TA/TL/2025/2072

JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

# TUGAS AKHIR

# Pemanfaatan Plastik *Multilayer* Sebagai Substitusi Agregat Pada Roster Beton Dengan Metode Solidifikasi

**Reyza Surya Ibrahim**
**21513176**

**Dosen Pembimbing 1:**
**Dr. Ir. Hijrah Purnama, S.T., M.Eng., I.P.P.**
**Dosen Pembimbing 2:**
**Ir. Niesa Hanum Mistoro, ST., M.Eng., I.P.P.**

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana**
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**
**Universitas Islam Indonesia**
**2025**

DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

**BACHELOR THESIS**

# Utilization of Multilayer Plastic as Aggregate Substitution in Concrete Roster with Solidification Method

**Reyza Surya Ibrahim**
**21513176**

**Supervisor 1:**
**Dr. Ir. Hijrah Purnama, S.T., M.Eng., I.P.P.**
**Supervisor 2:**
**Ir. Niesa Hanum Mistoro, ST., M.Eng., I.P.P.**

**Environmental Engineering Bachelor Program**
**Faculty of Civil Engineering and Planning**
**Universitas Islam Indonesia**
**2025**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

**Reyza Surya Ibrahim**

**21513176**

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 14 November 2025 dan disetujui oleh:

18/11/2025

Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. I.P.P. (Pembimbing 1)

Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.Eng., I.P.P. (Pembimbing 2)

Dr. Ir. Kasam, M.T., I.P.U. (Penguji)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana

12/11-25

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

## PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan *(artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
   a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
   b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.

   Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 14 November 2025

Yang membuat pernyataan,

Reyza Surya Ibrahim

21513176

# PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **"Pemanfaatan Plastik *Multilayer* Sebagai Substitusi Agregat Pada Roster Beton Dengan Metode Solidifikasi".** Penyusunan laporan ini merupakan salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis turut menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta bantuan dalam penyelesaian laporan ini. Oleh karena itu, penulis memberikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan limpahan rahmat serta hidayahnya.
2. Orang tua serta keluarga penulis, yang telah memberikan dukungan dalam bentuk moral maupun materil serta doa dan kasih sayang kepada penulis.
3. Bapak Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T, M.Eng., I.P.P., selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusanan laporan tugas akhir.
4. Ibu Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.Eng., I.P.P., selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan saran dan masukan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Kasam, M.T., I.P.U., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran serta masukan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
6. Seluruh dosen, pegawai akademik dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

7. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang ikut serta dalam memberikan semangat dan dukungan serta turut membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir.

Tentunya dalam penulisan dan pengerjaan tugas akhir ini banyak terdapat kesalahan dan kekurangan yang dilakukan penulis. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diperlukan demi menyempurnakan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan dapat digunakan sebagaimana mestinya

Sleman, 31 Juli 2025

Reyza Surya Ibrahim

# Pemanfaatan Plastik *Multilayer* Sebagai Substitusi Agregat Pada Roster Beton Dengan Metode Solidifikasi


| | |
|---|---|
| Mahasiswa | : Reyza Surya Ibrahim |
| NIM | : 21513176 |
| Program Studi | : Teknik Lingkungan - Program Sarjana |
| Pembimbing 1 | : Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. I.P.P. |
| Pembimbing 2 | : Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.Eng., I.P.P. |


## Abstrak


Peningkatan jumlah sampah plastik, khususnya plastik *multilayer* yang tidak mudah terurai dan sulit di daur ulang menjadikan salah satu tantangan dalam pengelolaan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sampah plastik multilayer sebagai substitusi agregat halus dalam pembuatan roster dengan metode solidifikasi. Variasi persentase plastik *multilayer* yang digunakan yaitu 0%, 12%, 14%, 16% dan 18% dari total agregat halus. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik terhadap kuat tekan, daya serap, persentase pengurangan plastik, serta kelayakan ekonomi. Hasil penelitian menunjukan variasi 14% memberikan hasil kuat tekan yang tinggi sebesar 2,46 N/mm², sementara untuk daya serap memiliki penyerapan air yang baik pada variasi 14% sebesar 11%. Sedangkan untuk persentase pengurangan plastik variasi 14% memiliki nilai yang tinggi sebesar 0,00159%. Dari sisi ekonomi, roster dengan penambahan plastik multilayer memiliki harga jual yang tidak jauh berbeda dengan harga roster beton dipasaran, dengan harga dasar Rp. 7859 dan harga jual Rp. 9823 per roster yang menghasilkan keuntungan Rp 1965 per roster atau Rp 117.880 per hari. Untuk nilai *Break Even Point (BEP)* tercapai pada penjualan 240 roster dalam waktu 4 hari. Penambahan plastik pada roster menunjukan bahwa layak secara ekonomi dan dapat menjadi solusi alternatif dalam pengurangan limbah. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya memberikan nilai tambah pada material konstruksi tetapi juga turut mendukung untuk pengelolaan limbah secara berkelanjutan



Kata kunci: Limbah plastik, Plastik *Multilayer*, Roster Beton, Kuat Tekan, Analisis Ekonomi, Variasi.

# *Utilization of Multilayer Plastic as Aggregate Substitution in Concrete Roster with Solidification Method*


| | |
|---|---|
| *Student* | : Reyza Surya Ibrahim |
| *Student Number* | : 21513176 |
| *Study Program* | : Environmental Engineering – Bachelor Program |
| *Supervisor 1* | : Dr. Ir. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. I.P.P. |
| *Supervisor 2* | : Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.Eng., I.P.P. |


## *Abstract*


*The increasing amount of plastic waste, especially multilayer plastic which is not easily decomposed and difficult to recycle, is one of the challenges in waste management. This study aims to utilize multilayer plastic waste as substitute for heart aggregate in roster making with the solidification method. The percentage variation of multilayer plastic used were 0%, 12%, 14%, 16%, and 18% of the total fine aggregate. Tests were conducted to determine the effect of adding plastic on compressive strength, absorption capacity, percentage of plastic reduction, and economic feasibility. The results showed that a variation of 14% gave a high compressive strength of 2,46 N/mm², while for absorption capacity it had good water absorption at a variation of 14% of 11%. For the percentage of plastic reduction, a variation of 16% had a high value of 0,00145%. From an economic perspective, rosters with the addition of multilayer plastic have a selling price that is not much different from the price of concrete roster on the market, with a base price of IDR 7859 and a selling price of IDR 9823 per roster, resulting in a profit of IDR 1965 per roster or IDR 117.880 per day. The Break Even Point (BEP) value was achieved after selling 240 rosters in 4 days. The addition of plastic to the roster shows that it is economically feasible and can be alternative solution in reducing waste. Thus, this innovation not only adds value to construction materials but also supports sustainable waste management.*



*Key words: Plastic waste, Multilayer Plastic, Concrete Roster, Compressive Strength, Economic Analysis, Variation.*

# DAFTAR ISI

PRAKATA ..... i
Abstrak ..... iii
DAFTAR ISI ..... v
DAFTAR TABEL ..... vii
DAFTAR GAMBAR ..... viii
DAFTAR LAMPIRAN ..... ix
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1 Latar Belakang ..... 1
1.2 Perumusan Masalah ..... 2
1.3 Tujuan Penelitian ..... 2
1.4 Manfaat Penelitian ..... 3
1.5 Ruang Lingkup ..... 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 4
2.1 Sampah ..... 4
2.2 Plastik ..... 4
2.2.1 Plastik *Multilayer* ..... 5
2.3 Roster Beton ..... 6
2.4 Material Roster Beton ..... 6
2.4.1 Semen Portland ..... 6
2.4.2 Pasir / Agregat Halus ..... 6
2.4.3 Air ..... 7
2.5 Kuat Tekan Roster Beton ..... 7
2.6 Daya Serap Roster Beton ..... 8
2.7 Pengurangan Sampah ..... 9
2.8 Penilaian Tekno Ekonomi (TEA) ..... 9
2.9 Kriteria Roster Beton Yang Baik ..... 10
2.10 Penelitian Terdahulu ..... 13
BAB III METODE PENELITIAN ..... 29

3.1 Alur Penelitian ..... 29
3.2 Waktu dan Lokasi ..... 30
3.3 Alat dan Bahan ..... 31
3.4 Prosedur Analisis Data ..... 32
3.4.1 Metode Pembuatan sampel uji ..... 32
3.4.2 Metode Pengujian Kualitas Roster Beton ..... 33
3.4.3 Penilaian Pengurangan Plastik ..... 35
3.4.4 Perhitungan Analisis Kelayakan Ekonomi ..... 35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... 36
4.1 Pra percobaan pembuatan roster ..... 36
4.2 Perhitungan Komposisi Material Roster ..... 37
4.3 Pengujian Fisik ..... 39
4.3.1 Uji Kuat Tekan ..... 39
4.3.2 Uji Daya Serap ..... 42
4.3.1 Hasil Analisa Pengujian Fisik ..... 45
4.3 Penilaian Pengurangan Limbah ..... 46
4.4 Perhitungan Biaya Pembuatan Produk ..... 46
4.4.1 Harga Produksi Roster ..... 47
4.4.2 Analisis Break Even Point ..... 49
BAB V PENUTUP ..... 51
5.1 Kesimpulan ..... 51
5.2 Saran ..... 52
DAFTAR PUSTAKA ..... 53
LAMPIRAN ..... 56
RIWAYAT HIDUP ..... 64

# DAFTAR TABEL

Table 2. 1 Baku Mutu Kuat Tekan..... 8
Table 2. 2 Hasil Karya Ilmiah Terdahulu ..... 13
Table 4. 1 Perbandingan Campuran Roster ..... 37
Table 4. 2 Pengukuran Roster..... 38
Table 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan ..... 40
Table 4. 4 Hasil Pengujian Daya Serap ..... 42
Table 4. 5 Analisa Pengujian Fisik Roster Beton ..... 45
Table 4. 6 Hasil Persentase Pengurangan Plastik ..... 46

# DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Nomor Kode Plastik ..... 5
Gambar 2. 2 Plastik *Multilayer* ..... 6
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian ..... 29
Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian ..... 30
Gambar 3. 3 Alat - Alat (1) Alat Uji Kuat Tekan, (2) Pencacah Sampah, (3) Timbangan Digital, (4) Oven, (5) Jangka Sorong, (6) Cetakan Roster, (7) Ember, (8) Alas Roster, (9) Gayung Sampel, (10) Sekop ..... 31
Gambar 3. 4 Bahan -Bahan (1) Pasir, (2) Plastik Multilayer, (3) Air, (4) Semen ..... 32
Gambar 4. 1 Hasil Trial Error ..... 36
Gambar 4. 2 Pembuatan Roster ..... 39
Gambar 4. 3 Pengukuran Roster Beton ..... 39
Gambar 4. 4 Pengujian Kuat Tekan ..... 41
Gambar 4. 5 Pengujian Kuat Tekan ..... 42
Gambar 4. 6 Persentase Penyerapan Air ..... 44
Gambar 4. 7 Pengujian Daya Serap Air ..... 45
Gambar 4. 8 Grafik Break Even Point (BEP) ..... 50

# DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Perbandingan Campuran Roster..... 56
Lampiran 2 Perhitungan Uji Kuat Tekan..... 56
Lampiran 3 Perhitungan Uji Penyerapan Air..... 57
Lampiran 4 Perhitungan Grafik BEP..... 58
Lampiran 5 Pencacahan Plastik ..... 58
Lampiran 6 Penimbangan Campuran Semen..... 59
Lampiran 7 Penimbangan Campuran Plastik..... 59
Lampiran 8 Penimbangan Campuran Pasir..... 60
Lampiran 9 Pencampuran Bahan Roster..... 60
Lampiran 10 Proses Pengeringan Roster ..... 61
Lampiran 11 Proses Perendaman Roster ..... 61
Lampiran 12 Proses Pengovenan Roster..... 62
Lampiran 13 Penimbangan Roster..... 62
Lampiran 14 Pengujian Kuat Tekan ..... 63

# BAB I
# PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan berkembangnya zaman kebutuhan terkait konsumsi manusia juga semakin meningkat. Di Indonesia, kebutuhan akan plastik terus meningkat dengan kenaikan rata-rata 200 ton per tahun (Surono,2016). Penggunaan plastik yang melimpah dalam kehidupan sehari-hari adalah penyebab utama meningkatnya limbah plastik di Indonesia. Plastik memiliki sifat yang sulit terurai, membutuhkan ratusan tahun untuk terurai sepenuhnya. Akibatnya volume sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia semakin meningkat dari waktu ke waktu. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan sampah yang tujuan utamanya untuk mengurangi jumlah sampah dan memanfaatkannya agar menjadi inovarit dan berkelanjutan.

