

## ANALISIS KUAT LENTUR BETON MENGGUNAKAN PLASTIK JENIS *POLYHYHLENE TEREPTHELE* (PET) SEBAGAI *RIGID PAVEMENT*

Khairul Fadli<sup>1\*</sup>, Andi Marini Indriani<sup>2</sup>, Gunaedy Utomo<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup>Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan, Jl. Pupuk Raya No. 57, Balikpapan,

e-mail: 197011433@uniba-bpn.ac.id

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Balikpapan, Jl. Pupuk Raya No 57, Balikpapan,

e-mail: andi.marini@uniba-bpn.ac.id

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Dua Puluh, Jl. Pupuk Raya No 57, Balikpapan,

e-mail: gunaedy@uniba-bpn.ac.id

### ABSTRAK

Perkerasan beton, jenis perkerasan yang umum digunakan, merupakan komponen penting dalam infrastruktur transportasi, yang berfungsi sebagai fondasi yang kuat untuk menahan beban kendaraan dan mempertahankan kualitas jangka panjang. Untuk menilai pengaruh penggunaan sampah plastik ke dalam campuran beton. Dalam penelitian ini, menggunakan pendekatan kuantitatif digunakan dengan menggunakan teknik eksperimental. Penelitian ini difokuskan pada evaluasi kuat lentur beton ketika botol plastik PET (*polyethylene terephthalate*) digunakan sebagai pengganti sebagian agregat halus pada beton K-175. Berbagai proporsi sampah plastik, yaitu 0,1%, 0,25%, dan 0,4%, diuji untuk mengukur dampaknya terhadap kekuatan lentur beton setelah 14 hari. Hasil dan analisis selanjutnya menunjukkan adanya pengaruh yang nyata terhadap kekuatan lentur beton. Penelitian ini memberikan wawasan yang berharga mengenai potensi pemanfaatan limbah plastik pada perkerasan beton. Pendekatan ini tidak hanya memberikan solusi ramah lingkungan untuk pengelolaan sampah plastik tetapi juga meningkatkan kinerja perkerasan secara keseluruhan.

Kata Kunci: Perkerasan kaku, kuat lentur, kendaraan, *polyethylene terephthalate* (PET)

### PENDAHULUAN

Perkerasan jalan atau *pavement* adalah elemen penting dalam infrastruktur transportasi yang berfungsi untuk menahan beban kendaraan dan mempertahankan kualitas yang baik selama umur layanannya. Jenis trotoar yang umum adalah pengaspalan kaku atau *Rigid Pavement* yang terbuat dari beton (Irna Hendriyani, 2017). Beton, bahan konstruksi yang sering digunakan, membutuhkan kombinasi elemen, yang meliputi agregat halus dan kasar, pasir, semen, dan bahan tambahan sesekali, jika dianggap sangat diperlukan untuk aplikasi tertentu. Permintaan yang tinggi terhadap bahan-bahan ini telah menyebabkan masalah lingkungan dan keberlanjutan, seperti penambangan yang merusak lingkungan dan penggunaan energi yang besar dalam produksi semen.

Dalam tugas akhir ini peneliti menggunakan material agregat kasar lokal berupa batu pecah dari Desa Petangis kecamatan Batu Engau provinsi Kalimantan Timur, agregat Petangis ini memiliki beberapa kelebihan yaitu harga relatif lebih murah dan mempunyai kualitas yang tidak kalah baik dibandingkan agregat kasar lainnya. Limbah plastik PET adalah jenis limbah yang terbuat dari bahan PET (*polyethylene terephthalate*) yang digunakan dalam berbagai produk plastik seperti botol air minum, wadah makanan, dan kemasan produk. Penguraian sampah plastik PET secara alami sangat lambat, sehingga menjadi masalah lingkungan yang serius. Hal ini menghasilkan dampak yang sangat besar dalam hal masalah yang terkait dengan sampah.

Penggunaan bahan limbah sebagai bahan tambahan dalam campuran beton telah menjadi topik yang semakin populer dalam penelitian terkini. Salah satu bahan limbah yang banyak Botol plastik PET (*polyethylene terephthalate*) digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini berfokus pada penggunaan



limbah botol PET sebagai pengganti agregat halus untuk pengujian kekuatan lentur beton yang memiliki tujuan untuk mengidentifikasi kemampuan bahan limbah ini dalam meningkatkan sifat mekanik beton, khususnya kekuatan lentur (Putra, Mangesti Aji dkk 2022). Hal ini diharapkan akan menghasilkan data yang berharga untuk industri konstruksi dalam pengembangan beton yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penggunaan limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) sebagai bahan pengisi dalam beton *Rigid Pavement* dapat menjadi solusi alternatif untuk mengurangi dampak lingkungan dari konstruksi perkerasan jalan. Selain itu, penggunaan limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) juga dapat meningkatkan sifat mekanik beton, termasuk kekuatan tekan dan lentur, melalui pengujian lentur (Bahar. Sayfullah dkk 2021).

