



Pemanfaatan limbah *high density polyethylene* (HDPE) *geomembrane* sebagai campuran beton normal

Agus Hendrayana^{a*}, Riza Susanti^b, Shifa Fauziyah^c

^{a*, b, c} Teknik Infrastruktur Sipil dan Perancangan Arsitektur, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro, Indonesia

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Corresponding author:

Email:

Article history:

Received : 20 November 2023

Revised : 12 January 2024

Accepted : 17 May 2024

Publish : 30 June 2024

Keywords:

Chopped, Compressive Strength, Geomembrane, HDPE, Normal Concrete, Tensile Strength

High-Density Polyethylene (HDPE) is a thermoplastic polymer material processed by the heating process of petroleum. One processed product is geomembrane sheets, commonly used to construct ponds in geothermal areas. This Final Project researched High-Density Polyethylene geomembrane waste as an additional material mixed into ordinary or everyday concrete mixtures with $f_c' = 25$ MPa quality. The added waste material from the geomembrane (HDPE) is 0.5 x 0.5 cm and has been cut or chopped with a particular machine. High-density polyethylene (HDPE) content is included in the mixture in regular concrete with a volume composition of 0.00%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1.00%. The method for calculating the composition of the concrete mixture uses the American Concrete Institute (ACI) standard. The results showed that the most optimum value for obtaining the compressive strength of concrete $f_c' 25$ MPa with the highest value of split tensile strength (3.54 MPa) was a mixture with 0.50% chopped geomembrane (HDPE). Based on these results, waste in geothermal areas is expected to be reduced by using concrete and a mixture of chopped geomembrane (HDPE).

Copyright © 2024 PILARS-UNDIP

1. Pendahuluan

Beton adalah salah satu beberapa bahan material untuk konstruksi yang umum digunakan. Pada pembahasan penelitian ini, akan dibahas mengenai beton dan campuran dari bahan tambah lainnya. Dari kalangan peneliti maupun praktisi telah banyak melakukan penelitian tentang beton dengan campuran yang berasal dari produk turunan biji plastik, dengan semakin besar limbah dari turunan biji plastik serta diimbangi dengan pertumbuhan teknologi beton yang semakin berkembang. Contohnya seperti yang dilakukan oleh Bambang, M. (2008), Pratiko. (2011), Rismayasari, Y. dkk. (2012), Respati, S. dkk. (2013), Suwarno, A. dkk. (2015), Pamudji, G. dkk. (2019), Armidion, R. dkk. (2018), Indrawijaya, U. dkk. (2019) yang menggunakan campuran *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan Pirman, A. dkk. (2017) yang menggunakan campuran *Poly Propylene* (PP) untuk pembuatan beton normal. Dalam kesempatan ini, peneliti akan membuat campuran pembuat beton dengan penggunaan hasil turunan biji plastik berupa *High Density Polyethylene* (HDPE) yang akan dijadikan bahan tambah yang dicampurkan ke dalam campuran beton normal ($f_c'=25$ MPa) berupa cacahan limbah plastik *geomembrane*. Proporsi cacahan *geomembrane* (HDPE) yang kemudian ditambahkan ke beton adalah 0,00%; 0,25%; 0,50%; 0,75%; dan 1,00% yang bertujuan untuk mengetahui besar dampak atau pengaruh dari *geomembrane* (HDPE) terhadap kuat tekan serta kuat tarik belah beton dengan menggunakan uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Adanya penelitian ini, diharapkan dapat mengetahui campuran dari cacahan *geomembrane* (HDPE) yang optimum sehingga dapat diketahui seberapa banyak pemanfaatan limbah *geomembrane* (HDPE) yang dapat digunakan untuk mengurangi limbah yang ada di Kawasan Panas Bumi (*geothermal*).

