

## PENGUJIAN MORTAR DENGAN BIJI PLASTIK *POLYPROPYLENE* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PASIR

### TESTING OF MORTAR USING POLYPROPYLENE PLASTIC SEEDS AS A SUBSTITUTION MATERIAL OF SANDS

Andra Yudhaswara Mulyono\*<sup>1</sup>, Relly Andayani<sup>2</sup>

\*Email: [andrayudhaswara@gmail.com](mailto:andrayudhaswara@gmail.com)

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Gunadarma, Jakarta

---

**Abstrak**— Pengambilan pasir alam dalam volume besar dan terus menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan. Selain itu, limbah plastik jenis *polypropylene* merupakan jenis limbah plastik terbanyak dengan total sekitar 2,03% dari 9,52 juta ton sampah plastik di Indonesia pada tahun 2019, di mana plastik menjadi salah satu masalah pencemaran lingkungan. Penelitian ini berfokus pada upaya pengurangan pemakaian material pasir dan pemanfaatan bahan *polypropylene* semaksimal mungkin dalam mortar bangunan, yang masih memenuhi standar SNI 03-6825-2002. Parameter yang digunakan untuk mengetahui perubahan karakteristik mortar akibat pengaruh biji *polypropylene* (PP) yang digunakan sebagai bahan pengganti pasir dalam mortar adalah *slump flow*, berat isi dan kekuatan tekan pada umur 28 hari. Variasi proporsi *polypropylene* dalam penelitian ini terdiri dari 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% terhadap volume pasir. Perencanaan campuran (*mix design*) mortar dihitung berdasarkan volume absolut atau proporsi berat masing-masing bahan penyusunnya. Setiap variasi campuran mortar menggunakan nilai FAS sebesar 0,5 serta perbandingan proporsi semen dan pasir 1:3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya jumlah proporsi biji *polypropylene* yang menggantikan pasir, semakin besar nilai *slump flow*, namun semakin kecil berat isi dan kekuatan tekan mortar tersebut. Berdasarkan hasil analisis, penambahan biji *polypropylene* yang diizinkan untuk mortar berdasarkan SNI 03-6825-2002 adalah maksimum 15% dari volume pasir.

**Kata kunci** — beton, kuat tekan, mortar, pasir, polypropylene

---

**Abstract**— Extraction of natural sand in large volumes and continuously can cause environmental damage. Furthermore, polypropylene was the most common type of plastic waste with a total of about 2.03% of the 9.52 million tons of plastic waste in Indonesia in 2019, where plastic is one of the problems of environmental pollution. This research focuses on efforts to reduce the use of sand materials and the reuse of polypropylene materials in mortar of building maximally, which still meet the standards of SNI 03-6825-2002. The parameters that used to determine changes of mortar characteristics due to the influence of polypropylene (PP) seeds that used as a substitute for sand in mortar are slump flow, bulk density and compressive strength at 28 days. Proportion of polypropylene consisted of 0%, 5%, 10%, 15%, 20% and 25% of the volume of sand. Mix design was calculated based on the absolute volume or weight proportion of each constituent material. Each variation of the mortar mixture use 0.5 FAS value and 1:3 cement-sand ratio. The results showed that increasing the proportion of polypropylene seeds which replaced the sand, the slump flow value was also increase, but decrease the density and compressive strength of mortar. Based on the results of the analysis, the permissible addition of polypropylene seeds for mortar based on SNI 03-6825-2002 is a maximum of 15% of the volume of sand.

**Keywords** — concrete, compressive strength, mortar, sand, polypropylene

---

## I. PENDAHULUAN

Volume penggunaan pasir alam sebagai material penyusun beton dan mortar sangat besar dan

mengalami peningkatan setiap tahunnya. Andika (2018) menjelaskan bahwa kebutuhan pasir di Indonesia sangat besar, yaitu mencapai sekitar 200 juta ton dalam setahun [1]. Pengambilan material

yang berasal dari alam tersebut dengan jumlah yang sangat besar dan secara terus menerus akan mengakibatkan kerusakan lingkungan secara perlahan-lahan.

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang teknik sipil, mulai banyak inovasi baru yang bermunculan untuk mengurangi permasalahan tersebut, yaitu dengan menggunakan *sustainable environment material*. Material konstruksi yang “*sustainable*” yaitu berbanding lurus dengan *service life* dan *performance* serta berbanding terbalik dengan *environmental impact* [2]. Salah satu bahan yang dapat digunakan adalah limbah plastik, di mana saat ini menumpuknya limbah plastik menjadi salah satu masalah pencemaran yang sedang dihadapi oleh Indonesia maupun dunia. Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total sampah di Indonesia tahun 2019 akan mencapai 68 juta ton dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton atau sekitar 14 persen dari total sampah yang ada. Salah satu limbah plastik yang menjadi peringkat teratas berdasarkan jumlahnya adalah limbah plastik jenis *polypropylene*, yaitu sekitar 2,03% dari 9,52 juta ton sampah plastik. Indonesia juga berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik ke laut yang mencapai 0,48 - 1,29 juta ton/tahun [3]. Konsep penggunaan *sustainable environment material* di atas dikenal dengan “*green concrete*”. *Green concrete* pada dasarnya serupa dengan jenis beton konvensional, namun dalam proses produksinya memerlukan jumlah minimal energi serta tidak memberi dampak negatif pada lingkungan [4].