## METODE PENELITIAN

Pendekatan kuantitatif dan dilakukan dengan metode eksperimental digunakan dalam penelitian ini untuk menguji dampak penggunaan bahan limbah plastik ke dalam campuran beton terhadap kekuatan lentur beton. Penelitian ini dirancang bersifat eksperimental dan akan dilakukan di laboratorium. Pada tahap awal penelitian, akan dilakukan uji pendahuluan terhadap material pembentuk beton. Hasil uji pendahuluan ini sangat penting untuk merancang komposisi masing-masing agregat dalam campuran beton. Pada tahap kedua, dilakukan pengujian kelenturan beton. Selama proses pengujian, tinjauan terhadap literatur yang relevan yang berkaitan dengan penelitian ini terus dilakukan. Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Balikpapan merupakan tempat penelitian yang dilakukan.

### Alat Pengujian

Dalam Penelitian ini alat yang digunakan sebagai berikut.

- Kanebo berfungsi untuk mengeringkan agregat
- Ayakan agregat memiliki fungsi untuk mengayak agregat kasar dan halus
- Loyang berfungsi sebagai tempat untuk menaruh benda uji
- Cetak balok pengujian lentur berfungsi sebagai mencetak benda uji untuk pengujian kuat lentur
- Oven berguna untuk mengeringkan benda uji
- *Picnometer* untuk mengukur berat jenis air agregat halus
- Kerucut Abrams digunakan untuk menilai kemerosotan campuran beton.
- *Mixer* beton kompak digunakan untuk membuat campuran atau pasta beton.
- Sendok semen digunakan untuk meratakan campuran beton di dalam cetakan.
- Sekop kecil menggaduk dan memasukkan agregat atau material ke dalam cetakan
- Mesin abrasi (*los angeles*) untuk mengukur tingkat keausan atau kekerasan agregat kasar dalam beton
- Timbangan untuk menimbang benda uji.
- Kerucut berat jenis untuk menguji agregat halus
- *Hydraulic concrete beam* untuk menguji kuat lentur beton.

### Bahan Pengujian

Dalam penelitian ini perlu mempersiapkan bahan terlebih dahulu sebelum pembuatan benda uji. Bahan-bahan berikut ini digunakan ialah:

Untuk menghasilkan sampel uji dan berfungsi sebagai bahan pengikat dalam campuran beton, digunakan semen Portland tipe I.

- Air yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari pasokan air kota Balikpapan.

- Agregat kasar berasal dari sumber daya lokal Desa Petangis, Kecamatan Batu Engau.
- Agregat halus diperoleh dari Samboja, Kabupaten Kutai Kartanegara.

Selain komponen-komponen yang telah disebutkan di atas, kami juga memasukkan limbah cacahan botol plastik PET ke dalam penelitian ini.

### Produser Pelaksanaan Penelitian

Dalam produser pelaksanaan penelitian ini menggunakan standar acuan pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar acuan yang digunakan pada penelitian

| No. Pengujian                         | Metode             |
|---------------------------------------|--------------------|
| 1 <i>Sieve Analysis</i> Agregat Halus | SNI ASTM C136-2012 |
| 2 Berat jenis dan penyerapan air      | SNI 1970-2008      |
| 3 Kadar air agregat halus             | SNI 1971-2011      |
| 4 Kadar lumpur agregat halus          | SNI ASTM C117-2012 |
| 5 Berat volume agregat halus          | SNI 03-4804-1998   |
| 6 <i>Sieve Analysis</i> agregat kasar | SNI ASTM C136-2012 |
| 7 Berat jenis dan penyerapan air      | SNI 03-1969-1990   |
| 8 Kadar air agregat kasar             | SNI 1971-2011      |
| 9 Kadar lumpur agregat kasar          | SNI ASTM C117-2012 |
| 10 Berat volume agregat kasar         | SNI 03-4804-1998   |
| 11 <i>Mix design</i>                  | SNI 2834-2000      |
| 12 Abrasi ( <i>Los Angeles</i> )      | SNI 2417-2008      |
| 13 <i>Slump</i>                       | SNI 1972-2008      |
| 14 Kuat Lentur                        | SNI 4431-2011      |

Sumber : Data Pribadi

### Rencana Benda Uji

Persentase cacahan limbah botol mineral jenis PET. Pemodelan benda uji dalam penelitian ini yaitu Balok berjumlah 24 benda uji dengan uraian pada Tabel 2.

