

Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Jenis PET pada Pembuatan Beton Berpori

Nurfitri Anggraeni¹, Yusrianti², Amrullah³

^{1,2,3}Universitas Islam Negeri Sunan Ampel, Kota Surabaya, Indonesia

nurfitrianggraenih@gmail.com¹

Abstract

PET plastic bottles are one of the largest types of plastic waste. Polyethylene Terephthalate (PET) is a type of polymer that is included in the polyester type. PET is widely used in synthetic fiber, beverage bottle products and food containers. The use of porous concrete can be an alternative construction material, because there are pores in the concrete so that it can be used to absorb air flowing on the surface. To overcome this problem, this research will utilize PET plastic bottle waste as a mixture of construction materials. The tests to be carried out are the compressive strength and absorption tests and calculate the porosity value of the concrete. This research method uses experimental research methods carried out in the laboratory, by performing a compressive test and air absorption test. From the results of the study, the average value for the variation of 0%, the compressive strength value is 24.85 Mpa, 3% variation is 8.42 Mpa, 6% variation is 4.79 Mpa, and 9% variation is 2.56 MPa then for testers The water absorption capacity obtained an average value for variation of 0% of 0.39%, variation of 3% of 2.46%, variation of 6% of 3.38% and variation of 9% of 4.10%. The relationship between porosity and air absorption in porous concrete will affect the quality of porous concrete, the greater the porosity value will increase the air absorption value, the smaller the value of the compressive strength of the concrete.

Keywords: Porosity, PET plastic, water absorption, porous concrete, compressive strength

Abstrak

Botol plastik PET termasuk salah satu jenis sampah plastik terbesar. Polyethylene Terephthalate (PET) adalah jenis polimer yang masuk ke dalam jenis polyester. PET banyak dimanfaatkan dalam serat sintesis, produk botol minuman dan tempat (wadah) makanan. Pemanfaatan beton yang berpori dapat menjadi salah satu alternatif material konstruksi, karena terdapat pori pada beton sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap air yang mengalir pada bagian permukaan. Untuk mengatasi permasalahan itu dalam penelitian ini akan memanfaatkan limbah botol plastik jenis PET sebagai bahan campuran bahan konstruksi. Pengujian yang akan dilakukan yaitu uji kuat tekan dan daya serap serta menghitung nilai porositas pada beton. Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian kuat tekan dan uji daya serapan air. Dari hasil penelitian diperoleh nilai rata-rata untuk variasi 0% nilai kuat tekan sebesar 24,85 Mpa, variasi 3% sebesar 8,42 Mpa, variasi 6% sebesar 4,79 Mpa, dan variasi 9% sebesar 2,56 Mpa kemudian untuk pengujian daya serapan air memperoleh nilai rata-rata untuk variasi 0% sebesar 0,39%, variasi 3% sebesar 2,46%, variasi 6% sebesar 3,38% dan variasi 9% sebesar 4,10%. Hubungan porositas dan serapan air pada beton berpori akan mempengaruhi kualitas beton berpori, semakin besar nilai porositas akan meningkatkan nilai daya serap air maka nilai kuat tekan beton akan semakin kecil.

Kata Kunci: Porositas, plastik PET, daya serap air, beton berpori, kuat tekan

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan konstruksi berupa material komposit merupakan salah satu solusi untuk mengatasi banyaknya sampah plastik yang ada. Beberapa bahan konstruksi yang potensial dapat

dihasilkan dari bahan plastik adalah beton, *paving block*, dinding, ubin dan genteng.

Botol plastik PET adalah salah satu jenis sampah plastik terbesar. Sampah ini dapat dikategorikan sebagai jenis sampah anorganik yang dapat didaur ulang.

Polyethylene Terephthalate (PET) adalah jenis polimer yang masuk ke dalam jenis polyester. PET diproduksi secara luas di industri kimia serta dimanfaatkan dalam serat sintesis, produk botol minuman dan tempat (wadah) makanan.