Penelitian mengenai karakteristik beton dan mortar yang mengandung limbah *polyethylene terephthalate* menunjukkan kekuatan tekan cenderung menurun seiring meningkatnya proporsi campuran limbah [5]. Penelitian lain juga menunjukkan pengaruh penggunaan agregat *polyethylene terephthalate* dan *polycarbonate* pada beton dan mortar yang hasilnya nilai kuat tekan menurun dengan peningkatan jumlah kedua jenis agregat plastik [6]. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh bahan plastik terhadap perubahan karakteristik beton dan mortar cenderung sama. Hal yang sama ditunjukkan dalam penelitian terpisah antara penggunaan bahan plastik pada beton dan mortar. Penurunan kekuatan beton berbahan plastik dalam berbagai umur beton telah dibuktikan [7]. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian yang menunjukkan kekuatan mortar mengalami penurunan seiring dengan penambahan substitusi

bahan plastik [8]. Penelitian-penelitian ini juga menunjukkan tidak hanya pada kekuatan tekan, melainkan karakteristik lainnya seperti densitas, *workability* dan juga kekuatan tarik memiliki perubahan karakteristik yang sama antara beton dan mortar akibat pengaruh substitusi bahan plastik.

Masalah pencemaran akibat limbah plastik di mana jenis *polypropylene* menjadi yang terbanyak, serta upaya mengurangi pemakaian pasir alam untuk bahan bangunan seperti yang dijelaskan di atas menjadi latar belakang peneliti melakukan pengujian mortar dengan material biji plastik *polypropylene* (PP) sebagai bahan pengganti agregat halus/ pasir. Kebaruan dari penelitian ini dibandingkan dengan penelitian terdahulu yaitu terletak pada fokus penelitian yang menggunakan biji *polypropylene* murni sebagai bahan pengganti pasir dalam mortar sampai semaksimal mungkin yang mengacu pada standar persyaratan mortar layak pakai di dalam SNI 03-6825-2002, sehingga nantinya diketahui batas maksimum substitusi yang masih memenuhi persyaratan SNI. Selain itu, perbandingan pasir dan semen serta nilai FAS yang tetap, berfungsi agar perubahan nilai-nilai parameter yang dihasilkan murni akibat perubahan proporsi substitusi biji *polypropylene*. Bahan *polypropylene* yang digunakan berupa biji asli sehingga bentuknya seragam. Hal ini dilakukan dengan tujuan agar biji plastik memiliki diameter maksimum yang masih memenuhi kriteria pasir. Parameter yang ditinjau adalah nilai *slump flow*, berat isi dan kuat tekan mortar tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Historical Review

Konsumsi energi dari pembuatan baja, beton dan semen mencapai lebih dari 60% dari total konsumsi energi seluruh komponen suatu gedung [9]. Penggunaan material yang dapat didaur ulang, serta memperbarui dan mengembalikannya ke siklus alam dengan ramah lingkungan dan menghemat energi merupakan salah satu dari banyak cara dalam implementasi konsep *green building* [10]. Penggunaan plastik dalam beton dengan penggantian pasir 10% berdasarkan volume berpotensi dapat menghemat 820 juta ton pasir alam setiap tahun di Inggris [11]. Bahan plastik digunakan pada kisaran volume sebesar 0,6% hingga 1,5% dari total volume campuran beton dan hasilnya menunjukkan penurunan kuat tekan dari 4% sampai 43% [12] dalam [13]. Peningkatan kandungan plastik daur

ulang sebesar 10 – 50% juga menyebabkan kekuatan tekan yang dihasilkan berkurang secara signifikan, yaitu dari 48 MPa menjadi 19 MPa [14]. Mortar yang digabungkan agregat plastik daur ulang dan menghasilkan kekuatan tekan dan kekuatan lentur semakin menurun seiring meningkatnya kadar agregat plastik [15]. Namun, percobaan lain bahan plastik dalam campuran beton dan meningkatkan kuat tekan sekitar 8% hingga 14,2% untuk rasio substitusi antara 0,1% hingga 0,5% dari volume campuran [16] dan [17]. Berdasarkan sebagian besar penelitian- penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa bahan plastik yang digunakan sebagai substitusi agregat mengakibatkan menurunnya kekuatan mortar dengan jumlah proporsi yang besar.

Namun, perlu diperhatikan bahwa terdapat parameter lain yang dapat menjadi tolak ukur untuk menjadikan bahan plastik sebagai campuran beton/ mortar. Seperti penelitian dengan hasil yang menunjukkan bahwa nilai *slump* meningkat seiring dengan meningkatnya kandungan plastik PP dalam beton [18]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa penyerapan air pada campuran mortar akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kadar bahan plastik yang berfungsi sebagai *fillers* [19]. Seperti penelitian yang menunjukkan bahwa penambahan plastik PP dapat mempengaruhi *workability* mortar, menghasilkan nilai berat jenis yang lebih kecil daripada mortar biasa, tetapi menurunkan nilai kekuatan tekan mortar [20].