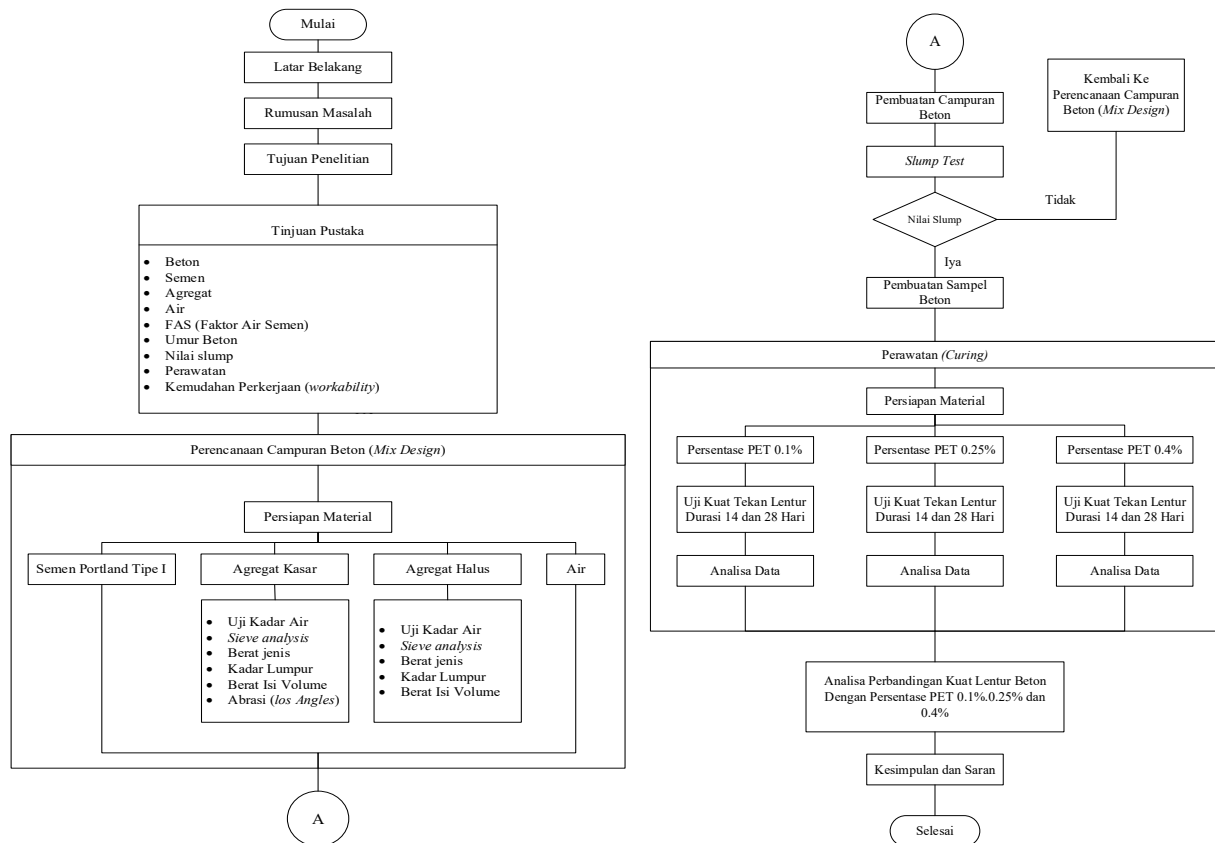
Tabel 2. Rencana Pembuatan Benda Uji

| Persentase PET (%) | Jumlah Benda uji | Waktu Pengujian | Balok 15 X 15 X 60 CM |
|--------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| 0,0 %              | 3                | 14              |                       |
|                    | 3                | 28              |                       |
| 0,1 %              | 3                | 14              |                       |
|                    | 3                | 28              |                       |
| 0,25 %             | 3                | 14              |                       |

|                        |   |           |
|------------------------|---|-----------|
|                        | 3 | 28        |
| 0,4 %                  | 3 | 14        |
|                        | 3 | 28        |
| <b>Total Benda Uji</b> |   | <b>24</b> |

Sumber : Data Pribadi

### Bagan alir



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasli Pengujian Agregat Halus

Untuk mengetahui karakteristik agregat halus perlu dilakukan pemeriksaan agregat halus, yang merupakan komponen utama dalam pembuatan beton, dengan menggunakan agregat halus yang berasal dari Samboja. Pemeriksaan yang dilakukan terhadap agregat halus diuraikan pada Tabel 3, pada lab Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Balikpapan.

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus

| Hasil Pengujian Agregat Halus |         |                  |            |
|-------------------------------|---------|------------------|------------|
| Pengujian                     | Hasil   | Standar Acuan    | Keterangan |
| Berat Jenis ( $gr/cm^3$ )     | 2.67    | 2.4-2.7          | Memenuhi   |
| Sieve Analysis (mm)           | Zona IV | Zona I,II,III,IV | Memenuhi   |

|                       |      |         |          |
|-----------------------|------|---------|----------|
| Kadar Air (%)         | 4.44 | 3-5     | Memenuhi |
| Kadar Lumpur (%)      | 3.30 | ≤ 5     | Memenuhi |
| Berat isi Volume (kg) | 1.54 | 1.4-1.9 | Memenuhi |