2. Data dan metode

2.1. Persiapan material

Dalam penelitian ini, dilakukan pengujian di laboratorium pada agregat halus (pasir beton) dan agregat kasar (batu pecah/kerikil), sedangkan untuk material Portland Cement (PC), cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) dan air tersebut tidak dilakukan pengujian. Karakteristik *Portland Cement* (PC) disesuaikan dengan hasil pengujian pabrik, bahan tambahan berupa cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) mengacu pada sifat mekanik dan sifit dari *High Density Polyethylene* (HDPE) itu sendiri, sedangkan untuk air yang digunakan adalah sesuai dengan mutu baku air. Adapun material penyusun beton yang akan digunakan antara lain sebagai berikut:

- a) Portland cement (PC) = Semen/PC type I (Tiga Roda)
- b) Agregat halus = Pasir Halus, Tayan
- c) Agregat kasar = Split/Kerikil, Ciledug
- d) Air = Air olahan/PAM
- e) Bahan tambah = *High Density Polyethylene* (HDPE)
Hasil cacah limbah *geomembrane* dengan ukuran maksimal 5x5 mm

2.2. Metode pengujian agregat

Pengujian yang dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar berdasarkan pada standar SNI dan ASTM sesuai dengan jenis pengujian terhadap agregat yang dilakukan. Dimana pada standar tersebut terdapat pengujian agregat halus dan agregat kasar yang biasa dilakukan yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode Pengujian dan Persyaratan Agregat

No	Pengujian	Standar	Persyaratan	
			Agregat Halus	Agregat Kasar
1	Berat Jenis (SSD)	SNI 03-1970-1990	≥ 2.5	≥ 2.5
2	Penyerapan (%)		≤ 5	≤ 3
3	Kadar Air (%)	SNI 03-1971-1990		
4	Berat Isi (kg/m ³)	ASTM C 29 - 97	≥ 1.3	≥ 1.3
5	Modulus Kehalusan	ASTM C 33 - 03	2.15 - 3.45	-

2.3. Persiapan bahan tambah

Dalam penelitian ini, material *High Density Polyethylene* (HDPE) yang digunakan adalah berbentuk cacahan dari *geomembrane* yang digunakan sebagai pelapis dari kolam pada area Panas Bumi (*geothermal*). HDPE ini memiliki nilai kalor yang cukup tinggi dengan nilai 40 MJ/kg, yang setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar (Syamsiro dan Arbiyantoro, 2014). Proses pembuatan bahan tambah HDPE yang berupa cacahan dari lembaran *geomembrane* dikategorikan sebagai material sisa/limbah dalam proses prmbuatan kolam (pond) di Kawasan Panas bumi (*geothermal*). Proses produksi dengan menggunakan temperature tinggi dapat disebut dengan "cracking". Molekul gas yang tercipta dari proses tersebut selanjutnya akan menyatu dan dapat diolah menjadi polimer dengan bahan utama *polyethylene*. Dari proses tersebut menghasilkan bijih mentah (HDPE resin) yang siap untuk dibentuk. Adapun sifat dari *High Density Polyethylene* (HDPE) adalah antara lain sebagai berikut:

- *Density* : 0,942 – 0,965 gr/cm³
- *Cristallinity* : 80 – 90 %
- *Melting Temperature* : 127 – 135 °C
- *Tensile Strength* : 413– 1034 MPa
- *Tensile Modulus*
- *Elongation at Break* : 20 – 130 %
- *Impact Strength* : 0,8 – 14 (ft-lb/in)
- *Heat Deflection Temp.* : 60 – 88 °C(66 psi)
- *Weight (1,5 mm)* : 1,4 kg/m²

Adapun proses pembuatam bahan tambah ini adalah sebagai berikut:

- 1) Lembaran *geomembrane* (HDPE) dibersihkan terlebih dahulu dari sisa cairan, kandungan tanah, oli, minyak atau campuran lainnya dengan menggunakan air bersih dan kain/lap hingga bersih.

Pembersihan dilakukan terdapat 2 sisi dari lembaran tersebut.

- 2) Kemudian *geomembrane* (HDPE) tersebut dipotong dengan ukuran 10 x10 cm agar mudah dalam dimasukkan ke dalam mesin pencacah atau dengan gunting seng.
- 3) Apabila keluaran dari mesin pencacah masih diatas 0,5 x 0,5 cm, maka cacahan tersebut dimasukkan kembali kedalam mesin hingga target rata-rata dari cacahan tersebut berukuran 0,5 x 0,5 cm. Adapun lembaran dan cacahan *geomembrane* (HDPE) ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lembaran dan Cacahan *Geomembrane* (HDPE)

- 4) Setelah proses pencacahan sesuai dengan target, selanjutnya dicuci kembali dengan air bersih hingga bersih, dan kemudian dikeringkan.
- 5) Setelah cacahan *geomembrane* (HDPE) telah dicuci dan mengering, maka bahan tambah tersebut siap untuk digunakan sebagai campuran pada penelitian ini. Bahan cacahan *geomembrane* (HDPE) ini nantinya akan menggantikan material agregat kasar dengan prosentase sesuai dengan rencana.

