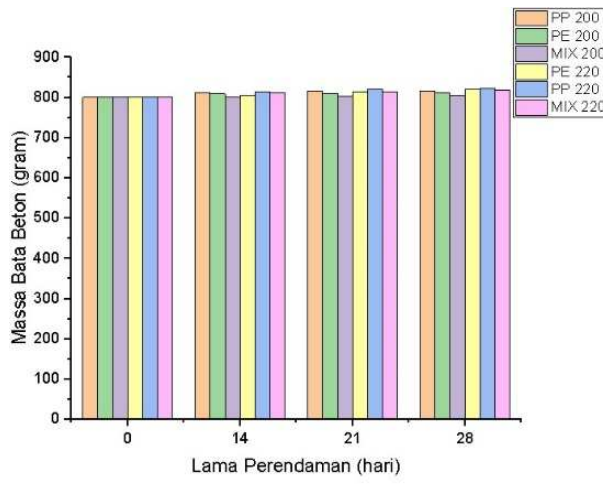
Gambar 2. Hasil Pengujian Termal Variasi Suhu 200°C dan 220°C

Berdasarkan data pada **Gambar 2.** terdapat jumlah kehilangan berat sampel (%) dan proses yang berjalan adalah endotemik. Terjadinya kehilangan berat disebabkan penurunan kadar air serta ikatan polimer antara masing masing komposisi yang terkandung pada bata beton tersebut. Sampel PP 200°C dan Mix 220°C memiliki nilai ketahanan termal yang paling stabil, hal ini dikarenakan rentang temperatur yang dimiliki oleh kedua sampel tersebut merupakan rentang temperatur tertinggi dibandingkan sampel lainnya. [8]

3.2 Pengujian Spesimen Pengujian Ketahanan Air



Gambar 3. Spesimen Uji Ketahanan Air



Gambar 4. Hasil Pengujian Ketahanan Air

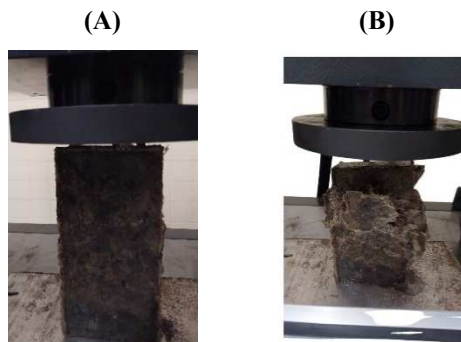
Tabel 4 Data Penyerapan Uji Ketahanan Air

Jenis Plastik	Penyerapan (%)
PE 200°C	1,88
PP 200°C	1,29
MIX 200°C	0,48
PE 220°C	1,58
PP 220°C	2,35
MIX 220°C	1,78

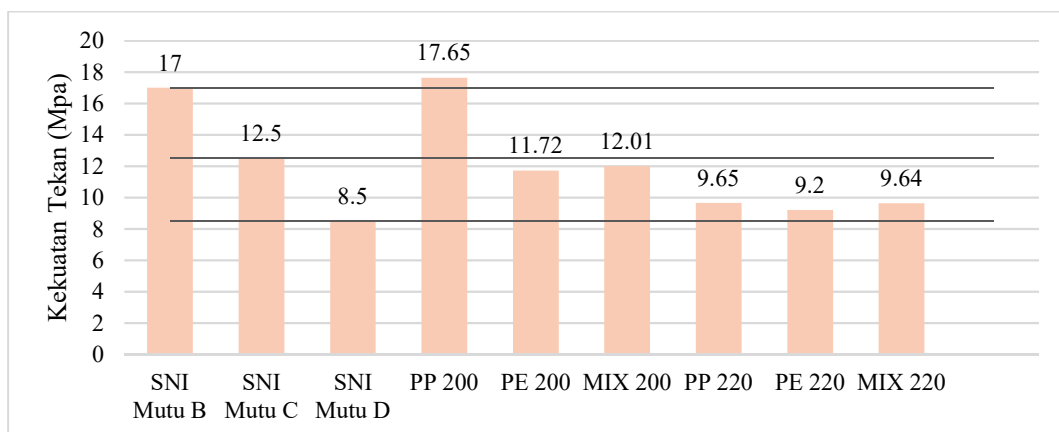
Berdasarkan **Gambar 4**, terlihat bahwa lama perendaman terhadap massa dari bata beton, atau kemampuan bata beton dalam menyerap air. Selanjutnya dari data **Tabel 4**, dapat disimpulkan bahwa spesimen pada variasi suhu 200°C, memiliki daya penyerapan paling baik yaitu sampel jenis Mix sebesar 0,48%. Sedangkan spesimen pada suhu 220°C daya penyerapan yang paling baik yaitu sampel jenis PE (*Polyethylene*) sebesar 1,58%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa bata beton plastik memiliki ketahanan yang baik terhadap penetrasi air. Daya serap yang rendah menunjukkan Bata Beton Plastik ini, memiliki durabilitas baik terhadap kerusakan akibat pembekuan air didalam pori-pori. Tak hanya itu, temperatur pelelehan juga dapat mempengaruhi kualitas pematangan hasil bata beton. Bata beton yang padat dan tidak retak, memiliki daya serap air yang lebih baik dibandingkan dengan bata beton yang mengalami cacat atau retak. [9][10]

