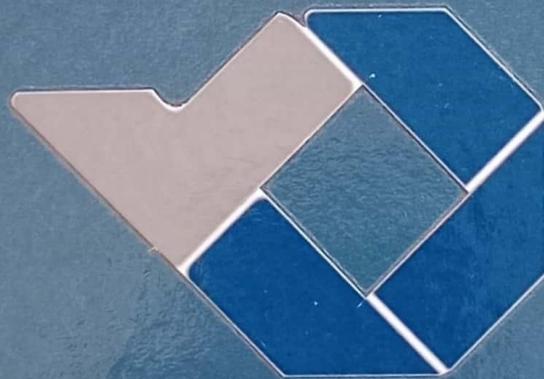


**PENGARUH FOAMING AGENT TERHADAP POROSITAS  
CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE DENGAN METODE  
FAKTORIAL  $3^k$**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Rizky Fahriza NIM 1041926

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**TAHUN 2023**

**PENGARUH *FOAMING AGENT* TERHADAP POROSITAS  
*CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE* DENGAN METODE  
FAKTORIAL 3<sup>k</sup>**

**PROYEK AKHIR**

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
Kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Rizky Fahreza NIM 1041926

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI**

**BANGKA BELITUNG**

**TAHUN 2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL PROYEK AKHIR**

**PENGARUH *FOAMING AGENT* TERHADAP POROSITAS *CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE* DENGAN METODE FAKTORIAL 3<sup>k</sup>**

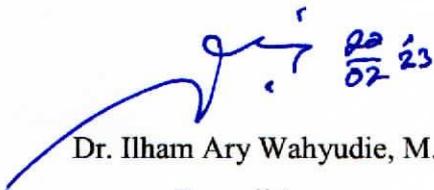
Oleh :

Rizky Fahreza NIM 1041926

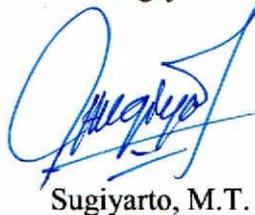
Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan  
Program Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Menyetujui,

Pembimbing 1

 22/02/23  
Dr. Ilham Ary Wahyudie, M.T.

Penguji 1

  
Sugiyarto, M.T.

Pembimbing 2



Dr. Sukanto, M.Eng.

Penguji 2

  
Juanda, M.T

## PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Rizky Fahreza NIM 1041926

Dengan Judul : Pengaruh *Foaming Agent* Terhadap Porositas *Cellular Lightweight Concrete* dengan Metode Faktorial  $3^k$

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 10 Juni 2022

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Rizky Fahreza



## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *foaming agent* terhadap porositas bata ringan dan membuktikan hipotesis bahwa pengaruh variasi *foaming agent* berpengaruh terhadap porositas bata ringan. Pembuatan bata ringan dilakukan menggunakan *foaming agent*, pasir, semen, gipsum, dan sampah plastik (sebagai bahan pengisi bata ringan). Penelitian ini menggunakan variabel bebas yaitu fraksi pasir:semen:gipsum:air, berat plastik dan volume *foaming agent*. Variabel terikatnya adalah densitas dan porositas. Sampel penelitian berbentuk balok dengan ukuran 100mm x 50mm x 50mm. Analisa data dilakukan dengan analisis ragam (ANOVA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisa hipotesis menggunakan analisis ragam menyatakan berat plastik berpengaruh terhadap densitas bata ringan. Analisa hipotesis menggunakan analisis ragam menyatakan bahwa variasi *foaming agent* berpengaruh terhadap porositas bata ringan.

**Kata kunci:** *Cellular Lightweight Concrete, Foaming agent, Densitas, Porositas*

## ABSTRACT

*This study aims to determine the effect of the foaming agent on the porosity of light bricks and prove the hypothesis that the effect of various foaming agents has an effect on the porosity of light bricks. Lightweight bricks are made using foaming agents, sand, cement, gypsum, and plastic waste (as lightweight brick fillers). This study used independent variables, namely the sand:cement:gypsum:water fraction, the weight of the plastic and the volume of the foaming agent. The dependent variable is density and porosity. The research sample is in the form of a beam with a size of 100mm x 50mm x 50mm. Data analysis was performed by analysis of variance (ANOVA). The results showed that the hypothesis analysis using analysis of variance stated that the weight of plastic had an effect on the density of light bricks. Hypothesis analysis using analysis of variance states that variations in foaming agent affect the porosity of lightweight bricks.*

**Keywords:** Cellular Lightweight Concrete, Foaming agent, Density, Porosity

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Penyusunan laporan Proyek Akhir ini.

Keberhasilan penulisan laporan Proyek Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang di sadari oleh penulis baik langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak I Made Andik Setiawan, M.. Eng, Ph. D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
2. Bapak Pristiansyah, S.S.T., M. Eng. Selaku Kepala Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Boy Rollastin,S.Tr., M.T. selaku Kepala Program Studi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Dr. Ilham Ary Wahyudie, S.S.T., M.T. selaku pembimbing 1 yang telah memerikan dukungan dan bantuan untuk penelitian Proyek akhir ini.
5. Bapak Dr. Sukanto, S.S.T., M.Eng. selaku pembimbing 2 yang telah memberikan banyak ide-ide dan saran dalam penulisan laporan Proyek Akhir ini.
6. Ibu, Ayah, adik dan saudara-saudari tercinta yang telah memberikan semangat, motivasi, doa dan kasih sayang kepada penulis.
7. Rekan-rekan yang senantiasa membantu dalam proses penelitian
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan Proyek Akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Proyek Akhir ini yang diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung serta bagi pembacanya pada masa yang akan datang.

*Wassalamu'alaikum Wraahmatullahi Wabarakatuh*

Sungailiat, 17 Desember 2023

Penulis



Rizky Fahreza

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT .....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan .....	3
BAB II TINDASAJUAN PUSTAKAN.....	4
2.1 Penelitian Tredahulu .....	4
2.2 Jenis-Jenis Bata Ringan.....	6
2.2.1 Autoclaved Aerated Concrete .....	6
2.2.2 Cellular Lightweight Concrete .....	6
2.3 Material Utama Bata Ringan.....	7
2.3.1 Semen Portland.....	7
2.3.2 Pasir .....	7
2.3.3 Air.....	8
2.3.4 Gypsum .....	8

2.4 <i>Foaming agent</i> .....	8
2.5 Plastik.....	9
2.6 Densitas .....	9
2.7 Porositas .....	10
2.8 Replikasi.....	11
2.9 Faktorial Design $3^3$ .....	11
2.10 <i>Analisis Of Varian (ANOVA)</i> .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	14
3.1 Waktu Dan Tempat .....	14
3.2 Bahan Dan Alat .....	14
3.3 Prosedure Pelaksanaan .....	16
3.4 Variabel Penelitian .....	16
3.4.1 Variabel Bebas .....	16
3.4.2 Variabel Terikat.....	17
3.5 Metode Analisa Data.....	17
3.6 Diagram Alir .....	18
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b> .....	21
4.1 Pengambilan Data .....	21
4.2 Hasil Penimbangan Sampel.....	22
4.3 Densitas .....	22
4.4 Porositas .....	24
4.5 Analisis Varian (ANOVA) Densitas .....	26
4.6 Analisis Varian (ANOVA) Porositas .....	29
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	34
5.1 Kesimpulan .....	34

5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA .....	35



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Nilai Hasil Penimbangan Sampel

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Porositas

Tabel 4.4 Validasi ANOVA Pengujian Denistas

Tabel 4.4 Validasi ANOVA Perhitungan Porositas



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 Perhitungan Densitas

Lampiran 3 Perhitungan Porositas

Lampiran 4 Sampel Bata Ringan

Lampiran 5 Proses Pembuatan Sampel



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

perkembangan industri makanan dan minuman yang menggunakan kemasan plastik menjadi penyebab timbulnya sampah. Sampah plastik merupakan sebuah masalah yang sangat besar termasuk dalam lingkungan masyarakat Indonesia. Sampah plastik Di Indonesia menjadi sumber utama penumpukan bobot sampah, terutama plastik yang dapat terurai dalam waktu 1 milenium atau sekitar 1000 tahun (Titik dkk, 2019).

Berbagai macam penanganan sampah yang tepat bisa menjadi salah satu usaha yang berguna bagi masyarakat maupun lingkungan. Salah satu cara menangani sampah plastik yang sulit terurai ini yaitu dengan melakukan pemanfaatan ulang sampah plastik yang sudah tidak digunakan. Sampah plastik tersebut dapat digunakan kembali sebagai bahan baku dalam pembuatan barang kerajinan, konstruksi, dan lain sebagainya. Pemanfaatan ulang yang bisa dilakukan dengan sampah plastik dalam bidang konstruksi salah satunya sampah plastik bisa digunakan sebagai filler pembuatan bata ringan.

Bata ringan merupakan salah satu material yang digunakan untuk pembuatan dinding. Massa yang dimiliki bata ringan memiliki nilai yang lebih rendah dari bata konvensional karena pori-pori yang dimiliki bata ringan lebih banyak. Kelebihan dari bata ringan yaitu lebih tahan lama, pembangunan dinding menjadi lebih rapi dan mudah untuk dipasang.

Bata ringan terdiri dari beberapa jenis salah satunya yaitu *Cellular Lightweight Concrete* (CLC). CLC adalah bata ringan yang mengalami proses pengerasan (*curing*) secara alami dan menggunakan gelembung udara sebagai pengganti agregat kasar (kerikil), dalam produksinya sangat stabil dan tidak ada reaksi kimia selama proses pencampuran, foam/busa berfungsi sebagai media udara yang bertujuan untuk mempertahankan struktur selama periode pengerasan. Bahan yang digunakan dalam pembuatan bata ringan CLC antara lain semen, pasir halus, air dan *foaming agent* yang mengeras sehingga bata ringan yang

dihasilkan kuat dengan jumlah sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan merata (Aditya dkk, 2021).

*Foaming agent* merupakan salah satu material yang digunakan dalam pembuatan bata ringan yang terbuat dari bahan surfaktan. Apabila ingin digunakan harus dilarutkan dengan air yang merupakan larutan koloid. Proses pelarutan *foam agent* dilakukan menggunakan *foam generator* untuk membuat busa yang stabil sehingga cocok untuk digunakan dalam pembuatan bata ringan. Penambahan *foaming agent* bertujuan untuk membentuk gelembung udara pada adonan semen. *Foaming agent* digunakan sebagai pengembang karena ketika dicampurkan dengan campuran bata ringan, *foaming agent* bereaksi dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) atau kapur non aktif dengan air membentuk hidrogen. Gas hidrogen mengembang dan melipatkan volume campuran untuk bata ringan (menciptakan gelembung hingga diameter lebih dari 1/8 inchi) hingga dua kali lipat dan juga mempercepat pengembangan adonan bahan (Taufik dkk, 2017). Gelembung yang terbentuk berpengaruh pada bentuk dari segi fisik dan massa bata ringan dan mempengaruhi nilai porositas.

