

Volume 4, No 2, Desember 2019

Template jurnal RACIC

**PENGARUH LIMBAH PLASTIK BOTOL (LELEH) SEBAGAI MATERIAL
TAMBAH TERHADAP KUAT LENTUR BETON**

Doni Rinaldi Basri¹ Ahmad Zaki²

¹ Teknik Sipil Universitas Abdurrah
Jl. Riau Ujung No. 73, Pekanbaru Indonesia
email : doni.rinaldi@univrab.ac.id

² Teknik Sipil Universitas Abdurrah
Jl. Riau Ujung No. 73, Pekanbaru Indonesia

ABSTRACT

In construction concrete is the most widely used building material in the world, both in construction. Concrete is a composite building material made from a combination of aggregate and cement binder. The most common form of concrete is portland cement concrete, which consists of mineral aggregates (gravel, and sand), cement and water.

Indonesia is the country with the 2nd largest plastic waste producer in the world on June 7, 2017, with data on the amount of plastic in the high seas of Indonesia reaching 0.48-1.29 million tons annually. Therefore, one way to cope with plastic waste, on this occasion the author tries to conduct an experiment about the Effect of Utilization of Bottled Plastic Waste as an Additional Material on Concrete Flexural Strength.

This research was carried out by making concrete with the addition of alternative polymeric materials, namely plastic bottle waste (PET). The variation of the percentage of the addition of plastic bottle waste in this study is 0%, 2%, 3%, 5% of the mass of cement and concrete material used materials originating from Kampar Regency and Padang cement with the type of PCC (Portland Composite Cement).

The results of the flexural strength test, obtained the quality of concrete has decreased, which in the mix of 3% decreased concrete quality is quite low from the mixture (0%, 2%, 3% & 5%), from 53.93 kg / cm² in the mixture of 0% to 45.09 kg / cm² in a mixture of 3%.

Keywords: Waste Plastic (PET), concrete and flexural strength

ABSTRAK

Dalam konstruksi beton merupakan bahan bangunan yang paling banyak di pakai di dunia, baik di konstruksi. Beton adalah sebuah bahan bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat dan pengikat semen. Bentuk paling umum dari beton adalah beton semen portland, yang terdiri dari agregat mineral (kerikil, dan pasir), semen dan air.

Indonesia merupakan negara dengan menghasil limbah plastik terbesar ke-2 didunia pada 7 juni 2017, dengan data jumlah plastik di laut lepas Indonesia mencapai 0,48-1,29 juta ton pertahunnya. Oleh sebab itu, salah satu cara untuk menanggulangi sampah plastik, di kesempatan ini penulis mencoba untuk melakukan ekperimen tentang Pengaruh Pemanfaatan Limbah plastik Botol Sebagai Material Tambahan Terhadap Kuat Lentur Beton.

Penelitian ini dilakukan pembuatan beton dengan penambahan bahan polimer alternatif yaitu limbah botol plastik (PET). Variasi persentase penambahan limbah botol plastik dalam penelitian ini adalah 0%, 2%, 3% ,5% dari masa semen dan material beton digunakan material yang berasal dari Kabupaten Kampar dan semen Padang dengan type PCC (Portland Composite Cement).

Hasil uji kuat lentur, didapatkan mutu beton mengalami penurunan, yang mana pada capuran 3% penurunan mutu beton cukup rendah dari campuran yang (0%,2%,3% & 5%) yaitu dari 53.93 kg/cm² pada campuran 0% menjadi 45.09 kg/cm² pada campuran 3%.

Kata Kunci: *Limbah plastik (PET), beton dan kuat lentur*

1. Pendahuluan

Penggunaan plastik yaitu berupa botol plastik polyethylene terephthalate (PET) terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Sebagai akibatnya, jumlah limbah plastik pun ikut bertambah. Masalah limbah plastik sekarang telah menjadi masalah yang sangat rumit di kotakota di Indonesia, seperti halnya di Pekan Baru pada khususnya. Data tahun 2008 dari Deputy Pengendalian Pencemaran Kementerian Negara Lingkungan Hidup (KLH) menyebutkan bahwa setiap individu rata-rata menghasilkan 0.8 kilogram limbah (sampah) dalam satu hari dengan 15% diantaranya adalah limbah plastik. Dengan asumsi ada sekitar 220 juta penduduk di Indonesia, maka limbah plastik yang tertimbun mencapai 26.500 ton per hari. Sementara data KLH pada tahun 2007 menunjukkan, volume timbunan sampah di 194 kabupaten dan kota di Indonesia mencapai 42 juta kilogram, di mana komposisi sampah plastik mencapai 14 % atau 6 juta kilogram [1].