Sumber : Data Pribadi

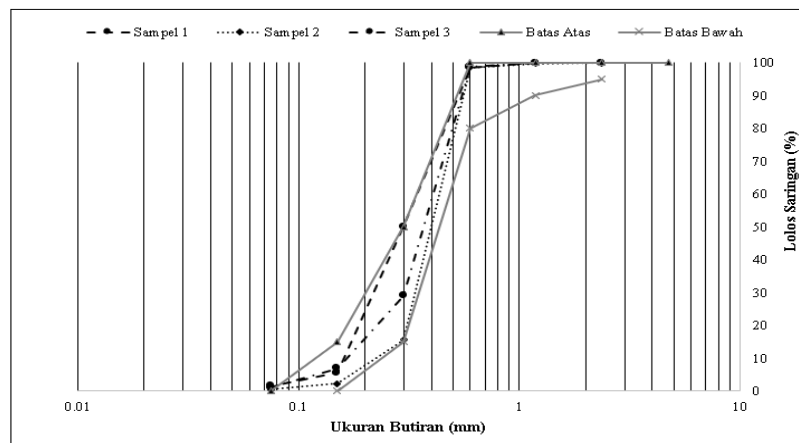
Dari Data hasil pengujian agregat halus yang dilakukan pada Tabel 3 dan berikut hasil pengujian *sieve analysis* agregat halus yang berdasarkan standar SNI 03-2834-200 ini dapat dikategorikan sebagai pasir halus yang di mana hasil pengujian termasuk dalam zona IV. Berikut hasil pengujian *sieve analysis* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil *Sieve Analysis* Agregat halus

| <b>Sieve Analysis Agregat Halus</b> |           |                   |
|-------------------------------------|-----------|-------------------|
| <b>Saringan ASTM</b>                | <b>Mm</b> | <b>Rata- rata</b> |
| #8                                  | 2.36      | 99.92             |
| #16                                 | 1.18      | 99.84             |
| #30                                 | 0.6       | 98.63             |
| #50                                 | 0.3       | 31.52             |
| #100                                | 0.15      | 4.87              |
| #200                                | 0.075     | 1.00              |
|                                     |           | 0.00              |

Sumber : Data Pribadi

Berikut ini hasil grafik pengujian *Sieve Analysis* agregat halus dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik *Sieve Analysis* Agregat Halus

Sumber : Data Pribadi

## Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian Agregat kasar ini dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Balikpapan, yang secara khusus didokumentasikan dalam Tabel 5. Tujuannya adalah untuk memastikan sifat-sifat agregat kasar yang digunakan, yang merupakan konstituen penting dalam produksi beton. Agregat kasar yang digunakan berasal dari Desa Petangis, Kecamatan Batu Engau.

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Kasar

| <b>Hasil Pengujian Agregat Kasar</b> |  |
|--------------------------------------|--|
|--------------------------------------|--|

| Pengujian                 | Hasil | Standar Acuan | Keterangan |
|---------------------------|-------|---------------|------------|
| Berat Jenis ( $gr/cm^3$ ) | 2.67  | 2.5-2.7       | Memenuhi   |
| Sieve Analysis (mm)       | 40    | 40            | Memenuhi   |
| Kadar Air (%)             | 1.25  | 0.5 – 2%      | Memenuhi   |
| Kadar Lumpur (%)          | 0.27  | $\leq 1$      | Memenuhi   |
| Abrasi (%)                | 13.09 | $\leq 40$     | Memenuhi   |
| Berat isi Volume (kg)     | 1.60  | 1.6-1.9       | Memenuhi   |

Sumber : Data Pribadi

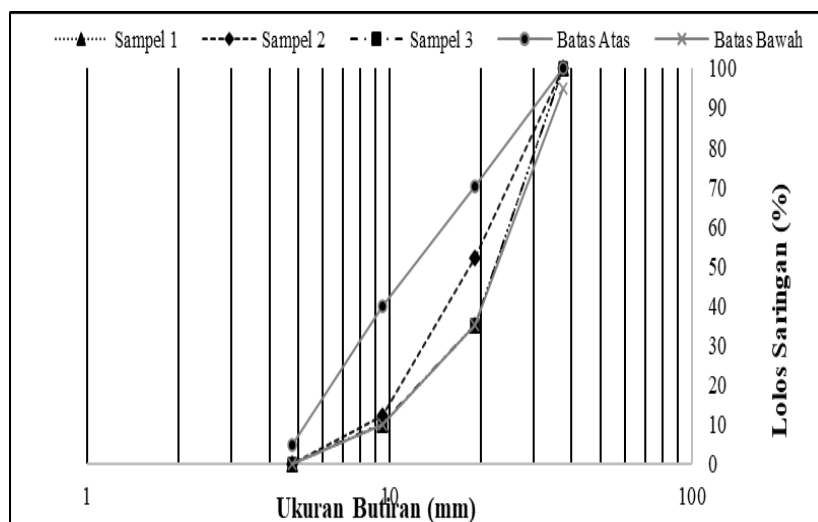
Dari hasil pengujian agregat kasar dilakukan pada Tabel 5 telah memenuhi persyaratan. Dan berdasarkan hasil pengujian sieve analysis agregat kasar telah memenuhi spesifikasi SNI 03-2843-2000 yang di mana hasil pengujian agregat kasar batu pecah Petangis yang memiliki butiran maksimum sebesar 40 mm, yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Sieve Analysis Agregat Kasar

| Sieve Analysis Agregat Kasar |      |            |
|------------------------------|------|------------|
| Saringan ASTM                | Mm   | Rata- rata |
| 1 ½                          | 37.5 | 100.00     |
| ¾                            | 19.1 | 40.81      |
| 3/8                          | 9.5  | 10.86      |
| No. 4                        | 4.75 | 0.00       |

Sumber : Data Pribadi

Berikut adalah hasil grafik pengujian *sieve analysis* agregat kasar dapat dilihat pada Gambar 3.