Pembangunan dapat memberikan dampak positif bagi masyarakat, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko eksploitasi Sumber Daya Alam (SDA) dan pencemaran lingkungan. Hal ini dapat mengakibatkan pada struktur dan fungsi dasar ekosistem yang mendukung kehidupan (Burhanuddin. Dkk, 2018). Pengembangan produk yang menggunakan limbah telah meningkat pesat. Pemanfaatan limbah ini memiliki berbagai keunggulan, termasuk harga yang lebih terjangkau dari peningkatan nilai tambah bagi produk tersebut (Sherliana. Dkk, 2016). Dalam konteks ini, plastik menjadi salah satu limbah yang menarik perhatian karena volumenya yang terus meningkat dan sulit ditangani

Volume sampah di indonesia terus mengalami peningkatan seiring tingginya penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari. Kondisi ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan terutama karena plastik memiliki sifat sulit terurai. Salah satu permasalahannya adalah plastik *multilayer* yang sulit didaur ulang akibat terdiri dari beberapa lapisan bahan berbeda. Jika tidak dikelola dengan baik penumpukan sampah plastik dapat menimbulkan pencemaran tanah, air maupun udara. Dengan demikian, sampah plastik multilayer juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan sehingga dapat

menjadi solusi dalam mengurangi timbulan limbah sekaligus memberikan nilai tambah.

Berdasarkan informasi yang telah didapat, diperlukan pemanfaatan sampah plastik untuk mengurangi. Dalam penelitian ini, sampah plastik akan dijadikan sebagai komponen campuran dalam tambahan pada bahan material yang dapat dimanfaatkan seperti roster beton, batako dan *paving block*. Dikarenakan plastik memiliki daya tahan tinggi terhadap kelembaban dan suhu sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan roster beton. Roster beton yang akan diteliti akan dimodifikasi dengan menambahkan serpihan plastik multilayer ke dalam campuran pembuatan roster beton. Serpihan plastik ini akan menggantikan agregat halus, yaitu pasir, sesuai dengan definisi agregat halus dalam (SNI 02-6820-2002) yang merupakan agregat dengan ukuran butiran maksimum 4,75 mm. Oleh karena itu, peneliti berharap bahwa serpihan sampah plastik ini dapat berfungsi sebagai pengganti agregat halus. Untuk mengevaluasi kualitas roster beton yang sedang diteliti, pengujian kuat tekan dan daya serap air akan dilakukan dalam penelitian ini.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dalam penilitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan sampah plastik *multilayer* dalam pembuatan roster beton terhadap kuat tekan dan daya tahan air?.
2. Bagaimana peran pengurangan sampah plastik *multilayer* sebagai pengganti agregat dalam pembuatan roster beton?
3. Bagaimana analisis biaya dalam produksi roster beton dengan campuran plastik *multilayer*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis dampak penambahan sampah multilayer dalam pembuatan roster beton terhadap kuat tekan dan daya serap
2. Menganalisis peran pengurangan sampah plastik *multilayer* sebagai pengganti agregat dalam pembuatan roster beton.

3. Menganalisis biaya dalam produksi roster beton dengan campuran plastik *multilayer*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Menjadi salah satu opsi atau alternatif untuk mengatasi masalah sampah, terutama sampah plastik.
2. Memberikan informasi mengenai kekuatan tekan dan kemampuan menyerap air pada roster beton ketika agregat halus diganti dengan cacahan plastik *multilayer.*
3. Mencari formulasi optimal sebagai standar dalam proses produksi.

## 1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam penelitian meliputi:

1. Plastik yang digunakan yaitu jenis plastik *multilayer*
2. Plastik multilayer didapatkan dari pengumpulan sampah rumah tangga yang disalurkan melalui Project B indonesia.
3. Cacahan plastik digunakan sebagai pengganti agregat pada roster beton.
4. Lokasi pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Kontuksi Teknik (BKT) Universitas Islam Indonesia.
5. Indikator yang akan diuji berkaitan dengan kekuatan tekan dan kemampuan menyerap air.
6. Waktu pengeringan dilakukan minimal 7 hari
7. Pemadatan dilakukan secara manual

.

# BAB II
# TINJAUAN PUSTAKA

## 2.1 Sampah

Sampah merupakan hasil dari aktivitas manusia dan sering dianggap tidak berguna lagi, sebenarnya masih bisa dimanfaatkan kembali jika dikelola dengan benar. Sampah menjadi masalah penting yang sulit diselesaikan terutama di kota-kota besar, karena dampaknya ke berbagai aspek kehidupan dan seringkali dianggap sebagai masalah budaya atau kebiasaan. Untuk mengatasi masalah ini ada beberapa tindakan yang dapat diambil, seperti mengurangi penggunaan barang sekali pakai yang menghasilkan sampah (*reuse)*, menggunakan kembali barang-barang masih bisa dimanfaatkan untuk memaksimalkan umur pakainya (*recycle)*, dan menggati barang sekali pakai dengan barang yang lebih tahan lama dan ramah lingkungan (*replace)*. Diharapkan masalah sampah akan dikurangi dan dikelola dengan lebih baik dengan penerapan prinsip-prinsip ini.

## 2.2 Plastik

Plastik adalah material yang sangat akrab dalam kehidupan manusia sifatnya yang mudah diakses, murah, ringan, tahan lama, dan tidak mudah berkarat (Asroni et al., 2018). Kepraktisan penggunaan plastik membuatnya semakin sering digunakan seiring dengan pertumbuhan populasi di Indonesia yang semakin meningkat. Akibatnya, peningkatan jumlah plastik setiap hari berpotensi menyebabkan penumpukan sampah plastik. Secara kimiawi, plastik adalah polimer yang terdiri dari rantai panjang atom yang saling berikatan, membentuk unit molekul berulang yang disebut "monomer". Plastik umumnya terbentuk melalui polimerisasi sintesis, meskipun ada juga polimer alami yang termasuk dalam kategori plastik, dan sering diproduksi dengan bahan tambahan untuk meningkatkan efisiensi ekonomis(Kahfi, 2017).

Secara umum, plastik dapat dibedakan menjadi dua kategori utama *thermoplastic* dan *thermosetting*. *Thermoplastic* seperti *polyethylene* (PE), *polyvinyl chloride* (PVC), *polyethylene terephthalate* (PET), *Polystyrene* (PS),

*high density polyethylene* (HDPE), dan *low density polyethylene* (LDPE) yang dapat melunak saat dipanaskan dan mengeras saat didinginkan sehingga dapat didaur ulang. Sementara itu, t*hermosetting* seperti resin *epoxy*, bakelit, resin melamin, dan urea formaldehida yang sulit melunak kembali setelah dipadatkan dan tidak dapat didaur ulang karena pemanasan ulang akan merusak molekulnya. Untuk memudahkan proses daur ulang Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) mengklasifikasikan plastik ke dalam beberapa jenis dan memberikan nomor pada setiap jenisnya.

Gambar 2. 1 Nomor Kode Plastik

### 2.2.1 Plastik *Multilayer*

Plastik *multilayer* merupakan jenis plastik yang dibuat menggunakan berbagai lapisan material plastik yang berbeda dalam satu kemasan. Setiap lapisan memili fungsi dan keuntungan tertentu, yang menghasilkan pengemasan yang lebih efektif dan efisien. Plastik multilayer terdiri dari berbagai lapisan plastik seperti LDPE, HDPE, PP, p-PVC, nylon, dan PET yang kemudian dilapisi dengan aluminium foil (Yuriandala et al., 2016). Plastik multilayer banyak digunakan dalam kemasan makanan, minuman, farmasi dan kosmetik karena ketahanannya terhadap oksigen, uap air, dan cahaya ultraviolet. Karena terdiri dari berbagai jenis plastik yang berbeda, lapisan plastik multilayer memiliki titik leleh yang berbeda sehingga sulit untuk diproses dan tidak dapat didaur ulang. Maka, plastik multilayer biasanya hanya dapat digunakan untuk membuat produk kerajinan tanpa dipanaskan (Riyandini et al., 2021).

Gambar 2. 2 Plastik *Multilayer*

## 2.3 Roster Beton

Roster, juga disebut sebagai *Ventilation block* adalah konstruksi non stuktural yang berfungsi untuk mengatur suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan (Maulana et al., 2024). Roster beton adalah jenis bahan bangunan yang digunakan dalam konstruksi, yang sering digunakan untuk menyekat ruangan atau partisi di dalam ruangan. Roster sering dipilih oleh masyarakat karena mudah dipasang dan dirawat, tidak membutuhkan bahan pendukung, tidak membutuhkan banyak tenaga kerja dan menggunakan material lokal yang dapat dimanfaatkan (Mustain, 2006). Roster menjadi elemen yang bisa menyehatkan rumah, sebab udara masuk dan keluar melalui lubang-lubangnya. Roster juga dapat membuat rumah terlihat lebih artistik, sehingga dinding rumah atau bangunan yang menggunakannya akan terlihat lebih cantik.

## 2.4 Material Roster Beton

### 2.4.1 Semen Portland

Menurut Standar Industri Indonesia 0013-1981, Semen Portland adalah semen hidrolik yang dihasilkan dari penggilingan klinker yang mengandung kalsium silikat hidrolik. Umumnya, klinker ini juga mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah untuk mengikat butir-butir agregat sehingga membentuk massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat (SII 0013-1981).

### 2.4.2 Pasir / Agregat Halus

Pasir/agregat halus adalah butiran mineral keras yang berbentuk hampir bulat, tajam dan bersifat kekal. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 butiran agregat

halus berukuran maksimum 5,0 mm. Pasir/agregat halus, yang terdiri dari mineral seperti silikat dan feldspar biasanya digunakan sebagai pengisi pada campuran roster beton yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan, dan mengurangi penggunaan bahan pengikat seperti semen. Pasir yang digunakan dalam pembuatan roster beton ini berasal dari pasir yang terbentuk akibat erupsi gunung merapi. Pasir vulkanik merapi adalah pasir yang sangat bagus yang dihasilkan dari sisa-sisa erupsi gunung merapi. Kandungan logam dalam pasir ini berkisaran antara: Ai 1,8% – 5,9% Mg 1% – 2,4%, dan Fe 1,4% - 9,3% (Sudaryo & Sutjipto, 2009).

### 2.4.3 Air

Fungsi air dalam campuran roster beton adalah untuk mendukung reaksi kimia yang memungkinkan proses pengikatan. Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971, air yang digunakan harus memenuhi beberapa persyaratan:

- Tidak boleh mengandung lumpur atau benda melayang lainnya lebih dari 2 gram/liter.
- Tidak boleh mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (seperti asam dan zat organik) lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak boleh mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- Tidak boleh mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Penggunaan air dalam campuran harus tepat, penggunaan air yang berlebihan akan menghasilkan banyak gelembung air setelah proses hidrasi selesai, yang dapat mengurangi kekuatan roster beton. Sebaliknya sampel yang terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak sepenuhnya tercapai, sehingga juga dapat mempengaruhi kekuatan paving block yang dihasilkan.

## 2.5 Kuat Tekan Roster Beton

Kuat tekan merupakan ukuran kekuatan beton (Roster Beton). Menurut Tjokrodimuljo (1996), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu:

a) Kualitas Bahan Baku: Kualitas bahan baku yang digunakan dalam pembuatan beton mempengaruhi kuat tekan, sesuai dengan karakteristik dan kegunaannya.
b) Faktor Air Semen: Beton dengan faktor air semen minimal yang cukup untuk memberikan workability yang diperlukan untuk pemadatan sempurna tanpa pekerjaan pemadatan yang berlebihan merupakan beton yang terbaik.
c) Umur Beton: Kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya usia beton. Secara teori, kekuatan maksimal dicapai dalam waktu 28 hari.
d) Jenis dan Jumlah Semen: Jenis semen mempengaruhi kuat tekan beton sesuai dengan tujuan penggunaannya. Jumlah semen yang digunakan juga mempengaruhi kuat tekan beton.
e) Sifat dan Jumlah Agregat: Sifat agregat yang mempengaruhi kuat tekan beton meliputi ukuran, kekasaran, gradasi, dan kekerasan. Jumlah agregat yang digunakan juga berpengaruh pada kuat tekan beton.

Table 2. 1 Baku Mutu Kuat Tekan

| Kelas | Kuat Tekan Bruto Minimum, N/mm² | |
|---|---|---|
| | Rata-Rata Terhadap 5 Buah BBk | Masing-Masing |
| BBK 20 | 20 | 1,8 |
| BBK 10 | 10 | 0,8 |

## 2.6 Daya Serap Roster Beton

Daya serap air pada beton merupakan persentase kemampuan beton dalam menyerap air. Persentase penyerapan air ini diperoleh dari perbandingan antara berat basah dan berat kering beton. Semakin besar nilai daya serap air, semakin berkurang kekuatan beton tersebut (Udawattha et al., 2017). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap air pada beton, yaitu proporsi material, komposisi, dan karakteristik semen serta agregat, serta usia beton. Faktor-faktor ini mempengaruhi persentase kemampuan beton dalam menyerap air. Beton dengan nilai daya serap air rendah tidak hanya disebabkan oleh pengurangan volume pori, tetapi juga oleh struktur jaringan kapiler dan terputusnya pori-pori. Tingkat penyerapan air tidak hanya tergantung pada total

volume porositas, tetapi juga pada struktur pori-pori tersebut. Karakteristik semen sangat mempengaruhi daya serap air beton. Unsur kimia dalam semen bervariasi, sehingga mempengaruhi pembentukan struktur beton yang berbeda (Piasta & Zarzycki, 2017).

## 2.7 Pengurangan Sampah

Pengurangan sampah adalah cara untuk mengurangi penggunaan dan pembuangan sampah yang ada di masyarakat. Dalam kenyataannya, pengurangan ini bergantung pada masyarakat untuk mengurangi penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari. Beberapa solusi di bidang konstruksi berbeda dengan solusi yang dipromosikan pemerintah untuk mengurangi volume sampah. Menggunakan sampah sebagai bahan untuk membuat roster beton merupakan salah satu cara mengurangi jumlah sampah yang sulit terurai di lingkungan. Ini adalah salah satu solusi untuk mengurangi timbulan sampah.