Di sisi lain, penggunaan beton dalam konstruksi dewasa ini sangat meningkat, yang mengakibatkan kebutuhan material beton juga meningkat secara besar-besaran. Oleh karena itu, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) serta berbagai penelitian telah dilakukan untuk mencari alternatif-alternatif

Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton

bahan penyusun atau campuran beton yang mudah didapat dan juga murah dari segi harga. Salah satu alternatifnya adalah dengan menggunakan limbah plastik, limbah konstruksi (limbah beton dan limbah aspal), limbah kelapa, limbah kelapa sawit dan limbah lainnya sebagai bahan pengganti atau campuran dalam beton bertulang.

Oleh sebab itu, salah satu cara untuk menanggulangi limbah plastik yang semakin banyak, di kesempatan ini penulis mencoba untuk melakukan eksperimen tentang Pengaruh Pemanfaatan Limbah plastik Botol Sebagai Material Tambahan Terhadap Kuat Lentur Beton. Dalam hal ini praktik pembuatan beton yang akan dilakukan adalah dengan menambahkan limbah plastik atau botol plastik bekas. limbah plastik dapat digunakan sebagai bahan alternatif campuran beton tanpa efek yang merugikan, maka dalam penelitian ini dilakukan pembuatan beton dengan penambahan bahan polimer alternatif yaitu limbah botol plastik. Variasi persentase penambahan limbah botol plastik dalam penelitian ini adalah 0%, 2%, 3%, 5% dari masa semen.

Dengan mengetahui kuat uji lentur beton yang di campur limbah botol plastik (PET) diharapkan dapat menjadi pedoman dalam dalam pembuatan beton campur plastik dalam dunia konstruksi di Indonesia

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Plastik

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat, dan dapat dilunakkan atau dicetak pada suhu tinggi (suhu peralihan kacanya diatas suhu ruang), jika tidak banyak bersambung silang. Plastik merupakan polimer bercabang atau linier yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya. Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses injection molding dan ekstrusi.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, “shellac”) sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, “nitrocellulose”) dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene). Jenis – jenis plastik menurut Koswara (2006) adalah sebagai berikut : *PET-Polyethylene Terephthalate, HDPE-High Density Polyethylene, V-Polyvinyl Chloride, LDPE-Low Density Polyethylene, PP-Polypropylene, PS-Polystyrene* dan *Other (SAN-Styrene Acrylonitrile, ABS-acrylonitrile butadiene styrene, PC-polycarbonate, Nylon)*. Yang akan kita bahas dan digunakan lebih lanjut botol plastik jenis PET karena jenis ini yang jumlah limbahnya sangat banyak.

2.2 PET-Polyethylene Terephthalate

Biasanya, pada bagian bawah kemasan botol plastik, tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya dan tulisan PET (*polyethylene terephthalate*) di bawah segitiga. Dalam pertekstilan PET biasa disebut dengan *polyester*. Biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih/ transparan/ tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Tidak untuk air hangat apalagi panas.

Untuk jenis ini, disarankan hanya untuk satu kali penggunaan dan tidak untuk mewadahi pangan dengan suhu lebih besar dari 600 C, hal ini akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker. Di dalam membuat PET, menggunakan bahan yang disebut dengan SbO_3 (*antimoni trioksida*), yang berbahaya bagi para pekerja yang berhubungan dengan pengolahan atau pun daur ulangnya, karena *antimon trioksida* masuk ke dalam tubuh melalui sistem pernafasan, yaitu akibat menghirup debu yang mengandung senyawa tersebut. Terkontaminasinya senyawa ini dalam periode yang lama akan mengalami: iritasi kulit dan saluran pernafasan. Bagi pekerja wanita, senyawa ini meningkatkan masalah menstruasi dan keguguran, pun bila melahirkan, anak mereka kemungkinan besar akan mengalami pertumbuhan yang lambat hingga usia 12 bulan.