2.4. Rencana campuran beton

Komposisi campuran penyusun beton yang direncanakan dapat ditentukan dengan membuat perencanaan komposisi beton (mix design) berdasarkan semua material penyusunnya. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa komposisi campuran memenuhi spesifikasi sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara teknis. Faktor yang paling penting untuk dipertimbangkan ketika merancang campuran beton adalah kuat betonnya. Pendekatan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan metode American Concrete Institute (ACI) untuk rencana campuran beton normal.

Oleh karena itu, sangat penting untuk merencanakan komposisi campuran beton dengan memperhitungkan biaya, ketersediaan bahan/material yang digunakan, kemudahan dalam pekerjaan dan kekuatan beton. Metode American Concrete Institute (ACI) akan memperhitungkan jumlah air, agregat halus dan kasar, Portland Cement (PC) berdasarkan mutu yang direncanakan. Dan yang harus diperhatikan dalam menggunakan metode ACI ini adalah sebagai berikut:

- Metode yang digunakan adalah trial and error (eksperimental) pengujian untuk mendapatkan proporsi bahan yang sesuai.
- MHB atau Nilai Modulus Halus Butir tidak memberikan gambaran gradasi yang tepat dari agregat, sehingga harus dilakukan koreksi lagi untuk agregat dengan berat jenis yang berbeda.

Cacahan dari limbah *geomembrane* (HDPE) nantinya akan menggantikan dari campuran agregat kasar dengan perubahan prosentase dari berat yang akan digunakan dengan nilai yang sama. Banyaknya bahan tambah yang digunakan, jenis pengujian yang akan dilakukan, umur benda uji dan jumlah dari benda uji yang dibuat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Benda Uji Beton Rencana

Kode Benda Uji	Prosentase Bahan Tambah HDPE	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BU ₀₀	0,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₂₅	0,25 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5
			Kuat tarik belah	28	5
BU ₅₀	0,50 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tekan	28	5

Kode Benda Uji	Prosentase Bahan Tambah HDPE	Bentuk Benda Uji	Jenis Pengujian	Umur Beton (hari)	Jumlah Benda Uji (buah)
BU ₇₅	0,75 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tarik belah	28	5
			Kuat tekan	28	5
BU ₁₀	1,00 %	Silinder (15 x 30 cm)	Kuat tarik belah	28	5
			Kuat tekan	28	5
Jumlah Total Benda Uji					50

2.5. Pengujian beton

Adapun pengujian pada beton dilakukan sebagai berikut:

1) Pengujian beton segar (slump test)

Jenis pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan metode ASTM C-143, yaitu metode standar untuk pengujian dan pengukuran nilai slump dari beton normal. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekentalan dari adukan beton yang dihasilkan pada setiap proses pencampuran beton. Kekentalan beton ini akan berpengaruh pada kemudahan pengerjaan (*workability*) di lapangan.

2) Pengujian kuat tekan beton

Pengujian yang dilakukan pada beton yang mengeras adalah untuk mengetahui kuat tekan beton untuk setiap persentase penambahan *geomembrane* (HDPE) pada benda uji. Jenis pengujian ini berdasarkan pada metode Standar Nasional Indonesia (SNI) 1974:2011.

3) Pengujian kuat tarik belah beton

Telah diketahui bahwa beton memiliki kelemahan secara struktural yaitu memiliki kuat tarik belah yang rendah dimana besar kuat tarik belah beton memiliki perbandingan sekitar 9%-15% dari kuat tekannya. Nilai kuat tekan dan nilai kuat beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tarik belahnya (Istimawan Dipohusodo,1996). Kuat tarik belah benda uji silinder beton adalah nilai kuat tarik belah tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder, yang diperoleh dari hasil pembebanan sesuai dengan SNI 2491:2014.