Berdasarkan data analisis tahun 2017 hingga 2023, potensi pertumbuhan permintaan PE di Indonesia mengalami kenaikan sebesar 4,4 %. Jumlah limbah botol jenis PET yang termasuk dalam salah satu produk PE juga akan mengalami kenaikan dari tahun ke tahun (PT. Chandra Asri Petrochemical, 2017 dalam (Fitriyano, 2019)

Beton berpori (porous concrete) mempunyai karakteristik material bangunan dengan sifat khas tersendiri. Beton berpori merupakan beton yang mempunyai pori-pori yang dapat dilalui oleh air. Pemanfaatan beton yang berpori dapat menjadi salah satu alternatif material konstruksi. Karena terdapat pori pada beton, sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap air yang mengalir pada bagian permukaan.

Perkerasan beton berpori tidak sering diterapkan dalam pembangunan infrastruktur, namun beton berpori yang merupakan beton yang multifungsi bagi penerapan isu *green engineering*, sehingga beton berpori bisa dianggap layak sebagai salah satu material untuk konstruksi beban ringan (Rochim et al., 2015)

Menurut (Prabowo et al., n.d.) beton berpori dalam penelitiannya masih belum dapat memenuhi persyaratan untuk penerapan pada perkerasan jalan. Oleh sebab itu kuat tekan beton yang berpori tidak dapat memenuhi syarat nilai kuat tekan minimum bata beton yang dipersyaratkan pada SNI 03-0691-1996 sebesar 8,5 Mpa dan nilai kuat lentur beton yang berpori juga tidak memenuhi nilai kuat lentur yang disyaratkan pada SNI 1991 sebesar 3,78 Mpa pada perkerasan jalan, tetapi dapat digunakan pada trotoar dan bagian bahu jalan.

Para peneliti telah menggunakan berbagai metode dalam pemanfaatan limbah botol plastik PET ini namun dibandingkan dengan beton normal, beton yang berpori memiliki kekuatan relatif rendah yang perlu penelitian lebih lanjut. Salah satunya terhadap pengaruh pemanfaatan limbah botol PET terhadap kuat tekan dan daya serap beton berpori serta melihat nilai porositas beton berpori sebagai konstruksi yang ramah lingkungan dengan beban ringan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium, dengan melakukan pengujian kuat tekan dan uji daya serapan air.

Dalam penelitian ini semen yang akan dipakai adalah jenis PCC merk semen Gresik, agregat halus berasal dari kota Mojokerto, agregat kasar menggunakan kerikil dengan dimensi seragam, air bersih yang berasal dari PDAM, limbah botol plastik yang digunakan berupa botol bekas air minum kemasan (PET) yang telah dicacah. Sedangkan alat yang dibutuhkan meliputi Neraca Ohaus Digital, ayakan, oven, Cetakan Silinder 15x30, baskom, cetok, Compressing Testing Machine.

Penelitian dilaksanakan dengan dua pengujian yaitu kuat tekan dan daya serapan, dengan umur pengujian yang sama yaitu 28 hari, variasi dan jumlah sampel uji sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi dan Jumlah Sampel Uji

No.	Kadar Limbah Plastik	Jumlah Sampel Uji Kuat Tekan	Jumlah Sampel Penyerapan Air
1	0%	3	3
2	3%	3	3
3	6%	3	3
4	9%	3	3
Jumlah		12	12

(Sumber: Perhitungan, 2020)

Pengujian kuat tekan beton dilakukan dengan menggunakan alat Strength Compressive Machine dilakukan terhadap benda uji berupa silinder dengan ukuran 15x30 cm. Untuk menghitung nilai kuat tekan dihitung dengan menggunakan rumus perhitungan berikut:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dimana :

$f'c$ = kuat tekan (Mpa)

P = beban hancur (N)

A = luas penampang silinder

Dalam (ACI 522R-10, 2010), perencanaan ketebalan dan kuat tekan pori pada lapisan perkerasan menurut fungsi perkerasan, sebagai berikut:

- Tempat parkir, 125 – 300 mm
- Jalan raya, 150 – 300 mm
- Saluran tepi, ≤ 7 Mpa
- Bahu jalan, ≤ 14 Mpa

Dalam (SNI-03-0691-1996, n.d.) menetapkan persyaratan untuk bata beton, yang diklasifikasikan sebagai berikut:

- Bata beton mutu A digunakan untuk jalan
- Bata beton mutu B digunakan untuk pelataran parkir
- Bata beton mutu C digunakan untuk pejalan kaki
- Bata beton mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

Tabel 2. Sifat-sifat Fisika Bata Beton

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks. (%)
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

(Sumber: SNI 03-0691-1996)

Selain pengujian kuat tekan, dilakukan juga uji daya serapan untuk mengetahui kemampuan benda uji dalam menyerap air dan mengeluarkan air agar tidak menjadi genangan pada titik tertentu. Menghitung nilai uji serapan air dengan rumus berikut:

$$\text{Daya serapan air} = \frac{mb - mk}{mk} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana :

Mb = Massa sampel basah (gr)

Mk = Massa sampel kering (gr)

Untuk perhitungan porositas dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Porositas} = \frac{C - A}{C - D} \times 100\% \quad (3)$$

Dimana :

C = Berat sampel uji kondisi SSD (gr)

A = Berat sampel uji kering oven (gr)

D = Berat sampel uji dalam air (gr)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Volume

Sebelum dilakukan uji kuat tekan, sampel uji yang berbentuk silinder harus ditimbang untuk mengetahui nilai berat volumenya. Hasil nilai berat volume sampel uji sebagai berikut:

Tabel 3. Berat Volume Rata-rata Sampel Uji

Variasi Campuran	Jumlah Benda Uji	Berat Volume Rata-rata (Kg/m ³)
0%	3	2300
3%	3	2000
6%	3	1600
9%	3	1700

(Sumber: Perhitungan, 2020)

Hasil di tabel 3, bahwa nilai berat volume beton normal (0%) sejumlah 2300 kg/m³ sedang untuk beton variasi 3%, 6%, 9% sejumlah 2000 kg/m³, 1600 kg/m³ dan 1700 kg/m³, nilainya lebih kecil daripada nilai yang diperoleh beton normal sehingga menunjukkan bahwa nilai berat volume yang telah divariasikan tidak mencapai nilai berat volume yang disyaratkan standar (Sni-03-2834-2000.Pdf, n.d.)



Gambar 1. Penimbangan Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

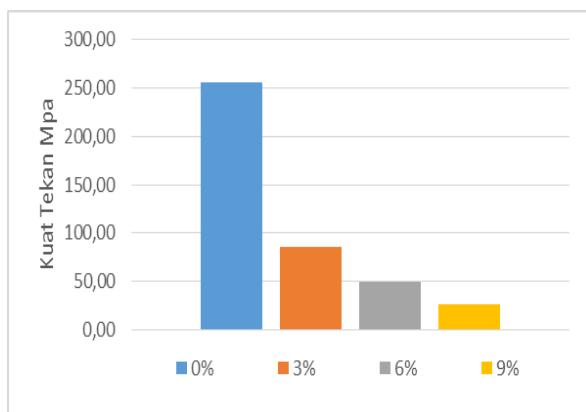
Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan 3 (tiga) sampel uji yang berbentuk silinder dengan ukuran masing – masing 15x30 cm, dilakukan untuk tiap variasi campuran. Hasil pengujian disajikan pada tabel 4 dan grafik perubahannya pada gambar 2 sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan

Variasi	Benda Uji	Kuat Tekan (Mpa)	Rata-rata
0%	1	24,91	24,85
	2	24,85	
	3	24,80	
3%	1	8,45	8,42
	2	8,54	
	3	8,27	
6%	1	4,36	4,79
	2	5,23	
	3	4,79	
9%	1	2,18	2,56
	2	2,61	
	3	2,87	

(Sumber: Data Primer, 2020)

Gambar 2. Grafik Uji Kuat Tekan
(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

Dari hasil percobaan dan analisa pada grafik, penurunan kuat tekan terjadi pada variasi yang ditambahkan PET. Hal ini disebabkan tidak adanya metode atau perlakuan pada PET sebelum dicampurkan dan perbedaan komposisi agregat halus dalam campuran beton akibat bertambahnya volume limbah plastik. Semakin besar selisih agregat halus maka semakin besar pula penurunan kuat tekan beton karena tidak terjadi *interlocking* yang sempurna antara partikel agregat halus dengan agregat kasar sehingga menyebabkan beton kurang padat akibat timbulnya ruang pori dalam beton.