3.3 Pengujian Spesimen Kekuatan Tekan

Pengujian Kekuatan Tekan menggunakan Mesin *Computerized Servo Hydraulic Universal Testing Machine 300Kn VTS, WAW 300E* menghasilkan data berupa grafik.



Gambar 5. (A) Spesimen sebelum diuji tekan (B) Spesimen setelah diuji tekan



Gambar 6. Hasil Uji Kekuatan Tekan

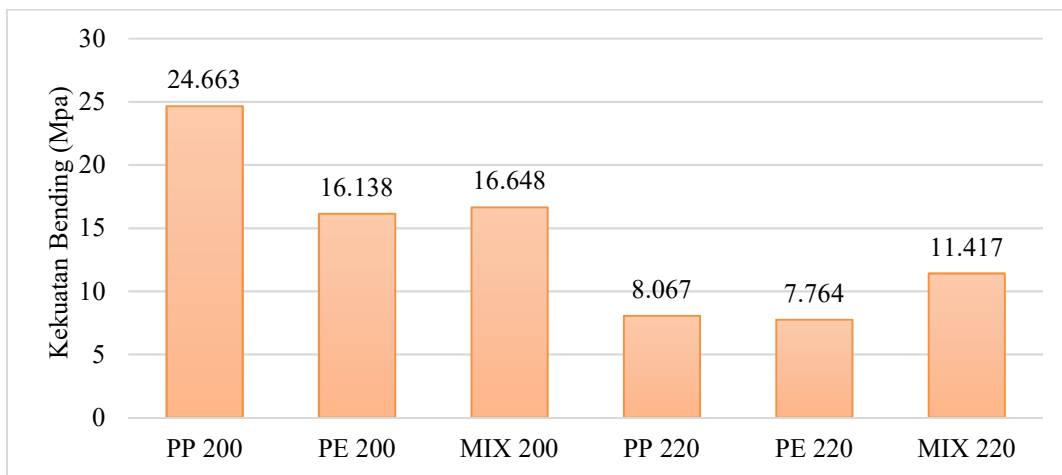
Berdasarkan **Gambar 6**, menunjukkan bahwa kekuatan paling tinggi yaitu pada PP 200°C sebesar 17,65 Mpa sedangkan nilai kekuatan terkecil ada pada PE 220°C sebesar 9,2 Mpa. Nilai kekuatan yang diperoleh dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya temperatur pelelehan, waktu pendinginan, dan porositas. Pada suhu rendah, plastik dalam beton cenderung menjadi lebih kaku. Hal ini dapat meningkatkan kekuatan tekan karena material menjadi lebih tahan terhadap deformasi kompresi. Pada suhu tinggi, plastik dalam beton dapat melunak atau bahkan mulai terdegradasi secara termal, proses pelunakan dapat mengurangi kemampuan material untuk menahan beban tekan, sehingga kekuatan tekan menurun secara signifikan [5][2].

3.4 Pengujian Spesimen Kekuatan Bending

Pengujian Kekuatan Bending menggunakan Mesin Computerized Servo Hydraulic Universal Testing Machine 300Kn VTS, WAW 300E menghasilkan data berupa gambar grafik.