Porositas adalah nilai kemampuan dari suatu benda. Semakin mampat benda tersebut, maka nilai porositas dari benda tersebut kecil. Porositas adalah ukuran dari ruang kosong diantara material dan merupakan fraksi dari volume ruang kosong terhadap total volume (Mohammad dkk, 2017).

Dalam penelitian ini akan dikaji tentang pengaruh foaming agent terhadap porositas dari bata ringan jenis *Cellular Lightweight Concrete*. Pembuatan bata ringan dengan menggunakan foaming agent, pasir, semen dan sampah plastik sebagai filler. Pada penelitian ini akan dikaji tentang pengaruh variasi foaming agent terhadap kemampuan bata ringan dan akan dianalisis menggunakan analisis ragam.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Bagaimana mengetahui variasi *foaming* terhadap porositas bata ringan.
2. Bagaimana analisis ragam dapat membuktikan hipotesis bahwa variasi *foaming agent* berpengaruh terhadap porositas bata ringan.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh berat plastik terhadap densitas bata ringan.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi *Foaming* terhadap porositas bata ringan.



## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

berdasarkan Sandesh dkk (2020) dalam penelitian tentang “Beton Ringan Seluler Menggunakan Serat Kaca”. Bahwa Beton berbuis adalah bahan yang pada dasarnya terdiri dari mortar berbuis dasar semen dengan minimal 20-25% volume udara. Beton berbuis memiliki kekuatan yang lebih rendah dari beton konvensional dan memiliki struktur tanpa beban elemen. Penelitian ini dilakukan pada blok beton dengan memvariasikan kepadatan busa dalam debu tambang. *Foaming agent* adalah busa sintetis yang digunakan untuk memvariasikan densitas beton. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kepadatan beton dengan menggunakan jumlah busa yang optimal. Hasilnya dibahas dalam detail sehubungan dengan pengujian yang dilakukan seperti kompresi kekuatan, kekuatan tarik belah dan kekuatan lentur dengan berbagai jumlah serat kaca dan busa. Beton berbuis akan mengalir dengan mudah dari outlet untuk mengisi rongga terbatas dan tidak teratur itu tidak memerlukan pemadatan dan dapat dipompa oleh jarak atau ketinggian yang signifikan. Oleh karena itu dapat digunakan sebagai aliran bebas dan pengisian pengaturan.

berdasarkan Enrique dkk, (2020) dalam penelitian tentang “beton ringan dengan agregat buatan dibuat dari sampah plastik”. Bahwa dimasukkannya agregat buatan yang diproduksi menggunakan limbah plastik untuk mempelajari perkembangan bata ringan. Dirancang dengan lima campuran terpisah, semakin meningkat jumlah agregat buatan dan mengukur segar semakin keras sifat dari beton, dan didapatkan nilai slump dan densitas beton menurun karena jumlah agregat buatan dalam beton ditingkatkan. Lima belas persen dari agregat alami menurut beratnya diganti dalam campuran optimal ini, yang setara dengan lebih banyak dari tiga puluh tujuh persen volume mengingat kepadatan yang lebih rendah dari yang diproduksi agregat dibandingkan dengan agregat alam. Jumlah spesimen yang lebih banyak dan pengujian yang lebih rinci dilakukan untuk tahap dua bila dibandingkan dengan tahap satu, termasuk membangun hubungan

tegangan-regangan tekan dan modulus elastisitas campuran beton yang baru dikembangkan. Hasilnya menunjukkan bahwa agregat plastik yang diproduksi setelah pencacahan, paletisasi, dan ekstrusi proses dapat digunakan untuk mendapatkan beton ringan (1800 Kg/m<sup>3</sup>) sekaligus memiliki sifat kuat tekan yang relatif baik (20 MPa pada 28 hari).

berdasarkan Fauzi dkk, (2020) penelitian tentang “memanfaatkan serat sisal (*ageva sisalana L.*) dan limbah plastik PET untuk pembuatan bata ringan CLC (*Cellular Lightweight Concrete*)” bahwa beberapa waktu lalu terjadi guncangan gempa yang sangat menggemparkan masyarakat di Nusa Tenggara Barat (NTB) sehingga menyebabkan bangunan hancur dan rata dengan tanah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui cara membuat bata ringan dengan memanfaatkan limbah plastik PET dan serat sisal, untuk mengetahui pengaruh yang dihasilkan dari penambahan plastik PET maupun serat sisal terhadap sifat mekanik bata ringan, serta untuk mengetahui komposisi optimum dari penambahan plastik PET dan serat sisal menghasilkan bata ringan dan massa jenis rata-rata 1.830,419 kg/m<sup>3</sup> untuk sampel variasi 1:1, 1.880 kg/m<sup>3</sup> untuk sampel 4:1, dan 1.887,654 kg/m<sup>3</sup> untuk sampel variasi 1:4, kekuatan tekan maksimum dicapai pada variasi 1:4 yaitu sampel dengan penambahan serat sisal 4 kali lebih banyak dari plastik PET. Berdasarkan hasil pengukuran massa jenis bata, hanya sampel 1:1 yang memenuhi standar SNI 2847-2013 bata ringan (1.140-1.840 kg/m<sup>3</sup>). Penambahan serat sisal yang lebih banyak 4 kali dari plastik PET (sampel variasi 1:4) memiliki nilai kekuatan tekan paling tinggi yaitu 8,5 Mpa dan masuk dalam kategori bata ringan mutu I.

berdasarkan Catur dkk, (2022) tentang “kuat lentur dan berat jenis beton ringan seluler diperkuat serat kain pakaian bekas” bahwa beton ringan memiliki keunggulan dan spesifikasinya, penambahan busa dapat membuatnya lebih ringan. Namun, busa yang ditambahkan mempengaruhi kekuatannya.. Serat pakaian bekas ditambahkan ke beton ringan seluler dalam jumlah 0%; 0,3%; 0,6%; 0,9% dan 1,2% dari bobot. Beton ringan juga diperkuat dengan jaring kawat baja dengan diameter 0,5 mm dengan panjang sisi x inci. Penambahan serat pakaian bekas

dapat meningkatkan kekuatan lentur dan mnegurangi kepadatan beton ringan seluler. Penambahan jaring kawat baja juga dapat meningkatkan kekuatan lentur kekuatan dan kepadatan beton seluler juga meningkat.

## **2.2 Jenis – jenis Bata Ringan**

### **2.2.1 *Autoclaved Aerated Concrete (AAC)***

Bata ringan yang dikenal dengan AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*) adalah salah satu material yang terkenal di seluruh dunia. Pertama kali ditemukan oleh Arsitek Swedia bernama Johan Axel Eriksson pada tahun 1923. Bata ringan jenis ini mengandung agregat yang tidak lebih besar dari pasir, kapur, abu termal, serat sintetis, bubuk dan air sebagai bahan pengikat. Ketika bata ringan AAC dicampur dan dibentuk, beberapa reaksi kimia terjadi yang menjadikan bata ringan AAC ringan (20% dari berat beton) dan sifat termal. Oleh karena itu, bata ringan cukup ringan dan mungkin mengalami tekanan ekstrim serta mengisolasi suhu tinggi dan rendah (Shaikh dkk, 2019).

### **2.2.2 *Cellular Lightweight Concrete (CLC)***

*Cellular Lightweight Concrete (CLC)* adalah jenis bata ringan yang mengalami proses pengeringan secara alami. Proses pembuatan CLC menggunakan bahan busa organik yang sangat stabil, dan tidak ada reaksi bahan kimia yang terjadi selama proses pencampuran bahan. Kelebihan dari bata ringan dibandingkan bata merah konvensional karena CLC memiliki indeks kepadatan yang rendah sebagai dinding partisi, akusrik dan bahan isolasi termal. CLC mengandung rongga udara yang cukup karena penambahan busa ke mortar bertujuan untuk mengurangi berat volume. Oleh karena itu, CLC menjadi alternatif yang layak untuk dinding partisi dibandingkan dengan bata merah konvensional (Reni dkk, 2021).

Bahan penyusun bata ringan antara lain semen, pasir halus, air dan *foaming agent* khusus menghasilkan bata ringan yang kuat dengan kandungan jutaan sel atau gelembung udara halus dengan ukuran yang konsisten dan tersalurkan secara merata.

Keuntungan yang diperoleh dari penggunaan CLC antara lain :

- a. Memberikan pencegah masuknya panas dan suara yang baik.
- b. Tidak adanya agregat menjadikan adonan semen lebih mudah dipompa untuk proses pengecoran.
- c. Keuntungan untuk daerah terpencil karena hanya memerlukan semen dalam pembuatannya.
- d. Bentuk tetap stabil walaupun terkena tambahan air (Alex dkk, 2017).

## **2.3 Material Utama Bata Ringan**

### **2.3.1 Semen Portland**

Semen portland adalah semen yang umum digunakan dalam bidang konstruksi seperti: pekerjaan beton, bata ringan, pekerjaan jalan, pekerjaan jembatan, beton pracetak, dan lainnya.

Berdasarkan SNI 15-2049-2004 semen portland merupakan suatu semen hidrolis yang terdiri dari campuran yang homogen antara semen portland dengan pozolan halus. Proses produksi dari semen portland ini dilakukan dengan cara menggiling klinker semen portland dan pozolan disaat yang bersama, kadar pozolan yang ditambahkan berkisar 6% sampai dengan 40% dari massa semen portland pozolan. Pozolan merupakan bahan yang mengandung silika dan alumina yang tidak mempunyai sifat mengikat seperti semen. Bentuk dari pozolan yang halus dan dengan adanya air, senyawa tersebut akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu kamar membentuk senyawa yang mempunyai sifat seperti semen.

Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif yang diperlukan untuk mengikat agregat-agregat menjadi suatu masa yang padat serta mempunyai kekuatan yang cukup (Reni, 2020).

### **2.3.2 Pasir**

Pasir atau agregat halus diartikan sebagai butiran mineral yang berbentuk seperti bulatan-bulatan dengan ukuran lebih kecil dari 4,75 mm

atau lolos dari saringan no.4 standar (ASTM. C.33-03-2002). Sebelum digunakan dalam pembuatan bata ringan karakteristik pasir harus diketahui terlebih dahulu dengan cara pengujian properties pasir. Dilakukannya pengujian bertujuan agar dapat dilakukan perhitungan *mix design* dengan kuat tekan yang direncanakan.

Pasir atau agregat halus berfungsi sebagai pengisi atau campuran mortar bata ringan. Suatu masa yang keras terbentuk dari kerjasama antara pasir dengan air dan semen. Lumpur yang terkandung dalam pasir dapat menyebabkan daya lekat pada antara pasir dan semen menjadi berkurang (Reni, 2020).