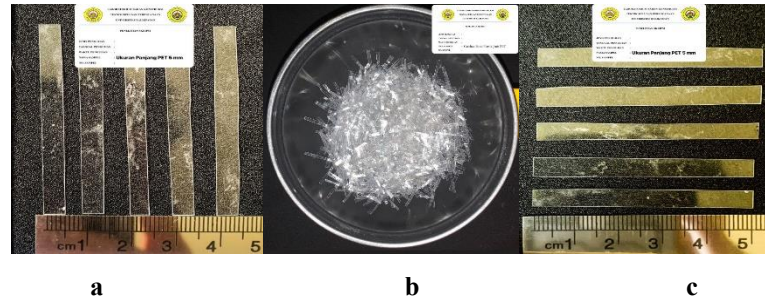


Gambar 3. Grafik Sieve Analysis Agregat Kasar

Sumber : Data Pribadi

*Polyethylene Terephthalate (PET)*

Dalam Penelitian ini salah satu bahan campuran dalam pembuatan beton ialah botol plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET), yang di mana PET tersebut bersifat sekunder. Botol kemasan PET berikut yang akan dipakai penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Ukuran Lebar PET 5 mm  
(b) Cacahan Botol Plastik Jenis PET  
(c) Ukuran Panjang PET 5 cm

## Metode Pengerjaan *Mix Design*

*Mix design* bertujuan untuk mendapatkan proporsi atau takaran campuran yang sesuai dengan kuat lentur tekan beton yang sudah direncanakan. Pada perencanaan *mix design* dari penelitian ini menggunakan metode SNI 03-2834-2000.

### Proporsi Campuran Beton PET

Berikut adalah proporsi campuran yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan standar acuan SNI 03-2834-2000, yang di mana komposisi campuran beton normal dan Campuran Persentase PET sebagai Substitusi Agregat Halus dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Jobmix Beton PET Persentase 0,1%,0,25%,0,4% untuk 6 Balok

| Semen (gr) | Air (ltr) | Agregat Kasar (gr) | Agregat Halus (gr) | PET (gr) | Persentase PET |
|------------|-----------|--------------------|--------------------|----------|----------------|
| 30,274     | 17,233    | 129,879            | 48,038             | 0        | Beton Normal   |
| 30,274     | 17,233    | 129,879            | 47,99              | 0,048    | 0,1 %          |
| 30,274     | 17,233    | 129,879            | 47,918             | 0,12     | 0,25 %         |
| 30,274     | 17,233    | 129,879            | 47,846             | 0,192    | 0,4 %          |

Sumber : Data Pribadi

## *Slump Test*

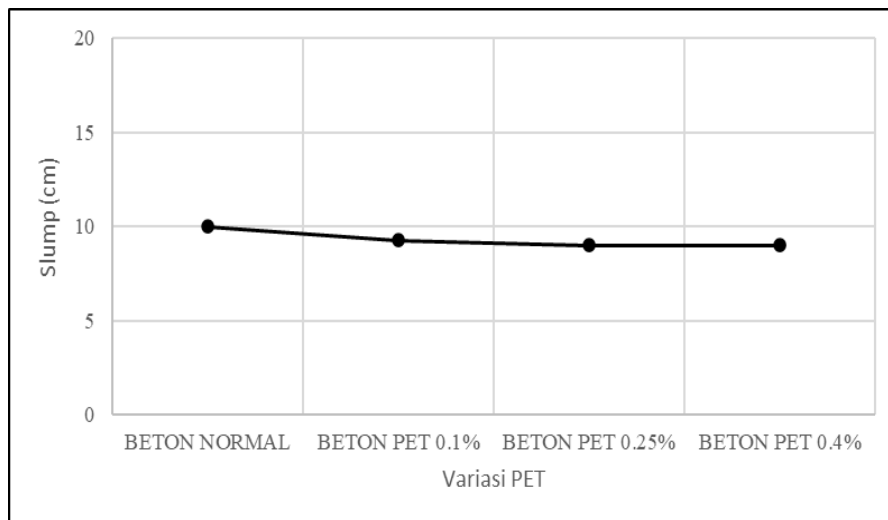
Abrams digunakan untuk uji keruntuhan, yang diisi dengan beton segar dalam tiga tingkatan, dengan masing-masing tingkatan menampung sekitar sepertiga dari kapasitas kerucut. Di dalam setiap lapisan, sebanyak 25 penetrasi dilakukan dengan menggunakan alat penusuk, untuk memastikan penetrasi mencapai dasar setiap lapisan sesuai dengan prosedur pengisian. Setelah terisi, ratakan permukaan lancip. Kemudian, tanpa gerakan atau rotasi lateral, angkat cetakan 300 mm dalam  $5 \pm 2$  detik. Lakukan seluruh prosedur pengujian, mulai dari pengisian hingga pada hasil, tanpa jeda, semuanya dengan jangka waktu maksimum 2,5 menit, dan nilai variasi ketinggian antara kerucut dan campuran beton sebagai pengukuran kemerosotan. Hasil *slump* dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Slump Test

| No.              | Masa Peram | Beton Normal | Beton PET 0.1% | Beton PET 0.25% | Beton PET 0.4% |
|------------------|------------|--------------|----------------|-----------------|----------------|
| 1                | 14         | 10           | 8              | 8               | 9              |
| 2                | 28         | 10           | 10             | 10              | 9              |
| <b>Rata-rata</b> |            | 10           | 9,25           | 9               | 9              |