## 2.8 Penilaian Tekno Ekonomi (TEA)

Penilaian tekno ekonomi adalah pendekatan metodologi fitur teknis dalam bidang produksi yang berkaitan dengan material dan peralatan yang menghasilkan hasil ekonomi yang menguntungkan. TEA sangat penting dalam pemanfaatan teknologi karena terobosan ini membantu dalam mengidentifikasi titik biaya dan potensi perbaikan, dan memberikan masukan untuk setiap kegiatan produksi untuk mempercepat komersialisasi (United Nation Environment Programme, 2009). Dalam penerapannya, TEA tidak hanya menilai kelayakan teknis, tetapi juga menekankan analisis biaya melalui pengumpulan data Capital Expenses (CapEx) dan Operating Expenses (OpEx). Data tersebut diperlukan untuk menghitung biaya produksi baik pada kegiatan produksi roster beton standar maupun pada kegiatan produksi roster beton dengan campuran plastik multilayer.

Salah satu bentuk penerapan TEA adalah melalui analisis Harga Pokok Produksi (HPP) dan Break Even Point (BEP). Harga Pokok Produksi digunakan untuk merefleksikan total biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu unit produk. Dalam konteks produk berbasis sampah plastic, metode full costing sering digunakan untuk menentukan HPP (Julyanto et al.,

n.d.). Sedangkan Break Even Point (BEP) digunakan untuk menentukan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan pendapatan penjualan. Titik ini penting untuk menilai kapan sebuah usaha menghasilkan keuntungan (Hasanah et al., n.d.).

Metode TEA dapat menilai kelayakan ekonomi dari kegiatan produksi roster beton dengan menggunakan CapEx dan OpEx yang terkumpul. Analisis ini menggunakan indikator seperti penentuan harga pokok dan *Break Even Point (BEP)* (Kanchanapiya et al., 2018)

## 2.9 Kriteria Roster Beton Yang Baik

1. Kuat Tekan

   Kuat tekan merupakan salah satu parameter utama dalam menilai mutu roster beton. Roster harus memiliki kuat tekan yang memadai agar mampu menahan beban, beban angin, serta gaya eksternal ringan lainnya. Menurut SNI 03-1579-1989 nilai kuat tekan minimum untuk beton non – struktural adalah 0,8 N/mm². Oleh karena itu, roster yang baik harus memenuhi standar kuat tekan sehingga tidak mudah mengalami kerusakan selama digunakan.

2. Durabilitas

   Durabilitas adalah kemampuan roster beton untuk bertahan terhadap pengaruh lingkungan dalam jangka waktu lama. Roster yang baik harus tahan terhadap kondisi cuaca ekstrem seperti panas terik, hujan deras, maupun kelembaban tinggi. Durabilitas yang baik akan mencegah terjadinya retak dini, pelapukan, maupun penurunan kualitas material yang diakibatkan perubahan iklim atau paparan air dalam jangka Panjang. Dengan durabilitas yang tinggi umur roster akan lebih panjang.

3. Ketahanan Aus

   Ketahanan aus adalah kemampuan permukaan roster beton untuk menahan pengikisan atau kerusakan akibat gesekan mekanis maupun benturan ringan. Hal ini penting karena roster sering mengalami gesekan pada saat pemasangan maupun penggunaan sehari-hari. Menurut SNI 03-0691-1996 pada material serupa seperti paving block batas kehilangan uji keausan adalah maksimal 2 mm. Standar tersebut dapat dijadikan acuan

bahwa roster yang baik harus memiliki ketahanan aus tinggi agar permukaan tetap terjaga, tidak mudah terkikis, dan dapat mempertahankan kualitas estetika serta kekuatannya.

4. Penyerapan Air

   Penyerapan air merupakan salah satu indikator penting dalam menilai mutu roster beton. Roster yang baik harus memiliki tingkat penyerapan air yang rendah agar tidak mudah lembab, retak, maupun ditumbuhi lumut. Tinggi penyerapan air dapat menurunkan durabilitas karena air yang masuk ke dalam pori-pori beton dapat mempercepat proses kerusakan akibat daya serap air. Menurut SNI 03-0349-1989 daya serap maksimum pada bata beton ringan adalah 25% dari berat kering. Dengan demikian, roster beton yang baik sebaiknya memiliki serapan air yang rendah agar lebih tahan lama terhadap kondisi lingkungan.

5. Dimensi dan Presisi Bentuk

   Roster harus memiliki ukuran yang seragam dan presisi agar mudah dipasang dan menghasilkan tampilan yang rapi. Presisi bentuk juga berpengaruh terhadap stabilitas dinding yang disusun dari roster. Ketidaksesuaian dimensi dapat menyebabkan celah tidak rata, menurunkan kekuatan dinding, dan mengurangi nilai estetika. Oleh karena itu, produksi roster harus memperhatikan standar ukuran serta toleransi dimensi agar kualitas produk terjamin.

6. Berat Jenis

   Roster yang baik sebaiknya memiliki berat yang ringan namun tetap kokoh. Bobot ringan memudahkan proses pemasangan sementara sifat kokoh menjaga agar roster tidak mudah pecah. Pemanfaatan material alternatif seperti agregat ringan maupun limbah plastic dapat membantu menurunkan berat jenis tanpa mengurangi kekuatan secara signifikan. Sehingga roster tetap praktis digunakan sekaligus ekonomis.

7. Sifat Fungsional

   Selain sebagai elemen dinding, roster memiliki fungsi utama sebagai ventilasi dan pencahayaan alami. Oleh sebab itu, desain rongga pada roster harus dirancang sedemikian rupa agar dapat menunjang sirkulasi udara dan

masuknya cahaya tanpa mengurangi stabilitas dinding. Roster yang fungsional akan meningkatkan kenyamanan bangunan sekaligus mengurangi kebutuhan energi untuk pencahayaan dan pendinginan ruangan.

8. Estetika

   Roster beton tidak hanya benilai fungsional tetapi juga estetis. Permukaan roster yang baik harus halus, bebas dari cacat, dan memiliki pola ornament yang seragam. Estetika yang baik sangat penting karena roster umumnya digunakan sebagai aksesoris dalam bangunan. Dengan desain yang menarik, roster dapat menambah nilai arsitektural sekaligus mempertahankan fungi teknisnya.

9. Ekonomi dan Keberlanjutan

   Aspek ekonomi juga menjadi pertimbangan penting dalam kualitas roster. Roster yang baik harus terjangkau dari sisi biaya produksi agar dapat digunakan secara luas. Selain itu, pemanfaatan material ramah lingkungan seperti limbah plastic multilayer dapat menjadi nilai tambah, karena selain menekan biaya, juga membantu mengurangi timbulan sampah plastic. Hal ini menjadikan roster tidak hanya ekonomis tetapi juga mendukung Pembangunan berkelanjutan.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu membentuk dasar penelitian yang dapat mendorong gagasan baru. Berikut adalah daftar penelitian terdahulu.