### **2.3.3 Air**

Air merupakan material penting dalam pembuatan bata ringan yang berfungsi sebagai bahan penyusun campuran bata ringan dan peralatan pendukung penelitian (Nola dkk, 2018).

### **2.3.4 Gypsum**

Gypsum adalah salah satu contoh mineral dengan kadar kalsium yang mendominasi pada mineralnya dan termasuk dalam salah satu dari mineral non logam yang terdiri dari  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Gypsum merupakan material yang paling sering dijumpai adalah jenis *hidrat kalsium sulfat* dengan rumus kimia  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . dari beberapa mineral yang mudah teruapkan salah satunya adalah gypsum. *carbonat*, *borat*, *nitrat*, dan *sulfat* merupakan contoh dari mineral-mineral yang terkandung dalam gypsum. Material gypsum tidak membahayakan bagi kesehatan manusia, sebagai faktanya banyak pengobatan modern dengan gypsum digunakan sebagai pengisi gigi dalam bidang kedokteran (Muhammad dkk, 2021).

## **2.4 Foaming agent**

*Foaming agent* merupakan larutan padat yang dibuat dengan larutan padat dari bahan surfaktan yang harus menggunakan air dalam proses pelarutannya. Gelembung-gelembung udara yang dibuat dalam adukan semen dapat

menimbulkan pori-pori udara didalam bata. Tujuan dari penggunaan *foaming agent* yaitu sebagai pengembang yang dicampurkan dengan campuran lain untuk menghasilkan bata ringan, *foaming agent* akan bereaksi ketika dicampurkan dengan kalsium hidroksida ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) atau kapur non aktif dengan air dan terbentuknya hidrogen. Gas hidrogen mnegembang dan melipatkan volume campuran untuk bata ringan hingga dua kali lipat dan juga mempercepat pengembangan adonan bahan (Alex dkk, 2017).

## 2.5 Plastik

*Polyteylane Terephtalete (PET)* merupakan jenis plastik yang digunakan untuk pembuatan botol plastik, merupakan resin *polyester* yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas. Kepekatan dari jenis plastik ini sekitar 1,35 – 1,38 gram/cc, yang manjadikannya kokoh, rumus molekulnya adalah  $(\text{C}_{10}\text{H}_8\text{O}_4)_n$ .

*Polyteylane Terephtalete (PET)* bersifat jernih dan transparan, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu  $180^\circ\text{C}$  dan mencair dengan sempurna pada suhu  $200^\circ\text{C}$ . tidak untuk air hangat apalagi panas, untuk jenis ini, disarankan hanya untuk satu kali penggunaan dan tidak hanya untuk mewardahi pengan dengan suhu kurang dari  $60^\circ\text{C}$  (Irvan Oktama, 2016).

## 2.6 Densitas

Densitas atau massa jenis memiliki keterkaitan antara massa dengan volume. Kerapatan massa yang besar dari sebuah benda yang memiliki densitas yang besar. Semakin padat antar partikel penyusun benda, semakin besar nilai densitas untuk benda yang sama. Kepadatan adalah pengukuran massa per satuan volume suatu benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, semakin besar massa tiap volumenya. Kepadatan rata-rata setiap benda adalah massa total dibagi volume total. Sebuah benda yang memiliki kerapatan lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki kerapatan lebih rendah. Nilai massa jenis banyak digunakan untuk menentukan jenis suatu bahan. Dalam mengetahui nilai massa jenis, Anda dapat membagi massa dengan volume

benda. Namun dalam menerapkan hukum Archimedes pada fluida cair, maka dapat ditentukan seperti pada persamaan 2.1 (Mohammad dkk, 2017).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$\rho$  = Densitas suatu benda ( $\text{g/cm}^3$ )

m = Massa benda (g)

V = Volume benda ( $\text{cm}^3$ )

## 2.7 Porositas

Porositas adalah nilai kepadatan suatu benda. Semakin padat suatu benda, maka semakin kecil nilai porositas suatu benda. Porositas adalah ukuran ruang kosong antara material dan merupakan fraksi volume kosong terhadap volume total. Kisaran nilai porositas antara 0 dan 1 atau sebagai persentase antara 0-100%. Porositas tergantung pada jenis material, ukuran material, distribusi pori, sementasi, sejarah diagenesa, dan komposisi. Penentuan porositas benda dapat dilakukan dengan cara mencelupkan benda ke dalam fluida cair. Adapun persamaan berdasarkan hal tersebut dapat ditulis pada persamaan 2.2 (Mohammad dkk, 2017).

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{M_k - M_b}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{\text{air}}} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan :

$M_k$  = Massa Kering benda uji (g)

$M_b$  = Massa basah benda uji (g)

$V_b$  = Volume benda uji ( $\text{cm}^3$ )

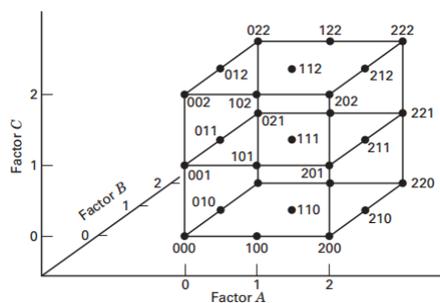
$\rho_{\text{air}}$  = Massa jenis air ( $\text{g/cm}^3$ )

## 2.8 Replikasi

Replikasi merupakan pengulangan independen dari setiap faktor. Replikasi terdiri dari fraksi pasir:semen:gypsum:air, berat plastik dan volume *foaming*. Jika dua puluh tujuh sampel diperlakukan di setiap pengujian dan perhitungan sebanyak tiga kali dikatakan tiga pengulangan telah diperoleh atau didapatkan tiga kali pengulangan independen (Monthgomery, 2017),

## 2.9 Factorial design $3^3$

Rancangan faktorial  $3^3$  yaitu masing-masing faktor berada pada tiga tingkat yang diatur dalam sebuah percobaan faktorial. Faktorial  $3^3$  terdiri dari desain faktorial, tata letak, eksperimen dan notasi kombinasi perlakuan yang ditunjukkan oleh gambar 2. kombinasi perlakuan memiliki 26 derajat kebebasan. Setiap efek utama memiliki dua derajat kebebasan, setiap interaksi dua faktor memiliki empat derajat kebebasan, dan interaksi tiga faktor memiliki delapan derajat kebebasan. Jika tidak ada ulangan, tidak ada  $3^3-1$  total derajat kebebasan dan  $3^3(n-1)$  derajat kebebasan untuk kesalahan.



Gambar 2. Kombinasi Perlakuan dalam  $3^3$

Dimungkinkan juga untuk mempartisi interaksi dua faktor ke dalam komponen I dan J mereka. Ini akan ditunjuk  $AB$ ,  $AB^2$ ,  $AC$ ,  $AC^2$ ,  $BC$ , dan  $BC^2$ , dan masing-masing komponen akan memiliki dua derajat kebebasan.

Interaksi tiga faktor  $ABC$  dapat dipartisi menjadi empat komponen dua derajat kebebasan ortogonal, yang biasanya disebut komponen  $W$ ,  $X$ ,  $Y$ , dan

Z dari interaksi tersebut. Mereka juga disebut sebagai komponen  $AB^2C^2$ ,  $AB^2C$ ,  $ABC^2$ , dan  $ABC$  dari interaksi ABC (Monthgomery, 2017).

## 2.10 Analysis of Varian (ANOVA)

Perhitungan *sum of square* total dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y^2_{ijk} - \frac{F^2 \dots}{abn} \quad (2.3)$$

Perhitungan *sum of square* fraksi pasir:semen:gypsum:air dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ psga} = \frac{1}{acn} \sum_{j=1}^b Y^2_{i..} - \frac{F^2 \dots}{abn} \quad (2.4)$$

Perhitungan *sum of square* berat plastik dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ plastik} = \frac{1}{abn} \sum_{j=1}^b Y^2_{j..} - \frac{F^2 \dots}{abn} \quad (2.5)$$

Perhitungan *sum of square foaming agent* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ foam} = \frac{1}{bcn} \sum_{i=1}^a Y^2_{k..} - \frac{F^2 \dots}{abn} \quad (2.6)$$

Perhitungan *sum of square* interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dengan berat plastik dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ AB} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b Y^2_{ij.} - \frac{F^2 \dots}{abn} - SS_{\text{foam}} - SS_{\text{psga}} \quad (2.7)$$

Perhitungan *sum of square* interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dengan volume *foaming agent* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ AC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^c Y^2_{ij.} - \frac{F^2 \dots}{abn} - SS_{\text{foam}} - SS_{\text{plastik}} \quad (2.8)$$

Perhitungan *sum square* interaksi antara berat plastik dengan volume *foam agent* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS \text{ BC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^c Y^2_{ij.} - \frac{F^2 \dots}{abn} - SS_{\text{psga}} - SS_{\text{plastik}} \quad (2.9)$$

Perhitungan *sum of square* interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air, berat plastik dan volume *foaming* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SS_{ABC} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^c Y_{ijk}^2 - \frac{F^2 \dots}{abcn} - SS_{foam} - SS_{psga} - SS_{plastik} - SS_{AB} - SS_{AC} - SS_{BC} \quad (2.10)$$

Perhitungan *sum of square error* dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$SSE = SST - SS_{Subtotal(ABC)}$$



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada tanggal 18 April 2022.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

##### **1. Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut. a. Semen sebagai media perekat, b. Pasir sebagai agregat halus, c. *Foaming*, d. Air, e. Plastik yang sudah tidak terpakai (*filler*), f. Gypsum, g. Air destilasi.

##### **2. Alat**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Cetakan bata ringan digunakan untuk menampung adonan bata ringan yang sudah dicampur untuk dibentuk sesuai dengan keperluan ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Cetakan Sampel

- b. Timbangan digunakan untuk menimbang/menentukan takaran bahan penyusun dari bata ringan meliputi plastik, pasir, *foaming agent* dan gypsum ditunjukkan pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Timbangan Digital

- c. *Foam Generator* digunakan untuk pembuatan busa sebagai bahan tambahan pembuatan bata ringan ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Foam Generator

- d. Mesin *mixer* digunakan untuk pencampuran adonan bata ringan ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin Mixer

- e. ayakan pasir digunakan untuk menyortir butiran pasir ditunjukkan pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Ayakan Pasir Mesh 10

### 3.3 Prosedur Pelaksanaan

#### 1. Pengambilan sampel

Persiapan dan pemeriksaan bahan penyusun bata ringan dilaksanakan di Bengkel Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bangka Belitung.

#### 2. Pengujian sampel

Setelah proses persiapan selesai dilaksanakan maka sampel yang telah selesai dibentuk harus di uji sesuai dengan pengujian porositas dengan cara menimbang sampel dan mendapatkan nilai massa bata diudara dan massa bata di air.