2.3 Penggunaan Plastik pada Beton

Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan limbah plastik sebagai agregat sudah dilakukan sejak tahun 1990an. Pada tahun 1997 dilakukan penelitian efek penambahan limbah plastik sebagai pengganti agregat pada kuat tekan dan permeabilitas beton. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan dan permeabilitas beton sedikit berkurang 5-15% dengan penambahan limbah plastik. [11] juga melakukan investigasi efek penggunaan limbah plastik sebagai agregat pada bulk density dan modulus elastisitas dari beton. Bulk density dan modulus elastisitas pada beton sedikit berkurang 3-12.5% dengan bertambahnya jumlah dari limbah plastik sebagai pengganti agregat. Selanjutnya, [12] menyimpulkan dengan penambahan dari limbah plastik pada beton mengakibatkan berkurangnya jumlah air pada beton sekitar 20% dan nilai slump.

Terakhir, [13] juga mempelajari efek dari limbah plastik pada density dan modulus elastisitas dari beton. Density dan modulus elastisitas berkurang dengan meningkatnya jumlah dari limbah botol plastik pada campuran beton.

Selain penelitian internasional, penelitian dalam negeri sudah dimulai pada tahun 2005. [9] penambahan serat limbah plastik ke dalam campuran beton dengan kadar 0.3% meningkatkan kuat tekan sebesar 20%, meningkatkan kuat tarik belah sebesar 2%, meningkatkan nilai kapasitas momen balok sebesar 15% dan meningkatkan nilai toughness sebesar 318%. Selanjutnya, [6] meneliti tentang penggunaan limbah plastik sebagai campuran beton untuk meningkatkan kapasitas tarik belah dan geser. Di penelitian lain, [4] melakukan penelitian beton ringan menggunakan agregat limbah

Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton

botol plastik polyethylene terephthalate (PET) sebagai agregat. Limbah botol plastik tersebut dapat dijadikan sebagai pengganti agregat kasar pada beton ringan melalui proses pemanasan, pendinginan dan pemecahan. Kekuatan tekan yang dihasilkan adalah 17.49 MPa dengan kuat tarik belah 1.15 MPa.

Dari penelitian-penelitian yang dilakukan di atas, secara umum disimpulkan bahwa penurunan kualitas dan kapasitas beton tidak lebih dari 20% dan tidak akan berpengaruh secara signifikan pada fungsi konstruksinya. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh campuran dari limbah plastik ini adalah menghasilkan beton dengan material ringan dan murah. Kehadiran beton ringan ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan limbah plastik dan dapat menghemat pemakaian agregat alam seperti batu.

2.4 Pengujian Kuat Lentur

Menurut [2] lentur pada balok diakibatkan oleh regangan yang timbul karena adanya beban luar. Apabila beban bertambah, maka pada balok akan terjadi deformasi dan regangan tambahan yang mengakibatkan retak lentur di sepanjang bentang balok. Bila beban semakin bertambah, pada akhirnya terjadi keruntuhan elemen struktur. Taraf pembebanan yang demikian disebut keadaan limit dari keruntuhan pada lentur. Apabila suatu beban menyebabkan timbulnya lentur, maka balok pasti akan mengalami defleksi atau lendutan. Meskipun sudah dicek aman terhadap lentur dan geser, suatu balok bisa tidak layak apabila terlalu fleksibel. Dengan demikian tinjauan defleksi balok merupakan salah satu bagian dari proses desain. Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut, yang diletakkan mendatar diatas permukaan meja penekan mesin uji lentur, atau hasil bagi antara momen lentur terhadap momen inersia balok beton. Dalam penelitian ini pengujian kuat lentur berpedoman kepada SNI 4431-2011

3. Metode Penelitian

Metode penelitian berisi detail pelaksanaan penelitian mulai dari persiapan data atau sampel sampai analisa dan pengujian yang dilakukan.

3.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data ini dilakukan dengan mencari/mengumpulkan data sekunder dan data primer yang dibutuhkan dalam penelitian ini. Dimulai dari mencari buku-buku dan jurnal-jurnal yang berhubungan dengan penelitian ini.