Sumber : Data Pribadi

Perbandingan dibuat dalam hal nilai *slump* antara beton konvensional dan campuran beton yang menggunakan campuran PET pada konsentrasi 0,1%, 0,25%, dan 0,4%. Hasilnya menunjukkan bahwa beton yang mengandung 0,25% dan 0,1% campuran PET menunjukkan nilai *slump* yang paling besar, yaitu 10 cm. Sebaliknya, nilai *slump* lebih rendah untuk campuran beton dengan 0,1% dan 0,25% PET. Pengamatan ini menandakan bahwa masuknya PET ke dalam campuran beton menyebabkan peningkatan nilai *slump*, dengan korelasi langsung antara persentase PET dan besarnya peningkatan nilai *slump*. Kecenderungan ini digambarkan secara visual pada Gambar 5, yang mengilustrasikan fluktuasi nilai *slump* dari waktu ke waktu.



Gambar 5. Persentase Grafik Nilai Slump

Sumber : Data Pribadi

### Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton

Tujuan dari pengujian ini untuk melihat kondisi kuat lentur beton menggunakan alat uji balok beton hidrolik sesuai dengan standar acuan SNI 4431-2011. Kegunaan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui kekuatan lentur pada persentase campuran PET yang berbeda yaitu 0,1%, 0,25% dan 0,4%. Sampel uji terdiri dari 12 cetakan berbentuk balok berukuran 15 x 15 x 60 cm, masing-masing berumur 14 hari, ditambah 12 cetakan berbentuk balok tambahan yang berumur 28 hari. Hasil yang menunjukkan hasil rata-rata uji kuat lentur beton pada Tabel 9.

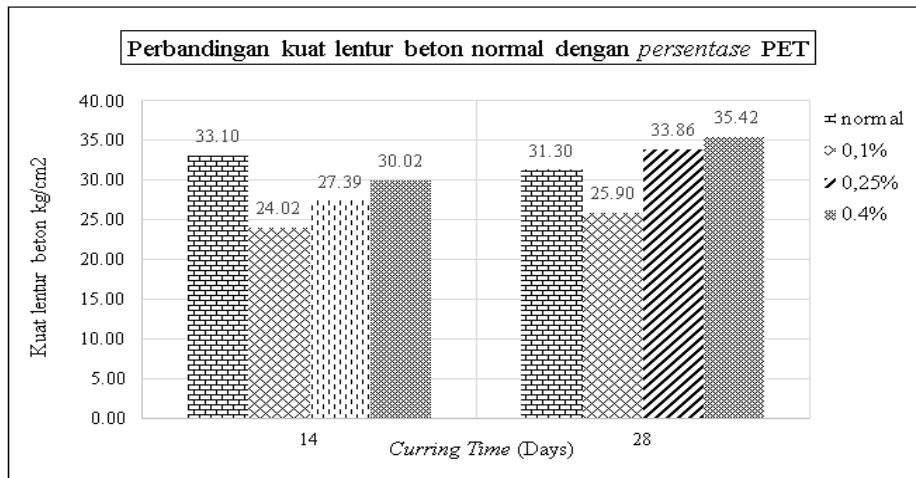
Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Rata-rata

| Umur beton | Persentase PET |       |       |       |
|------------|----------------|-------|-------|-------|
|            | Normal         | 0,1%  | 0,25% | 0,4%  |
| 14         | 33,10          | 24,02 | 27,39 | 30,02 |
| 28         | 31,30          | 25,90 | 33,19 | 35,42 |

Sumber : Data Pribadi



Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa banyak perbandingan antara beton normal dengan beton persentase PET pada pengujian kuat lentur beton yang dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut.