### 3.4 Variabel Penelitian

#### 3.4.1 Variabel Bebas

variabel bebas adalah variabel yang dapat ditentukan secara bebas untuk variasi tertentu. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu:

- a. Fraksi Pasir:Semen:Gypsum:air
- b. Berat plastik
- c. Volume *foaming*

#### 3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang diukur sebagai hasil perubahan dari variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu:

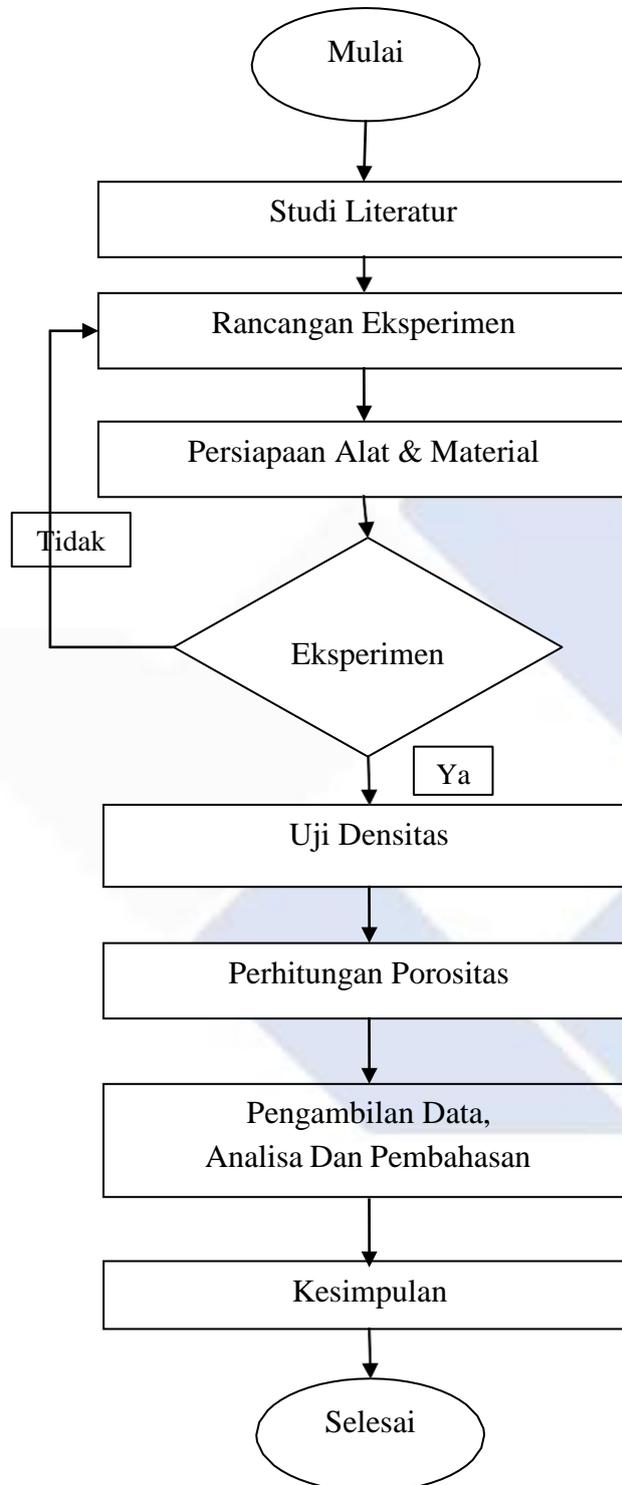
- a. Densitas bata ringan
- b. Porositas bata ringan

### **3.5 Metode Analisa Data**

Metode analisa yang digunakan setelah mendapatkan data pengujian densitas dan perhitungan porositas sampel bata ringan dilakukan pengolahan data menggunakan analisis ragam (ANOVA).



### 3.6 Diagram Alir



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap mulai dari studi literatur, rancangan eksperimen, persiapan alat dan material, eksperimen. Pengujian densitas, pengujian porositas, pengambilan data, analisa dan pembahasan dan penarikan kesimpulan dari hasil penelitian.

Sebagai penelitian ilmiah, maka penelitian ini dilaksanakan dalam sistematika dan urutan yang jelas dan teratur sehingga nantinya diperoleh hasil yang memuaskan dan dapat dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibuat berdasarkan tahapan berikut.

#### 1. Studi literatur

pada tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah mencari referensi yang akan digunakan sebagai patokan dimulainya penelitian. Sumber referensi yang digunakan yaitu:

- Jurnal dan artikel ilmiah
- Buku

#### 2. Rancangan eksperimen

pada tahap rancangan eksperimen dilakukan dengan membuat rancangan variasi untuk pembuatan benda uji sebagai berikut:

Faktor :

- a. Fraksi pasir : semen : gipsum : air
- b. Berat plastik
- c. Volume *foaming*

Penelitian ini dilakukan dengan metode full faktorial desain  $3^k$  dan didapatkan jumlah sampel sebanyak 27 sampel. Dilakukan dengan 3 kali pengulangan sehingga didapatkan jumlah total sampel sebanyak 81 sampel.

#### 3. Persiapan alat dan material

pada tahap ini seluruh alat dan material yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

#### 4. Eksperimen

Disebut tahap pembuatan sampel. Pada tahap ini dilakukan pekerjaan sebagai berikut :

- a. Penetapan rancang campur adukan bata
- b. Pembuatan adukan bata
- c. Penuangan bata ke dalam cetakan
- d. Proses pengeringan dilakukan dibawah terik matahari langsung
- e. Pelepasan bata kering dari cetakan

#### 5. Pengujian densitas

Pada tahap pengujian densitas dilakukan dengan menimbang massa diudara dan massa di air destilasi menggunakan timbangan digital sehingga didapatkan hasil massa jenis dari bata ringan.

#### 6. Perhitungan porositas

Pada tahap perhitungan porositas dilakukan perhitungan dari nilai yang didapatkan dari penimbangan massa di udara dan massa di air.

#### 7. Analisa dan pembahasan

Pada tahap ini, data yang diperoleh dari hasil pengujian dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan hubungan antara variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian.

#### 8. Kesimpulan

Pada tahap ini, data yang tela dianalisa dibuat sebuah kesimpulan yang berhubungan tujuan penelitian.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengambilan Data

Eksperimen dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan rancangan penelitian Full Faktorial Design  $3^k$ . Variabel proses yang divariasikan dalam penelitian ini adalah Fraksi : Pasir : Semen : Gypsum : Air, berat plastik dan volume *foaming agent*. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengujian densitas dan perhitungan porositas.

pengambilan data dalam penelitian ini menggunakan 27 variasi sampel dengan 3 kali replikasi sehingga jumlah keseluruhan 81 sampel. Keseluruhan sampel dicetak dengan rancangan percobaan yang telah dibuat.



Gambar 4.1 Sampel Penelitian

### 4.2 Hasil Penimbangan Sampel

Setelah dicetak sampel dilakukan penimbangan massa di udara seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 nilai hasil penimbangan sampel.

Tabel 4.1 Hasil Penimbangan Sampel

Kode Sampel	Data Berat Kering (g)			Data Berat Basah (g)		
	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
1	400,93	394,23	312,26	390,84	392,97	309,67
2	341,24	347,52	285,30	339,13	338,39	284,55
3	287,06	300,83	252,12	278,56	294,38	251,25
4	296,43	302,33	295,20	257,51	298,34	287,67
5	286,64	240,17	296,80	264,71	233,01	280,91
6	430,13	376,56	406,72	393,07	349,43	385,51
7	299,05	299,00	258,73	287,24	288,17	254,69
8	444,31	417,93	445,66	427,73	415,15	438,67
9	473,53	475,46	480,73	468,42	470,51	475,63
10	166,68	171,37	167,86	159,46	171,69	166,10
11	322,42	316,05	307,81	321,65	314,19	306,15
12	399,33	387,19	382,99	399,66	386,42	380,30
13	365,89	385,12	356,78	324,54	352,50	333,77
14	410,33	394,19	370,85	395,77	374,22	335,55
15	376,14	344,38	364,28	353,10	317,95	318,96
16	351,56	310,21	315,27	318,34	295,84	286,37
17	451,29	469,31	457,75	436,78	452,19	455,19
18	502,91	502,49	523,98	494,95	497,94	499,82
19	370,38	373,25	384,64	365,11	369,52	379,20
20	356,09	353,75	377,33	349,59	344,56	374,88
21	332,64	349,01	354,01	326,45	345,20	249,00
22	380,04	400,71	368,86	379,95	374,47	329,05
23	363,38	358,99	308,90	344,55	340,41	283,21
24	344,59	365,10	349,18	326,70	335,48	333,86
25	362,49	355,33	371,85	336,66	330,02	338,50
26	429,88	454,43	413,67	411,13	429,69	385,32
27	499,95	396,50	460,97	460,94	337,34	422,99

### 4.3 Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan melakukan penimbangan massa benda uji seperti di tunjukan pada Gambar 4.2 penimbangan massa benda uji, sedangkan gambar lengkap terdapat pada lampiran.



Gambar 4.2 Penimbangan Massa Benda Uji

Hasil pengujian Densitas ditunjukkan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Densitas

Nomor Sampel	Fraksi (cm <sup>3</sup> )			Berat Plastik (gram)	Volume <i>Foaming</i> (cm <sup>3</sup> )	Densitas (g/cm <sup>3</sup> )		
	Pasir	Semen	Gipsum			Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
1	75	50	25	1	85	1,604	1,577	1,249
2	75	50	25	1	75	1,365	1,390	1,141
3	75	50	25	1	55	1,148	1,203	1,008
4	90	20	40	1	85	1,186	1,209	1,181
5	90	20	40	1	75	1,147	0,961	1,187
6	90	20	40	1	55	1,721	1,506	1,627
7	100	35	15	1	85	1,196	1,196	1,035
8	100	35	15	1	75	1,777	1,672	1,783
9	100	35	15	1	55	1,894	1,902	1,923
10	75	50	25	1,5	85	0,667	0,685	0,671
11	75	50	25	1,5	75	1,290	1,264	1,231
12	75	50	25	1,5	55	1,597	1,549	1,532
13	90	20	40	1,5	85	1,464	1,540	1,427
14	90	20	40	1,5	75	1,641	1,577	1,483
15	90	20	40	1,5	55	1,505	1,378	1,457
16	100	35	15	1,5	85	1,406	1,241	1,261
17	100	35	15	1,5	75	1,805	1,877	1,831
18	100	35	15	1,5	55	2,012	2,010	2,096
19	75	50	25	2	85	1,482	1,493	1,539
20	75	50	25	2	75	1,424	1,415	1,509
21	75	50	25	2	55	1,331	1,396	1,416
22	90	20	40	2	85	1,520	1,603	1,475
23	90	20	40	2	75	1,454	1,436	1,236
24	90	20	40	2	55	1,378	1,460	1,397
25	100	35	15	2	85	1,450	1,421	1,487
26	100	35	15	2	75	1,720	1,818	1,655
27	100	35	15	2	55	2,000	1,586	1,844

Berdasarkan dari tabel 4.2 diperoleh hasil pengujian densitas menggunakan rancangan penelitian full faktorial, maka didapatkan nilai densitas yang paling rendah terdapat pada sampel 10 dengan fraksi pasir:semen:gipsum air berturut-turut  $75\text{cm}^3:50\text{cm}^3:25\text{cm}^3:100\text{cm}^3$ , berat plastik sebanyak 1 gram dan volume *foaming* sebanyak  $85\text{cm}^3$  mendapatkan hasil uji densitas pada sampel replikasi 1 sebesar  $0,667\text{ gr/cm}^3$ , pada replikasi 2 sebesar  $0,685\text{ g/cm}^3$  dan pada replikasi 3 sebesar  $0,671\text{gr/cm}^3$  dengan nilai densitas rata  $0,674\text{g/cm}^3$ .