Table 2. 2 Hasil Karya Ilmiah Terdahulu

| No | Judul | Penulis | Hasil | Perbedaan Dengan Penelitian |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Studi Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Terhadap Batu Bata Beton Karawang/Roster | (Septiandini & Sulaiman, 2006) | 1. Kuat Tekan yang Rendah: Nilai kuat tekan bata beton yang menggunakan serat ijuk masih lebih rendah dari nilai minimum yang ditetapkan untuk kelas BBK 10 (10 N/mm²). Hal ini disebabkan oleh pemotongan serat ijuk yang terlalu panjang (3 cm) dan pencampuran yang tidak merata karena dilakukan secara manual ,<br>2. Penyerapan Air: Meskipun hasil pengujian penyerapan air menunjukkan bahwa kadar air berada di bawah 25%, yang termasuk mutu baik, namun tetap dianggap tidak memenuhi target untuk kuat tekan yang diharapkan . | Menggunakan serat ijuk, sedangkan penelitian ini memakai plastic *multilayer*. Hasil penelitian ini lebih baik karena variasi 14% = 2,45 N/mm² dan penyerapan air = 11% (masih sesuai SNI). |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 3. Analisis Varians: Hasil analisis varians menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara kuat tekan bata beton dengan variasi persentase serat ijuk, di mana peningkatan persentase serat ijuk mengarah pada penurunan kuat tekan dan peningkatan penyerapan air | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | The influence of the usage of ldpe plastic waste as fine aggregate in light concrete bricks | (Nursyamsi et al., 2019) | 1. Berat Isi: Bata normal memiliki berat isi rata-rata 1,789 g/cm³, sedangkan bata yang menggunakan 20% pelet plastik LDPE memiliki berat isi rata-rata 1,606 g/cm³, menunjukkan pengurangan yang signifikan dalam berat.<br>2. Kekuatan Tekan: Kekuatan tekan rata-rata bata normal adalah 100,15 kg/cm² yang termasuk dalam kategori kualitas I, sedangkan bata dengan 20% LDPE memiliki kekuatan tekan rata-rata 43,05 kg/cm², yang termasuk dalam kategori kualitas III.<br>3. Absorpsi Air: Persentase absorpsi untuk bata normal sebesar 9,246%, sedangkan untuk bata dengan substitusi 20% LDPE sebesar 7,111%, keduanya kurang dari 25% dan tergolong dalam kategori kualitas I. | Jenis plastic berbeda (LDPE), hasil penyerapan air penelitian ini (11-20%) sedikit lebih tinggi tapi masih memenuhu SNI. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 4. Tensile Strength: Penambahan 20% pelet plastik LDPE menyebabkan penurunan kekuatan tarik sebesar 45,15%. Kualitas Umum: Secara umum, baik bata normal maupun bata dengan 20% LDPE memenuhi kriteria visual dan ukuran yang ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989. dan ukuran yang ditetapkan oleh SNI 03-0349-1989. | |
| 3 | Experimental study on the eco-friendly plastic-sand paver blocks by utilising plastic waste and basalt fibers | (Iftikhar et al., 2023) | 1. Kekuatan Tekan: Penambahan serat basalt dengan 0,5% memberikan peningkatan kekuatan tekan sebesar 20,5%, mencapai kekuatan maksimum yang sesuai dengan standar ASTM C902-15 untuk lalu lintas ringan. | Menggunakan basalt fiber sehingga hasil uji lebih tinggi. Penelitian ini tidak pakai serat tambahan, kuat tekan optimum 2,46 N/mm² dan penyerapan air 11%. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 2. Penyerapan Air: Penelitian menemukan bahwa penyerapan air menurun sebesar 50,5%, menunjukkan peningkatan ketahanan terhadap air dibandingkan dengan paver blok konvensional.<br>3. Rasio Campuran Optimal: Rasio optimal antara LDPE dan pasir adalah 30:70, di mana penggunaan pasir halus menunjukkan hasil terbaik dalam meningkatkan kekuatan tekan.<br>4. Pengaruh Suhu: Efek suhu dari 0 hingga 60 °C menunjukkan bahwa kekuatan tekan paver blok hanya mengalami penurunan 20% pada suhu 60 °C, yang menunjukkan stabilitas termal yang baik.<br>5. Pengganti Ramah Lingkungan: Penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan limbah plastik sebagai | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | pengganti semen dalam pembuatan paver blok, yang akan membantu mengurangi limbah plastik, emisi karbon, dan biaya material | |
| 4 | Effect of Waste Polyethylene Terephthalate on the Structural Properties of Burnt Bricks | (Akinyele et al., 2020) | 1. Pengaruh Persentase PET:<br>- Bata dengan campuran PET sebesar 5% menunjukkan kinerja yang lebih baik dalam hal kekuatan tekan dan efisiensi struktural dibandingkan dengan persentase yang lebih tinggi (10%, 15%, dan 20%).<br>- Bata dengan lebih dari 10% PET cenderung mengalami keruntuhan saat proses pemanggangan karena titik leleh PET yang rendah (antara 245 °C dan 260 °C) menyebabkan bahan tersebut meleleh.<br>2. Sifat Mekanik: | Objek uji bata bakar, bukan roster beton. Hasil kuat tekan penelitian ini variasi optimum lebih tinggi 2,46 N/mm² dengan daya serap lebih terkendali 11%. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Kekuatan tekan bata dengan 5% PET adalah sekitar 2.30 N/mm², sedangkan yang tanpa PET (0%) memiliki kekuatan tekan tertinggi (5.15 N/mm²).<br>- Bata yang mengandung PET juga menunjukkan penyerapan air dan penyusutan yang lebih baik dibandingkan dengan bata yang mengalami disintegrasi pada suhu tinggi.<br>3. Rekomendasi Penggunaan:<br>- Penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan PET dalam bata bakar dapat dilakukan, tetapi harus dibatasi kurang dari 5% untuk memastikan kinerja yang optimal dan untuk menghindari keruntuhan selama proses pemanggangan.<br>4. Kesimpulan Lingkungan: | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Penelitian ini juga memberikan perspektif positif mengenai daur ulang PET, yang merupakan bahan non-biodegradable, dengan memanfaatkan limbah PET sebagai bahan bahan bangunan, sehingga membantu mengurangi masalah pencemaran lingkungan akibat plastik. | |
| 5 | Pengolahan Sampah Plastik Multilayer (Multi-Layered Packaging) Sebagai Bahan Campuran Paving Block | (Rahni et al., 2024) | 1. Kuat Tekan:<br>- Paving block dengan penambahan 0,4% sampah plastik multilayer (paving block R) menunjukkan kuat tekan rata-rata sebesar 17,5 MPa, yang masuk dalam mutu B menurut SNI 03-0691-1996.<br>- Paving block T dengan penambahan 0,6% mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi yaitu 18,9 MPa, sedangkan yang terendah | Produk berbeda yaitu paving blok. Hasil penyerapan air penelitian ini lebih tinggi (11%), tapi masih di bawah batas SNI. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | adalah paving block Q dengan 0,3% yaitu 16,7 MPa .<br>2. Penyerapan Air:<br>- Paving block R memiliki tingkat penyerapan air sebesar 6,5%, juga memenuhi standar yang ditetapkan .<br>- Secara umum, penyerapan air pada paving block yang mengandung sampah plastik multilayer meningkat, meskipun tetap dalam batas yang diperbolehkan oleh standar SNI.<br>3. Komposisi Optimum:<br>- Komposisi optimum untuk pemanfaatan sampah plastik multilayer dalam pembuatan paving block ditemukan pada 0,4%, dengan volume sampah plastik yang dapat dimanfaatkan | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | sebesar 240 $cm^3$ atau seberat 0,22 kg/m | |
| 6 | Pemanfaatan Sampah Plastik Multilayer Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Batako Dengan Metode Solidifikasi. | (Ashari, 2024) | 1. Kualitas Batako:<br>Kuat tekan tertinggi sebesar 26 $kg/cm^2$ (2,54 MPa) ditemukan pada variasi campuran plastik multilayer sebesar 2%, sedangkan terendah sebesar 9 $kg/cm^2$ (0,89 MPa) pada variasi 8%.<br>- Uji penyerapan air menunjukkan nilai tertinggi 12,30% pada variasi 2% dan terendah 10,09% pada variasi 8%.<br>2. Pengurangan Sampah:<br>- Dengan penggunaan batako yang terbuat dari plastik multilayer, didapatkan persentase pengurangan sampah plastik multilayer sebesar 0,99%.<br>3. Analisis Tekno-ekonomi: | Objek uji penelitian yaitu batako, hasil uji serupa dengan penelitian ini. Kuat tekan penelitian ini 2,46 $N/mm^2$ sedikit lebih rendah, tapi daya serap setara 10 – 12 % |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Batako dengan campuran plastik multilayer memperoleh harga jual lebih tinggi dibandingkan batako konvensional, dengan harga dasar Rp 4.823 dan harga jual Rp 5.992 per batako, sehingga menghasilkan keuntungan Rp 999 per batako atau Rp 399.616 per hari.<br>- Nilai Break Even Point (BEP) tercapai pada penjualan 174.507 batako dalam waktu sekitar 1 tahun 2 bulan | |
| 7 | Pemanfaatan Sampah Plastik Multilayer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Paving Block | (Cahyadhy, 2024) | 1. Strength and Performance:<br>- Sampel dengan persentase 0%, 6%, 8%, 10%, dan 12% tidak memenuhi standar SNI 03-0691-1996. Namun, sampel dengan persentase 6% menunjukkan hasil yang paling baik, dengan rata-rata | Produk paving block. Penelitian ini menghasilkan daya serap 11% sedikit lebih tinggi, namun kuat tekan lebih baik dibanding paving block dengan multilayer. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | kuat tekan 8,62 MPa, ketahanan aus 0,457 mm/menit, dan penyerapan air 7,88%, yang mendekati standar.<br>2. Kontribusi terhadap Pengurangan Sampah:<br>- Sampel 6% dapat berkontribusi dalam memanfaatkan sampah plastik sebesar 0,0003 ton/m²/hari atau setara dengan 0,0834 ton/m²/tahun. Dari total kapasitas, dapat dimanfaatkan hingga 0,0078 ton/m²/hari atau 21,791 ton/m²/tahun.<br>3. Analisis Ekonomi:<br>Dari segi nilai ekonominya, metode Techno-Economic Analysis (TEA) menunjukkan bahwa:<br>- Net Present Value (NPV) sebesar Rp. 76.282.678. | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Internal Rate of Return (IRR) sebesar 64%.<br>- Payback Period (PB) sebesar 0,63 tahun.<br>- Ini menunjukkan bahwa produksi paving block dari sampah plastik multilayer secara ekonomi layak untuk dilakukan, dengan nilai ekonomis yang menjanjikan per buah paving block sebesar Rp. 161. | |
| 8 | Pengaruh Limbah Plastik Multilapis (Multilayer) Terhadap Produk Roster Beton Pencetakan Manual | (Sulthon, 2024) | 1. Kuat Tekan Roster Beton: Berikut adalah hasil pengujian kuat tekan pada berbagai variasi:<br>- Variasi 0% (kontrol) memiliki kuat tekan rata-rata 10,57 Kg/cm².<br>- Variasi 28,57% menghasilkan 7,94 Kg/cm². | Sama – sama produk roster beton dengan hasil uji kuat tekan pada variasi yang optimum sedikit lebih kecil yaitu 2,46 N/mm² dengan pengujian daya serap 11% |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | - Variasi 35,71% mencapai 6,19 Kg/cm².<br>- Variasi 42,86% menunjukkan 6,08 Kg/cm².<br>- Variasi 50% hanya memperoleh 0,91 Kg/cm².<br>Semua variasi ini tidak memenuhi standar kuat tekan minimum yang ditetapkan dalam SNI 03-0349-1989, yang mensyaratkan minimum 17 Kg/cm² untuk mutu IV .<br>2. Analisis Kelayakan Ekonomi:<br>- Nilai NPV (Net Present Value) proyek diperoleh sebesar Rp 1.169,43, yang menunjukkan nilai positif, berarti proyek ini dianggap layak secara ekonomi.<br>- IRR (Internal Rate of Return) yang dihasilkan adalah 8,98%, yang lebih besar dari batas minimum | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | 7%, menggambarkan bahwa proyek ini menguntungkan.<br>- Payback Period (PB) yang kurang dari 2 tahun menunjukkan bahwa investasi ini dapat kembali dalam waktu relatif singkat, yang mengindikasikan proyek ini berisiko rendah .<br>3. Potensi Daur Ulang: Penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah plastik multilayer dalam pembuatan roster beton memiliki potensi dalam mengurangi masalah limbah, tetapi dengan konsekuensi terhadap kualitas fisik dari hasil akhir. | |

Berdasarkan penelitian terdahulu, dapat disimpulkan bahwa parameter utama yang diuji dalam pemanfaatan limbah plastik menjadi material beton antara lain:

1. Kuat Tekan: untuk mengetahui kemampuan roster beton menahan beban tekan.
2. Daya Serap Air: untuk menentukan seberapa baik roster beton dapat menahan air, yang berpengaruh pada daya tahan dan performa material dalam kondisi lingkungan yang lembab
3. Analisis Biaya: untuk menilai efisiensi ekonomi dari penggunaan limbah plastik sebagai bahan substitusi.

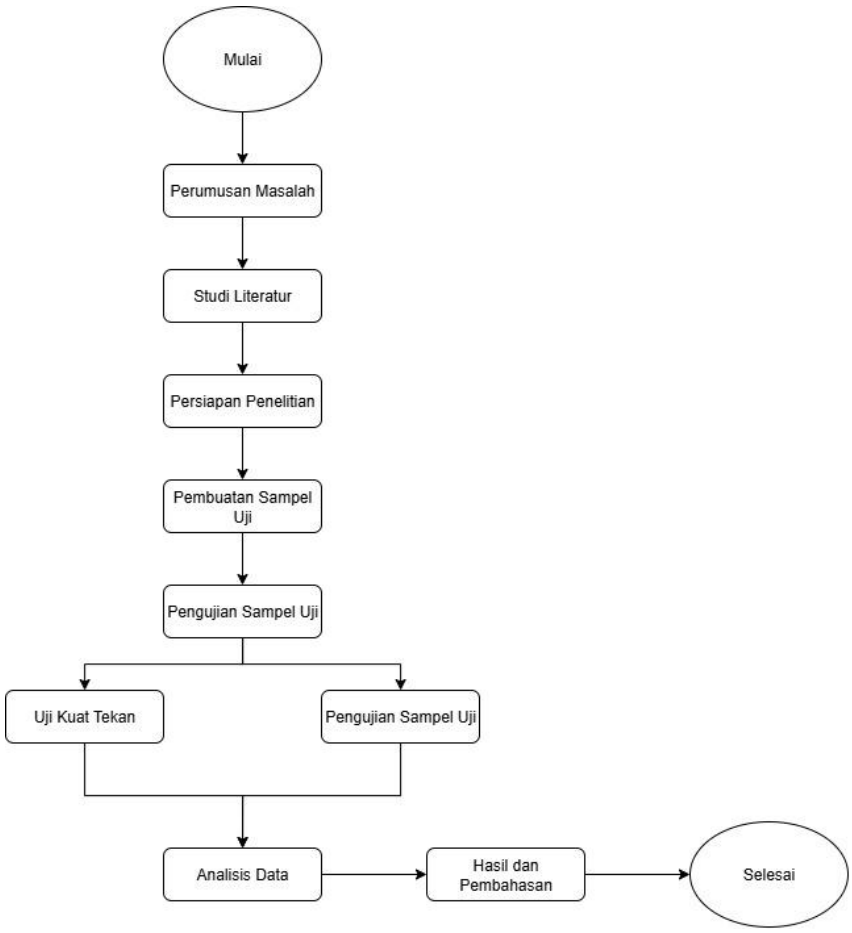
Pada penelitian ini parameter yang akan diuji meliputi:

1. Kuat tekan roster beton dengan variasi persentase dengan cacahan plastik multilayer sebagai pengganti agregat halus.
2. Daya serap roster beton untuk mengetahui pengaruh penambahan plastik multilayer terhadap sifat fisik roster.
3. Analisis biaya produksi roster beton dengan substitusi plastik multilayer, untuk membandingkan efisiensi biaya dengan roster beton konvensional.

# BAB III
# METODE PENELITIAN

## 3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan merumuskan masalah yang ada. Lalu dilanjut dengan studi literatur dengan mencari dan mengumpulkan teori-teori dan hasil penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan untuk penelitian. Kemudian mempersiapkan alat dan bahan untuk penelitian. Dilanjutkan dengan pembuatan sampel di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII. Sampel lalu dikeringkan minimal selama 7 hari. Setelah sampel mencapai usia minimal 7 hari, sampel diuji sifat fisiknya di Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik UII. Selanjutkan dapat dilakukan pengolahan data untuk menentukan roster ini sudah sesuai ketentuan syarat fisik yang berlaku. Penelitian dilakukan dengan tahapan yang dijabarkan melalui diagram alir berikut.




Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

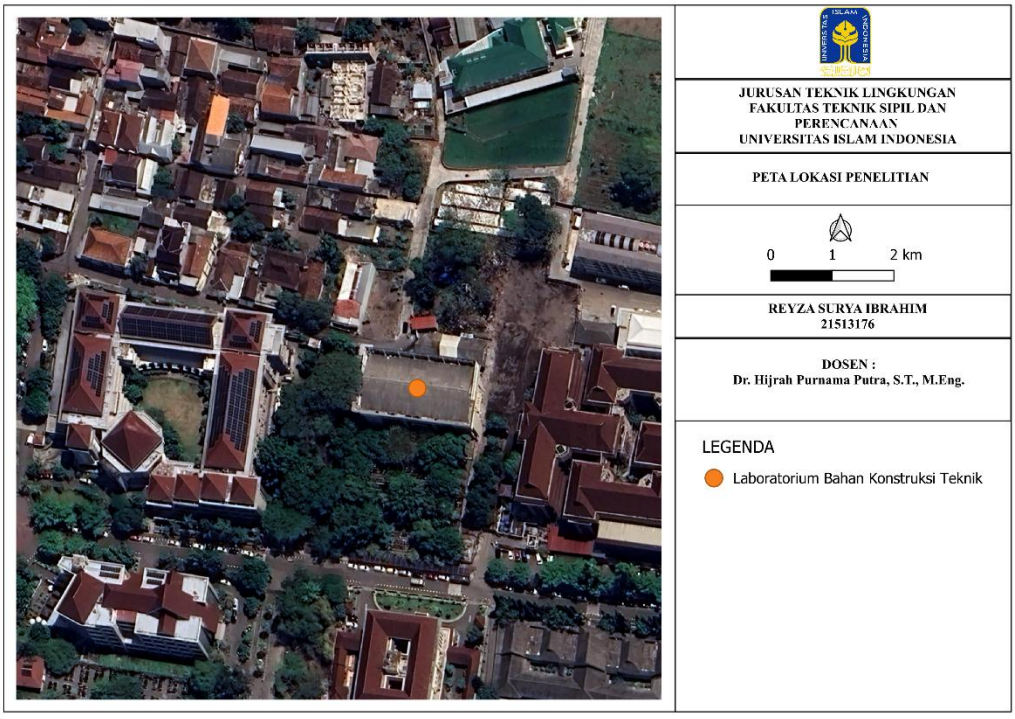
## 3.2 Waktu dan Lokasi

1. Waktu Penelitian

   Waktu yang digunakan penelitian ini dilaksanakan sejak tanggal dikeluarkannya izin penelitian dalam kurun waktu kurang lebih 6 (enam) bulan, 3 bulan pengumpulan data dan 3 bulan pengolahan data yang meliputi penyajian dalam bentuk tugas akhir dan proses bimbingan berlangsung

2. Tempat Penelitian

   Tempat pelaksanaan penelitian Laboratorium Bahan Kontruksi yang beralamat di Jalan Kaliurang km 14,5, Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.