Gambar 6. Persentase Hasil Uji Lentur Beton

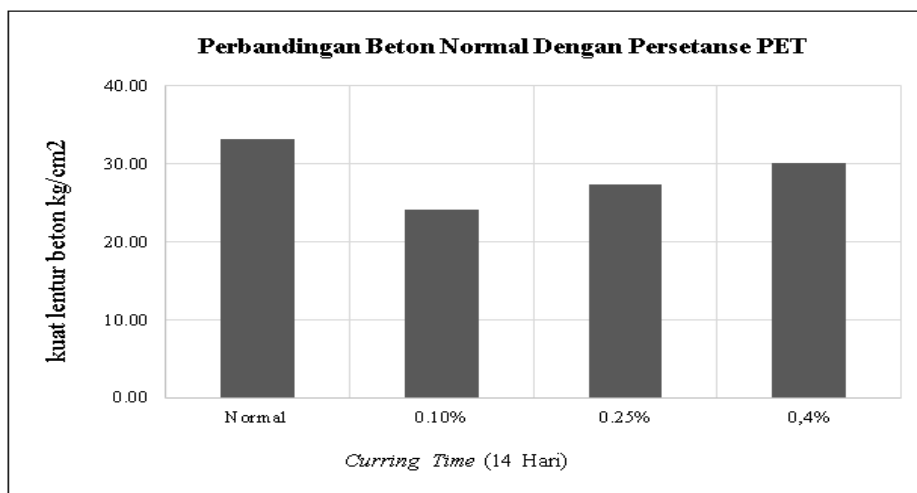
Sumber : Data Pribadi

Data pengujian rata-rata yang ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan PET pada campuran beton meningkatkan kuat lentur. Hasil pengujian kuat lentur beton setelah 14 hari ditunjukkan pada Tabel 10 dan Gambar 7.

Tabel 10. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Masa Peram 14 Hari

| Umur beton | Persentase PET |       |       |       |
|------------|----------------|-------|-------|-------|
|            | Normal         | 0,10% | 0,25% | 0,4%  |
| 14 Hari    | 33,10          | 24,02 | 27,39 | 30,02 |

Sumber : Data Pribadi



Gambar 7. Grafik hasil Pengujian Kuat Lentur Masa Peram 14 Hari

Sumber : Data Pribadi

Temuan yang disebutkan di atas menjelaskan bahwa penjumlahan antara beton biasa dan beton yang dicampur dengan PET menghasilkan hasil yang berbeda. Seiring dengan meningkatnya kandungan PET, terjadi

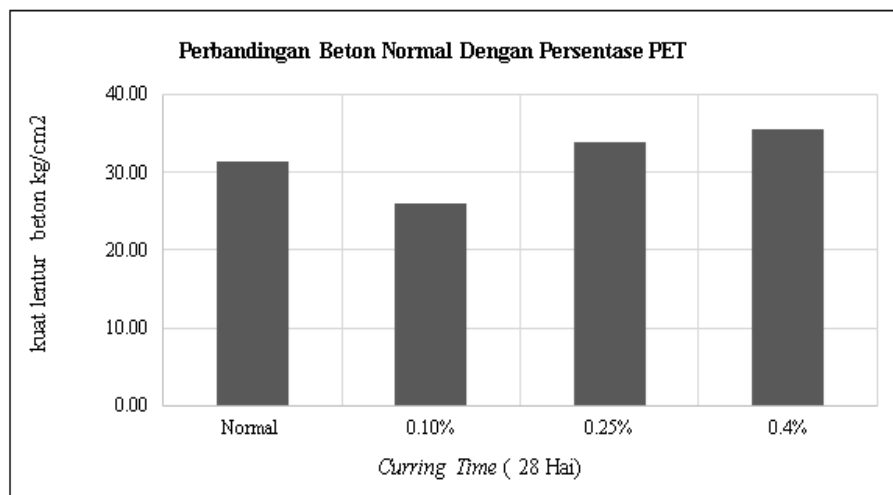


peningkatan kekuatan lentur yang nyata karena sifat PET yang berserat, sehingga membuatnya tahan terhadap tekanan lentur. Tabel 11 menunjukkan evaluasi kekuatan lentur beton setelah 28 hari dan diilustrasikan pada Gambar 8.

Tabel 11. Hasil Pengujian Kuat Lentur Beton Masa Peram 28 Hari

| Umur Beton | Persentase PET |       |       |       |
|------------|----------------|-------|-------|-------|
|            | Normal         | 0,10% | 0,25% | 0,4%  |
| 28 Hari    | 31,10          | 25,90 | 33,90 | 35,42 |

Sumber : Data Pribadi



Gambar 8. Grafik hasil Pengujian Kuat Lentur Masa Peram 28 Hari

Sumber : Data Pribadi

Berdasarkan temuan-temuan tersebut di atas, jelaslah bahwa perbandingan beton standar dengan beton yang di tambahkan PET memiliki hasil yang di berbeda semakin bertambahnya persentase PET maka kuat lentur akan semakin tinggi di karena kan PET mempunyai serat sehingga kuat terhadap kuat lentur.

## KESIMPULAN

Berdasarkan temuan penelitian dan perhitungan ekstensif yang dilakukan dalam investigasi ini, terlihat jelas bahwa botol plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) dapat secara efektif dimasukkan ke dalam campuran beton ketika agregat kasar dari batu Petangis dan agregat halus berupa pasir alam yang berasal dari Samboja terhadap kuat lentur dapat disimpulkan bahwa terhadap pengaruh penggunaan plastik (*Polyethylene Terephthalate*) sebagai substitusi agregat halus pada beton mutu K-175 dengan persentase PET 0,1%, 0,25% , dan 0,4 % yang memiliki kuat lentur. Kuat lentur umur 14 hari.