Nilai hasil penimbangan densitas pada tabel 4.1 selanjutnya akan dihitung dengan rumus persamaan 2.1.

Contoh perhitungan nilai densitas berdasarkan tabel 4.1 adalah sebagai berikut.

$$\text{Densitas} = \frac{400,93\text{ g}}{250\text{ cm}^3} = 1,604\text{ g/cm}^3$$

Resume perhitungan nilai densitas ditampilkan pada tabel 4.2

#### 4.4 Porositas

perhitungan porositas dilakukan dengan menghitung nilai dari massa di udara dan massa di dalam air.

Hasil perhitungan nilai porositas ditunjukkan pada tabel 4.3. Berdasar pada tabel 4.3 diperoleh hasil perhitungan porositas tertinggi senilai 42% diperoleh pada sampel dengan variasi *foaming* sebesar  $55\text{mm}^3$  dengan fraksi pasir:semen:gipsum sebesar  $75\text{cm}^3:50\text{cm}^3:25\text{cm}^3$  dan berat plastik sebesar 2 gram. Hal ini dikarenakan adanya, kemungkinan bahwa ketika proses pemadatan pada sampel 25 dengan volume *foaming*  $85\text{cm}^3$  terjadi pemadatan yang berlebih sehingga pada sampel ini nilai porositas lebih kecil.

Nilai hasil perhitungan porositas pada tabel 4.3 selanjutnya dihitung dengan persamaan (2.2).

Contoh perhitungan porositas berdasarkan pada tabel 4.3 adalah sebagai berikut.

$$\text{Porositas} = \frac{(400,93\text{g} - 390,84\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1\text{g}}{1/\text{cm}^3} \times 100\% = 4,04\%$$

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Porositas

Nomor Sampel	Fraksi (cm <sup>3</sup> )			Berat Plastik (gram)	Volume <i>Foaming</i> (cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)		
	Pasir	Semen	Gypsum			Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3
1	75	50	25	1	85	4,04	0,50	1,04
2	75	50	25	1	75	0,84	3,65	0,30
3	75	50	25	1	55	3,40	2,58	0,35
4	90	20	40	1	85	15,57	1,60	3,01
5	90	20	40	1	75	8,77	2,86	6,36
6	90	20	40	1	55	14,82	10,85	8,48
7	100	35	15	1	85	4,72	4,33	1,62
8	100	35	15	1	75	6,63	1,11	2,80
9	100	35	15	1	55	2,04	1,98	2,04
10	75	50	25	1,5	85	2,89	0,13	0,70
11	75	50	25	1,5	75	0,31	0,74	0,66
12	75	50	25	1,5	55	0,13	0,31	1,08
13	90	20	40	1,5	85	16,54	13,05	9,20
14	90	20	40	1,5	75	5,82	7,99	14,12
15	90	20	40	1,5	55	9,22	10,57	18,13
16	100	35	15	1,5	85	13,29	5,75	11,56
17	100	35	15	1,5	75	5,80	6,85	1,02
18	100	35	15	1,5	55	3,18	1,82	9,66
19	75	50	25	2	85	2,11	1,49	2,18
20	75	50	25	2	75	2,60	3,68	0,98
21	75	50	25	2	55	2,48	1,52	42,00
22	90	20	40	2	85	0,04	10,50	15,92
23	90	20	40	2	75	7,53	7,43	10,28
24	90	20	40	2	55	7,16	11,85	6,13
25	100	35	15	2	85	10,33	10,12	13,34
26	100	35	15	2	75	7,50	9,90	11,34
27	100	35	15	2	55	15,60	23,66	15,19

#### 4.5 Analisis Varian (ANOVA) Densitas

Data yang dari hasil pengujian densitas selanjutnya akan dilakukan Analisis Varian (ANOVA) untuk mengetahui apakah variabel bebas memiliki pengaruh atau tidak terhadap variabel terikat (respon densitas).

Hipotesis untuk fraksi pasir:semen:gypsum:air

$H_0$  : fraksi pasir:semen:gypsum:air tidak berpengaruh terhadap densitas bata ringan

$H_1$  : fraksi pasir:semen:gypsum:air berpengaruh terhadap densitas bata ringan

Hipotesis untuk berat plastik

$H_0$  : berat plastik tidak berpengaruh terhadap densitas bata ringan

$H_1$  : berat plastik berpengaruh terhadap densitas bata ringan

Hipotesis untuk volume *foaming*

$H_0$  : volume *foaming* tidak berpengaruh terhadap densitas bata ringan

$H_1$  : volume *foaming* berpengaruh terhadap densitas bata ringan

Berikut ini perhitungan Anova dari respon perhitungan Densitas :

Perhitungan *sum of square* total menggunakan persamaan (2.3)

$$\begin{aligned} SST &= 179441521,4 - \frac{13977914369}{81} \\ &= 6874677,354 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* fraksi pasir:semen:gypsum:air menggunakan persamaan (2.4)

$$\begin{aligned} SS_{\text{psga}} &= \frac{1}{(3)(3)(3)} [(37786,48)^2 + (39498,1)^2 + (40943,7)^2] - \frac{13977914369}{81} \\ &= \frac{4664300536}{27} - 172566844,1 \\ &= 184905 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* berat plastik menggunakan persamaan (2.5)

$$\begin{aligned} SS_{\text{plastik}} &= \frac{1}{(3)(3)(3)} [(35176,53)^2 + (38154,76)^2 + (44896,94)^2] - \\ &\quad \frac{13977914369}{81} \end{aligned}$$

$$= \frac{4708909195}{27} - 172566844,1$$

$$= 1837011$$

Perhitungan *sum of square foaming* menggunakan persamaan (2.6)

$$SS_{\text{foaming agent}} = \frac{1}{(3)(3)(3)} [(35265,17)^2 + (40087,96)^2 + (42875,1)^2] -$$

$$\frac{13977914369}{81}$$

$$= \frac{4688950952}{27} - 172566844,1$$

$$= 1097918$$

Perhitungan *sum of square* interaksi menggunakan persamaan (2.7)

$$SS_{AB} = \frac{1}{9} [(11431,64)^2 + (12422,28)^2 + (13932,56)^2 + (10363,33)^2 +$$

$$(14000)^2 + (15134,74)^2 + (13470,20)^2 + (13665,68)^2 +$$

$$(13807,8)^2] - 172566844,1 - 1098006,017 - 185027,66$$

$$= \frac{1570423064}{9} - 172566844,1 - 1098006,017 - 185027,66$$

$$= 421893,216$$

Perhitungan *sum of square* interaksi menggunakan persamaan (2.8)

$$SS_{AC} = \frac{1}{9} [(10965,77)^2 + (12030,04)^2 + (12180,72)^2 + (12605,44)^2 +$$

$$(12121)^2 + (13428,32)^2 + (11693,96)^2 + (15936,92)^2 +$$

$$(17266,06)^2] - 172566844,1 - 1098006,017 - 1837200,193$$

$$= \frac{1588326398}{9} - 172566844,1 - 1098006,017 - 1837200,193$$

$$= 641742,710$$

Perhitungan *sum of square* interaksi menggunakan persamaan (2.9)

$$SS_{BC} = \frac{1}{9} [(11685)^2 + (11723,9)^2 + (14377,6)^2 + \dots + (12959)^2] -$$

$$172566844,1 - 185027,660 - 1837200,193$$

$$= \frac{1575096455}{9} - 172566844,1 - 185027,660 - 1837200,193$$

$$= 978752,753$$

Perhitungan *sum of square* interaksi menggunakan persamaan (2.10)

$$\begin{aligned}
SSABC &= \frac{1}{3} [(4428,68)^2 + (3896,24)^2 + (3360,04)^2 + \dots + \\
&(5429,68)^2] - 172566844,1 - 1098006,017 - 185027,660 - \\
&1837200,193 - 641573,811 - 978660,6 - 421645,3 \\
&= \frac{537049737}{3} - 172566844,1 - 1098006,017 - 185027,660 - \\
&1837200,193 - 641573,811 - 978660,6 - 421645,3 \\
&= 1288280,156 \\
&\text{Perhitungan } \textit{sum of square} \textit{ error} \textit{ menggunakan persamaan (2.11)} \\
SSE &= 6874677,354 - 6449744,93 \\
&= 383455
\end{aligned}$$

Pegolahan data dilakukan dengan Perangkat lunak mini tab versi 21 (*minitab license*) sebagai validasi Analisis ragam (ANOVA). Hasil ANOVA dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Validasi ANOVA Pengujian Densitas

Source	SS	DF	MS	F-Hitung	F-Tabel
fraksi PSGA	185027,6598	2	92513,829878	12,54	2,78
B.plastik	1837200,193	2	918600,0966	124,56	
V.foaming	1098006,017	2	549003,0084	74,44	
AB	421645,2688	4	105411,3172	14,30	
AC	641573,8114	4	160393,4528	21,76	
BC	978660,609	4	244665,1523	33,18	
ABC	1287621,369	8	160952,6711	21,84	
Error	424942,4259	54	7869,304184		
Total	6874677,354	80			

Analisis pada Tabel 4.4 di dapat bahwa nilai F tabel (titik kritis) pada fraksi pasir:semen:gypsum:air yaitu 2,78, nilai F-hitung dari fraksi pasir:semen:gypsum:air yaitu 12,54 lebih besar dari nilai F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada berat plastik yaitu 2,78, nilai F hitung pada berat plastik yaitu 124,56. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada volume *foaming* yaitu 2,78, nilai F hitung pada volume *foaming agent* yaitu 74,56. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F (titik kritis) tabel pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 14,30. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan volume *foaming* yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 21,76. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada interaksi antara berat plastik dan volume *foaming* yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 33,18. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Keputusan pada analisa data ini untuk presentase fraksi pasir:semen:gypsum:air menolak  $H_0$ , yang berarti bahwa fraksi pasir:semen:gypsum:air berpengaruh terhadap Densitas bata ringan. Untuk berat plastik menolak  $H_0$ , yang berarti bahwa berat plastik berpengaruh terhadap Densitas bata ringan. Untuk volume *foaming* menolak  $H_0$ , yang berarti volume *foaming* berpengaruh terhadap Densitas bata ringan.