3. Hasil dan pembahasan

Pengujian yang telah dilakukan dalam penelitian ini adalah terhadap bahan baku pembentuk beton (agregat halus dan kasar), pengujian beton pada saat keadaan segar dan pengujian beton yang telah mengeras pada umur 28 hari. Dari hasil pengujian, selanjutnya data yang diperoleh akan dianalisa terhadap kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) yang telah direncanakan.

3.1. Hasil uji agregat

Tabel 3 merupakan hasil pengujian agregat halus yang telah dilakukan dengan hasil yang seluruhnya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Tabel 3. Hasil Uji Agregat Halus

No	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Ket.
1	Berat Jenis (SSD)	$\geq 2,50$	SNI 03-1970-1990	2,57	Memenuhi
2	Penyerapan (%)	≤ 5		1,97	Memenuhi
3	Kadar Air (%)		SNI 03-1971-1990	6,06	Memenuhi
4	Berat Isi (kg/m ³)	$\geq 1.300,00$	ASTM C 29 - 97	1.408,00	Memenuhi
5	Modulus Kehalusan	2.15 - 3.45	ASTM C 33 - 03	2,59	Memenuhi

Adapun Tabel 4 merupakan hasil pengujian agregat kasar yang telah dilakukan dengan hasil yang seluruhnya telah memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Tabel 4. Hasil Uji Agregat Kasar

No	Pengujian	Persyaratan	Standar	Hasil Pengujian	Ket.
1	Berat Jenis (SSD)	$\geq 2,50$	SNI 03-1970-1990	2,56	Memenuhi
2	Penyerapan (%)	$\leq 3,00$		1,21	Memenuhi
3	Kadar Air (%)		SNI 03-1971-1990	0,77	Memenuhi
4	Berat Isi (kg/m ³)	$\geq 1.300,00$	ASTM C 29 - 97	1.351,00	Memenuhi

3.2. Perhitungan rencana campuran beton

Adapun rekap data yang digunakan sebagai dasar perhitungan rencana campuran beton adalah sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan rencana = 25 Mpa
- 2) Rencana *slump* = 75-100 mm
- 3) Ukuran agregat = 37,5 mm
- 4) Berat jenis *Portland Cement* = 3150 kg/m³

Adapun rekapitulasi data agregat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Agregat

Data	Berat Jenis (SSD)	Penyerapan (%)	Kadar Air (%)	Berat Isi (kg/m ³)	Modulus Kehalusan
Agregat Halus	2,57	1,97	6,06	1.408,00	2,59
Agregat Kasar	2,56	1,21	0,77	1.351,00	-

Berdasarkan data tersebut, maka data tersebut dimasukkan ke dalam perhitungan dan faktor koreksi pada rencana campuran beton dengan metode ACI (*American Concrete Institute*), sehingga diperoleh proposi campuran beton dalam satuan kg/m³ sebagai berikut:

Air	:	<i>Portland Cement</i>	:	Agregat Kasar	:	Agregat Halus
148,58	:	348,00	:	981,91	:	830,91
1	:	2,3	:	6,6	:	5,6

Campuran beton dengan cacahan *geomembrane* (HDPE) adalah dengan prosentase 0,00%; 0,25%; 0,50%; 0,75% dan 1,00% dengan mengurangi prosentase dari berat agregat kasar. Sehingga diperoleh perhitungan campuran bahan baku untuk per m³ nya disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Campuran Bahan Baku Beton

Benda Uji Campuran	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU ₀₀ (0,00%)	148,58	348,00	830,91	981,91	0,00
BU ₂₅ (0,25%)	148,58	348,00	830,91	979,46	2,45
BU ₅₀ (0,50%)	148,58	348,00	830,91	977,00	4,91
BU ₇₅ (0,75%)	148,58	348,00	830,91	974,55	7,36
BU ₁₀ (1,00%)	148,58	348,00	830,91	972,09	9,82

Sedangkan volume kebutuhan total untuk setiap bahan baku penyusun beton yang diperlukan berdasarkan jumlah benda uji yang dibuta (50 buah) disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Total Kebutuhan Bahan Baku Beton

Benda Uji Campuran	Total Volume Benda Uji (m ³)	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU ₀₀ (0,00%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,28	0,00