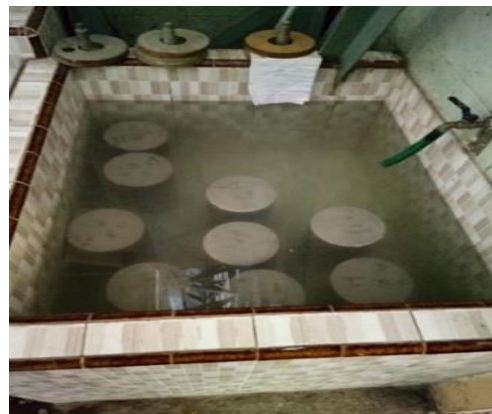
Menurut penelitian (Azwanda et al., 2017), penggunaan bahan anorganik plastik

mengakibatkan penurunan terhadap kuat tekan beton dan (Huang & Shu, 2010) beton berpori yang mengandung polimer lateks memperoleh permeabilitas 10-20 mm/s dan kuat tekan sebesar 5-15 MPa.

Hal serupa ditemukan dalam penelitian (Chowdhury et al., 2013), penelitian tersebut melakukan variasi campuran plastik PET 0,5% hingga 6% dari berat total. Hasil risetnya menyatakan bahwa campuran PET 2% menghasilkan kekuatan beton optimum. Kesimpulan dari riset tersebut membuktikan bahwa peningkatan PET akan mengurangi nilai kuat tekan beton, hal ini terjadi karena ikatan antara PET dan matrik semen kurang baik.

Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dimana benda uji direndam dalam bak perendam (Gambar 3) yang kemudian dikeringkan menggunakan oven (Gambar 4), untuk mengetahui berat basah dan berat kering. Hasil uji daya serap air disajikan pada tabel 5 dan grafik perubahan daya serap air untuk tiap variasi dapat dilihat pada gambar 4.

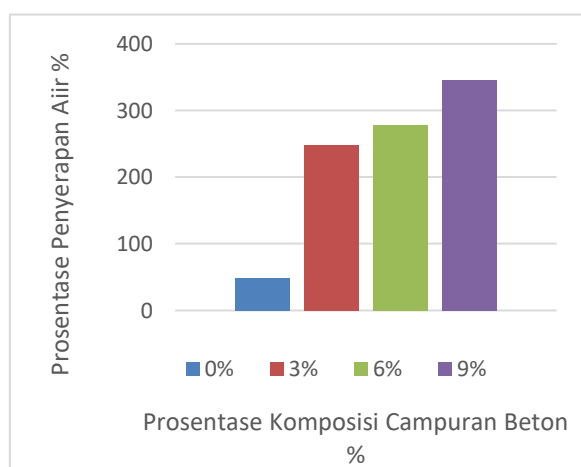
Gambar 3. Perendaman Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)Gambar 4. Oven Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Pada tabel ini menunjukkan hasil pengujian penyerapan air pada variasi 0% limbah plastik menghasilkan rata-rata 0,39 %. Variasi 3% limbah plastik menghasilkan rata-rata 2,46%. Untuk variasi 6% limbah plastik menghasilkan rata-rata 3,38%. Dan untuk variasi 9% limbah plastik menghasilkan rata-rata 4,10%.

