



STUDI EKSPERIMENTAL PENGGUNAAN LIMBAH SIKAT GIGI PADA CAMPURAN BETON

^{1,*} Hanafi Ashad, ² Muh Shadikin Ismail, ¹ Toni Utina, ¹ Muh Syarif Burhanuddin, ¹ Risma Diana, ³ Masdiana

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia

² Mahasiswa Program Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

^{3,*} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo

Koresponden Author*: hanafi.ashad@umi.ac.id

Info Artikel	ABSTRAK
Diajukan : 05-06-2023 Diperbaiki : 03-10-2023 Disetujui : 17-11-2023	Indonesia adalah negara peringkat kedua penghasil sampah plastik di dunia, oleh karena jumlah penduduk Indonesia menduduki peringkat ke 4 di dunia dengan 80% belum menyadari tentang pemilahan, penggunaan dan bahaya sampah dan semakin diperparah sejak Pandemi Covid 19. Pemerintah telah mengupayakan segala cara agar dapat menekan laju pertumbuhan produksi sampah plastic dengan mengeluarkan dana, menetapkan peraturan, menggalakkan program 5R. Salah satu upaya masyarakat adalah dengan memanfaatkan sampah menjadi material utama beton. Sampah sikat gigi plastik (<i>Toothbrush Plastic Waste/TPW</i>) adalah sampah yang tidak bernilai namun produksinya sangat besar karena merupakan salah satu kebutuhan pokok kebersihan. Tekstur yang kuat, tahan panas dan tidak lapuk merupakan faktor utama pemilihan sebagai material substitusi. TPW dipotong dengan panjang 1-2 cm, komposisi prosentase TWP sebagai substitusi agregat kasar diambil berdasarkan volume agregat kasar. Hasil penelitian membuktikan terjadi peningkatan kuat tekan hingga 28 hari. <i>Toothbrush Plastic Waste of concrete</i> pada kondisi sebelum dipanaskan yang terbaik adalah (TPWC) 2,5% memiliki nilai kuat tekan sebesar 15,83 Mpa dan berat isi sebesar 12,39 kg. Kata Kunci: beton ringan, limbah sikat gigi ABSTRACT <i>Indonesia is the second ranked country of plastic waste in the world (4th in the world). Indonesia have 80% unaware-people on sorting, recycle, reuse and on the dangers of waste and this condition has become worse since the Covid 19 pandemic. The government always tries its best to reduce the growth rate of plastic waste production by budgeting funds, establish regulations, promote the 5R program. The one of the community's efforts is to use waste as the main material for making concrete. The plastic toothbrush waste (TPW) is worthless which a lot of produced because it were of the basic hygiene of needs. The TPW has strong texture, heat resistant and does not rot, which were the main factor on selected as a substitute material. TPW were cut to length of 1-2 cm, the percentage composition of TWP as a substitute for concrete material which took based on the volume of coarse aggregate. The research results proved that there was an increase in compressive strength for up to 28 days. The Toothbrush Plastic Waste of Concrete (TPWC) which the best on condition before heating was (TPWC) 2.5%, which has the best compressive strength was 15.83 Mpa and the best of weight was 12.39 kg.</i> Keywords: lightweight concrete, tooth-brush plastic waste

PENDAHULUAN

Beton adalah campuran semen, agregat agregat dan air dengan atau tanpa tambahan bahan campuran (*campuran* atau *aditif*) massa padat [1] membagi beton menjadi 2 (dua), yaitu:

- 1) Beton berdasarkan kualitas. Kelas kualitas concrete dibagi menjadi 3 kelas, yaitu: Beton Kualitas Rendah 15-20 Mpa, Beton Kualitas Sedang 20-45 Mpa Beton Kualitas Tinggi untuk pekerjaan struktur yang kekuatannya $f_c' > 45$ Mpa;
- 2) Berdasarkan jenisnya, beton dibagi menjadi 6 (enam) jenis, yaitu: beton ringan, beton normal, beton berat, beton massa, beton *Ferro-Cement* dan beton *Fiber concrete*

Hal yang mempengaruhi kekuatan beton antara lain peralatan yang digunakan saat pengecoran, pengerasan. Ada dua hal yang harus dipenuhi dalam pembuatan beton yaitu kekuatan pertama daya tahan dan kestabilan volume adalah sifat jangka panjang dan yang kedua adalah beton dalam kondisi plastis, *workability*, tidak ada *bleeding*, segregasi, kondisi lingkungan dan cuaca.