#### **4.6 Analisis Varian (ANOVA) Porositas**

Data yang dari hasil pengujian densitas selanjutnya akan dilakukan Analisis Varian (ANOVA) untuk mengetahui apakah variabel bebas memiliki pengaruh atau tidak terhadap bariabel terikat (respon porositas).

Hipotesis untuk fraksi pasir:semen:gypsum:air

H<sub>0</sub> : fraksi pasir:semen:gypsum:air tidak berpengaruh terhadap porositas bata ringan

H<sub>1</sub> : fraksi pasir:semen:gypsum:air berpengaruh terhadap porositas bata ringan

Hipotesis untuk berat plastik

H<sub>0</sub> : berat plastik tidak berpengaruh terhadap porositas bata ringan

H<sub>1</sub> : berat plastik berpengaruh terhadap porositas bata ringan

Hipotesis untuk volume *foaming*

H<sub>0</sub> : volume *foaming* tidak berpengaruh terhadap porositas bata ringan

H<sub>1</sub> : volume *foaming* berpengaruh terhadap porositas bata ringan

Berikut ini perhitungan Anova dari respon perhitungan Porositas :

Perhitungan *sum of square* total menggunakan persamaan (2.3)

$$SST = 0,7225 - \frac{30,1401}{81}$$

$$= 0,3504$$

Perhitungan *sum of square* fraksi pasir:semen:gypsum:air menggunakan persamaan (2.4)

$$SS_{psga} = \frac{1}{(3)(3)(3)} [(0,83)^2 + (2,61)^2 + (2,05)^2] - \frac{30,1401}{81}$$

$$= \frac{11,7035}{27} - 0,3721$$

$$= 0,061363$$

Perhitungan *sum of square* berat plastik menggunakan persamaan (2.5)

$$SS_{plastik} = \frac{1}{(3)(3)(3)} [(1,18)^2 + (1,72)^2 + (2,54)^2] - \frac{30,1401}{81}$$

$$= \frac{11,0589}{27} - 0,3721$$

$$= 0,037489$$

Perhitungan *sum of square* volume foaming menggunakan persamaan (2.6)

$$\begin{aligned} \text{SS foaming agent} &= \frac{1}{(3)(3)(3)} [(1,75)^2 + (1,4)^2 + (2,34)^2] - \frac{30,1401}{81} \\ &= \frac{10,4981}{27} - 0,3721 \\ &= 0,016719 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik menggunakan persamaan (2.7)

$$\begin{aligned} \text{SS AB} &= \frac{1}{9} [(0,15)^2 + (0,15)^2 + (0,53)^2 + \dots + (0,76)^2] - 0,3721 - \\ &0,016719 - 0,061363 \\ &= \frac{4,0867}{3} - 0,3721 - 0,016719 - 0,061363 \\ &= 0,030548 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* fraksi pasir:semen:gypsum:air dan volume foaming agent menggunakan persamaan (2.8)

$$\begin{aligned} \text{SS AC} &= \frac{1}{9} [(0,14)^2 + (0,12)^2 + (0,21)^2 + \dots + (1,80)^2] - 0,3721 - \\ &0,016719 - 0,037489 \\ &= \frac{4,0813}{9} - 0,3721 - 0,016719 - 0,037489 \\ &= 0,003896 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* interaksi antara berat plastik dan volume foaming agent menggunakan persamaan (2.9)

$$\begin{aligned} \text{SS BC} &= \frac{1}{9} [(0,03)^2 + (0,00)^2 + (0,75)^2 + \dots + (1,37)^2] - 0,3721 - \\ &0,061363 - 0,037489 \\ &= \frac{4,0813}{9} - 0,3721 - 0,061363 - 0,037489 \\ &= 0,027170 \end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square* interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air, berat plastik dan volume foaming agent menggunakan persamaan (2.10)

$$\begin{aligned}
SSABC &= \frac{1}{3} [(0,06)^2 + (0,05)^2 + (0,06)^2 + \dots + (0,55)^2 +] - 0,3721 - \\
&0,016719 - 0,061363 - 0,037489 - 0,003096 - 0,02717 - 0,030548 \\
&= \frac{1,6947}{3} - 0,3721 - 0,016719 - 0,061363 - 0,037489 - 0,003096 - \\
&0,02717 - 0,030548 \\
&= 0,01561
\end{aligned}$$

Perhitungan *sum of square error* menggunakan persamaan (2.11)

$$\begin{aligned}
SSE &= 0,3504 - 0,1928 \\
&= 0,153659
\end{aligned}$$

Analisa data dilakukan dengan Perangkat lunak mini tab versi 21 (minitab license) sebagai validasi Analisis ragam (ANOVA). Hasil ANOVA dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Validasi ANOVA pengujian porositas

Source	SS	DF	MS	F-Hitung	F-Tabel
fraksi PSGA	0,061362963	2	0,030681	10,51269	2,78
B.plastik	0,037488889	2	0,018744	6,422589	2,78
V.foaming	0,016718519	2	0,008359	2,864213	2,78
AB	0,030548148	4	0,007637	2,616751	2,28
AC	0,003896296	4	0,000974	0,333756	2,28
BC	0,02717037	4	0,006793	2,327411	2,28
ABC	0,015614815	8	0,001952	0,668782	2,06
Error	0,1576	54	0,002919		
Total	0,3504	80			

Analisis pada Tabel 4.5 didapat bahwa nilai F tabel (titik kritis) pada fraksi pasir:semen:gypsum:air yaitu 2,78, nilai F-hitung dari fraksi pasir:semen:gypsum:air yaitu 10,38 lebih besar dari nilai F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada berat plastik yaitu 2,78, nilai F hitung pada berat plastik yaitu 6,34. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada volume *foaming* yaitu 2,78, nilai F hitung pada volume *foaming* yaitu 2,83. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 2,58 . Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Nilai F tabel (titik kritis) pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan volume *foaming* yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 0,33. Nilai F tabel lebih besar dari F hitung sehingga gagal menolak.

Nilai F tabel (titik kritis) pada interaksi antara berat plastik dan volume *foaming* yaitu 2,28, nilai F hitung pada interaksi antara fraksi pasir:semen:gypsum:air dan berat plastik yaitu 2,30. Nilai F hitung lebih besar dari F tabel sehingga terjadi penolakan.

Keputusan pada analisa data ini untuk presentase fraksi pasir:semen:gypsum:air menolak  $H_0$ , yang berarti bahwa fraksi pasir:semen:gypsum:air berpengaruh terhadap Porositas bata ringan. Untuk berat plastik menolak  $H_0$ , yang berarti bahwa berat plastik berpengaruh terhadap Porositas bata ringan. Untuk volume *foaming* menolak  $H_0$ , yang berarti volume *foaming agent* berpengaruh terhadap Porositas bata ringan.

Hasil penelitian ini, bila dibandingkan dengan penelitian fauzi memiliki massa nilai rata-rata massa jenis yang lebih rendah, dimana massa jenis rata-rata hasil penelitian fauzi dkk mencapai  $1830,419 \text{ kg/m}^3$  sedangkan hasil penelitian ini hanya memiliki massa jenis rata-rata sebesar  $1459,62 \text{ kg/m}^3$

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisa hipotesis menggunakan analisis ragam menyatakan bahwa variasi berat plastik berpengaruh terhadap densitas bata ringan.
2. Analisa hipotesis menggunakan analisis ragam menyatakan bahwa variasi *foaming* berpengaruh terhadap porositas bata ringan.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini, ada beberapa hal yang ingin penulis sarankan agar penelitian selanjutnya lebih baik lagi, yaitu sebagai berikut:

1. Untuk menghasilkan bata yang lebih ringan sebaiknya diperhatikan pada saat proses pencampuran bahan dengan menggunakan *mixer*, pastikan semua tercampur rata lalu masukkan ke dalam cetakan.
2. Agar tidak sulit mengeluarkan sampel bata ringan dari cetakan yang sudah mengeras, sebaiknya cetakan sampel bata ringan diolesi minyak atau oli terlebih dahulu sebelum campuran bata ringan dituangkan ke dalam cetakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Istirokhatun, T. (2019). Pelatihan pembuatan ecobricks sebagai pengelolaan sampah plastik di RT 01 RW 05, Kelurahan Kramas, Kecamatan Tembalang, Semarang. *Jurnal Pasopati: Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Pengembangan Teknologi*, 1(2).
- Nugraha, M. A., Daryati, D., & Anisah, A. (2021). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Semen Pada Pembuatan Bata Ringan Jenis CLC. Menara: *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 37-43.
- Taufik, H., Kurniawandy, A., & Arita, D. (2017). Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent. *Jurnal Saintis*, 17(1), 52-62.
- Alim, M. I., Firdausi, A., & Nurmalasari, M. D. (2017). Densitas dan Porositas Batuan. Surabaya: *Institut Teknologi Sepuluh November*.
- Dhavale, S., Watharkar, S., Kochrekar, P., Jadhav, R., & Phadatore, D. (2020). Cellular Light Weight Concrete using Glass Fiber. *Int. J. Eng. Res.*, 9, 523-527.
- Del Rey Castillo, E., Almesfer, N., Saggi, O., & Ingham, J. M. (2020). Light-weight concrete with artificial aggregate manufactured from plastic waste. *Construction and Building Materials*, 265, 120199.
- Widyawati, F. (2020). Pemanfaatan Serat Sisal (*Agave Sisalana L.*) Dan Limbah Plastik Pet Untuk Pembuatan Bata Ringan CLC (Cellular Lightweight Concrete). *Jurnal Tambora*, 4(1), 21-25.
- Catur, A. D., Setyawan, P. D., Padang, Y. A., Nuarsa, I. M., & Triadi, A. A. A. (2022). Kuat lentur dan berat jenis beton ringan selular diperkuat serat kain pakaian bekas. *Dinamika Teknik Mesin*, 12(1), 8-18.
- Raees, S. S., Shahid, G. M., Ayyan, S., Anas, S. M., Hafiz, P. A., & AbdulHaq, A. (2019). Cellular Light Weight Concrete.