Selain itu, beton dengan kandungan PP memiliki densitas yang lebih rendah dan mengalami penurunan densitas sebesar 6,6% untuk beton dengan PP 20%. Agregat plastik ini dikatakan cocok untuk penerapan beton ringan karena nilai densitas keringnya mendekati atau bahkan di bawah dari persyaratan densitas minimum beton ringan, yaitu 2000 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini juga didukung oleh penelitian di mana peningkatan jumlah agregat plastik akan meningkatkan porositas karena udara yang terperangkap dan ikatan yang lemah antara partikel plastik dengan campuran lainnya, yang menyebabkan meningkatnya permeabilitas [21] dan [22]. Kadar udara pada mortar berserat PP semakin meningkat seiring dengan meningkatnya persentase proporsi PP [23]. Nilai kadar udara meningkat 13,41% pada penambahan PP 1%. Sama dengan penelitian yang dilakukan oleh [24], densitas kering mortar agregat plastik lebih kecil dibanding mortar normal.

Berdasarkan *historical review* di atas, ditemukan bahwa kekuatan beton dan mortar tidak ditingkatkan

secara efektif ketika limbah plastik ditambahkan ke dalam campuran. Namun dengan proporsi tertentu, limbah plastik masih dapat digunakan sebagai bahan substitusi agregat dengan meninjau parameter berat isi, *workability* dan durabilitasnya. Beton/ mortar berbahan limbah plastik dapat menjadi alternatif untuk membuat beton/ mortar ringan (*lightweight concrete/ mortar*). Dengan demikian, penggunaan limbah plastik sebagai agregat dalam beton/ mortar tidak hanya memecahkan masalah pembuangan limbah plastik tetapi juga mengurangi kebutuhan untuk mengekstraksi sumber daya alam seperti pasir dan kerikil karena bahan berbatu langka, dan akses ke tambang menjadi semakin rumit [25].

## B. Polypropylene

*Polypropylene* (PP) merupakan sebuah polimer hidrokarbon linier hasil reaksi polimerisasi dari propilena (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>). PP merupakan salah satu polimer yang paling tahan terhadap berbagai kondisi sehingga sering digunakan sebagai plastik dan serat. PP merupakan polimer yang ringan karena memiliki densitas sebesar 0,90 – 0,92 g/cm<sup>3</sup>, memiliki kekerasan dan kerapuhan paling tinggi, serta bersifat kurang stabil terhadap panas [26]. Monomer-monomer penyusun rantai PP merupakan perolehan dari pemurnian minyak bumi [27]. PP memiliki mutu kimia yang baik sebagai bahan polimer dan tahan terhadap pemecahan karena tekanan (*stress-cracking*) meskipun pada temperatur tinggi [28].

## C. Slump Flow Mortar

Uji meja sebar/ *flow table test* dilakukan untuk mengetahui kelecakan (*workability*) adukan mortar. Kelecakan mortar atau *workability* adalah tingkat kemudahan suatu campuran mortar untuk dikerjakan. *Flow table test* dilakukan dengan menggunakan alat meja sebar (*flow table*) sesuai dengan acuan ASTM 2010 C270-10 [29]. Nilai *slump flow* dapat ditentukan dengan Persamaan berikut ini.

$$d_r = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4} \quad (1)$$

$$d_s \leq d_r \leq 1,15d_s \quad (2)$$

di mana:

$d_1; d_2; d_3; d_4$  : diameter sebaran adonan pada tempat yang berlainan (cm)

$d_s$  : diameter semula (cm)

$d_r$  : diameter rata-rata setelah penggetaran (cm)

#### D. Berat Isi Mortar

Berat isi adalah perbandingan massa benda dengan volume benda. Penentuan berat jenis mortar dapat dilakukan dengan Persamaan berikut ini.

$$\gamma_m = \frac{B_m}{V} \quad (3)$$

di mana:

$\gamma_m$  : berat isi (g/cm<sup>3</sup>)

$B_m$  : berat benda uji (g)

$V$  : volume benda uji (cm<sup>3</sup>)

Untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka  $V = 125 \text{ cm}^3$

#### E. Kuat Tekan Mortar

Berdasarkan SNI 03-6825-2002 [30], kekuatan tekan mortar adalah gaya maksimum per satuan luas yang bekerja pada benda uji mortar berbentuk kubus dengan ukuran tertentu dan umur tertentu. Kekuatan tekan mortar sangat dipengaruhi oleh proporsi campurannya. Kuat tekan mortar dapat ditentukan dengan Persamaan berikut ini.

$$\sigma_m = \frac{P_{maks}}{A} \quad (4)$$

di mana:

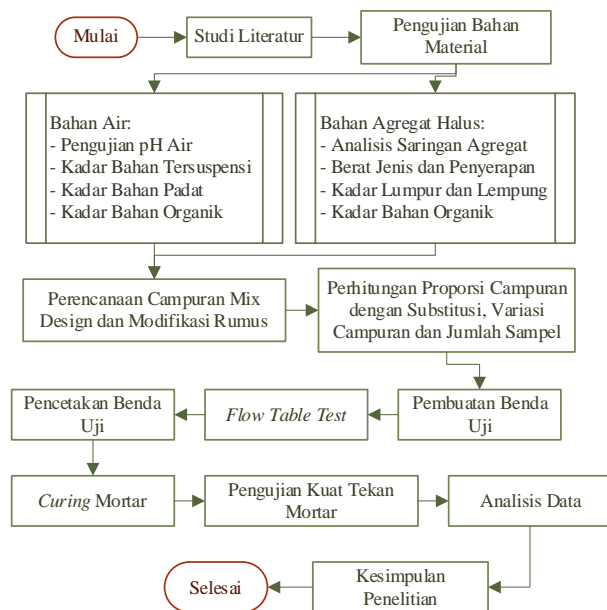
$\sigma_m$  : kekuatan tekan mortar (MPa)

