

Pengaruh Filler Plastik dan Optimasi Faktor Proses Produksi *Cellular Lightweight Concrete*

Maharani Febri Endya¹, Ilham Ary Wahyudie^{1*}, Sukanto¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : arywahyudie@yahoo.com

Received 2 Januari 2023; Received in revised form 9 Januari 2023; Accepted 18 Januari 2023

Abstract

The use of plastic has become a common thing in different lives. The effect of using these plastic products is to create plastic waste. As the population increases, the accumulation of plastic waste will increase. So that it can be done by applying the 3R method, namely reduce, reuse, and recycle. Plastic waste is used as a lightweight brick reinforcement material. This study aimed to determine the factors that most influence the density value of cellular lightweight concrete with plastic filler and optimize the production process. The method used is the Response Surface Methodology (RSM). The experimental design was chosen Central Composite Design with three factors. The independent variables used in this study were the amount of plastic, the fraction of sand: cement, and the volume of water. The amount of plastic used is 2 grams, 3 grams, and 4 grams. The fraction of sand:cement was 4:3, 3.3:2, and 2:1. The volume of water used was 60 mL, 80 mL, and 100 mL. The results of this study indicate that the optimal value for the density of lightweight bricks is found in the amount of plastic of 7.745 grams, the fraction of sand:cement is 5.8:2, and the volume of water is 139.509 mL. The surface response from the second-order equation is the saddle point with the optimal point at the stationary point. The stationary points obtained are 2.821, 2.726, and 1.769. The research analysis results show that the independent variable that most influence the density value is the fraction of sand: cement.

Keywords: PET Plastic; CLC; Density; RSM; Saddle point.

Abstrak

Penggunaan plastik sudah menjadi hal yang umum di berbagai kehidupan. Efek dari pemakaian produk plastik tersebut yaitu menciptakan limbah plastik. Seiring bertambahnya populasi penduduk maka penumpukan sampah plastik akan semakin meningkat. Sehingga dapat dilakukan dengan menerapkan metode 3R yaitu *reduce*, *reuse*, dan *recycle*. Sampah plastik dimanfaatkan sebagai bahan penguat bata ringan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui faktor yang paling mempengaruhi nilai densitas *cellular lightweight concrete* dengan *filler* plastik serta optimasi proses produksinya. Metode yang digunakan yaitu *Response Surface Methodology* (RSM). Rancangan eksperimen dipilih *Central Composite Design* dengan 3 faktor. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yaitu jumlah plastik, fraksi pasir : semen, dan volume air. Jumlah plastik yang digunakan yaitu 2 gram, 3 gram, dan 4 gram. Fraksi pasir : semen yaitu 4 : 3, 3.3 : 2, dan 2 : 1. Volume air yang digunakan sebanyak 60 mL, 80 mL, dan 100 mL. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai optimal densitas bata ringan terdapat pada jumlah plastik sebesar 7,745 gram, fraksi pasir : semen sebesar 5,8 : 2 dan volume air sebanyak 139,509 mL. Respon permukaan yang dihasilkan dari persamaan *second order* yaitu *saddle point* dengan titik optimal terletak di *stationary point*. *Stationary point* yang didapatkan yaitu 2,821, 2,726 dan 1,769. Berdasarkan hasil analisis penelitian menunjukkan bahwa variabel bebas yang paling mempengaruhi nilai densitas yaitu fraksi pasir : semen.

Kata kunci: Plastik PET; CLC; Densitas; RSM; *Saddle point*.

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2021 bahwa limbah plastik Indonesia mencapai 66 juta ton per tahun. Studi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) tahun 2018 juga memperkirakan bahwa sekitar 0,26 juta - 0,59 juta ton sampah plastik mengalir ke laut. Indonesia sebagai negara dengan limbah atau sampah plastik laut terbesar kedua di dunia [1]. Oleh karena itu, kesadaran kita sebagai konsumen sangat diperlukan untuk membantu mengurangi penumpukan sampah plastik. Adapun metode untuk mengurangi penumpukan sampah plastik dengan menerapkan 3R yaitu reduce, reuse, dan recycle [2]. Salah satu pemanfaatan sampah plastik dapat dijadikan sebagai bahan penguat pada bata ringan [8]. Bata ringan termasuk komposit karena terdiri dari filler dan matriks [3]. Saat ini pembuatan material komposit sudah menjadi hal yang umum di industri manufaktur karena memanfaatkan barang sisa pakai yang dapat didaur ulang [9].