Berdasarkan tentang pengelolaan sampah, definisi sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat UU No.18 Tahun 2008. Produksi sampah Indonesia mengalami peningkatan menjadi 24,5 juta ton per tahun pada tahun 2021. Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) mencatat 16% sampah adalah sampah plastik [2]. Pemerintah menggalakkan program 5R untuk pengolahan sampah karena proses terurai tidak dapat terjadi secara alami, Oleh karena itu, diperlukan opsi lain untuk menangani sampah plastik ini [3]. Sampah plastik sebagai bahan campuran beton merupakan salah satu cara untuk mengurangi permasalahan sampah plastik [4].

LANDASAN TEORI

Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan beton meliputi: Gradasi agregat, komposisi campuran (*mix design*), Air dan faktor air semen (W/C). Syarat agregat halus berdasarkan ASTM C-33, yaitu berbutir halus dan tajam, kandungan lumpur $\geq 5\%$, kandungan zat organik $\geq 0,5\%$. Tingkat kehalusan 3.0, bergradasi baik dan teratur yang diambil dari satu area yang sama. Sesuai Tabel Batas gradasi agregat halus berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Syarat agregat kasar berdasarkan ASTM C-33 antara lain: permukaan kasar merupakan butiran keras dan tidak berpori, Tidak mengandung unsur organik, Kandungan kadar lumpur $\leq 10\%$ berat kering. Permukaan tajam berfungsi agar mengikat lebih baik saat terjadi gesekan, dan akan mengikat dengan baik saat bercampur dengan semen. Syarat berdasarkan tabel batas gradasi pada agregat kasar berdasarkan SNI 03-2834-1993.

Air sangat mempengaruhi *workability* beton, nilai penyusutan beton, kecepatan reaksi terhadap semen portland, Jumlah air yang digunakan tergantung pada sifat-sifat bahan yang digunakan berdasarkan SNI 03-2847-2019. *Workability* adalah kemudahan eksekusi ketika dituangkan dan dipadatkan dan dibentuk dalam referensi. Kemudahan kerja ini diukur menggunakan nilai *slump test*. Sifat beton berdasarkan uji slump meliputi: *compactability*, *mobility*, *stability*.

Plastik dapat berfungsi sebagai substitusi agregat halus atau agregat kasar pada beton. Plastik memiliki permukaan yang licin dan mengkilat. Hal ini menyebabkan ikatan antar material berkurang sehingga terbentuk rongga kecil pada beton. Beberapa penelitian telah dilakukan seperti menggunakan sampah plastik sebagai substitusi agregat halus [5], agregat kasar [6] atau sebagai bahan tambahan [7]. Penggunaan plastik pada beton membutuhkan bahan tambahan lain untuk meningkatkan kuat beton.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan melakukan pengujian laboratorium dengan beberapa benda uji yang dapat mewakili kondisi realita di lapangan.

1. Material

Sebelum dilakukan pencampuran, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian karakteristik material. Adapun pengujian material beserta standar sebagai berikut:

a) Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus dan Semen

Analisa	:	ASTM C136/C136M-Saringan	14
Berat Jenis A. Kasar	:	ASTM C127 / SNI	1969
Berat Jenis A. Halus	:	ASTM C128 / SNI	1970
Kadar Lumpur	:	ASTM C117	
Kadar Air	:	ASTM C566 / SNI	1971
Massa Jenis	:	ASTM C29 / SNI	4808
Kekerasan	:	ASTM C353 / SNI	2417
Absorpsi	:	ASTM C127 / SNI	1969

b) Sampah Plastik

Jenis sampah plastik yang digunakan adalah sikat gigi dengan sampah plastik no.7 atau tipe *Others*. Sikat gigi dipotong sebesar 1-2 cm lalu dilakukan pengujian sama dengan pengujian agregat:

Analisa	:	ASTM C136/C136M-Saringan	14
Berat Jenis A. Kasar	:	ASTM C127 / SNI	1969
Massa Jenis	:	ASTM C29 / SNI	4808

Sikat gigi (*Toothbrush waste plastic/TPW*) yang digunakan jenis plastic *StirenaAkrilonitril (SAN)* dengan senyawa

kimia $(C_8H_8)_n-(C_3H_3N)_m$. SAN adalah plastik kopolimer yang terdiri dari 70-80% stirena dan 30% akrilonitril. SAN memiliki sifat fisik kaku, tahan panas, warna transparan/tembus pandang, keras, tahan terhadap minyak, tidak mudah pecah, tidak mudah tergores baret (*scratch*), mudah diolah, mudah dibersihkan, memiliki tampilan yang bagus [8].

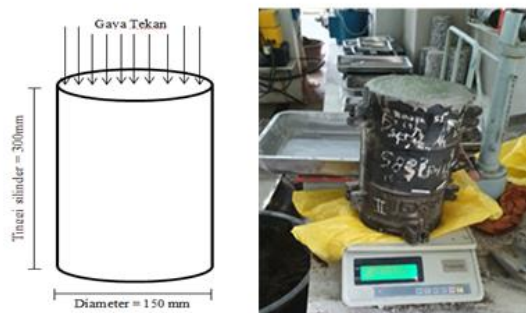
Bulu sikat gigi terbuat dari plastik *Polybutylene terephthalate (PBT)*. PBT adalah rekayasa termoplastik berupa polimer kristal plastik setengah jadi dengan senyawa kimia $(C_{12}H_{12}O_4)_n$ bersifat fisik seperti tidak berubah bentuk pada suhu tinggi, tahan terhadap hidrolisis, daya serap air yang kurang, mudah digunakan, mudah diolah, tahan zat kimiawi, tahan abrasi, tahan radiasi UV, tahan air dan klorin, tahan zat pelarut, sedikit meregang selama pembentukan, tahan panas hingga 150°C (atau 200°C dengan penguat fiberglass), tidak mudah terbakar. [9]



Gambar 1. Uji saringan material plastik

2. Metode Penelitian

Adapun dimensi benda uji adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Dimensi benda uji

Hasil pengujian karakteristik material agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 1 dan Hasil pengujian karakteristik material agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 1 Hasil pengujian agregat kasar

No	Karakteristik	Hasil	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	6.97	6,0 – 7,1
2	Kadar Air	1.5 %	0 – 2 %
3	Massa Isi Padat	1,383 kg/ltr	1,280 - 1,920 Kg/ltr
	Massa Isi Gembur	1,242 kg/ltr	1,280 - 1,920 Kg/ltr
4	Berat Jenis	2.58	2,30 – 2,90
	Penyerapan	1.72 %	0 – 8 %
5	Kadar Lumpur	0.40 %	≤ 1 %
6	Kausan Agregat Kasar	20.20 %	40 %

Tabel 2 Hasil pengujian agregat halus

No	Karakteristik	Hasil	Spesifikasi
1	Analisa Saringan	2,55	2,3 – 3,1
2	Kadar Air	0,96%	0 – 10 %
3	Massa Isi Padat	1,524 kg/ltr	-
	Massa Isi Gembur	1,486 kg/ltr	-
4	Berat Jenis	2.63	2,4 – 2,9
	Penyerapan	1.01%	≤ 8 %
5	Kadar Lumpur	3%	≤ 5%
6	Kadar Organik	Warna Bening Kekuningan	-

Dari Tabel 1 dan Tabel 2, dapat diketahui bahwa agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Desa Bili-Bili dapat digunakan karena hasil menunjukkan masih dalam spesifikasi.