$P_{maks}$ : gaya tekan maksimum (N)

$A$  : luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)

Untuk benda uji kubus dengan panjang sisi 50 mm, maka  $A = 2500 \text{ mm}^2$

### III. METODE PENELITIAN



#### A. Variabel Penelitian

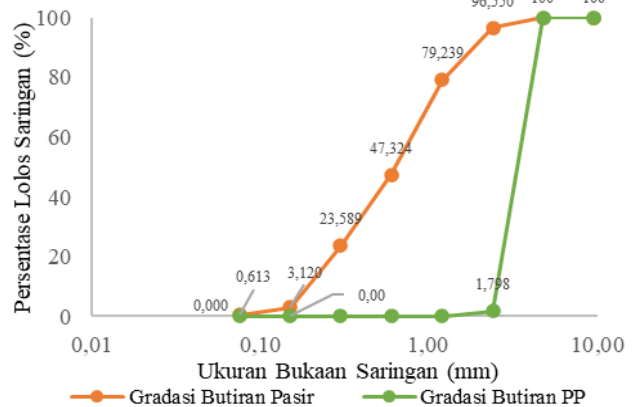
Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel terikat dan variabel kontrol. Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi, di mana dalam penelitian ini adalah proporsi biji *polypropylene* yang digunakan sebagai substitusi agregat halus dalam mortar. Variasi proporsi *polypropylene* terdiri dari 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari volume agregat halus/ pasir. Nilai variasi proporsi *polypropylene* ini diambil berdasarkan proses ujicoba yang mengacu pada penelitian-penelitian terdahulu dan dipilih interval 5% sampai maksimum 25% untuk efisiensi penelitian.

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi, di mana dalam penelitian ini adalah nilai *slump flow*, berat isi, dan kuat tekan mortar. Variabel kontrol merupakan variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan, di mana dalam penelitian ini adalah jenis material, proporsi pasta semen (campuran semen dan air) di mana nilai FAS yang digunakan adalah 0,5 dan perbandingan proporsi semen dan pasir adalah 1:3.

#### B. Material

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Composite Cement* (PCC) dengan berat jenis 3,15. Jenis agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir putih Bangka dengan ukuran butiran <4,75 mm. Pasir putih Bangka yang digunakan ini berasal dari Kepulauan Bangka dengan berat jenis SSD sebesar 2,573 sesuai hasil pengujian berat jenis agregat dan telah memenuhi standar kelayakan sebagai bahan campuran mortar.

Perbandingan gradasi butiran pasir dengan biji *polypropylene* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gradasi Butiran PP vs Pasir

Biji plastik *polypropylene* yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus merupakan biji

polypropylene murni yang memiliki ukuran butiran <4,75 mm yang terlihat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Biji Polypropylene

### C. Pembuatan dan Mix Design Mortar

Mix design direncanakan berdasarkan volume rencana mortar yang akan dibuat. Kemudian persamaan tersebut dimodifikasi akibat adanya

material plastik sebagai bahan substitusi pasir, di mana hal tersebut akan mempengaruhi proporsi bahan penyusun mortar lainnya, yaitu semen dan air.

Proses menentukan variasi proporsi biji polypropylene ditentukan berdasarkan hasil uji coba secara berulang-ulang terlebih dahulu untuk mengetahui perubahan karakteristik mortar yang dihasilkan. Setelah itu melakukan pengujian untuk mengetahui kelayakan biji polypropylene sebagai bahan substitusi pasir dan menentukan batas maksimum penggunaannya.

Benda uji mortar dalam penelitian yang digunakan untuk uji kuat tekan mengacu pada SNI 03-6825-2002, yaitu cetakan kubus berukuran 50 mm × 50 mm × 50 mm. Jumlah variasi campuran mortar dalam penelitian ini sebanyak 6, di mana setiap variasi terdiri dari 3 sampel uji. Pengujian kuat tekan mortar dilakukan pada saat mortar berumur 28 hari.

Tabel 1. Kadar Bahan Penyusun Mortar dalam 1 m<sup>3</sup>

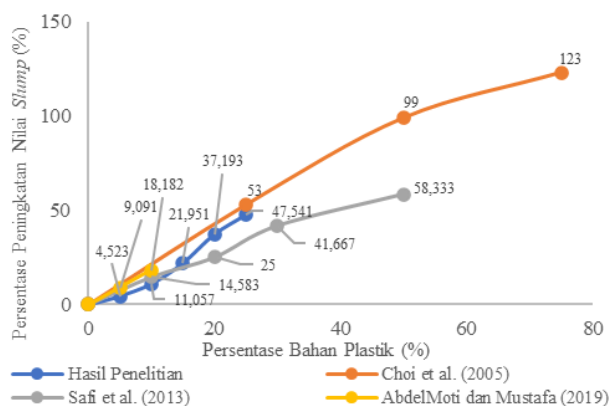
Keterangan	Kadar Bahan dalam 1 m <sup>3</sup>			
	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Air (kg/m <sup>3</sup> )	Pasir (kg/m <sup>3</sup> )	Polypropylene (kg/m <sup>3</sup> )
Mortar normal	504,221	252,111	1512,664	-
Mortar dengan 5%PP	504,221	252,111	1437,031	26,452
Mortar dengan 10%PP	504,221	252,111	1361,398	52,904
Mortar dengan 15%PP	504,221	252,111	1285,764	79,356
Mortar dengan 20%PP	504,221	252,111	1210,131	105,807
Mortar dengan 25%PP	504,221	252,111	1134,498	132,259