Benda Uji Campuran	Total Volume Benda Uji (m ³)	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU ₂₅ (0,25%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,18	0,10
BU ₅₀ (0,50%)	0,04	5,94	13,92	33,24	39,08	0,20
BU ₇₅ (0,75%)	0,04	5,94	13,92	33,24	38,98	0,29
BU ₁₀ (1,00%)	0,04	5,94	13,92	33,24	38,88	0,39
Total Kebutuhan	0,20	29,72	69,60	166,18	195,40	0,98

3.3. Slump Test

Adapun hasil pengujian *slump test* pada masing-masing benda uji campuran disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *Slump Test*

No	Benda Uji Campuran	Nilai <i>Slump</i> Beton (mm)
1	BU ₀₀ (0,00%)	80
2	BU ₂₅ (0,25%)	90
3	BU ₅₀ (0,50%)	85
4	BU ₇₅ (0,75%)	95
5	BU ₁₀ (1,00%)	85

Tabel 8 menunjukkan bahwa terdapat selisih nilai *slump* yang lebih rendah dari benda uji tanpa campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dengan benda uji dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dengan nilai *slump* paling tinggi 15 mm. Dengan semakin naiknya nilai *slump* dari persentase campuran cacahan *geomembrane* (HDPE), maka akan menyulitkan dalam pekerjaan apabila campuran tersebut ditingkatkan lagi. Nilai *slump* dari seluruh benda uji yang terdapat campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) tersebut masih masuk dalam batas campuran *slump* rencana dengan nilai 75-100 mm.

3.4. Kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk memperoleh beban maksimum yang mampu didukung oleh benda uji silinder beton yang dilakukan pada umur beton 28 hari (18 Maret 2023) dengan f'_c rencana 25 MPa. Pengujian ini dilakukan dengan alat *Concrete Compressive Strength Test* yang disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
1	BU ₀₀ (0,00%)	28	A	504.19	17.678,57	28,52	27,86
			B	487.22	17.678,57	27,56	
			C	532.48	17.678,57	30,12	
			D	494.65	17.678,57	27,98	
			E	444.79	17.678,57	25,16	
2	BU ₂₅ (0,25%)	28	A	426.94	17.678,57	24,15	26,23
			B	465.65	17.678,57	26,34	
			C	499.07	17.678,57	28,23	
			D	475.73	17.678,57	26,91	
			E	451.51	17.678,57	25,54	
3	BU ₅₀ (0,50%)	28	A	461.59	17.678,57	26,11	25,04
			B	449.57	17.678,57	25,43	
			C	499.07	17.678,57	28,23	
			D	376.02	17.678,57	21,27	
			E	426.94	17.678,57	24,15	

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
4	BU ₇₅ (0,75%)	28	A	377.26	17.678,57	21,34	23,01
			B	400.60	17.678,57	22,66	
			C	373.37	17.678,57	21,12	
			D	426.94	17.678,57	24,15	
			E	455.40	17.678,57	25,76	
5	BU ₁₀ (1,00%)	28	A	396.88	17.678,57	22,45	22,39
			B	429.94	17.678,57	24,32	
			C	339.07	17.678,57	19,18	
			D	420.04	17.678,57	23,76	
			E	392.99	17.678,57	22,23	

Hasil pengujian pada kuat tekan yang ditunjukkan pada Tabel 10 dengan menggunakan benda uji silinder mengalami penurunan nilai kuat tekan beton seiring dengan adanya variasi penambahan prosentase campuran cacahan *geomembrane* (HDPE). Nilai rata-rata kuat tekan tanpa campuran adalah 27,86 MPa dari mix design yang direncanakan adalah sebesar 25 MPa, namun mengalami penurunan mutu beton pada campuran cacahan cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,25% menjadi 26,23 MPa, campuran 0,50% menjadi 25,04 MPa, campuran 0,75% menjadi 23,01 MPa dan campuran 1,00% menjadi 22,39 MPa.