Dewasa ini bata ringan atau hebel mulai banyak digunakan sebagai dinding bangunan karena massanya yang lebih ringan dibandingkan bata konvensional [4]. Bata ringan memiliki dua jenis yaitu Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Cellular Lightweight Concrete (CLC). Dari segi pengeringan, bata ringan Autoclaved Aerated Concrete menggunakan mesin khusus (oven autoklaf bertekanan tinggi), sedangkan bata ringan Cellular Lightweight Concrete pengeringannya masih dilakukan secara alami dengan memanfaatkan sinar atau panas matahari [5].

Pada penelitian ini dilakukan pemanfaatan sampah plastik untuk mengurangi penumpukan sampah plastik. Sampah plastik digunakan sebagai pengisi/filler bata ringan. Perbedaan bentuk filler mempengaruhi nilai kekerasan material komposit [6]. Pada penelitian ini mengetahui faktor yang paling mempengaruhi nilai densitas cellular lightweight concrete dengan filler plastik serta optimasi proses produksinya. Bata ringan yang digunakan adalah bata ringan jenis Cellular Lightweight Concrete (CLC) dan sampah plastik jenis Polyethylene Terephthalate (PET) [10].

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Percobaan

Limbah plastik yang digunakan berasal dari botol air mineral jenis Polyethylene Terephthalate (PET). Botol air mineral dipotong dan permukaannya dilubangi dengan punch. Penelitian ini menggunakan metode Response Surface Methodology (RSM) untuk mengetahui nilai optimal densitas bata ringan. Rancangan eksperimen pada penelitian ini menggunakan Response Surface Design yaitu Central Composite Design dengan 3 faktor. Variabel bebas penelitian ini adalah jumlah plastik, fraksi pasir : semen, dan volume air. Jumlah plastik yang digunakan yaitu 2 gram, 3 gram, dan 4 gram. Fraksi pasir : semen yaitu 4 : 3, 3.3 : 2, dan 2 : 1. Untuk volume air yang digunakan yaitu 60 mL, 80 mL, dan 100 mL. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu volume foam agent. Tabel rancangan eksperimen pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1.

Tahapan pembuatan sampel bata ringan diawali dengan pembuatan cetakan sampel dengan ukuran 10×5×5 cm. Kemudian dilakukan proses penimbangan material dengan variasi yang sudah ditentukan. Proses pembuatan foam menggunakan foam generator. Selanjutnya, proses pengadukan campuran material yaitu pasir, semen, air, foam, dan plastik. Pada tahap ini pasir dan semen terlebih dahulu diaduk di dalam ember menggunakan mixer agar tercampur secara merata. Kemudian air dituangkan ke dalam ember yang berisi pasir dan semen. Setelah ketiga material diaduk dan tercampur hingga merata, selanjutnya foam dimasukkan ke dalam campuran material tersebut. Setelah itu, plastik dimasukkan ke dalam campuran material tersebut dan diaduk sampai seluruh campuran material merata. Tahapan selanjutnya yaitu proses pencetakan sampel bata ringan dan proses pengeringan hingga akhirnya cetakan sudah bisa dibuka. Setelah proses pencetakan sampel bata ringan selesai, maka sampel tersebut dilakukan penimbangan massa di udara dan di air untuk menghitung nilai densitas bata ringan.

Tabel 1. Tabel Rancangan Eksperimen

| Nomor Sampel | Jumlah Plastik (gram) | Fraksi Pasir : Semen (gram) | Volume Air (mL) |
|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 4 : 3 | 60 |
| 2 | 2 | 4 : 3 | 100 |
| 3 | 2 | 2 : 1 | 60 |
| 4 | 2 | 2 : 1 | 100 |
| 5 | 4 | 4 : 3 | 60 |
| 6 | 4 | 4 : 3 | 100 |
| 7 | 4 | 2 : 1 | 60 |
| 8 | 4 | 2 : 1 | 100 |
| 9 | 1,318 | 3,3 : 2 | 80 |
| 10 | 4,682 | 3,3 : 2 | 80 |
| 11 | 3 | 4,2 : 2 | 80 |
| 12 | 3 | 4,4 : 2 | 80 |
| 13 | 3 | 3,3 : 2 | 46,36 |
| 14 | 3 | 3,3 : 2 | 113,64 |
| 15 | 3 | 3,3 : 2 | 80 |
| 16 | 3 | 3,3 : 2 | 80 |
| 17 | 3 | 3,3 : 2 | 80 |

2.2. Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan menghitung perbandingan antara massa benda uji dan volume benda uji untuk mengetahui massa jenisnya. Air destilasi digunakan sebagai media uji densitas [7]. Rumus perhitungan densitas yaitu :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (1)$$

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j>i}^k \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon_i = 1,2, \dots, k; j = 2, \dots, k; i \neq j \dots\dots\dots (2)$$

dengan Y adalah prediksi nilai densitas, β_0 adalah konstanta, β_1 adalah konstanta linier,

dengan ρ adalah densitas (kg/m^3), m adalah massa benda uji (kg), dan v adalah volume benda uji (m^3).