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Nilai Slump Flow

Hasil flow table test campuran mortar pada setiap variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 3. Pasir yang digunakan untuk campuran mortar telah dibuat terlebih dahulu dalam kondisi jenuh kering permukaan/ Saturated Surface Dry (SSD). Hal ini dimaksudkan agar pasir dalam campuran mortar segar tidak menyerap air dalam pasta semen, sehingga diharapkan campuran mortar yang dibuat dapat sesuai dengan perencanaan dalam mix design. Oleh sebab itu, seharusnya pengaruh perbedaan water absorption antara pasir dengan biji polypropylene tidak menjadi satu-satunya penyebab utama naiknya nilai slump flow. Faktor lain yang dapat menyebabkan naiknya nilai slump flow adalah lemahnya ikatan yang terjadi antara butir biji polypropylene dengan pasta semen, sehingga

campuran menjadi lebih encer. Selain itu, biji polypropylene memiliki tingkat kekasaran permukaan yang jauh lebih kecil dibanding pasir sehingga pasta semen lebih sulit menempel pada permukaannya.



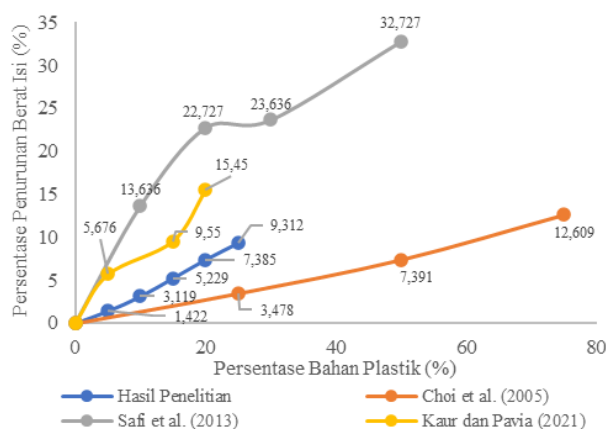
Gambar 3. Nilai Slump Flow Mortar

Persentase peningkatan nilai *slump* hasil penelitian tidak berbeda jauh dengan ketiga penelitian terdahulu. Hal ini ditunjukkan dengan bentuk kurva keempat penelitian tersebut yang cenderung mirip dan memiliki arah kurva yang sama. Pada penambahan bahan plastik jenis *polypropylene* sebesar 10% dari volume pasir, terjadi peningkatan nilai *slump* pada hasil penelitian sebesar 11,057% terhadap campuran normal. Hal ini tidak berbeda jauh pada 3 penelitian terdahulu yang menggunakan limbah plastik jenis *polyethylene terephthalate*, yaitu 21,2% pada [5], 14,583% pada [8] serta 18,182% pada [31]. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penggunaan jenis bahan plastik yang berbeda. Ketiga penelitian terdahulu ini menggunakan jenis plastik *polyethylene terephthalate*. Hal ini dapat menunjukkan bahwa jenis bahan plastik yang digunakan sebagai substitusi pasir dalam mortar akan mempengaruhi besaran nilai berat isi yang dihasilkan, namun memiliki pola penurunan yang cenderung sama.

### B. Berat Isi Mortar

Berat isi rata-rata mortar normal diperoleh sebesar 2,180 g/cm<sup>3</sup>, di mana dalam penelitian ini berlaku sebagai pembandingan dengan nilai berat isi rata-rata mortar berbagai variasi campuran. Gambar 4 menunjukkan hubungan antara berat isi rata-rata dengan variasi proporsi *polypropylene* adalah berbanding lurus. Substitusi pasir dengan biji *polypropylene* pada mortar menghasilkan nilai berat isi yang lebih kecil dibandingkan dengan mortar normal, kemudian akan semakin mengecil seiring dengan semakin banyaknya proporsi biji *polypropylene* di dalam mortar. Hal ini disebabkan oleh berat jenis *polypropylene* yang lebih kecil daripada berat jenis pasir, di mana berat jenis pasir 2,85 kalinya dari berat jenis biji *polypropylene*. Hasil penelitian ini mendukung penelitian-penelitian sebelumnya, seperti [24] menunjukkan densitas kering mortar agregat plastik lebih kecil dibanding mortar normal, juga dengan [21] serta [22] yang menunjukkan peningkatan jumlah agregat plastik akan meningkatkan porositas.

Persentase penurunan berat isi hasil penelitian tidak terlalu berbeda jauh dengan ketiga penelitian terdahulu. Hal ini ditunjukkan dengan bentuk kurva keempat penelitian tersebut yang cenderung mirip dan memiliki arah kurva yang sama.