Sampah plastik yang digunakan adalah sikat gigi atau *toothbrush plastic waste* (TPW) tipe SAN termasuk sampah plastic kode No.7 *others*. Dari Tabel 3 diketahui hasil pengujian diperoleh hasil bahwa gradasi plastic masuk daerah agregat kasar dan halus,

maka jumlah prosentase plastik diambil berdasarkan volume agregat kasar.

Tabel 3. Hasil pengujian plastik

No	Karakteristik	Hasil
1	Analisa Saringan	3.000
2	Kadar Air	-
3	Massa Isi Padat	0,588 kg/ltr
	Massa Isi Gembur	0,634 kg/ltr
4	Berat Jenis	1.045
	Penyerapan	-

Tabel 4. Hasil pengujian semen

No	Karakteristik	Hasil	Spesifikasi
1	Berat Jenis Semen	3,153	3,05 – 3,25
2	Kehalusan Semen #100	100%	≤ 10%
	Kehalusan Semen #200	92%	≤ 10%
3	Konsistensi Normal	23%	10
4	Waktu Ikat Awal	45 mnt	25±1
	Waktu Ikat Akhir	120 mnt	25±1
5	Massa Isi Semen Padat	1,206 kg/ltr	-
	Massa Isi Semen Gembur	1,194 kg/ltr	-

Dari Tabel 4 dapat diketahui bahwa hasil pengujian Semen Portland yang menggunakan fas = 0,6 telah memenuhi standar.

Tabel 5. Komposisi mix desain

No	Variasi Agregat Plastik (%)	Agregat Plastik (Kg)	Agregat Kasar (Kg)
1	0	0	18.669
2	2.5	0.262	18.407
3	5	0.524	18.145
4	7.5	0.786	17.883

Komposisi material pada 1m³

Semen = 4.852 kg
Agregat Halus = 12.698 kg
Air = 3.639 kg

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, semen dan air, maka dapat dibuat komposisi mix desain. Komposisi agregat plastic adalah 0%; 2%; 2,5%; 5,0% dan 7,5%.

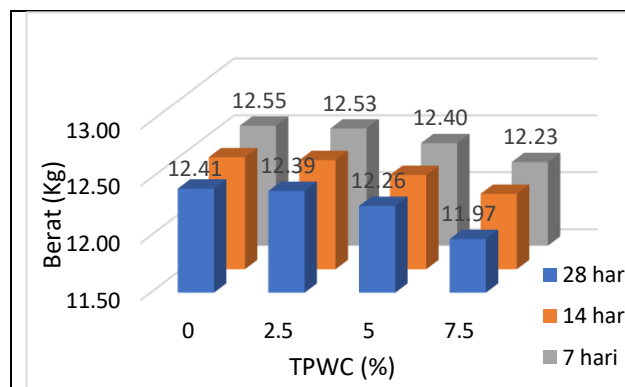
[6] menjelaskan bahwa komposisi plastik maksimum adalah 10%. Benda uji dibuat dalam bentuk silinder dengan dimensi diameter (d) = 15 cm dan tinggi silinder = 30 cm. Pengujian kuat tekan akan dilakukan setelah beton berumur 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Selama 28 hari beton akan ditreatment dengan memasukkan kedalam kolam berisi air tawar (*curing time*) agar beton tidak mengalami retak akibat proses mengeringnya beton. Setiap akan dilakukan pengujian maka beton akan dikeluarkan dari kolam lalu keringkan pada suhu ruangan selama 3 (tiga) hari. Hal ini bertujuan agar air yang terperangkap selama dalam *curing time* akan menguap.

HASIL & PEMBAHASAN

3. Pengujian Berat Isi

Pengujian berat sample dilakukan pada umur 7 hari, 14 hari hingga 28 hari menggunakan timbangan. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 diketahui bahwa berat total yang paling tinggi pada umur 7 hari dan terendah di umur 28 hari. Pada umur 7 hari sampel TPWC 0% sebesar 12,55 kg, TPWC 2,5% sebesar 12,53kg, TPWC 5% sebesar 12,40 kg dan TPWC 7,5 % sebesar 12,23 Kg. Pada umur 28 hari sampel TPWC 0% sebesar 12,41 kg, TPWC 2,5% sebesar 12,39 kg, TPWC 5% sebesar 12,26 kg dan TPWC 7,5 % sebesar 11,97 Kg.