Tabel 5. Hasil Pengujian Daya Serap Air

Variasi	Benda Uji	Berat Basah	Berat Kering	Daya Serap Air	Rata-rata
0%	1	12559,9	12520,1	0,32	0,39
	2	12299,1	12243,6	0,45	
	3	12483,4	12434,4	0,39	
3%	1	10242,5	9981,2	2,62	2,46
	2	10258,5	10024,6	2,33	
	3	10483,4	10235,2	2,42	
6%	1	7673,3	7395,8	3,75	3,38
	2	8136,5	7860,6	3,51	
	3	9980,4	9701,2	2,88	
9%	1	9067,2	8697,8	4,25	4,10
	2	8311,4	7984,3	4,10	
	3	8963,4	8621,3	3,97	

(Sumber: Data Primer, 2020)



Gambar 5. Grafik Rata-rata
(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

Nilai daya serap air terjadi peningkatan dengan bertambahnya nilai komposisi cacahan limbah plastik PET, hal ini

memperlihatkan bahwa beton tidak padat karena persentase plastik sudah melebihi kapasitas dari volume total beton sehingga banyak rongga yang terbentuk.

Pada penelitian (Kusuma, 2019) menyatakan bahwa agregat pasir tidak dapat menutupi rongga yang dibuat oleh cacahan plastik. Selain itu, sifat polietilen (plastik) adalah kedap air dan tidak larut dalam air pada temperatur ruang, yang mengakibatkan penurunan daya serap air pada paving block (Hambali, 2013)

Penelitian yang dikerjakan (Gencel et al., 2012), daya serap air pada beton secara alamiah berkaitan dengan sifat dari sistem pori beton itu sendiri. Agregat juga dapat memiliki pori, tetapi pori ini biasanya berselang. Beton memiliki daya serap terbaik apabila dibawah 10%, jika dibandingkan dengan penelitian ini maka nilai penyerapan yang diperoleh nilainya masih dibawah 10% untuk tiap variasi peningkatan cacahan plastik PET.

Porositas beton

Porositas beton adalah besarnya nilai kadar pori yang terdapat pada beton. Penimbangan benda uji kondisi SSD disajikan pada gambar 3 dan hasil uji porositas dalam tabel 6 berikut:



Gambar 6. Penimbangan Benda Uji (kondisi SSD)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2020)

Tabel 6. Hasil Porositas Beton

Variasi	Benda Uji	Porositas	Rata-rata
0%	1	2,72	2,75
	2	2,78	
	3	2,74	
3%	1	3,64	3,79
	2	3,80	

Variasi	Benda Uji	Porositas	Rata-rata
6%	3	3,93	5,53
	1	5,88	
	2	5,38	
	3	5,34	
9%	1	7,39	7,33
	2	7,33	
	3	7,27	

(Sumber: Data Primer, 2020)

Hasil pengujian porositas yang menggunakan campuran plastik sebanyak 9 % menghasilkan nilai porositas sebesar 7,39% sedangkan untuk beton normal (0%) menghasilkan nilai porositas sebesar 40%. Semakin banyak campuran plastik maka semakin besar porositas dan resapan tetapi menghasilkan kuat tekan beton yang rendah. Begitu pula sebaliknya. Hal tersebut disebabkan oleh reaksi kimia matrik semen dengan ikatan PET tidak sempurna.

Menurut (Lim et al., 2013), rasio campuran memiliki pengaruh yang besar pada porositas beton. Untuk mendapatkan perkerasan dengan permeabilitas serta porositas tinggi dengan tidak mengurangi nilai kuat tekan dan kuat lenturnya, nilai rasio agregat terhadap semen harus sekitar angka 4,25 dan rasio faktor air semen sekitar 0,3. Sampel uji dengan rasio CA/C sebesar 6,45 memiliki porositas yang tinggi sekitar 30%. Jumlah agregat kasar yang banyak pada benda uji akan menyebabkan pori-pori menjadi lebih besar sehingga meningkatkan nilai porositas, tetapi nilai kuat tekannya kurang dari 10 Mpa.

Sejalan dengan hasil penelitian (Sari et al., 2013), dengan metode beton normal dan metode VIM, nilai porositas pori akan meningkat dengan bertambahnya faktor air semen.