Dari hasil perbandingan beton Normal dengan beton yang di tambahkan PET memiliki hasil yang di berbeda semakin bertambahnya persentase PET maka kuat lentur akan semakin tinggi di karena kan PET mempunyai serat sehingga kuat terhadap kuat lentur. Kemudian, perbandingan beton Normal dengan beton yang di tambahkan PET memiliki hasil yang di berbeda semakin bertambahnya persentase PET maka kuat lentur akan semakin tinggi di karena kan PET mempunyai serat sehingga kuat terhadap kuat lentur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, I. M., Putra, S., & Niken, C. (2022). Pengaruh Aspek Rasio Serat Limbah Plastik Polypropylene Terhadap Karakteristik Campuran Perkerasan Kaku. *Rekayasa: Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Lampung*, 26(2), 40–43.
- Apriliya, R., Bahar, S. B., & Sayfullah, Muh. (2021). Pengaruh Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Bahan Tambah Botol Plastik Kemasan Air Mineral Jenis Polyethylene Terephthalate (Pet). *Scj (Shell Civil Engineering Journal)*, 6(1), 39–45.
- Ardhiantika, P., Basuki, A., & Sunaramsto. (2014). Kajian Kuat Tekan, Kuat Tarik, Kuat Lentur Dan Redaman Bunyi Pada Panel Dinding Beton Ringan Dengan Agregat Limbah Plastik Pet. *Jurnal Matrsiks Teknik Sipil*, 711–717.
- Bachtiar, E., Gusti, S., Rachim, F., & Setiawan, A. (2020). Pemanfaatan Daur Ulang Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton. *Jurnal Kacapuri*, 3(2), 156–164.
- BSN. (2011). SNI 4431-2011: Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. Badan Standar Nasional Indonesia, 16.
- Desember, V. N., & Balikpapan-Samarinda, J. T. O. L. (2017). Kata kunci: kuat lentur beton, kuat tekan beton, dan perkerasan kaku. 6(1), 41–49.
- Firdaus, & Fajar Nugroho, A. (2019). Pengaruh Penambahan Biji Plastik Sebagai Substitusi Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Tekno*, 16(1), 59–69.
- Handayani, N., Faradila, A., Juari, I., & Larasati, D. (2021). Perilaku Kuat Tekan Beton Normal Terhadap Penambahan Serat Botol Plastik Jenis Pet. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 52–63.
- Indriani, A. M., Utomo, G., & Syahputra, M. R. (2023). "Pengaruh Siklus Basah Kering terhadap Perilaku Mekanik Tanah Lempung Stabilisasi Biosementasi dengan Bakteri Bacillus Subtilis," *CIVED*, Vol. 10, No. 2, PP. 416-427.
- Indriani, A. M., & Sugianto, A. (2016). Rasio Lebar Dan Tinggi Balok Terhadap Kuat Lentur. *Info Teknik*, 17(2), 219–234.
- Indriani, Andi Marini, Agus Sugianto, and Faisal Faisal. "Analisis Penggunaan Batu Split Long Ikis Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC (*Asphal ChoncreteWearing Course*)."  
*JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 3.2 (2015).
- Indriani, A. M., & Utomo, G. (2022). Pengujian Agregat Perkerasan Jalan (Juwari & N. T. Rante, Eds.). LPPM UNIBA PRESS.
- Mulyono, T. (2007). Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal. *Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil Ft. Unj*, 2(1), 55–65.
- Pirdaus, & Raka, A. A. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Pada Paving Block. *Jurnal Tekno*, 16(1), 144–152.
- Rahmat, Hendriyani, I., & Dito Pratama, R. (2017). Kajian Kuat Lentur Beton Pada Perkerasan Kaku jalan Tol Balikpapan-Samarinda. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 50–60.
- Resti, A., Hidayat, M., & Kamil, I. (2021). Perbandingan Kuat Tekan Dan Lentur Beton Menggunakan Agregat Kabupaten Kutai Barat Terhadap Agregat Palu. *Snitt - Politeknik Negeri Balikpapan*, 178–184.
- Rinaldi Basri, D., & Zaki, A. (2018). Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton. *Jurnal Rab Construction Research*, 3(1).
- Saepudin, U., Hartati, G., & Bakri, S. N. (2022). Analisis Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton Berserat *Polymeric* Sebagai Material Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*). *Jurnal Media Teknologi*, 9(1), 88–95.
- Saputro, Y. A. (2021). Optimalisasi Temperatur Air Pada Mortar *Rigid Pavement* Dengan Pasir Sungai (Quarry Tempur) Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur. *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 7(1), 1–7.
- Sasmita, A. Y., & Andaryati. (2021). Beton Dengan Agregat Kasar Berbahan Sampah Kantong Plastik. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(1), 9–16.
- Sultan, M. A., Tata, A., & Wanda, A. (2020). Penggunaan Limbah Plastik PP Sebagai Bahan Pengikat Pada Campuran Paving Block. *Siklus : Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 95–102.
- Teori, D., & Praktek, K. E. (2015). Teknologi beton: 62(21).