Penurunan nilai kuat tekan tersebut dikarenakan penambahan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dapat membuat campuran beton tidak dapat tercampur dengan sempurna karena berkurangnya persentase agregat kasar dan cacahan yang digunakan sebagai pengganti tersebut memiliki permukaan yang rata dan halus sehingga ikatan antar penyusun dari beton tersebut mengalami penurunan. Hal tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Pirman A. Firdaus, 2017) bahwa nilai kuat tekan yang turun dapat terjadi karena agregat dari limbah plastik yang digunakan sebagai campuran mempunyai permukaan yang relatif lebih halus dibandingkan dengan agregat kasar yang berasal dari batu pecah dimana sehingga menyebabkan semakin lemahnya ikatan yang terjadi antara semen dan agregat. Faktor lain yang terjadi adalah campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) tidak memiliki daya serap air, sehingga kandungan air dalam campuran tersebut tidak terserap dan mengering dengan sempurna. Hal tersebut juga didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh (Suwarno, Anung. 2015) bahwa penambahan variasi campuran plastik akan mengurangi kekuatan tekan karena faktor dari penyerapan air dari campuran plastik tersebut.

3.5. Kuat tarik belah beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan untuk memperoleh beban tarik maksimum yang mampu ditumpu oleh benda uji silinder beton yang dilakukan pada umur beton 28 hari (18 Maret 2023) dengan campuran $f'c$ rencana 25 MPa. Pengujian ini dilakukan dengan hasil yang disajikan pada Tabel 10.

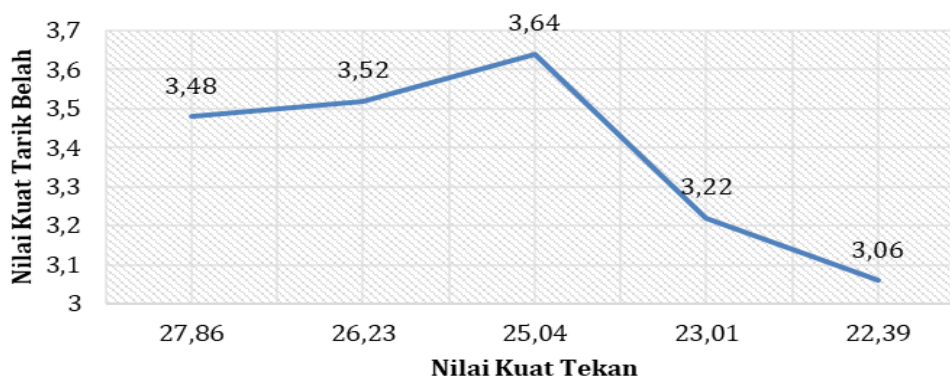
Tabel 10. Hasil Uji Kuat Tarik Beton

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Koefisien Silinder (mm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
1	BU ₀₀ (0,00%)	28	A	228.41	141.428,57	3.23	3,48
			B	220.63	141.428,57	3.12	
			C	251.04	141.428,57	3.55	
			D	292.05	141.428,57	4.13	
			E	236.89	141.428,57	3.35	
2	BU ₂₅ (0,25%)	28	A	251.74	141.428,57	3.56	3,52
			B	289.93	141.428,57	4.10	
			C	259.52	141.428,57	3.67	
			D	221.34	141.428,57	3.13	

No	Benda Uji	Umur (hari)	No Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Koefisien Silinder (mm ²)	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tarik Belah Rata-rata (MPa)
			E	222.04	141.428,57	3.14	
3	BU ₅₀ (0,50%)	28	A	229.11	141.428,57	3.24	3,64
			B	297.00	141.428,57	4.20	
			C	290.64	141.428,57	4.11	
			D	226.29	141.428,57	3.20	
			E	243.26	141.428,57	3.44	
4	BU ₇₅ (0,75%)	28	A	226.29	141.428,57	3.20	3,22
			B	245.38	141.428,57	3.47	
			C	194.46	141.428,57	2.75	
			D	251.04	141.428,57	3.55	
			E	222.04	141.428,57	3.14	
5	BU ₁₀ (1,00%)	28	A	198.00	141.428,57	2.80	3,06
			B	236.19	141.428,57	3.34	
			C	230.53	141.428,57	3.26	
			D	229.82	141.428,57	3.25	
			E	187.39	141.428,57	2.65	

3.6. Perbandingan kuat tekan dan kuat tarik belah beton

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah, maka dapat ditentukan nilai optimum untuk masing masing campuran, dengan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah

Berdasarkan Gambar 2, nilai optimum yang didapatkan berdasarkan nilai mutu beton f_c rencana 25 MPa adalah pada nilai kuat tekan 25,04 MPa dan kuat tarik belah 3,64 MPa yaitu pada campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,50%. Nilai optimum tersebut diambil berdasarkan nilai dari kuat tarik belah yang paling tinggi namun masih diatas dari mutu beton rencana, sehingga pemanfaatan dari limbah *geomembrane* (HDPE) dapat maksimal tanpa mengurangi kualitas dan mutu beton. Sedangkan prosentase perbandingan nilai kuat tarik belah dengan kuat tekan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Persentase Perbandingan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Kuat Tarik Belah (MPa)	Kuat Tekan (MPa)	Perbandingan (%)
BU ₀₀ (0,00%)	3,48	27,86	12,49
BU ₂₅ (0,25%)	3,52	26,23	13,42
BU ₅₀ (0,50%)	3,64	25,04	14,54
BU ₇₅ (0,75%)	3,22	23,01	13,99
BU ₁₀ (1,00%)	3,06	22,39	13,67

3.7. Analisis hasil pemanfaatan

Analisis pemanfaatan yang dilakukan adalah dengan menghitung penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) pada campuran yang optimum, yaitu pada campuran beton 0,50%. Berikut adalah tabel yang menunjukkan volume penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) per m³ beton pada campuran 0,50% yang disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Campuran Beton 0,50% Cacahan *Geomembrane* (HDPE)

Benda Uji Campuran	Air (kg)	Cement (kg)	Agr. Halus (kg)	Agr. Kasar (kg)	HDPE (kg)
BU ₅₀ (0,50%)	148,58	348,00	830,91	977,00	4,91

Berdasarkan Tabel 12 penggunaan limbah *geomembrane* (HDPE) adalah 4,91 kg untuk setiap m³ beton yang dibuat, sehingga dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{Jumlah kebutuhan cacahan/Berat } \textit{geomembrane} \text{ (HDPE)} \\ &= 4,91 \text{ Kg} / 1,40 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 3,51 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas yang dibutuhkan untuk membuat beton dengan campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) 0,50% adalah 3,51 m².

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa data penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Berdasarkan pengujian *slump* menunjukkan bahwa variasi campuran cacahan *geomembrane* (HDPE) dari 0,00% hingga 1,00% masih dapat dikerjakan karena seluruhnya masih dalam *slump* rencana yaitu 75-100 mm. Perbedaan ada pada campuran 0,00% yaitu dengan nilai 80 mm sedangkan campuran 0,25% hingga 1,00% yaitu memiliki hasil *slump* diatas 80 mm dengan selisih tertingginya 15 mm, hal ini dikarenakan sifat dari cacahan *geomembrane* (HDPE) yang tidak dapat menyerap air dan memiliki permukaan yang halus sehingga mengurangi ikatan antar material.
- 2) Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton yang telah dilakukan, nilai paling besar yang didapatkan adalah pada campuran beton 0,00% cacahan *geomembrane* (HDPE), atau tidak ditambahkan sama sekali campuran tersebut. Namun pada campuran 0,25% dan 0,50% nilai kuat tekan masih masuk pada nilai kuat tekan yang direncanakan (f_c' 25 MPa) dengan nilai kuat tekan masing-masing 26,23 MPa dan 25,04 MPa sehingga campuran tersebut masih dapat digunakan sebagai pemanfaatan *geomembrane* (HDPE).
- 3) Nilai kuat tarik belah pada hasil pengujian diketahui nilai yang optimum adalah pada campuran 0,50% dengan nilai 3,64 MPa.
- 4) Berdasarkan perbandingan antara kuat tekan dan kuat tarik belah beton, maka didapatkan nilai optimum pada campuran 0,50% dengan nilai kuat tekan 25,04 MPa dan kuat tarik belah 3,64 MPa. Nilai optimum tersebut didapatkan dari perbandingan prosentase perbandingan sebesar 14,54% dengan perbandingan yang paling besar dibandingkan campuran yang lainnya.
- 5) Dengan campuran 0,50%, maka pemanfaatan cacahan limbah *geomembrane* (HDPE) yang dapat digunakan adalah 4,91 kg atau 3,5 m² per m³ beton mutu f_c' 25 MPa yang digunakan. Berdasarkan nilai *slump* rencana (75-100 mm) maka campuran tersebut akan sesuai apabila digunakan pada pekerjaan perkerasan jalan (*rigid pavement*).