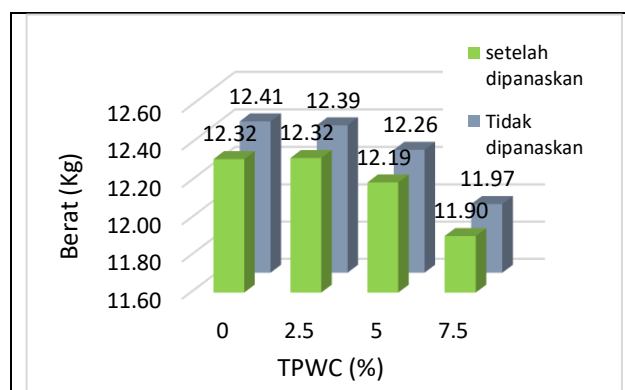
Gambar 3. Hasil pengujian berat terhadap umur beton

Hasil pengujian berat total dari 7 hari, 14 hari, 28 hari semakin menurun. Beton yang memiliki berat total yang paling ringan sampel TPWC 7,5% di umur 28hari. Dari komposisi di ketahui bahwa prosentase substitusi TPW adalah berdasarkan volume mengakibatkan berat total beton semakin berkurang dan jumlah air berkurang akibat penguapan yang terjadi pada beton.

4. Pengujian Berat Isi Setelah Di-oven

Pembahasan berikut adalah hasil pengujian benda uji setelah dioven selama 6 jam dengan suhu 40°C. Waktu 6 jam adalah waktu panas terik matahari yaitu dari jam 9.00 pagi hingga jam 3 sore, sedang nilai suhu 40°C diambil BMKG suhu tertinggi di kota Surabaya di Bulan Maret 2021.

Berikut hasil pengujian berat isi total sampel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan TPWC sebelum dan sesudah dipanaskan

Dari Gambar 4 diketahui bahwa berat total tidak dipanaskan dan dipanaskan yang memiliki nilai paling tinggi adalah TPWC 2,5%. Sampel dalam kondisi diuji setelah berumur 28 hari sebagai berikut:

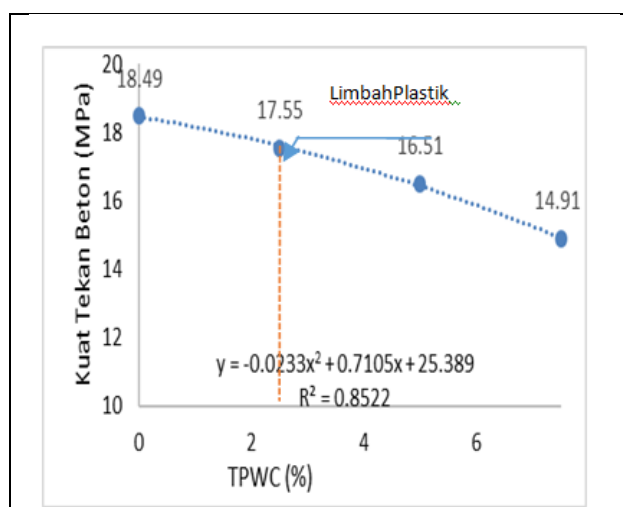
Berat isi sampel yang tidak dipanaskan TPWC 0% sebesar 12,41 kg, TPWC 2,5% sebesar 12,39 kg, TPWC 5% sebesar 12,26 kg dan TPWC 7,5 % sebesar 11,97 Kg.

Berat isi sampel yang dipanaskan antara lain TPWC 0% sebesar 12,32 kg, TPWC 2,5% sebesar 12,32 kg, TPWC 5% sebesar 12,29 kg dan TPWC 7,5 % sebesar 11,90 kg.

Dari hasil pengujian diketahui bahwa berat total nilai setelah dioven semakin menurun dari berat total sebelum di oven. Hal ini membuktikan bahwa seluruh benda uji TPWC dan masih terdapat kadar air di beton. Dari pengamatan visual bahwa setelah TPWC di oven maka tidak terdapat plastik yang meleleh di permukaan sampel.