Gambar 7. (A) Spesimen sebelum diuji bending (B) Spesimen setelah diuji bending

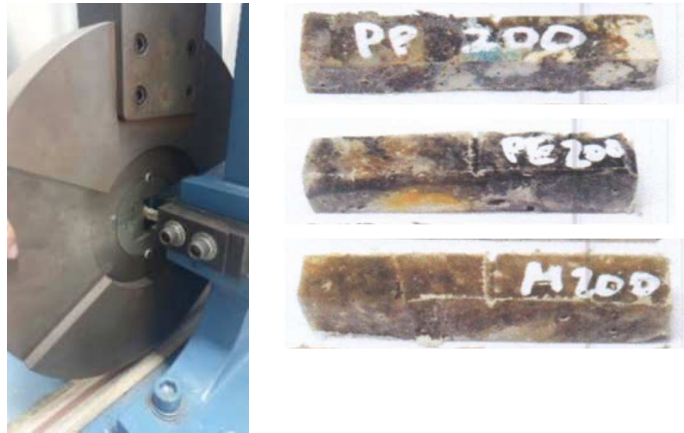


Gambar 8. Hasil Pengujian Kekuatan Bending

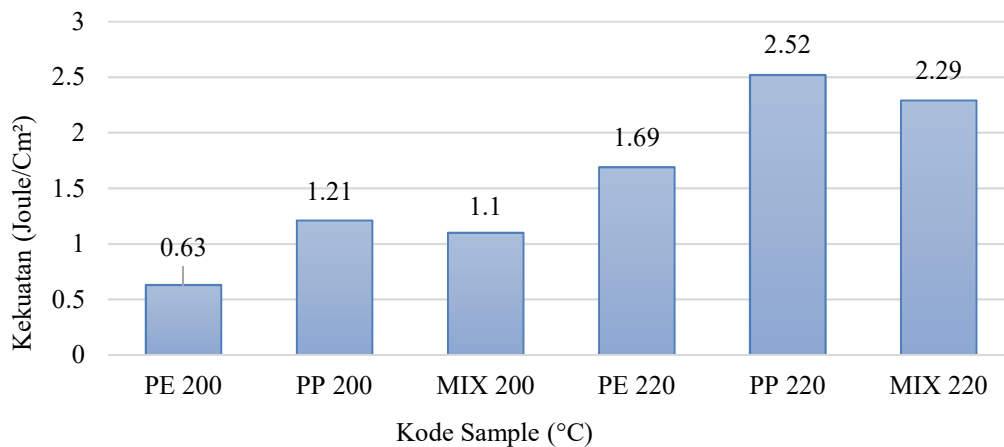
Berdasarkan **Gambar 8**, terlihat bahwa nilai kekuatan bending yang paling besar yaitu bata beton plastik berbahan dasar PP dengan suhu pelelehan 200°C, kemudian diikuti oleh Mix 200°C dan PE 200°C. Hal ini dikarenakan pada temperatur rendah material mengalami peningkatan modulus elastisitas sehingga material menjadi lebih kaku dan tidak mudah mengalami penekukan. Sedangkan pada suhu 220°C, terlihat bahwa kekuatan bending yang dihasilkan lebih rendah. Hal ini disebabkan pada suhu tinggi menyebabkan perubahan struktur internal pada material plastik dalam beton, seperti melunaknya komponen plastik atau bahkan dekomposisi termal pada suhu yang sangat tinggi. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan kekuatan struktural secara keseluruhan.[6]

3.5 Pengujian Spesimen Kekuatan Impak

Pengujian Kekuatan Bending menggunakan Mesin *Universal Impact Tester*, menghasilkan data berupa grafik dimana data yang ditampilkan perlu diolah lebih lanjut.



Gambar 9. Spesimen sebelum diuji Impak



Gambar 10. Hasil Pengujian Kekuatan Impak

Berdasarkan **Gambar 10**, terlihat bahwa nilai kekuatan impak yang paling besar adalah PP 220°C dan nilai kekuatan impak yang paling kecil adalah PE 200°C. Perbedaan nilai kekuatan impak ini dipengaruhi oleh suhu pelelehan pada suhu rendah, modulus elastisitas plastik biasanya meningkat, yang berarti material menjadi lebih kaku. Hal ini menyebabkan penurunan kemampuan material untuk menyerap energi impak, sehingga meningkatkan risiko kegagalan material saat terjadi benturan. [7]

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Sifat Fisik yang dihasilkan pada penelitian ini, bata beton plastik memiliki ketahanan air dan ketahanan termal yang baik. Bata Beton yang memiliki daya serap air yang paling kecil menandakan bahwa bata beton plastik memiliki durabilitas yang baik dan lebih tahan terhadap kerusakan akibat air. Bata Beton berbahan dasar plastik mengalami dekomposisi dan oksidasi seiring berjalannya waktu pemanasan, spesimen yang memiliki ketahanan termal yang paling stabil adalah bata beton plastik berjenis PP (*Polypropylene*) dan PE (*Polyethylene*).