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Tuhan Yang Maha Esa, kepada dosen pembimbing dalam penelitian ini, keluarga dan teman teman, serta seluruh pihak yang telah membantu dan mendukung dalam penyusunan hasil penelitian ini. Semoga kedepannya penelitian ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam menambah wawasan dan pengetahuan.

Referensi

- ACI Committee 211.1-77. (1997). Recommended Practice for Selecting Proportions for Normal and Heavyweight Concrete. ACI Manual of Concrete Practice.
- Armidion, R. Rahayu, T. (2018). Peningkatan Nilai Kuat Tarik Belah Beton Dengan Campuran Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET). Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Bambang, Mahendya. (2008). Penggunaan Limbah Botol Plastik (PET) Sebagai Campuran Beton Untuk Meningkatkan Kapasitas Tarik Belah dan Geser. Universitas Indonesia
- Dipohusodo, Istimawan. (1996). Struktur Beton Bertulang. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Indrawijaya, B. Wibisana, A. (2019) Pemanfaatan Limbah Plastik LDPE sebagai Pengganti Agregat Untuk Pembuatan Paving Blok Beton. Universitas Pamulang.
- Juwono, H. Harmani. Kurniawan, F. (1999). Studi Pengkajian Limbah Botol Minuman/Polietilen Terephthalate (PET) Sebagai Bahan Campur Tambah (Admixture) Dalam Pembuatan Beton Polimer, Laporan Penelitian, Surabaya.
- Mulyono, T. (2004). Teknologi Beton. Andi Publishing.
- Pamudji, G. Asriani, F. Fauzi, A. (2019). Kekuatan Lentur Balok Beton Ringan Beragregat Sampah Plastik. Purwokerto.
- Pamudji, G. Heribowo, B. Yuta, A.P, and Purnomo, H. Bond-Slip Behavior of Steel Bar Embedded in Lightweight Concrete Using Sand Coated Polypropylene Coarse Aggregate. *Materials Science Forum* 929: 103 – 108 pp.
- Pamudji, G. Purnomo, H. Katili, I. Imran, I. (2013). The use of plastics waste as coarse aggregates for moderate strength concrete. *Proceeding the 6th Civil Engineering Conference in Asia Region: Embracing the Future through Sustainability*.
- Pratikto. (2011). Beton Ringan Beragregat Limbah Botol Plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate). Politeknik Negeri Jakarta
- Pirman A. Firdaus, Jonbi. (2017). Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polypropylene (PP) Sebagai Campuran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Pada Beton $f_c' 25$ MPa. Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasila
- Respati, S. Kusumo, D. Achmad, D. (2013). Prototipe Dinding Betik Hasil Daur Ulang Sampah Plastik. Politeknologi
- Rismayasari, Y. Utari, Santosa, U. (2012). Pembuatan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakterisasinya, *Indonesian Journal of Applied Physics*. Fakultas MIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta
- Rommel, E. (2013). Pembuatan Beton Ringan dari Agregat Buatan Berbahan Plastik. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang
- Standar Nasional Indonesia. (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. (SNI 03-2834-2000). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. (SNI 1969:2008). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. (SNI 1970:2008). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2008), Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan (SNI 7394: 2008). Dewan Standarisasi Indonesia.
- Standar Nasional Indonesia. (2008). Cara Uji Slump Beton. (SNI1972:2008). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). Cara Uji Kadar Air Total Agregat dengan Pengeringan. (SNI 1971:2011). Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton Silinder. (SNI 1974:2011). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. (2014). Cara Uji Kuat Tarik Belah Beton Silinder. (SNI 2491:2014). Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suwarno, A., Sudarmono (2015). Kajian Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Campuran Agregat Beton. Politeknik Negeri Semarang
- Tjokrodimulyo, K. (1996). Pengetahuan Dasar Teknologi Beton dan Ilmu Teknik. UGM. Yogyakarta.