(Syafiarti, 2015), pada campuran yang menggunakan serat polipropilen 0,6% dan CA/C 4,5, dengan porositas beton berpori paling tinggi maka laju infiltrasi dapat tercapai.

3. KESIMPULAN

Dari hasil penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil pengujian kuat tekan beton berpori memperoleh nilai rata-rata yaitu 0% sebesar 24,85 Mpa, 3% sebesar 8,42 Mpa,

6% sebesar 4,79 Mpa, dan 9% sebesar 2,56 Mpa.

2. Hasil pengujian daya serapan air memperoleh nilai rata-rata yaitu 0% sebesar 0,39%, 3% sebesar 2,46%, 6% sebesar 3,38% dan 9% sebesar 4,10% .
3. Hubungan porositas dan serapan air pada beton berpori akan mempengaruhi kualitas beton berpori, semakin besar nilai porositas maka akan menaikkan nilai daya serap airnya, sehingga nilai kuat tekan beton akan semakin turun. Kondisi ini seperti yang ditunjukkan pada beton berpori campuran plastik PET 9% dengan nilai porositas 7,39%, nilai serapan airnya 4,25% dan nilai kuat tekannya 2,18 Mpa.

4. DAFTAR PUSTAKA

- ACI 522R-10. (2010). *Report On Pervious Concrete*. USA: American Concrete Institute Committee 522.
- Azwanda, Samsunan, & Rangga, H. D. (2017). *Pengaruh Substitusi Bahan Anorganik Plastik Terhadap Kuat Tekan Beton Normal*. 3(4).
- Chowdhury, S., Maniar, A. T., & Suganya, O. (2013). *Polyethylene Terephthalate (PET) Waste as Building Solution*. 1(2), 5.
- Fitriyano, G. (2019). *Tinjauan Singkat Potensi Pemanfaatan Botol Bekas Berbahan Polyethylene Terephthalate (PET) di Indonesia*. 16(1), 7.
- Gencel, O., Özel, C., Koksall, F., Erdoğan, E., Martínez-barrera, G., & Brostow, W. (2012). Properties of concrete paving blocks made with waste marble. *Journal of Cleaner Production*, 21, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.08.023>
- Hambali, M. (2013). Pengaruh Komposisi Kimia Bahan Penyusun Paving Block Terhadap Kuat Tekan dan Daya Serap Airnya. *Sriwijaya: Universitas Sriwijaya*, Vol. 19(No.4).
- Huang, B., & Shu, X. (2010). Laboratory evaluation of permeability and strength of polymer-modified pervious concrete. *Construction and Building Materials*, 24, 818–823. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.025>
- Kusuma, G. A. (2019). *Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis PP (Poly Propylene) sebagai Substitusi Agregat pada Bata Beton (Paving Block)*. 12.

- Lim, E., Tan, K. H., & Fwa, T. F. (2013). *Effect of Mix Proportion on Strength and Permeability of Pervious Concrete for Use in Pavement*. 11.
- Prabowo, D. A., Setyawan, A., & Sambowo, K. A. (n.d.). *Desain Beton Berpori Untuk Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan*. 7.
- Rochim, R., Setyawan, A., & Sarwono, D. (2015). Pengaruh Pengisian Rongga Pada Perkerasan Beton Berpori Terhadap Permeabilitas, Kecepatan Resapan dan Kuat Tekan. *Matriks Teknik Sipil*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.20961/mateksi.v3i1.37325>
- Sari, F. M., Setyawan, A., & Sambowo, K. A. (2013). *Tinjauan Durabilitas Beton Berpori Sebagai Perkerasan Jalan Yang Ramah Lingkungan*. 1(2).
- SNI-03-0691-1996. (n.d.).
- SNI-03-2834-2000.pdf. (n.d.).
- Syafiarti, A. I. D. (2015). Pengaruh Serat Polipropilen Dalam Beton Berpori. In *Tugas Akhir*. Jurusan Teknik Sipil. Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.