Prediksi nilai densitas berdasar pada data respon menggunakan pendekatan persamaan regresi polinomial sebagai berikut.

β_{ii} adalah konstanta kuadrat dan β_{ij} adalah konstanta interaksi faktor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Densitas

Nilai pengujian densitas sampel batuan ringan ditunjukkan pada Tabel 2. Perhitungan harga densitas ditentukan menggunakan persamaan (1). Penentuan nilai massa adalah selisih nilai massa di udara dan massa didalam air.

Nilai respon densitas selanjutnya diuji kenormalannya. Uji normalitas dilakukan dengan bantuan perangkat lunak minitab versi 21.3 (minitab license). Hasil uji normalitas ditunjukkan pada Gambar 1 dibawah ini. Berdasar pada gambar tersebut, data menunjukkan tingkat kenormalan data yang signifikan. Dengan demikian data

respon dapat disimpulkan mengikuti pola distribusi normal.

Analisis ragam (Anova) dilakukan menggunakan perangkat lunak minitab. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3. Hipotesis Null (H_0) untuk perlakuan yang diberikan adalah sebagai berikut.

H_0 = Jumlah plastik tidak berpengaruh terhadap densitas CLC;

H_0 = Fraksi pasir:semen tidak berpengaruh terhadap densitas CLC;

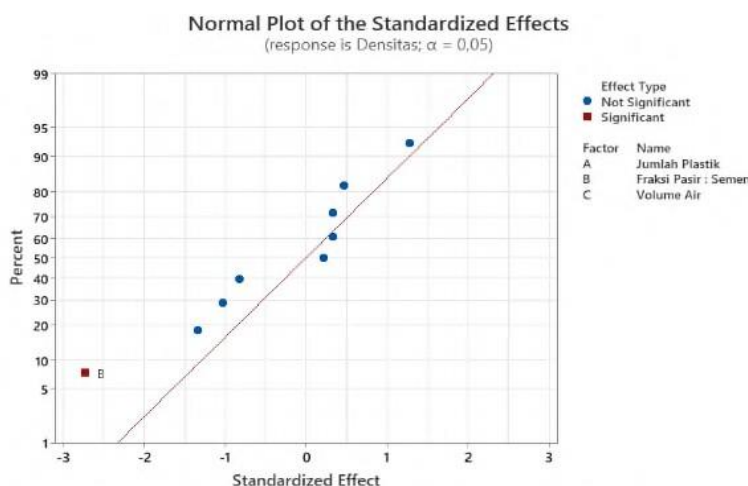
H_0 = Volume air tidak berpengaruh terhadap densitas CLC

Keputusan menolak H_0 jika nilai F-hitung > nilai F-tabel.

Hasil pengujian ragam yang dilakukan terhadap percobaan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengujian Densitas

| Nomor Sampel | Massa di udara (Gram) | Massa di air (Gram) | Volume (Cm ³) | Densitas (Kg/m ³) |
|--------------|-----------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 1 | 515,65 | 514,94 | 250 | 2062,6 |
| 2 | 310,62 | 309,88 | 250 | 1242,48 |
| 3 | 152,39 | 151,5 | 250 | 609,56 |
| 4 | 260,62 | 260,1 | 250 | 1042,48 |
| 5 | 568,02 | 567,57 | 250 | 2272,08 |
| 6 | 493,38 | 492,82 | 250 | 1973,52 |
| 7 | 156,15 | 155,94 | 250 | 624,6 |
| 8 | 208,89 | 208,04 | 250 | 835,56 |
| 9 | 488,48 | 487,98 | 250 | 1953,92 |
| 10 | 465,04 | 464,54 | 250 | 1860,16 |
| 11 | 526,75 | 524,4 | 250 | 2107 |
| 12 | 453,67 | 452,72 | 250 | 1814,68 |
| 13 | 480,29 | 479,75 | 250 | 1921,16 |
| 14 | 192,21 | 191,26 | 250 | 768,84 |
| 15 | 375,68 | 374,75 | 250 | 1502,72 |
| 16 | 375,53 | 374,72 | 250 | 1502,12 |
| 17 | 455,08 | 454,42 | 250 | 1512 |