Gambar 4. Nilai Berat Isi Mortar

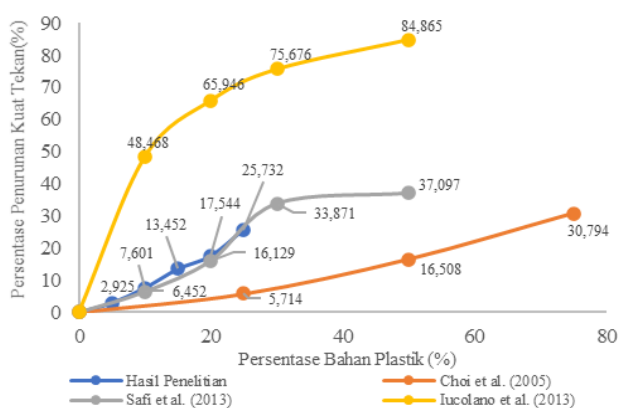
Pada penambahan bahan plastik jenis *polypropylene* sebesar 10% dari volume pasir, terjadi penurunan berat isi pada hasil penelitian sebesar 3,119% terhadap campuran normal. Hal ini tidak berbeda jauh pada 3 penelitian terdahulu, yaitu 1,391% pada [5], 13,636% pada [8], 6,731% pada [31] serta 7,613% pada [24]. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penggunaan jenis bahan plastik yang berbeda. Ketiga penelitian terdahulu ini menggunakan jenis plastik yang berbeda, yaitu *polycarbonate*, *polyethylene terephthalate* dan *polyoxymethylene*. Berdasarkan perbandingan ini, dapat menunjukkan jenis bahan plastik akan mempengaruhi besaran nilai berat isi yang dihasilkan, namun memiliki pola penurunan yang cenderung sama.

### C. Kuat Tekan Mortar

Pengujian kuat tekan mortar dilakukan saat mortar berumur 28 hari. Tabel 2 merupakan rekapitulasi dari hasil pengujian kuat tekan mortar dengan berbagai macam variasi campuran. Kuat tekan rata-rata mortar normal diperoleh sebesar 22,800 MPa, di mana dalam penelitian ini berlaku sebagai pembandingan dengan nilai kuat tekan rata-rata mortar berbagai variasi campuran. Penurunan kekuatan tekan yang terjadi akibat pengaruh substitusi pasir dengan biji *polypropylene* dengan interval 0% – 25% yaitu 2,9% – 25,7% dari mortar normal. Rata-rata penurunan kekuatan tekan yang terjadi setiap penambahan 5% biji *polypropylene* adalah sebesar 1,173%.

Berdasarkan Gambar 5, kekuatan tekan mortar semakin menurun seiring dengan penambahan proporsi biji *polypropylene* sebagai substitusi pasir. Hal ini disebabkan oleh permukaan biji *polypropylene* yang licin atau memiliki tingkat kekasaran permukaan yang sangat kecil, sehingga mengakibatkan lemahnya ikatan yang terjadi antara

pasta semen dengan biji *polypropylene*. Lemahnya ikatan yang menyebabkan berkurangnya kuat tekan dapat juga disebabkan oleh sifat keruntuhan beton yang merambat dalam gaya tarik [15]. Selain itu, faktor lain yang menyebabkan turunnya nilai kuat tekan mortar adalah jumlah pori-pori mortar akan bertambah seiring dengan bertambahnya jumlah proporsi biji *polypropylene*. Hal ini berdasarkan pengujian analisis saringan, di mana ukuran butiran biji *polypropylene* cenderung sama sehingga butiran biji tersebut tidak bisa saling mengisi ruang kosong yang ada.



Gambar 5. Nilai Kuat Tekan Seluruh Variasi Campuran

Persentase penurunan kekuatan tekan hasil penelitian mirip dengan penelitian yang dilakukan oleh [8] tetapi tidak berbeda jauh dengan [5] dan [15]. Hal ini ditunjukkan dengan kurva hasil penelitian dan [8] yang berhimpitan, dan keduanya masih searah dengan kurva penelitian yang dilakukan oleh [5] dan [15]. Pada penambahan bahan plastik jenis *polypropylene* sebesar 10% dari volume pasir, terjadi penurunan kekuatan tekan pada hasil penelitian sebesar 7,601% terhadap campuran normal. Hasil ini mirip dengan penelitian [8] sebesar 6,452% dan [5] sebesar 2,286%, namun berbeda jauh dengan hasil penelitian [15] sebesar 48,468%. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh penggunaan jenis bahan plastik yang berbeda. Ketiga penelitian terdahulu ini menggunakan jenis plastik yang berbeda, yaitu *polycarboxylate*, *polyethylene terephthalate* dan *polyolefin*. Berdasarkan perbandingan ini, dapat menunjukkan jenis bahan plastik akan mempengaruhi besaran nilai berat isi yang dihasilkan, namun memiliki pola penurunan yang cenderung sama.

#### D. Proporsi Biji *Polypropylene* yang Layak

Berdasarkan uraian pada pendahuluan, pengaruh bahan plastik sebagai bahan substitusi pasir pada beton cenderung sama dengan mortar. Jika mengacu pada ASTM C270-14a, proporsi *polypropylene* dalam pasir yang layak pada mortar adalah maksimum 15%. Berdasarkan parameter kekuatan tekan, di mana sebenarnya kekuatan tekan berada di bawah persyaratan kekuatan minimum setelah penambahan 25% biji *polypropylene*, namun nilai *slump flow* telah jauh melewati standar maksimum yang ditetapkan SNI, yaitu berada pada interval 1 – 1,15 kali diameter *flow mold*. Bila meninjau pada penambahan 15% biji *polypropylene*, nilai *slump flow* yang diperoleh telah melewati standar maksimum namun belum melampaui jauh, dan juga secara visual, campuran mortar tersebut belum terlalu encer. Nilai kekuatan tekan pun masih berada di atas standar kekuatan minimum.