3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Semua peralatan yang di gunakan di dalam penelitian ini harus di sediakan sebelum penelitaian ini dimulai. Adapun bahan dan alatnya sebagai berikut :

Bahan :

- a. Portland composite Cement (PCC)
- b. Limbah Botol Plastik (PET)
- c. Agregat kasar dan Agregat halus
- d. Air



Gambar 1 : Botol Plastik PET

Alat :

- a. Peralatan pengujian Analisa saringan
- b. Peralatan Penyerapan Agregat (kasar dan halus)
- c. Peralatan Uji berat Jenis
- d. Peralatan Uji gembur dan Uji padat
- e. Peralatan Uji Gradasi
- f. Peralatan pembuatan sampel
- g. Peralatan perawatan sampel
- h. Peralatan pengujian sampel

3.3 Pembuatan job mix Design (JMD)

Untuk pembuatan job mix Design (JMD) dilakukan beberapa pengujian yaitu :

- a. Pengujian Analisa saringan
- b. Penyerapan Agregat (kasar dan halus)
- c. Uji berat Jenis
- d. Uji gembur dan Uji padat
- e. Uji Gradasi
- f. Gradasi gabungan dan

Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton

3.4 Pembuatan sampel dengan mutu Fs 45

Jika hasil pengujian sampel yang dibuat tidak mencapai mutu beton yang di rencanakan maka dilakukan pembuatan jab mix design lagi.

3.5 Pembuatan benda uji + limbah botol plastik

Pembuatan campuran adukan beton plastik dilakukan setelah menghitung proporsi masing-masing bahan yang dipergunakan, kemudian mencampur dengan langkah langkah sebagai berikut :

- a. Mengambil bahan-bahan pembentuk beton yaitu semen, batu, pasir dan plastik yang sudah dibuat menjadi bahan campuran.
- b. Mencampur semen, air, agregat dan plastik dalam mesin pencampur. Hal ini dimaksudkan agar semen dan agregat dan plastik dapat tercampur secara sempurna.
- c. Memasukkan adukan ke dalam alat cetak berbentuk balok berukuran 150 x 150 x 600 mm.
Adukan dimasukkan ke dalam cetakan secara berlapis dan dalam penelitian ini sebanyak 3 lapis dan dibantu pemadatan dengan menusuk – nusuk adukan dengan kayu atau besi agar adukan bias terisi merata di dalam cetakan.
- d. Tambahkan plastik yang dileleh dengan kadar penambahan 0%, 2%, 3%, 5% masing – masing berjumlah 2 benda uji untuk setiap kadar penambahan. Setelah 1 x 24 jam, alat cetak dibuka dan benda uji direndam dalam bak perendam.

3.6 Perawatan benda uji + limbah botol plastik

Perawatan benda uji ini dilakukan dengan memasukan benda uji kedalam bak perendam yang diisi air baku dengan semua permukaan benda uji terendam di dalam air.

3.7 Pengujian Kuat Lentur untuk umur 7 dan 28 pada setiap benda uji yang di buat

Dalam penelitian ini pengujian kuat lentur berpedoman kepada SNI 4431-2011

3.8 Analisa dan pembahasan

Setelah dilukan pengujian langka selanjutnya menganalisa hasil pengujia. Jika hasilnya benar maka dapat dilakukan ketahap kesimpulan. Jika masih diragukan maka dilakukan pembuatan benda uji lagi.

4. Hasil Percobaan

Sampel yang dibuat pada penilitian ini sebanyak 16 sampel dengan penjelasan sebagai berikut :

1. Campuran botol plastik 0% 4 buah sampel (2 buah untuk pengujian umur & 2 buah untuk pengujian umur 28)
2. Campuran botol plastik 2% 4 buah sampel (2 buah untuk pengujian umur 7 & 2 buah untuk pengujian umur 28)
3. Campuran botol plastik 3% 4 buah sampel (2 buah untuk pengujian umur 7 & 2 buah untuk pengujian umur 28)
4. Campuran botol plastik 5% 4 buah sampel (2 buah untuk pengujian umur 7 & 2 buah untuk pengujian umur 28)



Gambar 2 : Pembuatan benda uji balok

Setelah sampel dibuat kemudian sampel di lakukan perawatan dengan memasukan kedalam bak perendam. Sampel di keluarkan minimal 8 jam sebelum

Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton

pengujian kuat lentur dilakukan pada umur 7 hari dan 28 hari, kemudian dilakukan pengujian kuat lentur. Dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Tabel 1 : Hasil uji lentur