- 2) Sifat Mekanik Kekuatan Tekan dan Ketahanan air pada Bata Beton berbahan dasar sampah plastik yang dihasilkan masuk kedalam *range* Standar Nasional Indonesia Bata Beton, sedangkan pada pengujian sifat-sifat lainnya menjadi keterbaruan dari data aktual yang dihasilkan dari penelitian ini.
- 3) Kualitas yang dihasilkan dari proses pelelehan dan pemadatan Bata Beton Berjenis PP (*Polypropylene*) dan PE (*Polyethylene*) sama dengan kualitas bata beton campuran semen dan pasir. Berdasarkan Standar SNI Bata Beton Plastik masuk kedalam mutu B, C, dan D yang dapat diaplikasikan pada lahan parkir, taman, dan konstruksi jalan untuk pejalan kaki.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi melalui pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa 2024 dan Politeknik Negeri Bandung yang telah memfasilitasi tempat untuk kami sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] P. Limbah *et al.*, "1063-Article Text-4048-1-10-20191016," vol. 4, pp. 41–46, 2019.
- [2] I. A. Ahmad, N. A. S. Taufieq, dan A. H. Aras, "Analisis Pengaruh Temperatur terhadap Kuat Tekan Beton," *J. Tek. Sipil*, vol. 16, no. 2, p. 63, 2009, doi: 10.5614/jts.2009.16.2.2.
- [3] A. Z. Fasani, F. Rahmasari, T. Hastuti, dan T. Triastuti, "Pemanfaatan Agregat Plastik pada Pembuatan Bata Beton," *Rekayasa Sipil*, vol. 16, no. 2, pp. 82–86, 2022, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2022.016.02.2.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, "Sni 03-0691-1996," *Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–5, 1996.
- [5] J. K. Appiah, V. N. Berko-Boateng, dan T. A. Tagbor, "Use of waste plastic materials for road construction in Ghana," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 6, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1016/j.cscm.2016.11.001.
- [6] K. Boimau, "Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Bending Komposit Poliester Berpenguat Serat Daun Gwang," *Al-Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 90–95, 2021, doi: 10.31602/al-jazari.v6i2.6056.
- [7] R. Steadman, *Materials science*, vol. 5, no. 2. 1970. doi: 10.1088/0031-9120/5/2/304.
- [8] R. O. Asriza, D. Humaira, S. H. T. Insan, dan Zomi, "Sintesis Material Komposit Sampah Plastik Dengan Serbuk Kayu Pelawan (*Tristaniopsis merguensis*)," *Pros. Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Pada Masy.*, pp. 230–233, 2019.
- [9] C. Pembuatan, B. Beton, dan P. Block, "Full Text Muhammad Rifqi Attib Brizi," 2019.
- [10] F. Faizin, E. W. Setyowati, dan W. Wisnumurti, "Pengaruh Suhu Tinggi Terhadap Lendutan dan Kekakuan Balok Beton Bertulang," *Rekayasa Sipil*, vol. 11, no. 1, pp. 24–30, 2017, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2017.011.01.4.
- [11] Anita, R. 2015. Pengaruh Penggunaan plastik Polyethylene (PE) Dan High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Lataston-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. Vol. 18, No.2, 147-159.
- [12] Iman Mujiarto. 2005. Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif. Traksi Vol. 3. No. 2
- [13] Reksi Ridho M, "Perbandingan Kuat Tekan Bata Plastik Berjenis Polypropylene (PP), Polyethylene Terephthalate (PET) Dan High Density Polyethylene (HDPE)," *Jurnal Teknoogi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 9, no. 1, p. 21, 2021,
- [14] Nasution, R. S. (2015). Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Elkawanie*, 1, 97-104.
- [15] Pratama, R. A., & Ihsan, I. M. (2017). Peluang Penguatan Bank Sampah untuk Mengurangi Timbulan Sampah Perkotaan Studi Kasus: Bank Sampah Malang. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 112-119.