Proporsi biji *polypropylene* maksimum 15% dari volume pasir juga layak digunakan sebagai bahan substitusi pasir dalam beton. Analisis ini didukung oleh beberapa hasil penelitian terdahulu, antara lain [11] yang menunjukkan proporsi bahan plastik yang layak sebagai substitusi pasir adalah 10% dari volume pasir dengan melakukan *treatment* khusus, juga dengan [7] yang menunjukkan bahwa kekuatan beton hasil substitusi pasir dengan limbah plastik dengan interval 0% – 20% volume pasir masih layak untuk diterapkan sebagai *lightweight concrete*.

### V. PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Penelitian ini berfokus pada penggunaan biji *polypropylene* murni sebagai substitusi pasir dalam mortar. Perbandingan pasir dan semen serta nilai FAS yang tetap berfungsi agar perubahan nilai-nilai parameter yang dihasilkan murni akibat perubahan proporsi substitusi *polypropylene*. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut.

1. Nilai *slump flow* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya proporsi biji *polypropylene* yang menggantikan pasir.
2. Nilai berat isi mortar akan semakin mengecil seiring dengan bertambahnya proporsi biji *polypropylene* yang menggantikan pasir.
3. Kuat tekan mortar menurun seiring dengan bertambahnya jumlah proporsi biji *polypropylene* yang menggantikan pasir.

4. Proporsi biji *polypropylene* yang layak sebagai bahan substitusi pasir pada mortar maupun beton adalah maksimum 15% dari volume pasir. Biji limbah plastik dapat digunakan untuk membuat *lightweight concrete* yang dapat diterapkan di daerah-daerah dengan daya dukung tanah rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa plastik sebagai *sustainable environment material*. Penerapan ini dapat menjadi salah satu solusi untuk mengurangi pemakaian pasir alam sekaligus pencemaran lingkungan akibat limbah plastik.

## B. Saran

Saran yang diberikan penulis untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan limbah plastik yang diolah menjadi biji daur ulang. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah karakteristik mortar yang dihasilkan sesuai dengan penelitian ini, yaitu substitusi pasir menggunakan biji *polypropylene* asli.
2. Parameter lain diperlukan untuk penelitian lebih lanjut, untuk mengetahui sejauh mana biji *polypropylene* ini dapat digunakan sebagai bahan substitusi pasir, seperti pengujian kekuatan tarik, kekuatan lentur dan pengujian durabilitas.
3. Penelitian lebih lanjut mengenai nilai *slump* perlu dilakukan dengan mengubah nilai FAS. Hal ini berfungsi untuk mengetahui pengaruh nilai FAS terhadap *workability* mortar/ beton berbahan plastik, yang semakin meningkat proporsi bahan plastik, semakin besar pula nilai *slump*-nya.
4. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai bahan kimia yang terkandung di dalam beton/ mortar berbahan plastik. Hal ini untuk mengetahui apakah beton/ mortar berbahan plastik aman jika diterapkan pada lingkungan yang memiliki kontak langsung dengan aktivitas manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Warta Ekonomi, "Pemerintah Genjot Infrastruktur, Kebutuhan Pasir Melonjak," *wartaekonomi.co.id*, Sep. 2018.
- [2] H. S. Mueller, M. Haist, J. S. Moffatt, and M. Vogel, "Design, Material Properties and Structural Performance of Sustainable Concrete," *Procedia Engineering*, vol. 171, pp. 22–32, 2017.
- [3] J. R. Jambeck *et al.*, "Plastic waste inputs from land into the ocean," *Science*, vol. 347,

- no. 6223, pp. 768–771, 2015.
- [4] M. Glavind and C. Munch-Petersen, "'Green' concrete in Denmark," *Structural concrete*, vol. 1, no. 1, pp. 19–25, 2000.
- [5] Y.-W. Choi, D.-J. Moon, J.-S. Chung, and S.-K. Cho, "Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 35, no. 4, pp. 776–781, 2005.
- [6] K. Hannawi, S. Kamali-Bernard, and W. Prince, "Physical and mechanical properties of mortars containing PET and PC waste aggregates," *Waste management*, vol. 30, no. 11, pp. 2312–2320, 2010.
- [7] Z. Z. Ismail and E. A. Al-Hashmi, "Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement," *Waste management*, vol. 28, no. 11, pp. 2041–2047, 2008.
- [8] B. Safi, M. Saidi, D. Aboutaleb, and M. Maallem, "The use of plastic waste as fine aggregate in the self-compacting mortars: Effect on physical and mechanical properties," *Construction and Building Materials*, vol. 43, pp. 436–442, 2013.
- [9] X. Su and X. Zhang, "A detailed analysis of the embodied energy and carbon emissions of steel-construction residential buildings in China," *Energy and Buildings*, vol. 119, pp. 323–330, 2016.
- [10] K. A. Aghdam, A. F. Rad, H. Shakeri, and J. M. Sardroud, "Approaching green buildings using eco-efficient construction materials : a review of the state-of-the-art," *Journal of Construction Engineering and Project Management*, vol. 8, no. 3, pp. 1–23, 2018.
- [11] J. Thorneycroft, J. Orr, P. Savoikar, and R. J. Ball, "Performance of structural concrete with recycled plastic waste as a partial replacement for sand," *Construction and Building Materials*, vol. 161, pp. 63–69, 2018.
- [12] L. Kaiping, C. Hewei, and Z. Jing'en, "Investigation of brucite-fiber-reinforced concrete," *Cement and Concrete Research*, vol. 34, no. 11, pp. 1981–1986, 2004.
- [13] I. H. Alfahdawi, S. A. Osman, R. Hamid, and A. I. Al-Hadithi, "Utilizing waste plastic polypropylene and polyethylene terephthalate as alternative aggregates to produce lightweight concrete: A review," *Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 11, no. 8, pp. 1165–1173, 2016.
- [14] R. Siddique, J. Khatib, and I. Kaur, "Use of recycled plastic in concrete: A review,"