NO	Berat Kg	% Plastik	Slam test CM	Pembacaan di alat uji lentur	
				KN	Kg
1	32.280	0%	10,2	25	2550
2	32.310	0%	10,5	23	2346
3	33.295	0%	10	45	4590
4	33.270	0%	12.5	40	4080
5	32.355	2%	11	23	2346
6	32.050	2%	11.5	17	1734
7	32.755	2%	10.2	33	3366
8	32.435	2%	10.2	30	3060
9	32.625	3%	12	27	2754
10	32.550	3%	11	23	2346
11	34.460	3%	10.2	32	3264
12	34.610	3%	10.5	37	3774
13	31.950	5%	10.2	20.2	2060.4
14	31.935	5%	10.2	22	2244
15	31.995	5%	9.8	28	2856
16	31.595	5%	10.7	32	3264

Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 3 : Sampel setelah di uji lentur

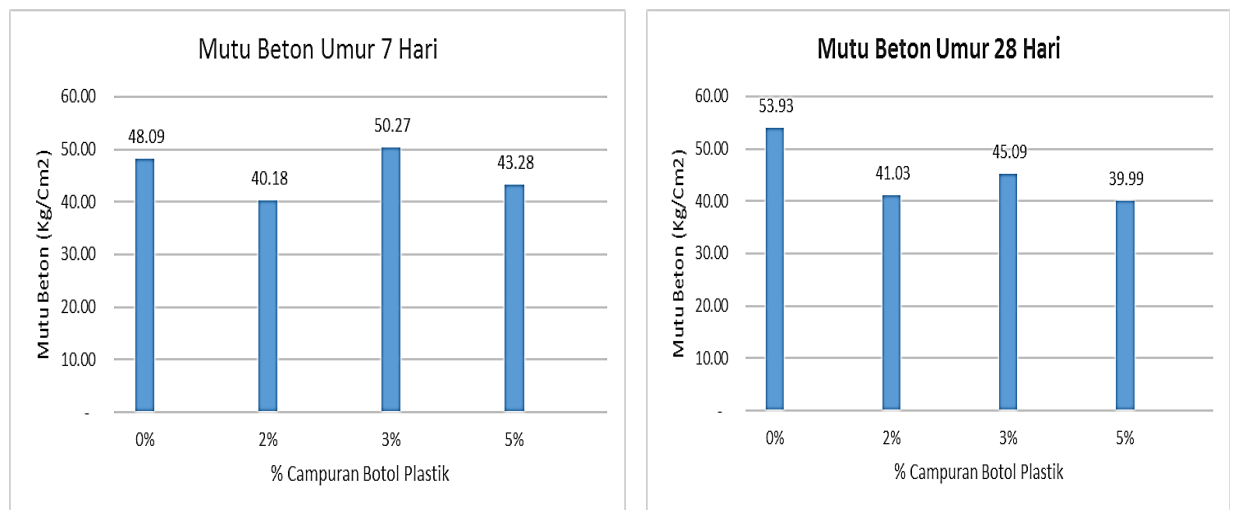
Setelah hasil uji kuat lentur didapatkan hasilnya, tahapan selanjutnya melakukan analisa mutu beton dengan hasil analisa sebagai berikut :

Tabel 2 : Analisa mutu kuat lentur

NO	% Plastik	Slam test	Pembacaan di alat uji lentur		Pecahan			Uji lentur PXL/BxH ² Kg/Cm2	Umur beton (hari)	Faktor Umur	Mutu Beton Kg/CM2	Mutu Beton Rata-rata Kg/CM2
			CM	KN	Kg	L (Cm)	B (Cm)					
1	0%	10,2	25	2550	45	15.2	15.3	32.25	7 hari	0.65	49.61	48.09
2	0%	10,5	23	2346	45	15.3	15.1	30.26	7 hari	0.65	46.56	
3	0%	10	45	4590	45	15.3	15.4	56.92	28 hari	1	56.92	53.93
4	0%	12.5	40	4080	45	15.2	15.4	50.93	28 hari	1	50.93	
5	2%	11	23	2346	45	15.3	15.2	29.86	7 hari	0.65	45.95	40.18
6	2%	11.5	17	1734	45	15.3	15.1	22.37	7 hari	0.65	34.41	
7	2%	10.2	33	3366	45	15.3	15.2	42.85	28 hari	1	42.85	41.03
8	2%	10.2	30	3060	45	15.2	15.2	39.21	28 hari	1	39.21	
9	3%	12	27	2754	45	15.2	15.2	35.29	7 hari	0.65	54.29	50.27
10	3%	11	23	2346	45	15.2	15.2	30.06	7 hari	0.65	46.25	
11	3%	10.2	32	3264	45	15.2	15.2	41.82	28 hari	1	41.82	45.09
12	3%	10.5	37	3774	45	15.2	15.2	48.36	28 hari	1	48.36	
13	5%	10.2	20.2	2060	45	15.1	15.1	26.93	7 hari	0.65	41.43	43.28
14	5%	10.2	22	2244	45	15.1	15.1	29.33	7 hari	0.65	45.12	
15	5%	9.8	28	2856	45	15.1	15.1	37.33	28 hari	1	37.33	39.99
16	5%	10.7	32	3264	45	15.1	15.1	42.66	28 hari	1	42.66	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari analisa hasil uji lentur dihasilkan mutu beton yang bervariasi yang dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 4 : Mutu beton umur 7 dan 28 hari