- Suryanita, R., Firzal, Y., Maizir, H., Mustafa, I., & Arshad, M. F. B. (2021). Experimental study on performance of cellular lightweight concrete due to exposure high temperature. *GEOMATE Journal*, 21(83), 20-27.
- Taufik, H., Kurniawandy, A., & Arita, D. (2017). Tinjauan Kuat Tekan Bata Ringan Menggunakan Bahan Tambah Foaming Agent. *Jurnal Sainis*, 17(1), 52-62.
- SNI 15-2049-2004. (2004). Semen Portland. Badan Standarisasi Nasional (BSN).
- Subagiono, Y., Maizir, H., & Suryanita, R. (2020). Perilaku Mekanik Bata Ringan dengan Penambahan Silica Fume. Pekanbaru: *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Sumbawaty, N., Ahzan, S., & Prasetya, D. S. B. (2018). Uji Porositas dan Kuat Tekan Batako Ringan Berbahan Dasar Limbah Pengolahan Emas (LPE) dengan Filler Pohon Pisang (FPP). *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: e-Saintika*, 1(2), 87-93.
- Hisyam, M., & Widyawati, F. (2021). Analisis Pengaruh Massa Serat Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanik Papan Komposit Gypsum Berpenguat Sisal (Agave Sisalana). *Hexagon Jurnal Teknik dan Sains*, 2(1), 16-21.
- Okatama, I. (2016). Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terphthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 5(3), 110.
- Rohman, M. N. (2018). Pengaruh Variasi Lama Pengeringan dan Volume Larutan Graphene Oxide Berbahan Dasar Abu Sekam Padi terhadap Kuat Tekan dan Porositas Bata Ringan Jenis Cellular Lightweight Concrete. *Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta*. Diambil dari <https://eprints.uny.ac.id/56630>.
- Montgomery, D. C. (2017). Design and analysis of experiments. John wiley & sons.

## Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup



Nama : Rizky Fahreza

Tempat tanggal lahir : Maras Senang, 19 Januari 2002

Jenis kelamin : Laki-Laki

Agama : Islam

Pendidikan terakhir : DIV Teknik Mesin dan Manufaktur

Alamat : Jl Raya Belinyu RT/RW 002/001, Desa Maras Senang, Kecamatan Bakam Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung

Email : FahrezaRizky1901@gmail.com

### Riwayat pendidikan

1. SDN 11 Bakam
2. SMPN 3 Riau Silip
3. SMAN 1 Kelapa
4. Polman Negeri Bangka Belitung

## Lampiran 2 : Perhitungan Densitas

Menggunakan persamaan :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Keterangan :

$\rho$  = Densitas suatu benda ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

m = Massa benda di udara (g)

V = Volume benda ( $\text{cm}^3$ )

### Pada Eksperimen 1

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{400,93\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,604 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{394,23\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,577 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{312,26\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,249 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### Pada Eksperimen 2

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{341,26\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,365 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{347,52\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,390 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{285,30\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,141 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 3**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{287,06\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,148 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{300,83\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,203 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{252,12\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,008 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 4**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{296,43\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,186 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{302,33\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,209 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{295,20\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,181 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 5**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{286,64\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,147 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{240,17\text{g}}{250\text{cm}^3} = 0,961 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{296,80\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,187 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 6**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{430,13\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,721 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{376,56\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,506 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{406,72\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,627 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 7**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{299,05\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,196 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{299,00\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,196 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{259,73\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,035 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 8**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{444,31\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,777 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{417,93\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,672 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{445,66\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,783 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 9**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{400,93\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,894 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{394,23\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,902 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{312,26\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,923 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 10**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{166,68\text{g}}{250\text{cm}^3} = 0,667 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{171,37\text{g}}{250\text{cm}^3} = 0,685 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{167,86\text{g}}{250\text{cm}^3} = 0,671 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 11**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{322,42\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,290 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{326,05\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,264 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{307,81\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,231 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 12**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{399,33\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,597 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{387,19\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,549 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{382,99\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,532 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 13**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{265,89\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,464 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{385,12\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,540 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{356,78\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,427 \text{ g/cm}^3$$

#### **Pada Eksperimen 14**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{410,33\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,641 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{394,19\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,577 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{370,85\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,483 \text{ g/cm}^3$$

#### **Pada Eksperimen 15**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{376,14\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,505 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{344,38\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,577 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{364,28\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,457 \text{ g/cm}^3$$

#### **Pada Eksperimen 16**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{351,56\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,406 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{310,21\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,241 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{315,27\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,261 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 17**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{451,29\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,805 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{469,31\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,877 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{457,75\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,831 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 18**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{502,91\text{g}}{250\text{cm}^3} = 2,012 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{502,49\text{g}}{250\text{cm}^3} = 2,010 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{523,98\text{g}}{250\text{cm}^3} = 2,096 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 19**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{370,38\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,481 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{373,25\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,493 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{384,64\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,539 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 20**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{356,09\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,424 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{353,75\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,415 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{377,33\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,509 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

### **Pada Eksperimen 21**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{332,64 \text{ g}}{250\text{cm}^3} = 1,331 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{349,01\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,396 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{354,01\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,416 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 22**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{380,04\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,520 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{400,71\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,603 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{368,86\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,475 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 23**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{363,38\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,454 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{358,99\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,436 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{308,90\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,236 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 24**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{344,59\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,378 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{365,10\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,460 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{349,18\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,397 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 25**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{362,49\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,450 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{355,33\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,421 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{371,85\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,487 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 26**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{429,88\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,720 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{454,43\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,818 \text{ g/cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{413,67\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,655 \text{ g/cm}^3$$

### **Pada Eksperimen 27**

Replikasi 1

$$\text{Densitas} = \frac{499,95\text{g}}{250\text{cm}^3} = 2,000\text{g} / \text{cm}^3$$

Replikasi 2

$$\text{Densitas} = \frac{396,50\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,586\text{g} / \text{cm}^3$$

Replikasi 3

$$\text{Densitas} = \frac{460,97\text{g}}{250\text{cm}^3} = 1,844\text{g} / \text{cm}^3$$



### Lampiran 3 : Perhitungan Porositas

Menggunakan persamaan :

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{M_k - M_b}{V_b} \times \frac{1}{\rho_{\text{air}}} \times 100\%$$

Keterangan :

$M_k$  = Massa Kering benda uji (gram)

$M_b$  = Massa basah benda uji (gram)

$V_b$  = Volume benda uji ( $\text{cm}^3$ )

$\rho_{\text{air}}$  = massa jenis air ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

#### **Pada Eksperimen 1**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(400,93\text{g} - 390,84\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 4,04\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(394,23\text{g} - 392,97\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,50\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(312,26\text{g} - 309,67\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,04\%$$

#### **Pada Eksperimen 2**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(341,24\text{g} - 339,13\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,84\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(347,52\text{g} - 338,39\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 3,65\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(285,30\text{g} - 285,55\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,30\%$$

### **Pada Eksperimen 3**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(287,06\text{g} - 278,56\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 3,40\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(300,83\text{g} - 294,38\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 2,58\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(252,12\text{g} - 251,25\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,35\%$$

### **Pada Eksperimen 4**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(296,43\text{g} - 257,51\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 15,57\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(302,33\text{g} - 298,34\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,60\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(295,20\text{g} - 287,67\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 3,01\%$$

### **Pada Eksperimen 5**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(286,64\text{g} - 264,71\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1} \times 100\% = 8,77\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(240,17\text{g}-233,01\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 2,86\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(296,80\text{g}-280,91\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 6,36\%$$

### **Pada Eksperimen 6**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(430,13\text{g}-393,07\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 14,82\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(376,56\text{g}-349,43\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 10,85\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(406,72\text{g}-385,31\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 8,48\%$$

### **Pada Eksperimen 7**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(299,05\text{g}-287,24\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 4,72\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(299,00\text{g}-288,17\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 4,33\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(258,73\text{g}-254,69\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,62\%$$

### **Pada Eksperimen 8**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(444,31\text{g}-427,73\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1/\text{cm}^3} \times 100\% = 6,63\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(417,93\text{g} - 415,15\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 1,11\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(455,66\text{g} - 438,67\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,80\%$$

### **Pada Eksperimen 9**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(473,53\text{g} - 468,42\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,04\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(475,46\text{g} - 470,51\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 1,98\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(480,73\text{g} - 475,63\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,04\%$$

### **Pada Eksperimen 10**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(166,68\text{g} - 159,48\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,89\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(171,37\text{g} - 171,69\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 0,13\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(167,86\text{g} - 166,10\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 0,70\%$$

### **Pada Eksperimen 11**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(322,42\text{g}-321,65\text{g})}{250} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,31\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(316,05\text{g}-314,19\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,74\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(307,81\text{g}-306,15\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,66\%$$

### **Pada Eksperimen 12**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(399,33\text{g}-399,66\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,31\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(387,19\text{g}-386,42\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 0,31\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(382,99\text{g}-380,30\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,08\%$$

### **Pada Eksperimen 13**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(365,89\text{g}-324,54\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 16,54\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(385,12\text{g}-352,50\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 13,05\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(356,78\text{g}-333,77\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 9,20\%$$

### **Pada Eksperimen 14**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(410,33\text{g} - 395,77\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 5,82\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(394,19\text{g} - 374,22\text{g})}{250} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 7,99\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(370,85\text{g} - 335,33\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 14,12\%$$

### **Pada Eksperimen 15**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(376,14\text{g} - 353,10\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 9,22\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(344,38\text{g} - 319,75\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 10,57\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(364,28\text{g} - 318,96\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 18,13\%$$

### **Pada Eksperimen 16**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(351,56\text{g} - 318,34\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 13,29\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(310,21\text{g} - 295,84\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 5,76\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(315,27\text{g} - 286,37\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1/\text{cm}^3} \times 100\% = 11,56\%$$

### **Pada Eksperimen 17**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(451,29\text{g}-436,78\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 5,80\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(469,31\text{g}-452,19\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 6,85\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(457,75\text{g}-455,19\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,02\%$$

### **Pada Eksperimen 18**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(502,91\text{g}-494,95\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 3,18\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(502,49\text{g}-497,94\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,82\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(523,98\text{g}-499,82\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 9,66\%$$

### **Pada Eksperimen 19**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(370,88\text{g}-365,11\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 2,11\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(373,25\text{g}-369,52\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 1,49\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(384,64\text{g} - 379,20\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,18\%$$

### **Pada Eksperimen 20**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(356,09\text{g} - 349,59\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,60\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(353,75\text{g} - 344,55\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 3,68\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(377,33\text{g} - 374,88\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 0,98\%$$

### **Pada Eksperimen 21**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(332,64\text{g} - 326,45\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 2,48\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(349,01\text{g} - 345,20\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 1,52\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(354,01\text{g} - 249,00\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 42\%$$

### **Pada Eksperimen 22**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(380,04\text{g} - 379,95\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 0,04\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(400,71\text{g} - 374,47\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 10,50\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(368,86\text{g}-329,05\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 15,92\%$$

### **Pada Eksperimen 23**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(363,38\text{g}-344,55\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1/\text{cm}^3} \times 100\% = 7,53\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(358,99\text{g}-340,41\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 7,43\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(308,90\text{g}-283,21\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 10,28\%$$