Gambar 1. Grafik *Normal Plot of the Standardized Effects*

Berdasarkan tabel 3 diatas menunjukkan bahwa F-value jumlah plastik < F-tabel dan F-value volume air < F-tabel. Untuk F-value jumlah plastik sebesar 0,11 dan F-value volume air sebesar 1,79 dengan F-tabel sebesar 5,59 sehingga dari tabel tersebut menunjukkan bahwa keputusannya gagal menolak H₀. Artinya jumlah plastik dan volume air tidak berpengaruh terhadap nilai densitas. Sedangkan F-value fraksi pasir : semen sebesar 7,47 dan F-tabel sebesar 5,59 sehingga F-value fraksi pasir : semen > F-tabel, artinya keputusan menolak H₀ dan fraksi pasir : semen yang berpengaruh

terhadap nilai densitas. Berdasarkan hasil analisis varian bahwa variabel bebas yang paling mempengaruhi nilai densitas cellular lightweight concrete pada eksperimen ini yaitu fraksi pasir : semen (X₂).

3.2. Analisis Regresi dan Titik Stasioner

Berdasar data respon densitas, selanjutnya ditentukan persamaan untuk prediksi nilai respon. Pendekatan yang dilakukan adalah menggunakan formula regresi polinomial. Persamaan second order dengan pendekatan regresi polinomial yang didapatkan sebagai berikut.

$$Y = 1532,50 + 43,27X_1 - 360,97X_2 - 176,67X_3 + 48,97X_{12} + 67,99X_{22} - 149,69X_{32} - 141,55X_1X_2 + 37,45X_1X_3 + 220,32X_2X_3.$$

Tabel 3. Analisis Ragam

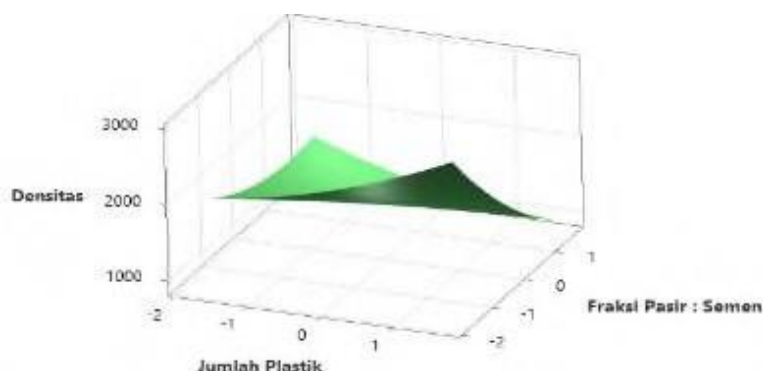
| Source | DoF | Sum of Square | Mean of Square | F-Value | F-Tabel |
|---|-----|---------------|----------------|----------|---------|
| Model | 9 | 3259223 | 362136 | 1,52 | |
| Jumlah Plastik | 1 | 25567 | 25567 | 0,11 | 5,59 |
| Fraksi Pasir : Semen | 1 | 1779621 | 1779621 | 7,47 | 5,59 |
| Volume Air | 1 | 426305 | 426305 | 1,79 | 5,59 |
| Jumlah Plastik*Jumlah Plastik | 1 | 27047 | 27047 | 0,11 | 5,59 |
| Fraksi Pasir : Semen*Fraksi Pasir Semen | 1 | 52130 | 52130 | 0,22 | 5,59 |
| Volume Air*Volume Air | 1 | 252680 | 252680 | 1,06 | 5,59 |
| Jumlah Plastik*Fraksi Pasir : Semen | 1 | 160291 | 160291 | 0,67 | 5,59 |
| Jumlah Plastik*Volume Air | 1 | 11220 | 11220 | 0,05 | 5,59 |
| Fraksi Pasir : Semen*Volume Air | 1 | 388327 | 388327 | 1,63 | 5,59 |
| Error | 7 | 1668658 | 238380 | | |
| Lack-of-Fit | 5 | 1668596 | 333719 | 10876,66 | 3,97 |
| Total | 16 | 4927881 | | | |

Dari persamaan *second order* yang didapatkan bahwa *stationary point* (X_0) adalah $[2,726]$, sehingga nilai optimal densitas bata ringan yaitu pada perlakuan dengan berat plastik sebesar 7,745 gram, fraksi pasir : semen sebesar 5,8 : 2, dan volume air sebesar 139,509 mL. Model bentuk kanonikal dari persamaan *second order* yaitu *saddle point*. Artinya nilai optimum tidak berada pada maksimum ataupun minimum, tetapi pada titik *stationary* (X_0).