5. Pengujian Kuat Tekan

Setelah sampel TPCW dikeluarkan dari kolam *curing time*, maka seluruh sampel didiamkan selama 3(tiga) hari agar proses penguapan kadar air dalam beton terjadi pada suhu ruangan. Berikut hasil pengujian kuat tekan:



Gambar 5. Hubungan Kuat Tekan – % TPWC

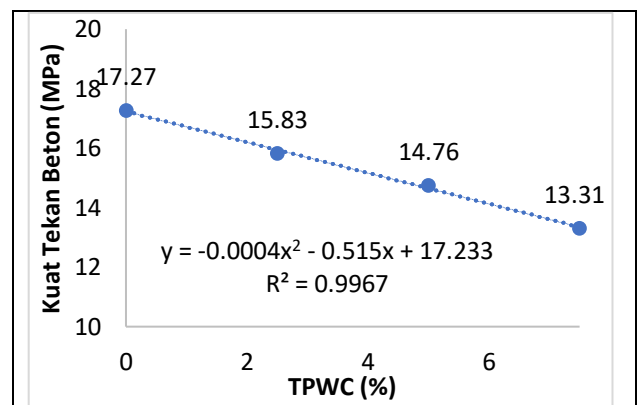
Dari Gambar 5 dapat diketahui bahwa kuat tekan benda uji yang tidak dipanaskan pada TPWC 0% sebesar 18,49 Mpa, TPWC

2,5%sebesar 17,55 Mpa, TPWC 5%sebsar 16,51 Mpa dan TPWC 7,5% sebesar 14,91 Mpa. Kadar limbah plastik optimum adalah pada 2,5%. Untuk persamaan grafik hubungan adalah membentuk garis polynomial ordo 2 yaitu:

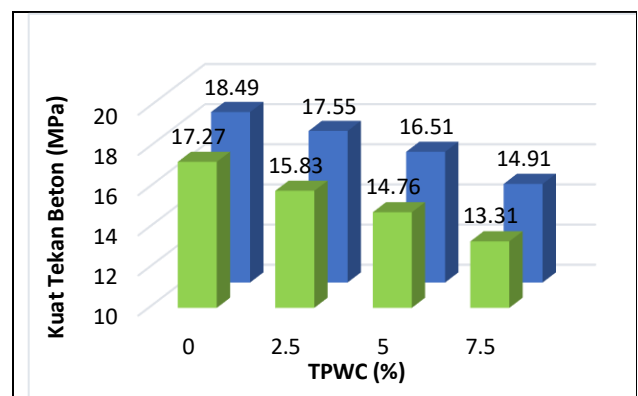
$$Y = -0,0233X^2 + 0,7105 x + 25,238$$

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa kuat tekan benda uji yang tidak dipanaskan pada TPWC 0% sebesar 17,27 Mpa, TPWC 2,5% sebesar 15,83 Mpa, TPWC 5% sebesar 14,76 Mpa dan TPWC 7,5% sebesar 13,31 Mpa. Kadar limbah plastik optimum adalah pada 2,5%. Untuk persamaan grafik hubungan adalah membentuk garis polynomial ordo 2 yaitu:

$$Y = -0,0004X^2 - 0,515 x + 17,233$$



Gambar 6. Hubungan kuat tekan – % TPWC setelah dipanaskan



Gambar 7. Hubungan kuat tekan sebelum dan sesudah dipanaskan

Dari Gambar 9 diketahui bahwa nilai kuat tekan menurun kuat tekan setelah TPWC dipanaskan. Berikut penurunan nilai kuat tekan untuk TPWC 0% sebesar 1.22 Mpa; TPWC 2,5% sebesar 1.72Mpa; TPWC 5% sebesar 10.60Mpa; TPWC7.5% sebesar 10.73 Mpa.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan pengurangan agregat kasar dalam 1m^3 dengan menggantinya dengan plastik (*toothbrush waste plastic/ TPW*) beton dapat menyebabkan turunnya nilai kuat tekan pada beton. Terlebih setelah dilakukan pemanasan dalam oven selama 24 jam menyebabkan beton semakin keras dan padat. Dengan mengganti plastik yang berdimensi kecil menyebabkan *interface* antara agregat kasar dalam beton semakin menurun.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil pembahasan sebagai berikut:

- 1) Nilai berat isi dari beton yang menggunakan sikat gigi (*toothbrush plastic waste/ TPW*) sebagai agregat kasar semakin menurun seiring bertambahnya prosentase TPW, meskipun besaran prosentase berdasarkan volume agregat kasar dalam 1m^3 . Berat isi terbesar pada sampel beton plastik (*toothbrush plastic waste of concrete/ TPWC*)
- 2) Prosentase penurunan nilai kuat tekan TPWC sebelum dan sesudah dipanaskan terhadap kuat tekan sebelum dipanaskan adalah sebagai berikut: TPWC 0% sebesar 6.60%; TPWC 2,5% sebesar 9.80%; TPWC5% sebesar 10,60% dan TPWC 7,5% sebesar 10,73%.
- 3) Prosentase penurunan berat isi TPWC sebelum dan sesudah terhadap berat isi sebelum dipanaskan adalah sebagai berikut: TPWC 2,5% sebesar 0,76%; TPWC 5% sebesar 0.55% dan TPWC 7,5% sebesar 0,55%.
- 4) Walaupun terjadi penurunan kuat tekan terhadap kenaikan prosentase TPW. Penurunan kuat tekan (f_c') akibat berkurangnya volume agregat kasar dan

interface antar agregat kasar yang besar. Kedua hal tersebut memberikan kontribusi besar terhadap nilai kekuatan beton.

- 5) Kekuatan TPWC meningkat dari umur 7 hari - 28 hari, hal ini menunjukkan dengan substitusi TPW pada beton dapat memberikan kontribusi terhadap nilai kuat tekan.

REFERENSI

- [1] SNI 032847-2002 Tata Cara perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung
- [2] [SIPSN] Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah pada tahun 2021 yang terdiri dari 218 Kabupaten/kota se-Indonesia. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3;2021.
- [3] M. Madani, "Agenda Setting Pengelolaan Sampah Pasar di Kota Makassar," *Otoritas J. Ilmu Pemerintah.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–24, 2011, doi:10.26618/ojip.v1i1.12.
- [4] Masdiana, Sulha, B. Mursidi, S. Machmud, MS Prasetya, A.B. Lewikinta. "Studi Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar" *Rekayasa Sipil Universitas Brawijaya* Vol 15 No 3 pp 222-227. 2021
- [5] A. R. Putri, "Batu Kota Bekasi System Enhancement of Municipal Solid Waste Handling in Sumur Batu Landfill, Municipality of Bekasi," *Fak. Tek. Sipil dan Lingkungan, Inst. Teknol. Bandung, di Lab. Buangan Padat dan B3, Progr. Stud. Tek. Lingkungan.* Pp.1–11, 2013. A. R. Putri, "Batu Kota Bekasi System Enhancement of Municipal Solid Waste Handling in Sumur Batu Landfill, Municipality of Bekasi," *Fak. Tek. Sipil dan Lingkungan, Inst. Teknol. Bandung, di Lab. Buangan*

- Padat dan B3, Progr. Stud. Tek.Lingkung.* Pp.1–11,2013.
- [6] Isnawati, dkk, 2015, *Penambahan Agregat Menggunakan Limbah Kantong Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton*, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar: Makassar.
- [7] Azwanda, Samsunan, Rangga HD. Pengaruh Substitusi Bahan Anorganik Plastik terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *J Tek Sipil Dan Teknol Konstr* 2017;52:52–63
- [8] <https://id.wikipedia.org/wiki/Plastik> diakses 16 agustus 2022.
- [9] <https://europlas.com.vn/en-US/blog-1/pc-pbt-plastic-definition-properties-applications-and-more> Diakses 16 Agustus 2022.