Gambar 3. 2 Peta Lokasi Penelitian

### 3.3 Alat dan Bahan

Pendukung penelitian dengan alat -alat dan bahan yang disajikan sebagai berikut.

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

Gambar 3. 3 Alat - Alat (1) Alat Uji Kuat Tekan, (2) Pencacah Sampah, (3) Timbangan Digital, (4) Oven, (5) Jangka Sorong, (6) Cetakan Roster, (7) Ember, (8) Alas Roster, (9) Gayung Sampel, (10) Sekop

(1)

(2)

(3)

(4)

Gambar 3. 4 Bahan -Bahan (1) Pasir, (2) Plastik Multilayer, (3) Air, (4) Semen

## 3.4 Prosedur Analisis Data

Pada sub bab prosedur analisis data penelitian dilakukan sebagai berikut.

### 3.4.1 Metode Pembuatan Sampel Uji

Pembuatan sampel dilakukan di Pusat Inovasi Material Vulkanis Merapi UII, dengan langkah sebagai berikut:

1. Persiapan Sampel
    a. Sampah plastik multilayer dibersihkan dan dipilah sebelum dilakukan pencacahan
    b. Pencacahan plastik multilayer dilakukan untuk mendapatkan serpihan plastik yang sesuai dengan ukuran agregat halus
    c. Penyiapan bahan campuran roster yaitu semen, pasir, dan air
    d. Menimbang berat bahan campuran roster sesuai variasi
2. Pembuatan Sampel
    a. Campur bahan – bahan yang sudah ditimbang ke dalam ember sesuai dengan variasi yang telah ditentukan. Kemudian dilakukan pengadukan hingga *homogen*

b. Setelah adonan tercampur, masukan adonan kedalam cetakan roster lalu padatkan adonan untuk selanjutkan jika adonan sudah padat lepaskan cetakan roster tersebut
c. Roster yang sudah lepas dari cetakan kemudian didiamkan/dikeringkan selama minimal 7 hari agar kering sempurna.

### 3.4.2 Metode Pengujian Kualitas Roster Beton

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin tekan dengan prosedur pengujian seperti berikut:

1. Persiapan Sampel
   a. Pastikan sampel uji sudah melalui proses curing sesuai waktu yang ditentukan.
2. Penimbangan dan Pengukuran Dimensi
   a. Timbang berat sampel uji hingga mendapatkan berat tetap.
   b. Catat hasil penimbangan untuk digunakan dalam analisis.
   c. Ukur panjang, lebar dan tebal sampel uji dengan jangka sorong.
   d. Catat hasil pengukuran untuk menentukan luas penampang (A).
3. Pengujian Kuat Tekan
   a. Letakkan benda uji secara simetris di antara pelat tekan mesin
   b. Jalankan mesin tekan dengan kecepatan beban konstan hingga benda uji mengalami keruntuhan
   c. Catat beban maksimum (P) yang ditunjukan oleh mesin
4. Analisis data

Setelah melakukan pengujian kuat tekan, hasil daya yang diperoleh dari mesin hidrolis dengan ketelitian 1 kgf, dilanjutkan perhitungan di bawah sehingga data yang dihitung dapat dianalisis.

Perhitungan kuat tekan berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Kuat Tekan (N/mm}^2\text{)} = \frac{\rho}{A}$$

Keterangan :

$\rho$ : Beban hancur (N)

A : Luas bidang tekan ($mm^2$)

2. Pengujian Penyerapan Air

Pengujian penyerapan air yaitu perhitungan yang dimana dilakukan untuk memperoleh persentase penyerapan air dari roster beton yang diuji dengan prosedur sebagai berikut:

1. Persiapan sampel
   a. Pastikan sampel uji sudah melalui proses curing sesuai waktu yang ditentukan.
2. Pengukuran Dimensi
   a. Ukur panjang, lebar dan tebal sampel uji dengan alat ukur yang sesuai.
   b. Catat dimensi untuk memastikan keseragaman sampel.
3. Perendaman
   a. Rendam sampel uji dalam air selama 24 jam.
   b. Setelah perendaman, angkat benda uji lalu lap permukaannya hingga bebas dari air berlebihan.
4. Penimbangan setelah perendaman
   a. Timbang kembali benda uji setelah perendaman untuk mendapatkan berat basah (W).
   b. Catat hasil penimbangan.
5. Pengeringan dalam Oven
   a. Masukan sampel uji ke dalam oven dengan temperatur 110$^{o}$C
   b. Timbang kembali setelah dikeluarkan dari oven untuk mendapatkan berat kering (D).
6. Analisis data

Data yang diperoleh berasal dari pengukuran nilai berat roster beton sebelum perendaman untuk menentukan berat kering, serta setelah perendaman untuk mengetahui berat basah dengan perhitungan mengacu pada persamaan penyerapan air berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W-D}{D} \times 100\%$$

Keterangan:

W : Berat Basah (Kg)

D : Berat kering (Kg)

### 3.4.3 Penilaian Pengurangan Plastik

Dalam Pembuatan Roster Beton dengan menggunakan substitusi bahan sampah plastik *multilayer* yang bertujuan untuk mengurangi akumulasi limbah plastik di masyarakat. Semakin tinggi persentase plastik yang digunakan sebagai substitusi, semakin besar kontribusinya dalam mengurangi jumlah plastik di masyarakat. Pengurangan limbah plastik bergantung dengan variasi persentase plastik yang digunakan. Selain itu, berat akhir produk juga mempengaruhi jumlah bahan yang diperlukan dalam proses produksi roster beton. Adapun tahapan perhitungannya sebagai berikut:

$$\text{Persentase Pengurangan} = \left(\frac{Berat\ Plastik\ per\ Roster\ (ton) \times Jumlah\ Produksi}{Berat\ Timbulan\ Sampah\ Plastik\ \left(\frac{ton}{hari}\right)}\right) \times 100\%$$

### 3.4.4 Analisis Kelayakan Ekonomi

Dalam perhitungan pembiayaan produk dengan menggunakan analisis kelayakan ekonomi yang dimana menghitung harga pokok produksi dan *Break Even Point (BEP).* Untuk perhitungannya menggunakan persamaan berikut.

a. Harga Pokok Produksi (HPP)

$$\text{HPP} = \frac{\text{Total Biaya Produksi}}{\text{Jumlah Produk}}$$

Keterangan:

Total biaya produksi = biaya tetap + biaya variabel

Jumlah produk = total unit roster beton yang diproduksi

b. *Break Even Point (BEP)*

$$\text{BEP} = \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}}$$

Keterangan:

Modal awal = total biaya tetap yang dikeluarkan untuk memulai usaha atau produksi

Harga jual = harga per unit produk saat dijual ke konsumen

Harga dasar = biaya variabel per unit

# BAB IV
# HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini adalah sebuah hasil studi eksperimental mengenai produk roster berbahan plastik multilayer yang dilaksanakan di Pusat Inovasi Material Vulkanik Merapi (PIMVM) dan Laboratorium Bahan Kontruksi (BKT) Universitas Islam Indonesia. Sampel roster plastik multilayer diuji melalui serangkaian analisis, meliputi pengujian kuat tekan dan penyerapan air. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

## 4.1 Pra Percobaan Pembuatan Roster

Dalam pembuatan roster dilakukan percobaan untuk menentukan variasi campuran plastik *multilayer*. Dalam percobaan ini menggunakan variasi 1:7 dengan penambahan plastik 20%. Percobaan pembuatan dengan perbandingan ini ternyata gagal dikarenakan kandungan pasir dan plastik dalam roster terbilang cukup banyak dan tingkat kerekatan yang kurang.

Gambar 4. 1 Hasil Trial Error

Dari hasil percobaan perbandingan 1:7 dengan variasi 20% tersebut roster yang dicetak tidak maksimal melainkan retak dan hancur setelah diangkat, maka dalam hal ini perbandingan yang akan digunakan 1:6 dengan variasi plastik 18%, 16%, 14%, 12% dan 0%.

## 4.2 Perhitungan Komposisi Material Roster

Dalam proses pembuatan roster, bahan – bahan yang dibutuhkan meliputi semen, pasir, plastik multilayer, dan air. Perhitungan proporsi masing – masing material dalam campuran roster dijelaskan sebagai berikut.

1. Kebutuhan benda uji

Jumlah benda uji yang dibutuhkan dapat ditentukan berdasarkan berat roster yang digunakan sebagai acuan dalam pencampuran material untuk setiap variasi benda uji. Berikut adalah perbandingan campuran roster dengan plastik multilayer disajikan pada tabel berikut.

Table 4. 1 Perbandingan Campuran Roster

| **Perbandingan Campuran 1 : 6** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Variasi** | **Semen** | **Pasir** | **Plastik Multilayer** | **Total Berat** |
| | **Kg** | **Kg** | **Kg** | **Kg** |
| I | 0,81 | 5,76 | 0 | 6,57 |
| II | 0,81 | 4,60 | 0,12 | 5,54 |
| III | 0,81 | 4,41 | 0,14 | 5,37 |
| IV | 0,81 | 4,22 | 0,16 | 5,19 |
| V | 0,81 | 4,03 | 0,18 | 5,02 |

Contoh perhitungan perbandingan roster untuk memperoleh persentase plastik untuk variasi II

1 wadah semen = 0,81 kg → Berat Semen

1 wadah pasir = 0,96 kg

Berat pasir = 1 wadah pasir x rasio

= 0,96 kg x 4,8 = 4,60 kg

Persentase plastik = $\frac{Bagian\ Plastik}{Total\ Campuran} \times 100\%$

= $\frac{0,84}{7} \times 100\% = 12\%$

Berdasarkan hasil perhitungan jumlah agregat plastik, diketahui bahwa persentase yang digunakan yaitu 0%, 12%, 14%, 16% dan 18%. Pembuatan roster beton untuk pengujian berjumlah 5 pcs untuk tiap variasinya. Dalam proses pembuatanya semakin tinggi kandungan plastik, maka semakin besar juga tenaga yang dibutuhkan dalam proses pemadatan karena sifat plastik yang lentur. Untuk waktu pengeringan butuh waktu minimal 7 (tujuh) hari. Setelah

melewati masa pengeringan sebelum dilakukannya pengujian dibutuhkan pengukuran panjang, lebar, dan tebal. Pengukuran untuk masing -masing variasi sebagai berikut :

Table 4. 2 Pengukuran Roster

| Variasi | Panjang (mm | Lebar (mm) | Tebal (mm) |
|---|---|---|---|
| 0% | | | |
| 1.1 | 193 | 193 | 95 |
| 1.2 | 193 | 193 | 94 |
| 1.3 | 193 | 193 | 94 |
| 1.4 | 194 | 194 | 94 |
| 1.5 | 192 | 192 | 93 |
| 12% | | | |
| 2.1 | 194 | 194 | 96 |
| 2.2 | 194 | 194 | 96 |
| 2.3 | 195 | 195 | 96 |
| 2.4 | 194 | 194 | 96 |
| 2.5 | 193 | 193 | 96 |
| 14% | | | |
| 3.1 | 194 | 194 | 97 |
| 3.2 | 195 | 195 | 97 |
| 3.3 | 104 | 104 | 96 |
| 3.4 | 194 | 194 | 97 |
| 3.5 | 195 | 195 | 98 |
| 16% | | | |
| 4.1 | 194 | 194 | 95 |
| 4.2 | 193 | 193 | 97 |
| 4.3 | 194 | 194 | 97 |
| 4.4 | 195 | 195 | 95 |
| 4.5 | 195 | 195 | 95 |
| 18% | | | |
| 5.1 | 193 | 193 | 95 |
| 5.2 | 195 | 195 | 95 |
| 5.3 | 194 | 194 | 96 |
| 5.4 | 194 | 194 | 96 |
| 5.5 | 194 | 194 | 95 |

Berdasarkan analisa data, bahwa dalam satu variasi pada setiap sampelnya memiliki pengukuran panjang, lebar, dan tebal yang berbeda, hal ini disebabkan karena adanya faktor pemadatan dan pencampuran.

Gambar 4. 2 Pembuatan Roster

Gambar 4. 3 Pengukuran Roster Beton

## 4.3 Pengujian Fisik

Pengujian sifat fisik dilakukan mengacu pada SNI 03-1579-1989 tentang Bata Beton Kerawang, dalam SNI ini mencakup pengujian kuat tekan dan penyerapan air. Proses pengujian ini dilakukan menggunakan alat antara lain, alat tekan hidrolik, oven dan timbangan. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Kontruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

### 4.3.1 Uji Kuat Tekan

Pengujian roster beton ini dilakukan sebanyak 5 kali untuk tiap variasinya yang dimana faktor panjang, lebar, tebal dan berat akan mempengaruhi hasil uji kuat tekan. Hasil pengujian untuk tiap masing – masing variasi disajikan dalam tabel berikut.