- Waste Management*, vol. 28, no. 10, pp. 1835–1852, 2008.
- [15] F. Iucolano, B. Liguori, D. Caputo, F. Colangelo, and R. Cioffi, “Recycled plastic aggregate in mortars composition: Effect on physical and mechanical properties,” *Materials & Design (1980-2015)*, vol. 52, pp. 916–922, 2013.
- [16] J. M. Irwan, R. M. Asyraf, N. Othman, K. H. Koh, M. M. K. Annas, and S. K. Faisal, “The Mechanical Properties of PET Fiber Reinforced Concrete from Recycled Bottle Wastes,” *Advanced Materials Research*, vol. 795, pp. 347–351, 2013.
- [17] A. I. Al-Hadithi, “Some properties of concrete using waste plastic fiber with a very small percentages,” in *The First International Engineering Sciences Conference of Aleppo University (IESC" 2008)*, 2008, pp. 93–101.
- [18] M. J. Islam, N. Sarwar, and S. Al Shafian, “An Investigation of Concrete Properties with Polypropylene (Pp) As An Partial Replacement of Coarse Aggregate.” Islamic University of Technology, Gazipur, Bangladesh, 2015.
- [19] S. T. Wicaksono, H. Ardhyanta, and A. Rasyida, “Study on mechanical and physical properties of composite materials with recycled PET as fillers for paving block application,” *AIP Conference Proceedings*, vol. 1945, no. 1, pp. 1–6, Apr. 2018.
- [20] M. W. Tjaronge, M. A. Caronge, and N. Basir, “Karakteristik Mortar Berbahan Limbah Plastik Polypropylene (PP) dan Abu Sekam Padi,” *Lambung Mangkurat University*, pp. 1–9, 2019.
- [21] K. Hannawi, W. Prince, and S. K. Bernard, “Strain capacity and cracking resistance improvement in mortars by adding plastic particles,” *Journal of materials in civil engineering*, vol. 25, no. 11, pp. 1602–1610, 2013.
- [22] S. Rahimi R., I. M. Nikbin, H. Allahyari, and S. Habibi T., “Sustainable approach for recycling waste tire rubber and polyethylene terephthalate (PET) to produce green concrete with resistance against sulfuric acid attack,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 126, pp. 166–177, 2016.
- [23] B. Z. Afridi, K. Shahzada, and M. T. Naqash, “Mechanical Properties of Polypropylene Fibers Mixed Cement-Sand Mortar,” *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 17, no. 2, pp. 116–125, 2019.
- [24] G. Kaur and S. Pavia, “Durability of Mortars Made with Recycled Plastic Aggregates: Resistance to Frost Action, Salt Crystallization, and Cyclic Thermal–Moisture Variations,” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 33, no. 2, pp. 1–14, 2021.
- [25] F. Casanova-del-Angel and J. L. Vázquez-Ruiz, “Manufacturing Light Concrete with PET Aggregate,” *ISRN Civil Engineering*, vol. 2012, pp. 1–10, 2012.
- [26] M. Nicko, A. Setyabudi, and M. Chalid, *Karakteristik Material Regrind Komposit PP/Talcum Hasil Proses Hot Melt Mixing Material*. Jakarta: Universitas Indonesia, 2011.
- [27] M. A. Cowd, “Kimia Polimer.” Institut Teknologi Bandung, Bandung, 1991.
- [28] M. Gachter, *Plastic Additives Handbook*, Third Edit. Munich: Hanser Publisher, 1990.
- [29] ASTM International, “Standard Specification for Mortar for Unit Masonry,” 2001.
- [30] Badan Standardisasi Nasional, “Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil,” 2002.
- [31] H. M. Abdelmota and M. A. Mustafa, “Use of Polypropylene Waste Plastic Pellets as Partial Replacement for Fine Aggregate in Concrete,” *University of Khartoum Engineering Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 37–43, 2019.
- [32] D. R. Ochbelagh, S. AzimKhani, and H. Gasemzadeh Mosavinejad, “Effect of gamma and lead as an additive material on the resistance and strength of concrete,” *Nuclear Engineering and Design*, vol. 241, no. 6, pp. 2359–2363, 2011.
- [33] A. Usman, M. H. Sutanto, and M. Napiah, “Effect of recycled plastic in mortar and concrete and the application of gamma irradiation-a review,” in *E3S Web of Conferences*, 2018, vol. 65, pp. 1–12.