### **Pada Eksperimen 24**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(344,59\text{g}-326,70\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 7,16\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(365,10\text{g}-335,48\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 11,85\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(349,18\text{g}-333,86\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 6,13\%$$

### **Pada Eksperimen 25**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(362,49\text{g}-336,66\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g}/\text{cm}^3} \times 100\% = 10,33\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(355,33\text{g} - 330,02\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 10,12\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(371,85\text{g} - 338,50\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 13,34\%$$

### **Pada Eksperimen 26**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(429,88\text{g} - 411,13\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 7,50\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(454,43\text{g} - 429,69\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 9,90\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(413,67\text{g} - 385,32\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 11,34$$

### **Pada Eksperimen 27**

Replikasi 1

$$\text{Porositas} = \frac{(499,95\text{g} - 460,94\text{g})}{250} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 15,60\%$$

Replikasi 2

$$\text{Porositas} = \frac{(396,50\text{g} - 337,34\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 23,66\%$$

Replikasi 3

$$\text{Porositas} = \frac{(460,97\text{g} - 422,99\text{g})}{250\text{cm}^3} \times \frac{1}{1\text{g/cm}^3} \times 100\% = 15,19$$

Lampiran 4 : Sampel Bata Ringan

Eksprimen 1



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 2



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 3



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 4



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 5



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 6



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 7



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 8



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 9



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 10



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 11



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 12



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 13



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 14



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 15



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 16



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 17



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 17



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 19



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 20



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 21



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 22



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 23



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 24



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 25



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 26



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

Eksprimen 27



Replikasi 1



Replikasi 2



Replikasi 3

## Lampiran 5 Proses Pembuatan Sampel



# PA RIZKY 02

## ORIGINALITY REPORT

16%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

5%

PUBLICATIONS

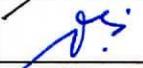
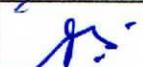
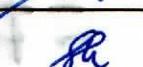
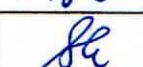
5%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	<a href="http://ft.unri.ac.id">ft.unri.ac.id</a> Internet Source	3%
2	<a href="http://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://docplayer.info">docplayer.info</a> Internet Source	2%
4	<a href="http://jurnal.uts.ac.id">jurnal.uts.ac.id</a> Internet Source	2%
5	Submitted to St. Ursula Academy High School Student Paper	1%
6	<a href="http://repositori.uin-alauddin.ac.id">repositori.uin-alauddin.ac.id</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://123dok.com">123dok.com</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://repository.uma.ac.id">repository.uma.ac.id</a> Internet Source	1%

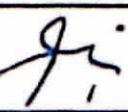
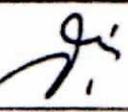
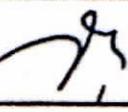
FORM-PPR-3- 4: Bimbingan Proyek Akhir

	FORM BIMBINGAN PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK 2021/2022		
JUDUL	PENGARUH FOAM AGENT TERHADAP POROSITAS CELLULOSER LIGHT WEIGHT CONCRETE		
Nama Mahasiswa	RIZKY FAHREZA NIRM: 1041926		
Nama Pembimbing	1. <u>Dr. Ilham Ary Wahyudi, S.S.T.M.T</u> 2. <u>Pr. Sukanto, S.S.T.M. Enj</u> 3. _____		
Pertemuan Ke	Tanggal	Topik Bimbingan	Paraf dan nama Pembimbing
1	10 Mei	Rancangan foam Generator	
2	11 Mei	Konektor & Valve foam generator	
3	17 Mei	Persiapan pabrikasi foam generator	
4	07 Juni	Rancangan box sample	
5	02.06.22	Bentuk Sample	
6	30.06.22	Kombinasi sample	
7	08.8.22	Penetapan sample	
8	15/07/22	P.masalah + Tujuan dan keuntungan & Ralat = sama	
9	17/01/2023	Penulisan Jurnal dan Publikasi	
10			

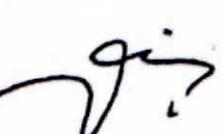
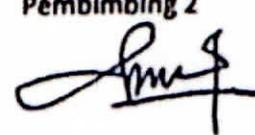
Catatan:

- Jika pertemuan bimbingan lebih dari sepuluh kali, dapat mengambil Form kembali di Panitia/Komisi Proyek Akhir

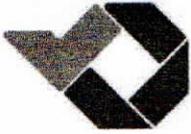
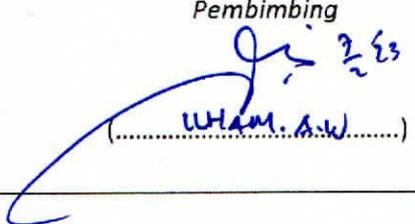
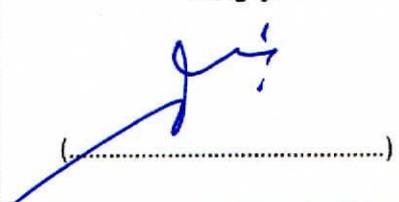
FORM-PPR-3- 6: Form Monitoring Proyek Akhir

		FORM MONITORING PROYEK AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2022 / 2023</u>	
JUDUL		PENGARUH PUAM AGENT TERHADAP POROSITAS SELULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE	
Nama Mahasiswa		1. <u>RIZKY FAREZA</u> /NIM: <u>1091326</u> 2. .... /NIM: ..... 3. .... /NIM: ..... 4. .... /NIM: ..... 5. .... /NIM: .....	
Monitoring ke	Tanggal	Progress Alat	Paraf Pembimbing
3	5-12-2022	Data kasar penelitian	
3	12-12-2022	Perhitungan densitas & porositas	
3	16-12-2022	Perhitungan Anova	
4	29-11-2022	Revisi Bab III	
4	13-12-2022	Penulisan Karya ilmiah	

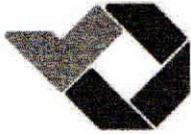
KESIAPAN ALAT UNTUK SIDANG: SIAP / BELUM (coret salah satu)

Mengetahui		
Pembimbing 1	Pembimbing 2	Pembimbing 3
 (.....)	 (...Sukanta...)	(.....)

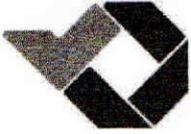
FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK ...../...../.....</p>
<p>JUDUL :</p>	<p><u>Pengaruh Foam Agent terhadap porositas c.l.c.</u></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Reky Fahrza</u> NIM: <u>1041926</u>                  2. _____ NIM: _____                  3. _____ NIM: _____                  4. _____ NIM: _____                  5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p>- Teori /referensi ttg "Replication".                  - Judul tambahkan: <u>dg metode factorial 3<sup>k</sup></u>.                  - Perbaiki latar belakang, menyesuaikan <u>dg judul</u>.                  - Rumus 2.1 <math>\rightarrow P \neq</math> denisitas. <math>\rightarrow P =</math> <del>for</del> tekanan.                  - Daftar pustaka diperbaiki.                  - Buatlah sampel 1:1 <u>uf</u> membuktikan hasil eksperimennya.</p>	
<p>Sungailiat, <u>1 Feb 2023</u>.....</p>	
<p>Penguji</p> <p style="text-align: center;">                   (..... KHANI A.W. ....)</p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing</p> <p style="text-align: center;">                   (..... KHANI A.W. ....)</p>	<p style="text-align: center;">Sungailiat, <u>1-2-23</u>.....</p> <p style="text-align: center;">Penguji</p> <p style="text-align: center;">                   (.....)</p>

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2022/2023</u></p>
<p>JUDUL :</p>	<p><i>Pengaruh Foam Agent Terhadap Porositas Cellular Lightweight Concrete</i></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <i>Rizky Fahriza</i> NIM: <i>1041926</i>                  2. _____ NIM: _____                  3. _____ NIM: _____                  4. _____ NIM: _____                  5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p><i>- Latar Belakang disesuaikan dengan Judul.</i></p>	
<p><i>- Abstrak</i></p>	
<p><i>- Rumus Kimia &amp; persamaan di bagi.</i></p>	
	<p>Sungailiat, <i>1 Februari 2023</i></p>
	<p>Penguji <i>(Rugiyarto)</i></p>
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p>Mengetahui, Pembimbing</p> <p><i>(Rizki)</i> <i>7/2/23</i></p> <p>(.....)</p>	<p>Sungailiat, <i>09-02-2023</i></p> <p>Penguji</p> <p><i>(Rugiyarto)</i></p> <p>(.....)</p>

FORM-PPR-3- 8: Form Revisi Laporan Akhir

	<p>FORM REVISI LAPORAN AKHIR TAHUN AKADEMIK <u>2022 / 2023</u></p>
<p>JUDUL :</p>	<p><u>Pengaruh Foam Agent Terhadap Perantara</u> <u>Cellular Lightweight Concrete</u></p>
<p>Nama Mahasiswa :</p>	<p>1. <u>Rizky Fadrea</u> NIM: <u>1541926.</u>                  2. _____ NIM: _____                  3. _____ NIM: _____                  4. _____ NIM: _____                  5. _____ NIM: _____</p>
<p>Bagian yang direvisi</p>	<p>Halaman</p>
<p><u>What Laporan</u></p>	
<p>Sungailiat, <u>1 Februari 2023</u> Penguji <u>(Juanda)</u></p>	
<p>Menyatakan telah menyetujui revisi laporan akhir yang telah dilakukan oleh mahasiswa</p>	
<p style="text-align: center;">Mengetahui, Pembimbing <u>15/2/23</u> <u>(Utami.A.W)</u></p>	<p style="text-align: right;">Sungailiat, <u>7-2-2023</u> Penguji <u>(Juanda)</u></p>



**JITT :**

**JURNAL INOVASI TEKNOLOGI TERAPAN  
POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Kawasan Industri Air Kantung Sungailiat – Bangka 33211, Telp (0717)93586, Fax (0717)93585  
website : <https://jitt.polman-babel.ac.id>

e-ISSN : XXXX-XXXX

---

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 046/PL.28.C/PB/2023

Dengan ini menerangkan bahwa artikel yang berjudul :

**“PENGARUH FOAM AGENT TERHADAP POROSITAS DAN  
DENSITAS CELLULAR LIGHTWEIGHT CONCRETE”**

Atas nama :

Penulis : **RIZKY FAHREZA, ILHAM ARY WAHYUDIE, SUKANTO**

Afiliasi : **POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

Telah mengirimkan artikel dengan status *Submit* di Jurnal Inovasi Teknologi Terapan (JITT) Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung pada Tanggal 18 Januari 2023.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Sungailiat, 18 Januari 2023  
Kepala P3KM,

**Dr. Parulian Silalahi, M.Pd**  
NIK. 1901010201640006