Table 4. 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

| Variasi | Luas Penampang (mm2) | Kuat Tekan (N) | Kuat Tekan (N/mm2) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 0% | | | | |
| 1.1 | 18335 | 27271,80 | 1,49 | 2,28 |
| 1.2 | 18142 | 19129,50 | 1,05 | |
| 1.3 | 18142 | 47088,00 | 2,60 | |
| 1.4 | 18236 | 56162,25 | 3,08 | |
| 1.5 | 17856 | 57192,30 | 3,20 | |
| 12% | | | | |
| 2.1 | 18624 | 15450,75 | 0,83 | 1,65 |
| 2.2 | 18624 | 54543,60 | 2,93 | |
| 2.3 | 18720 | 21385,80 | 1,14 | |
| 2.4 | 18624 | 38847,60 | 2,09 | |
| 2.5 | 18528 | 23347,80 | 1,26 | |
| 14% | | | | |
| 3.1 | 18818 | 35316,00 | 1,88 | 2,46 |
| 3.2 | 18915 | 39632,40 | 2,10 | |
| 3.3 | 9984 | 46499,40 | 4,66 | |
| 3.4 | 18818 | 23887,35 | 1,27 | |
| 3.5 | 19110 | 46205,10 | 2,42 | |
| 16% | | | | |
| 4.1 | 18430 | 30607,20 | 1,66 | 1,10 |
| 4.2 | 18721 | 31431,24 | 1,68 | |
| 4.3 | 18818 | 15794,10 | 0,84 | |
| 4.4 | 18525 | 7602,75 | 0,41 | |
| 4.5 | 18525 | 16726,05 | 0,90 | |
| 18% | | | | |
| 5.1 | 18335 | 11870,10 | 0,65 | 0,65 |
| 5.2 | 18525 | 12311,55 | 0,66 | |
| 5.3 | 18624 | 11821,05 | 0,63 | |
| 5.4 | 18624 | 1373,40 | 0,07 | |
| 5.5 | 18430 | 6376,50 | 0,35 | |

Contoh perhitungan penentuan bruto kuat tekan untuk variasi II (12%) sebagai berikut:

Luas Penampang ($mm^2$) = panjang roster (mm) x tebal roster (mm)

= 196 mm x 96 mm

= 18624 $mm^2$

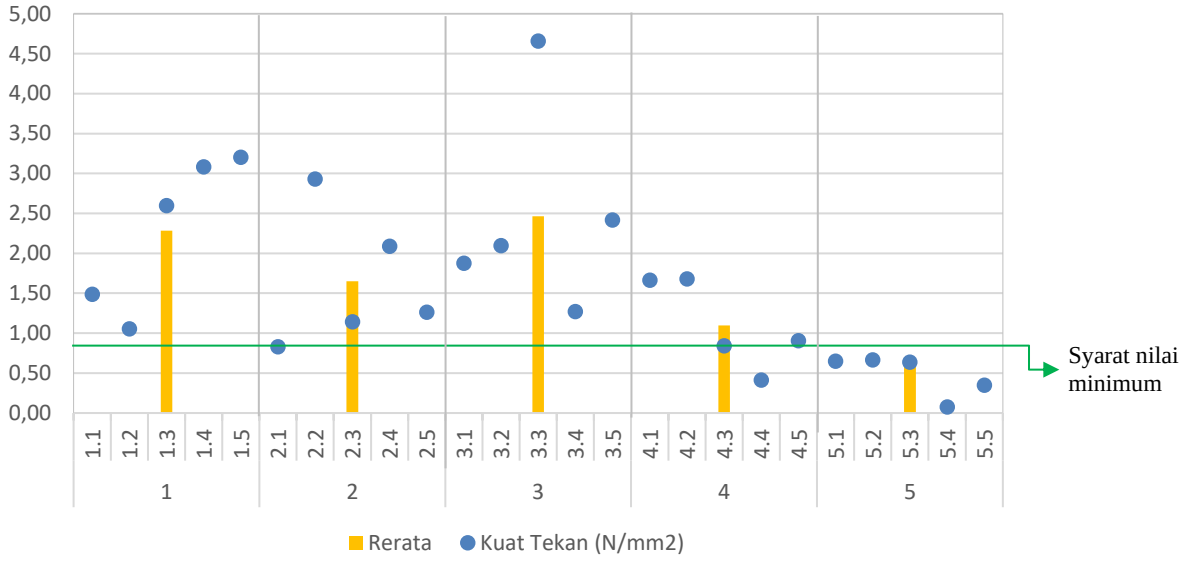
Berat Hancur = 54543,60 N

Kuat Tekan (N/mm²) $= \frac{\rho}{A}$

$= \frac{54543{,}60\ N}{18624\ mm^2}$

= 2,93 N/mm²

Hasil pengolahan data kuat tekan disajikan dalam grafik berikut.




Gambar 4. 4 Pengujian Kuat Tekan

Berdasarkan data nilai kuat tekan diketahui bahwa variasi 1 dan 3 memiliki nilai rata – rata kuat tekan tertinggi dengan nilai untuk variasi 1 23,28 N/mm² dan untuk variasi 3 sebesar 25,11 mm². Untuk nilai rata – rata kuat tekan untuk tiap variasinya antara lain variasi 2 sebesar 16,81 N/mm², variasi 4 sebesar 11,20 N/mm² dan variasi 5 sebesar 6,61 N/mm². Untuk nilai yang memenuhi syarat fisik SNI 03-1579-1989 yaitu variasi 1 sampai 4 karena nilainya lebih dari 0,8 N/mm² sedangkan untuk variasi 5 tidak memenuhi syarat karena nilainya kurang dari 0,8 N/mm². Penyebab pengujian variasi 5 tidak memenuhi syarat dikarenakan terdapat beberapa faktor antara lain dalam pencampuran adonan tidak merata serta pada saat proses pemadatan yang kurang maksimal sehingga menghasilkan adonan yang kurang padat. Dari data hasil nilai kuat tekan yang sudah diperoleh dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya bahwa penambahan plastik *multilayer* dengan persentase 12%,14%,dan 16% untuk perbandingan rasio 1:6 nilai kuat tekan yang relatif sebanding dengan hasil penelitian terdahulu oleh (Sulthon, 2024), yang menggunakan rasio

persentase penelitian terdahulu yaitu 10%, 15% dan 20% dengan perbandingan rasio 1:5. Hal ini menunjukan bahwa meskipun terdapat perbedaan rasio campuran tren pengaruh penambahan plastik *multilayer* terhadap kuat tekan beton cenderung menghasilkan nilai yang tidak jauh berbeda.

Gambar 4. 5 Proses Pengujian Kuat Tekan

### 4.3.2 Uji Daya Serap

Dalam pengujian daya serap ini sampel yang digunakan sebanyak 5 *pcs* untuk tiap variasi. Berikut merupakan hasil pengujian penyerapan air yang disajikan dalam tabel berikut.

Table 4. 4 Hasil Pengujian Daya Serap

| Variasi | Berat Basah (kg) | Berat Kering (kg) | Persentase Penyerapan Air (%) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 0% | | | | |
| 1.1 | 5,79 | 5,02 | 15% | 13% |
| 1.2 | 5,77 | 4,94 | 17% | |
| 1.3 | 5,93 | 5,27 | 13% | |
| 1.4 | 6,02 | 5,46 | 10% | |
| 1.5 | 5,81 | 5,21 | 11% | |
| 12% | | | | |
| 2.1 | 5,50 | 4,66 | 18% | 14% |
| 2.2 | 5,79 | 5,25 | 10% | |
| 2.3 | 5,50 | 4,78 | 15% | |
| 2.4 | 5,69 | 5,15 | 11% | |
| 2.5 | 5,66 | 4,93 | 15% | |
| 14% | | | | |
| 3.1 | 5,55 | 4,99 | 11% | 11% |
| 3.2 | 5,81 | 5,27 | 10% | |

| Variasi | Berat Basah (kg) | Berat Kering (kg) | Persentase Penyerapan Air (%) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 3.3 | 5,73 | 5,20 | 10% | |
| 3.4 | 5,39 | 4,76 | 13% | |
| 3.5 | 5,79 | 5,22 | 11% | |
| 16% | | | | |
| 4.1 | 5,43 | 4,81 | 13% | |
| 4.2 | 5,33 | 4,75 | 12% | |
| 4.3 | 5,55 | 4,84 | 15% | 15% |
| 4.4 | 5,32 | 4,50 | 18% | |
| 4.5 | 5,40 | 4,71 | 15% | |
| 18% | | | | |
| 5.1 | 5,21 | 4,40 | 18% | |
| 5.2 | 5,21 | 4,38 | 19% | |
| 5.3 | 5,25 | 4,43 | 19% | 20% |
| 5.4 | 5,18 | 4,07 | 27% | |
| 5.5 | 5,28 | 4,54 | 16% | |

Berikut merupakan contoh perhitungan uji penyerapan air untuk roster beton variasi II.

Berat Basah = 5,50 kg

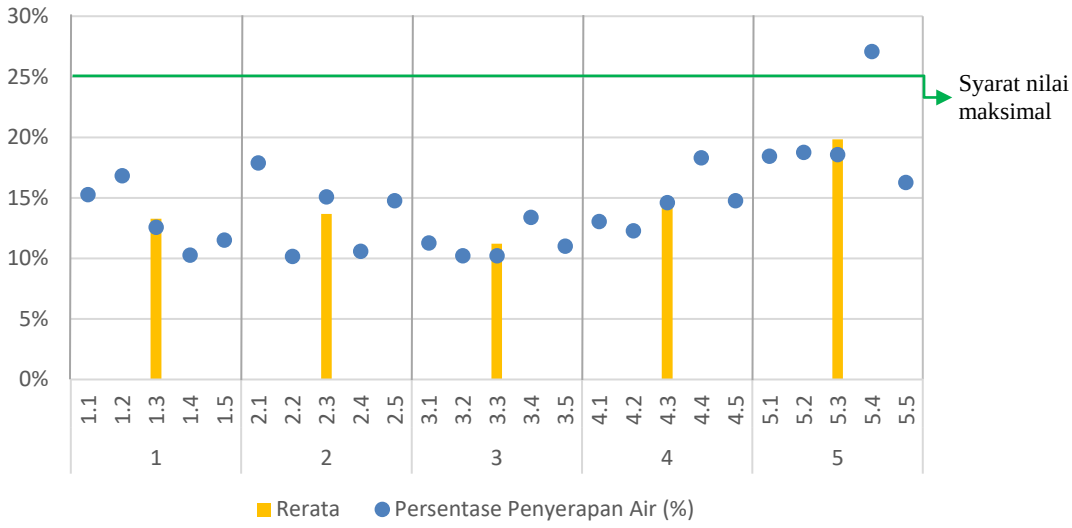
Berat Kering = 4,66 kg

Persen Penyerapan Air $= \frac{W-D}{D} \times 100\%$

$= \frac{5{,}50 - 4{,}66}{4{,}66} \times 100\%$

$= 18\%$

Hasil pengolahan daya persen penyerapan air disajikan dalam grafik berikut.




Gambar 4. 6 Persentase Penyerapan Air

Dari data nilai penyerapan air diketahui bahwa hasil penyerapan air sudah berada diatas standar yang telah ditentukan oleh SNI 03-1570-1989 dengan nilai maksimum penyerapan air sebesar 25%. Nilai rata-rata penyerapan air pada penelitian ini berkisar 11% - 20% dengan variasi 2 sebesar 14%, variasi 3 sebesar 11%, variasi 4 sebesar 15%, dan variasi 5 sebesar 20%. Hasil tersebut terlihat bahwa semakin tinggi konsntrasi plastik multilayer yang digunakan semakin rendah daya serap pada roster, sedangkan pada konsentrasi yang lebih rendah penyerapan air cenderung meningkat hal ini sejalan dengan sifat plastik yang tidak menyerap air. Hasil ini dapat dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Sulthon, 2024), dimana persentase penyerapan air pada penelitian ini memiliki kecenderungan yang hampir sama yaitu berkisar antara 10-20% meskipun dengan persentase campuran plastik multilayer dan perbandingan rasio campuran yang berbeda. Hal ini menunjukan bahwa pengaruh penambahan plastik multilayer terhadap penurunan daya serap roster beton relatif konsisten dengan hasil penelitian terdahulu.

Gambar 4. 7 Proses Pengujian Daya Serap Air

### 4.3.1 Hasil Analisa Pengujian Fisik

Analisa roster beton dengan penambahan plastik *multilayer,* berdasarkan uji kuat tekan dan daya serap air disajikan dalam tabel berikut.