Pengaruh Limbah Plastik Botol (Leleh) Sebagai Material Tambah Terhadap Kuat Lentur Beton

1. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian ini dapat di simpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan limbah botol plastik PET pada campuran beton mengurangi mutu kuat lentur beton
2. Dari persentase penambahan limbah botol plastik PET, persentase 3% persen yang penuruna mutu betonya rendah yaitu dari 53,93 Kg/cm² (0%) turun menjadi 45,09 Kg/cm²

Dan saran dari hasil penelitan ini sebagai berikut :

1. Limbah botol plastik yang digunakan harus dibersihkan dahulu
2. Membeli limbah botol plastik dari pengulung mengakibatkan biaya pembuatan beton semakin mahal.

Daftar Pustaka

- [1] Rommel, Erwin. 2013. *Pembuatan Beton Ringan Dari Agregat Buatan Berbahan Plastik*, jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Malang
- [2] Rahmawati, Anita., dan Rizana, Rama. 2013. *Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall (105M)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Konferensi Nasional Teknik Sipil 7. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- [3] Sina, Dantje A.T., Udiana I Made., Costa, Bernad D. Da. 2012. *Pengaruh Penambahan Cacahan Limbah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) Pada Kuat Lentur Beton*. Univeritas Nusa Cendana
- [4] Rismayasari, Yessi., Utari., Santosa, Usman. 2012. *Pembentukan Beton dengan Campuran Limbah Plastik dan Karakteristiknya*. Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sebelas Maret. Surakarta dst.
- [5] Cahyono, Bagus. 2011. *Kajian Kuat Lentur Beton Kertas (papercrete) Dengan Bahan Tambah Serat Nylon*. Universitas Sebelas Maret. Surakart
- [6] Primasasti, Dyah Kurnia., 2010. *Tinjauan Kuat Tekan dan Kuat Lentur Repair Mortar dengan Bahan Tambah Polymer*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- [7] Rivani, Agus., dan Maricar, Shyama. 2009. *Perilaku dan Kapasitas Lentur Balok Beton Berserat Bambu*. Universitas Tadulako. Palu
- [8] Dharma, Giri, I.B., Sudarsana, I Ketut. dan Agustiniingsih, Eka, N.L.P. 2008. *Kuat tarik Belah Dan Lentur Beton Dengan Penambahan Styrofoam*. Universitas Udayana. Denpasar
- [9] Suarnita, I Wayan. 2005. *Kapasitas Lentur Balok Beton Bertulangan dengan Styrofoam Sebagai Pengganti Agregat Kasar*. Universitas Tadulako. Palu 11. Supriyatna, Yatna. Analisa kuatlentur pada beton K-300 Yang Dicampur Dengan Tanah Kohesif. Universitas Komputer Indonesia. Bandung
- [10] Paat, filia Eunike Sofia., Wallah, Steenie., Windah Reky S. 2014. *Kuat Tarik lentur Beton Geopolymer Berbasis Abu Terbang (Fly Ash)*. Universitas Sam Ratulangi. Manado
- [11] Al-Manaseer and Dalal. 1997. *Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Agregat Pada Bulk Density Dan Modulus Elastisitas Dari Beton*.
- [12] Soroushian et al. 2003. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Terhadap Penggunaan Air*.
- [13] Choi Et Al. 2005. *Efek Dari Limbah Plastik Pada Density Dan Modulus Elastisitas Dari Beton*.