Grafik *surface plot* menggambarkan bentuk permukaan dari hubungan interaksi

antar variabel bebas dimana letak titik stasioner yang diperkirakan dapat mengoptimalkan nilai respon densitas. Hubungan interaksi antarvariabel diplotkan dengan dua variabel bebas yaitu antara fraksi pasir : semen dan jumlah plastik, interaksi antara volume air dan jumlah plastik, dan interaksi antara volume air dan fraksi pasir : semen. Sehingga bentuk permukaan dari hubungan interaksi antar variabel bebas tersebut dapat dilihat pada grafik *surface plot*.

Surface plot densitas antara faktor fraksi pasir : semen dan faktor jumlah plastik ditunjukkan pada gambar 2 berikut ini.



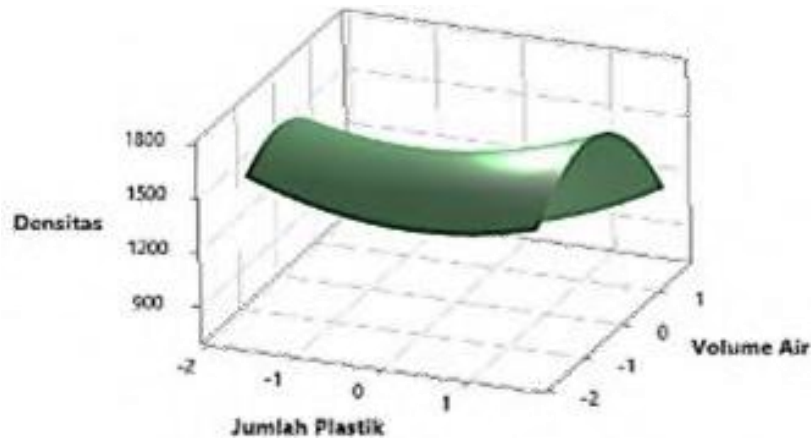
Gambar 2. *Surface plot* densitas antara faktor fraksi pasir : semen dan jumlah plastik

Berdasarkan *surface plot* pada gambar 2 ditunjukkan bahwa kurva yang terbentuk adalah *saddle point* dan berdasar pada

nilai *stationary point* maka titik optimal fraksi pasir : semen berada pada 2,726 dan titik optimal jumlah plastik pada 2,821. Dengan

nilai optimal yaitu fraksi pasir : semen adalah 5,8 : 2 dan jumlah plastik adalah 7,745 gram.

Surface plot dari densitas antara faktor volume air dan faktor jumlah plastik ditunjukkan pada gambar 3.

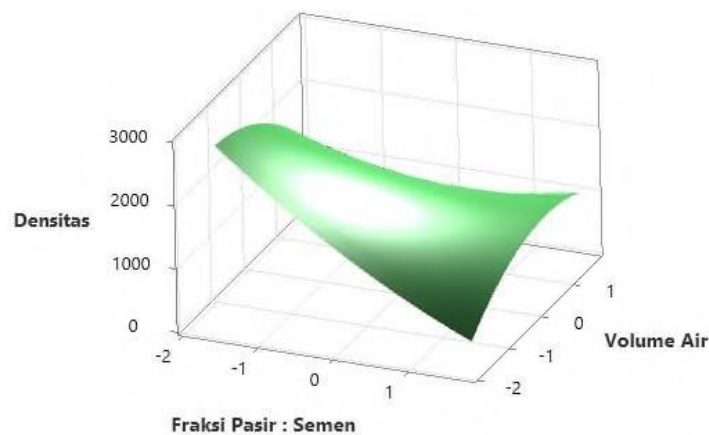


Gambar 3. *Surface Plot* Densitas vs Volume Air dan Jumlah Plastik

Berdasarkan *surface plot* gambar 3, grafik yang terbentuk adalah *saddle point* dan berdasar pada nilai *stationary point* bahwa titik optimal dari volume air yaitu 1,769 dan titik optimal jumlah plastik yaitu 2,821. Dengan demikian nilai optimal yaitu

volume air adalah 139,509 mL dan jumlah plastik adalah 7,745 gram.