Table 4. 5 Analisa Pengujian Fisik Roster Beton

| Variasi | Rerata Kuat tekan ($N/mm^2$) | Rerata Persentase Penyerapan Air (%) | Klasifikasi Syarat Fisik |
|---|---|---|---|
| 1 | 2,28 | 13% | Memenuhi SNI |
| 2 | 1,65 | 14% | Memenuhi SNI |
| 3 | 2,46 | 11% | Memenuhi SNI |
| 4 | 1,10 | 15% | Memenuhi SNI |
| 5 | 0,47 | 20% | Tidak Memenuhi SNI |

Penentuan kelas pada nilai kuat tekan berdasarkan batas minimum nilai kuat tekan yang ada pada SNI 03-1570-1989 yaitu kelas BBK 20 sebesar 1,8 dan BBK 10 sebesar 0,8. Dari data yang diperoleh yang masuk dalam Kelas BBK 20 adalah varisi 1(0%) dan variasi 3 (14%) sedangkan variasi 2 (12%) dan variasi 4 (16%) masuk kedalam kelas BBK 10 dengan persentase air sudah dibawah 25%. Untuk klasifikasi yang tidak memenuhi SNI pada tabel diatas disebabkan karena uji kuat tekan tidak memenuhi syarat SNI, meskipun secara uji penyerapan air sudah dibawah 25%.

## 4.3 Penilaian Pengurangan Limbah

Pengurangan limbah plastik multilayer dihitung berdasarkan persentase penggunaan plastik *multilayer* pada roster beton yang memenuhi kriteria untuk dipasarkan, yaitu 12%,14%, dan 16%. Hasil perhitungan pengurangan limbah disajikan dalam tabel berikut.

Table 4. 6 Hasil Persentase Pengurangan Plastik

| Variasi Plastik | Berat Plastik per Roster (kg) | Total Plastik (kg/hari) | Ton/hari | Persentase Pengurangan |
|---|---|---|---|---|
| 12% | 0,12 | 5,76 | 0,00576 | 0,00136% |
| 14% | 0,14 | 6,72 | 0,00671 | 0,00159% |
| 16% | 0,16 | 7,68 | 0,00768 | 0,00182% |

Contoh perhitungan persentase pengurangan limbah plastik multilayer dengan variasi plastik 14%, sebagai berikut.

Berat timbulan plastik Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) = 528,36 ton/hari

Jumlah produksi roster/hari = 60 *pcs*

Berat plastik per roster = 0,14 kg → 0,00014 ton

$$\text{Persentase Pengurangan} = \left(\frac{Berat\ Plastik\ per\ Roster\ (ton) \times Jumlah\ Produksi}{Berat\ Timbulan\ Sampah\ Plastik\ \left(\frac{ton}{hari}\right)}\right) \times 100\%$$

$$= \left(\frac{0{,}00014 \times 60}{528{,}36}\right) \times 100\%$$

$$= 0{,}00159\%$$

Meskipun persentase pengurangannya terlihat kecil, upaya ini tetap menjadi langkah positif dalam menangani limbah plastik multilayer yang sulit untuk didaur ulang.

## 4.4 Perhitungan Analisa Kelayakan Ekonomi

Perhitungan biaya produksi dilakukan untuk merancang strategi dan operasional dalam menjalankan sebuah usaha, terutama dalam industri pembuatan roster beton. Penelitian ini menganalisis kelayakan ekonomi dari pembuatan roster beton dengan penambahan plastik multilayer. Perhitungan harga produksi dengan menggunakan variasi 2 dengan persentase plastik 12% dengan harga pokok produksi diperoleh dari harga yang sesuai di pasaran.

### 4.4.1 Harga Produksi Roster

Biaya produksi roster yaitu biaya yang dikeluarkan dalam pengolahan bahan baku menjadi sebuah produk dengan rincian sebagai berikut.

Produksi roster per hari $= \frac{waktu\ kerja\ efektif}{waktu\ pembuatan\ 1\ roster}$

$= \frac{480\ menit}{8\ menit/roster}$

= 60 roster/psc

1. Biaya pengadahan bahan
   - Harga semen per 1 kg = Rp. 1700
   - Harga pasir per 1 kg = Rp. 1200
   - Air dan listrik = Rp. 300
   - Kebutuhan semen = 0,81 kg/roster
   - Kebutuhan pasir = 4,61 kg/roster
   - Biaya semen = 0,81 x Rp 1600

     = Rp 1377
   - Biaya pasir = 4,61 x Rp 1200

     = Rp 5532

   Biaya pengadaan bahan = Rp 7209

   Biaya pengadaan bahan per hari = Rp 7209 x 60

   = Rp 432.540
2. Biaya pengadaan alat
   - Harga mesin pencacah = Rp. 9.000.000
   - Harga cetakan = Rp. 330.000
   - Harga ember = Rp. 10.000
   - Harga sekop = Rp. 35.000
   - Harga ayakan pasir = Rp. 25.000
   - Harga timbangan = Rp. 150.000
   - Total biaya alat = Rp. 9.550.000
   - Usia alat = 1 tahun
   - Nilai sisa alat = Rp. 0
   - Jumlah hari kerja = 245 hari
   - Biaya penyusutan $= \frac{Rp.9.550.000}{245\ hari}$

= Rp. 38.980

Total biaya pengeluaran per hari = biaya pengadaan bahan + biaya pengadaaan alat

= Rp 432.540 + Rp 38.980

= Rp 471.520

3. Biaya pokok produksi lapangan.
   - Kapasitas produksi = 60 psc/hari
   - Produksi lapangan $= \frac{Biaya\ pengeluaran}{Kapasitas\ Produksi}$

     $= \frac{Rp.576.761}{60\ psc}$

     = Rp 7848
   - Margin perusahaan = 20%
   - Harga produksi/jual $= \frac{harga\ dasar}{1 - margin\ perusahaan}$

     $= \frac{Rp.\ 12.016}{1 - 20\%}$

     = Rp 9823
4. Penghasilan produksi
   - Kapasitas produksi = 60 psc/hari
   - Harga jual = Rp 9823
   - Total pemasukan = Kapasitas produksi x Harga jual

     = 60 pcs x Rp 9823

     = Rp 589.399
   - Keuntungan per roster = Harga jual -Harga dasar

     = Rp 9823 – Rp 7859

     = Rp 1965
   - Persentase keuntungan $= \frac{\text{Keuntungan produksi}}{\text{Harga jual}} \times 100\%$

     $= \frac{Rp\ 2500}{\text{Rp } 9811} \times 100\%$

     = 20%
   - Keuntungan per hari = Total pemasukan – (Harga dasar x Kapasitas produksi)

     = Rp 720.000 - ( Rp 7848 x 60 )

     = Rp 117.880

- Keuntungan per bulan = Rp 144.190 x 22 hari
  = Rp 2.593.358

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa pemasukan dari penjualan roster beton dengan penambahan plastik multilayer sebesar Rp 588.634 per hari, dengan keuntungan Rp 1962 per roster, sehingga total keuntungan yang didapatkan sebesar Rp 117.727 per hari. Selama sebulan, keuntungan didapatkan mencapai Rp 2.589.990.

### 4.4.2 Analisis Break Even Point

Evaluasi kelayakan investasi pada produksi roster beton dilakukan dengan menghitung nilai *Break Even Point (BEP)* setelah diketahui harga pokok produksi roster beton dengan penambahan plastik *multilayer*. Perhitungan ini digunakan untuk menentukan titik impas apabila jumlah pendapatannya sama jumlah biaya, atau jika laba kontribusi digunakan untuk menutup biaya suatu produk.

1. *Break Even Point (BEP)*

- Modal awal
  a. Biaya pembuatan = Rp. 432.540
  b. Biaya alat = Rp. 38.367
  Jumlah modal awal = Rp. 470.907
- *Break Even Point (BEP)*

  BEP $= \frac{\text{Modal awal}}{\text{Harga jual} - \text{Harga dasar}}$

  $= \frac{470.907}{\text{Rp } 9811 - \text{Rp } 1962}$

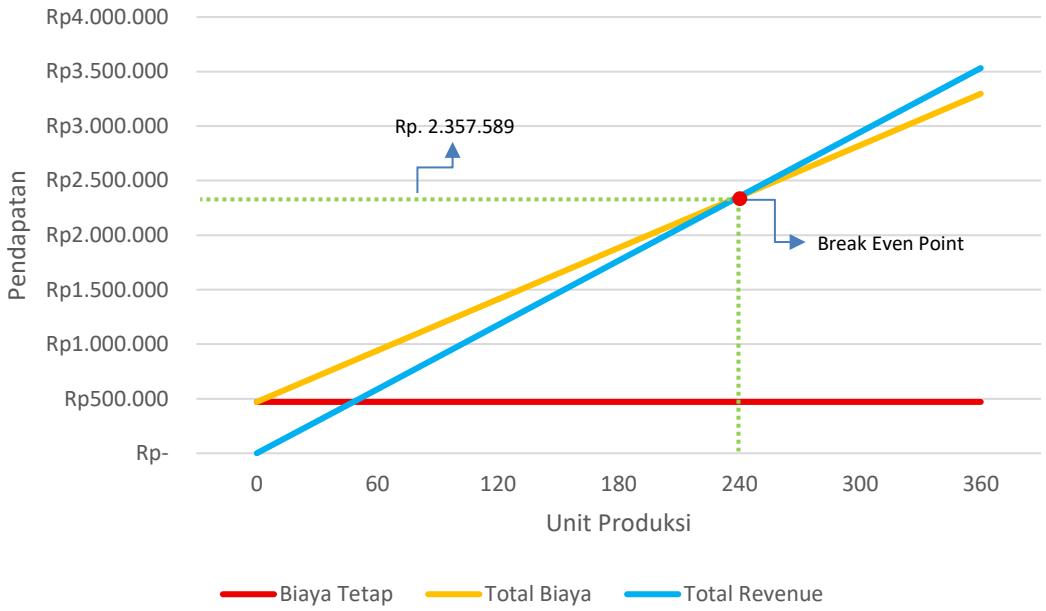
  = 240 roster

  Jumlah BEP per unit apabila produk diasumsikan laku terjual

  BEP dalam hari $= \frac{\text{BEP}}{\text{Kapasitas produksi}}$

  $= \frac{240}{60}$

  = 4 hari




Gambar 4. 8 Grafik Break Even Point (BEP)

Dalam menghitung nilai BEP, jumlah modal awal menjadi salah satu data yang diperlukan yang totalnya sebesar Rp 471.520. Setelah mengetahui modal awal, harga jual dan harga pokok produksi, diperoleh nilai BEP sebanyak 240 roster. Artinya, perusahaan akan mencapai titik balik modal jika dapat memproduksi roster sebanyak 240 pcs. Jika jumlah BEP per unit apabila produk diasumsikan laku terjual, maka target tersebut akan tercapai dalam kurun waktu 4 hari.

Berdasarkan grafik diatas menggambarkan titik impas antara total biaya dan total pendapatan. Titik perpotongan kedua garis tersebut pada produksi 240 psc dengan nilai sekitar Rp 2.357.589, merupakan titik BEP dimana pendapatan sama dengan total biaya. Jika produksi di bawah titik dinyatakan usaha belum balik modal atau masih mengalami kerugian, sebaliknya jika produksi di atas titik dinyatakan usaha sudah balik modal atau mulai memberikan keuntungan.

# BAB V
# PENUTUP

## 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian pembuatan roster dengan penambahan plastik *multilayer*, sebagai berikut

1. Pada pengujian kuat tekan nilai rata-rata roster tiap variasi antara lain variasi 1 (0%) sebesar 2,28 N/mm², variasi 2 (12%) sebesar 1,65 N/mm², variasi 3 (14%) sebesar 2,46 N/mm², variasi 4 (16%) sebesar 1,10 N/mm², dan variasi 5 (18%) sebesar 0,65 N/mm², untuk variasi 1 sampai 4 memenuhi syarat fisik SNI sedangkan variasi 5 tidak memenuhi syarat fisik SNI. Nilai uji penyerapan air memiliki nilai rata-rata untuk tiap variasinya yaitu variasi 1 (0%) sebesar 13%, variasi 2 (12%) sebesar 14%, variasi 3 (14%) sebesar 11%, Variasi 4 (16%) sebesar 15%, variasi 5 (18%) sebesar 20% nilai seluruh variasi memenuhi ketentuan syarat fisik uji penyerapan air yait tidak melebihi 25%.
2. Pengurangan limbah plastik *multilayer* dihitung berdasarkan persentase penggunaan plastik *multilayer* untuk roster beton yang layak dijual dipasaran yaitu variasi 2 (12%) sebesar 0,00136% atau 5,76 kg/hari, variasi 3 (14%) sebesar 0,00159% atau 6,72 kg/hari, dan variasi 3 (16%) sebesar 0,00182% atau 7,68 kg/hari.
3. Berdasarkan hasil analisis kelayakan ekonomi produksi roster beton dengan penambahan plastik *multilayer* didapatkan harga dasar sebesar Rp 7859 dengan harga jual Rp 9823 per roster dan keuntungan yang didapatkan dari penjualan 1 buah roster sebesar Rp 1965 dengan keuntungan per hari Rp 117.727 sedangkan per bulannya sebesar Rp 2.593.358. Untuk Nilai BEP ( *Break Even Point )* diperoleh pada penjualan 240 roster dalam waktu 4 hari.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan, yaitu :

1. Penelitian dapat dilanjutkan dengan perbandingan campuran, variasi plastik dan motif yang berbeda.
2. Penelitian dapat dilanjutkan dengan parameter pengujian yang berbeda seperti uji durabilitas dan uji keausan
3. Perlu memperhatikan waktu curing agar mencapai kekuatan yang optimal dan daya tahan yang baik
4. Proses pengadukan sampel dilakukan lebih lama agar campuran bahan dapat lebih homogen

# DAFTAR PUSTAKA


Akinyele, J. O., Igba, U. T., & Adigun, B. G. (2020). Effect of waste PET on the structural properties of burnt bricks. *Scientific African*, *7*. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00301

Ashari, A. P. (2024). *Pemanfaatan Sampah Plastik Multilayer Sebagai Alternatif Bahan Baku Pembuatan Batako Dengan Metode Solidifikasi.*

Asroni, M., Djiwo, S., & Setyawan, Y. E. (2018). Pengaruh Model Pisau Pada Mesin Sampah Botol Pisau. *Jurnal Aplikasi Dan Inovasi Ipteks "SOLIDITAS,"* 29–33.

Cahyadhy, D. S. (2024). *Pemanfaatan Sampah Plastik Multilayer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Paving Block*.

Hasanah, N., Sumantri, B., & Windirah, N. (n.d.). *Analisi Harga Pokok Produksi dan Break Even Point Pada Toko Roti Gembong Gembul Bengkulu*. https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2025.009.01.33

Iftikhar, B., Alih, S. C., Vafaei, M., Ali, M., Javed, M. F., Asif, U., Ismail, M., Umer, M., Gamil, Y., & Amran, M. (2023). Experimental study on the eco-friendly plastic-sand paver blocks by utilising plastic waste and basalt fibers. *Heliyon*, *9*(6). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17107

Julyanto, O., Nurhikmat, M., Wirani, A. P., & Anggraini, D. (n.d.). Penentuan Harga Pokok Produksi Menggunakan Metode Full Costing Pada Produk Berbahan Dasar Limbah Plastik Cobrick. In *Journal Scientific of Mandalika (jsm) e-ISSN* (Vol. 6, Issue 2).

Kahfi, A. (2017). Tinjauan Terhadap Pengolahan Sampah. In *Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah Ashabul Kahfi Jurisprudentie* | (Vol. 4). http://nationalgeographic.co.id/berita/2016/08/indonesia-penghasil-sampah-plastik-

Kanchanapiya, P., Methacanon, P., & Tantisattayakul, T. (2018). Techno-economic analysis of light weight concrete block development from polyisocyanurate foam waste. *Resources, Conservation and Recycling*, *138*, 313–325. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.027

Maulana, A., Rizky, C., Husaini, M., Karuniawan, A., Susanti, R., & Fauziyah, S. (2024). *Jurnal Sipil dan Arsitektur Inovasi desain roster beton dengan mengutamakan unsur privacy dan estetika Article history*. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/pilars

Mustain. (2006). *Uji Kuat tekan dan Serapan Air Pada Bata Beton Berlubang dengan Bahan Ikat Kapur dan Abu Layang*.

Nursyamsi, Indrawan, I., & Ramadhan, P. (2019). The influence of the usage of ldpe plastic waste as fine aggregate in light concrete bricks. *MATEC Web of Conferences*. https://doi.org/10.1051/matecconf/20192

Piasta, W., & Zarzycki, B. (2017). The effect of cement paste volume and w/c ratio on shrinkage strain, water absorption and compressive strength of high performance concrete. *Construction and Building Materials*, *140*, 395–402. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.033

Rahni, R., Busyairi, M., & Zulya, F. (2024). Pengolahan Sampah Plastik Multilayer (Multi-Layered Packing) Sebagai Bahan Campuran Paving Block. *Jurnal Teknologi Lingkungan UNMUL*, *8*(1).

Riyandini, V. L., Fitrada, W., & Sawir, H. (2021). *Pengaruh komposisi plastik multilayer dan plastik HDPE terhadap sifat fisik papan polimer* (Vol. 21). https://ojs.sttind.ac.id/sttind_ojs/index.php/Sain

Septiandini, E., & Sulaiman, D. (2006). *Studi Pemanfaatan Serat Ijuk Sebagai Bahan Tambah Terhadap Mutu Bata Beton Kerawang (Roster)*.

Sudaryo, & Sutjipto. (2009). Identifikasi dan Penentuan Logam pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat. *Seminar Nasional*.

Sulthon, M. Z. (2024). *Pengaruh Limbah Plastik Multilapis (Multilayer) Terhadap Produk Roster Beton Pencetakan Manual*.

Udawattha, C., Galabada, H., & Halwatura, R. (2017). Mud concrete paving block for pedestrian pavements. *Case Studies in Construction Materials*, *7*, 249–262. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.08.005

United Nation Environment Programme. (2009). *Converting Waste Plastics Into a Resource Assessment Guidelines*.

Yuriandala, Y., Syamsiah, S., & Saptoadi, H. (2016). Pirolisis Campuran Sampah Plastik Polistirena Dengan Sampah Plastik Berlapisan Aluminium Foil (Multilayer). *Jurnal Sains &Teknologi Lingkungan*, *8*(1), 10–20. https://doi.org/10.20885/jstl.vol8.iss1.art2

# LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Perbandingan Campuran Roster

| Perbandingan Campuran 1 : 6 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Variasi** | **Rasio** | **Semen** | **Pasir** | **Plastik Multilayer** | **Total Berat** | **Persentase Plastik** |
| | | Kg | Kg | Kg | Kg | % |
| I | 1:6:0 | 0,81 | 5,76 | 0 | 6,57 | 0% |
| II | 0:4,8:1,2 | 0,81 | 4,61 | 0,12 | 5,54 | 12% |
| III | 0:4,6:1,4 | 0,81 | 4,42 | 0,14 | 5,37 | 14% |
| IV | 0:4,4:1,6 | 0,81 | 4,22 | 0,16 | 5,19 | 16% |
| V | 0:4,2:1,8 | 0,81 | 4,03 | 0,18 | 5,02 | 18% |

Lampiran 2 Perhitungan Uji Kuat Tekan

| **Variasi** | **Luas Penampang (mm2)** | **Kuat Tekan (N)** | **Kuat Tekan (N/mm2)** | **Rerata** |
|---|---|---|---|---|
| 0% | | | | |
| 1.1 | 18335 | 27271,80 | 1,49 | 2,28 |
| 1.2 | 18142 | 19129,50 | 1,05 | |
| 1.3 | 18142 | 47088,00 | 2,60 | |
| 1.4 | 18236 | 56162,25 | 3,08 | |
| 1.5 | 17856 | 57192,30 | 3,20 | |
| 12% | | | | |
| 2.1 | 18624 | 15450,75 | 0,83 | 1,65 |
| 2.2 | 18624 | 54543,60 | 2,93 | |
| 2.3 | 18720 | 21385,80 | 1,14 | |
| 2.4 | 18624 | 38847,60 | 2,09 | |
| 2.5 | 18528 | 23347,80 | 1,26 | |
| 14% | | | | |
| 3.1 | 18818 | 35316,00 | 1,88 | 2,46 |
| 3.2 | 18915 | 39632,40 | 2,10 | |
| 3.3 | 9984 | 46499,40 | 4,66 | |
| 3.4 | 18818 | 23887,35 | 1,27 | |
| 3.5 | 19110 | 46205,10 | 2,42 | |
| 16% | | | | |
| 4.1 | 18430 | 30607,20 | 1,66 | 1,10 |
| 4.2 | 18721 | 31431,24 | 1,68 | |
| 4.3 | 18818 | 15794,10 | 0,84 | |
| 4.4 | 18525 | 7602,75 | 0,41 | |
| 4.5 | 18525 | 16726,05 | 0,90 | |

| Variasi | Luas Penampang (mm2) | Kuat Tekan (N) | Kuat Tekan (N/mm2) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 18% | | | | |
| 5.1 | 18335 | 11870,10 | 0,65 | 0,65 |
| 5.2 | 18525 | 12311,55 | 0,66 | |
| 5.3 | 18624 | 11821,05 | 0,63 | |
| 5.4 | 18624 | 1373,40 | 0,07 | |
| 5.5 | 18430 | 6376,50 | 0,35 | |

Lampiran 3 Perhitungan Uji Penyerapan Air

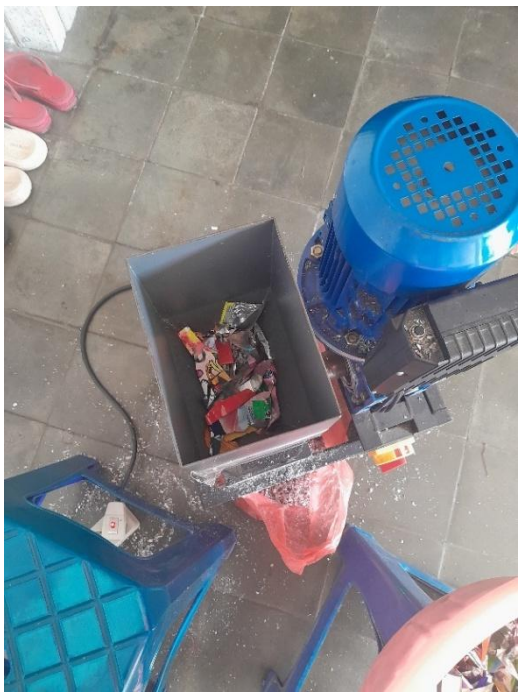
| Variasi | Berat Basah (kg) | Berat Kering (kg) | Persentase Penyerapan Air (%) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 0% | | | | |
| 1.1 | 5,79 | 5,02 | 15% | 13% |
| 1.2 | 5,77 | 4,94 | 17% | |
| 1.3 | 5,93 | 5,27 | 13% | |
| 1.4 | 6,02 | 5,46 | 10% | |
| 1.5 | 5,81 | 5,21 | 11% | |
| 12% | | | | |
| 2.1 | 5,50 | 4,66 | 18% | 14% |
| 2.2 | 5,79 | 5,25 | 10% | |
| 2.3 | 5,50 | 4,78 | 15% | |
| 2.4 | 5,69 | 5,15 | 11% | |
| 2.5 | 5,66 | 4,93 | 15% | |
| 14% | | | | |
| 3.1 | 5,55 | 4,99 | 11% | 11% |
| 3.2 | 5,81 | 5,27 | 10% | |
| 3.3 | 5,73 | 5,20 | 10% | |
| 3.4 | 5,39 | 4,76 | 13% | |
| 3.5 | 5,79 | 5,22 | 11% | |
| 16% | | | | |
| 4.1 | 5,43 | 4,81 | 13% | 15% |
| 4.2 | 5,33 | 4,75 | 12% | |
| 4.3 | 5,55 | 4,84 | 15% | |
| 4.4 | 5,32 | 4,50 | 18% | |
| 4.5 | 5,40 | 4,71 | 15% | |
| 18% | | | | |
| 5.1 | 5,21 | 4,40 | 18% | 20% |
| 5.2 | 5,21 | 4,38 | 19% | |
| 5.3 | 5,25 | 4,43 | 19% | |

| Variasi | Berat Basah (kg) | Berat Kering (kg) | Persentase Penyerapan Air (%) | Rerata |
|---|---|---|---|---|
| 5.4 | 5,18 | 4,07 | 27% | |
| 5.5 | 5,28 | 4,54 | 16% | |

Lampiran 4 Perhitungan Grafik BEP

| Produksi | Biaya Tetap | Variabel Cost | Total Biaya | Total Revenue |
|---|---|---|---|---|
| 0 | Rp 470.907 | Rp - | Rp 470.907 | Rp - |
| 60 | Rp 470.907 | Rp 470.907 | Rp 941.815 | Rp 588.634 |
| 120 | Rp 470.907 | Rp 941.815 | Rp 1.412.722 | Rp 1.177.268 |
| 180 | Rp 470.907 | Rp 1.412.722 | Rp 1.883.629 | Rp 1.765.903 |
| 240 | Rp 470.907 | Rp 1.883.629 | Rp 2.354.537 | Rp 2.354.537 |
| 300 | Rp 470.907 | Rp 2.354.537 | Rp 2.825.444 | Rp 2.943.171 |
| 360 | Rp 470.907 | Rp 2.825.444 | Rp 3.296.351 | Rp 3.531.805 |

Lampiran 5 Pencacahan Plastik



Lampiran 6 Penimbangan Campuran Semen

Lampiran 7 Penimbangan Campuran Plastik

Lampiran 8 Penimbangan Campuran Pasir

Lampiran 9 Pencampuran Bahan Roster

Lampiran 10 Proses Pengeringan Roster

Lampiran 11 Proses Perendaman Roster

Lampiran 12 Proses Pengovenan Roster

Lampiran 13 Penimbangan Roster

Lampiran 14 Pengujian Kuat Tekan

# RIWAYAT HIDUP

Reyza Surya Ibrahim, lahir pada tanggal 12 Mei 2002 di Kendal, Jawa Tengah. Peneliti menyelesaikan pendidikan di SD Muhammadiyah Weleri pada tahun 2014. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Patebon dan tamat pada tahun 2017. Tahun 2017 melanjutkan pendidikan jenjang menengah keatas di SMA Negeri 2 Kendal dan tamat pada tahun 2020.

Pada tahun 2021 peneliti melanjutkan studi penguruan tinggi di Universitas Islam Indonesia hingga sekarang. Selama menjadi mahasiswa peneliti pernah mengikuti beberapa kegiatan internal seperti menjadi Staff Departement Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan dan Staff Bidang Sosial Lingkungan Lembaga Eksekutif Mahasiswa. Peneliti juga pernah memiliki pengalaman Kerja Praktik di PT. Sinar Sosro Ungaran, Jawa Tengan