Surface plot dari densitas antara faktor volume air dan faktor fraksi pasir : semen ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. *Surface Plot* Densitas vs Volume Air dan Fraksi Pasir : Semen

Berdasarkan *surface plot* yang terbentuk yaitu *saddle point* dan berdasar pada nilai *stationary point* bahwa titik optimal volume air yaitu 1,769 dan titik optimal fraksi pasir : semen yaitu 2,726. Dengan nilai optimal yaitu volume air adalah 139,509 mL dan fraksi pasir : semen adalah 5,8 : 2.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari ketiga variabel bebas yaitu jumlah plastik, fraksi pasir : semen, dan volume air menunjukkan faktor yang paling mempengaruhi nilai densitas

cellular lightweight concrete yaitu fraksi pasir : semen (X_2). Berdasarkan analisis yang didapatkan bahwa respon permukaan terhadap densitas yang dihasilkan yaitu *saddle point* dimana nilai optimal tidak terletak pada maksimum ataupun minimum, melainkan pada titik-titik optimal tertentu (*stationary point*). Titik optimal respon densitas dari jumlah plastik yaitu 2,821 (X_1), fraksi pasir : semen yaitu 2,726 (X_2), dan volume air yaitu 1,769 (X_3) dengan masing-masing nilai optimal sebesar 7,745 gram, 5,8 : 2, dan 139,509 mL.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima kasih kepada Polman Babel yang telah mendukung pendanaan penelitian melalui Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Nomor : 002/SP3-PEN/P3KM/V/2022 Tanggal 13 Mei 2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Juliani, N. E. Suyatma and F. M. Taqi, "Pengaruh Waktu Pemanasan, Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film K-karagenan", *Jurnal Keteknikan Pertanian*, vol. 10, pp. 29-40, 2022.
- [2] Y. G. Wibowo and A. Izzuddin, "Integrasi Pengolahan Sampah Metode 3R Dengan Bank Sampah Di SMA Bima Ambulu", *Jurnal Pengabdian Masyarakat Manage*, vol. 2, pp. 19-23, 2021.
- [3] M. K. Umam, L. Noerochim and S. T. Wicaksono, "Pengaruh Komposisi Filler Limbah Cangkang Kerang dan Fiberglass Terhadap Sifat Fisis dan Mekanik Komposit untuk Aplikasi Papan Partikel Semen", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, pp. 2337-3539, 2019.
- [4] M. F. Salim, D. E. Diastyari and L. U. Widodo, "Pemanfaatan Geothermal Sludge Untuk Pembuatan Bata Ringan", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 13, 2019.
- [5] S. M. P. Reni Suryanita, *Perilaku Mekanik Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete dengan Penambahan Silica Flume*, Pekanbaru: UR Press Pekanbaru, 2020.
- [6] A. Firdaus, A. Tjahjono and S. A. Saptari, "Analisis Pengaruh Bentuk Filler Pada Komposit Batang Bambu Terhadap Nilai Kekerasan (Hardness Shore D)", *Al-Fiziya*, vol. 1, 2018.
- [7] I.A. Wahyudie, R. Soenoko, W. Suprpto, Y. S. Irawan, "Enhancing Hardness and Wear Resistance of ZrSiO₄-SnO₂/Cu₁₀Sn Composite Produced by Warm Compaction and Sintering", *Metalurgija*, vol. 1-59, pp. 27-30, 2020.
- [8] Dian Pranata Putra Ambali, Jumiarti Andi Lolo, Israel Padang, (2021), "Tingkat Ketahanan Dinding Bata Berbahan Dasar Limbah Plastik Terhadap Kebakaran", *Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA)*, vol. 6, no. 1, pp. 147-154.
- [9] Muhammad Ridho Reksi, Dian Rahayu Jati, Yulisa Fitrianiingsih, (2021), "Perbandingan Kuat Tekan Bata Plastik Berjenis *Polypropylene* (PP), *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan *High Density Polyethylene* (HDPE)", *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, vol. 9, no. 1, pp. 19-29.
- [10] Supriyadi, Kusdiyono, Herry Ludiro Wahyono, Marchus Budi Utomo, Imam Nurhadi, (2020), "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Thermosetting* Terhadap Mutu Bata Ringan (Hebel)", *Wahana Teknik Sipil*, vol. 25, no. 2, pp. 136-147.