



Pengaruh aspek rasio serat limbah plastik *polypropylene* terhadap karakteristik campuran perkerasan kaku

Ilham Mangesti Aji^{a,*}, Sasana Putra^b, Chatarina Niken D.W.S.B.U^c

^a Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^b Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

^c Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, Jl. Soemantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung, 35145, Indonesia

HIGHLIGHTS

- Pemanfaatan serat plastik yang berasal dari gelas minuman kemasan (plastik *polypropylene*) untuk campuran perkerasan beton.
- Aspek rasio serat plastik *polypropylene* memiliki pengaruh terhadap kuat tekan dan kuat tarik lentur beton.

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima 11 Mei 2022

Diterima setelah diperbaiki 15 Juli 2022

Diterima untuk diterbitkan 29 Juli 2022

Tersedia secara *online* 01 Agustus 2022

Kata kunci:

Aspek rasio serat plastik, campuran perkerasan kaku, kuat tarik lentur, kuat tekan, plastik *polypropylene*.

ABSTRAK

Rigid pavement atau perkerasan kaku yang terbuat dari beton, menahan tekan dan tarik secara bergantian. Untuk meningkatkan kemampuannya dalam menahan tekan dan tarik, maka dilakukan penelitian campuran beton berserat plastik. Plastik memiliki sifat ringan, kuat, mampu menahan tarik, fleksibel, dan tahan terhadap korosi. Hal ini juga dapat membantu mengurangi limbah plastik. Dalam penelitian ini, serat plastik yang digunakan memiliki aspek rasio 37,5; 50; 62,5. Hasil penelitian menunjukkan kuat tekan beton mengalami kenaikan pada serat L/d 62,5 saat umur 28 hari sebesar 27,01 MPa atau meningkat 12,49% dari beton tanpa serat. Sedangkan pada umur 56 hari, kuat tekan beton tanpa serat sebesar 33,12 MPa dan mengalami penurunan pada campuran serat L/d 37,5; 50; 62,5. Kuat tarik lentur mengalami kenaikan paling optimum pada serat L/d 37,5 saat umur 28 hari sebesar 4,96 MPa atau 25,28% dari beton tanpa serat, sedangkan pada umur 56 hari mengalami peningkatan paling optimum pada serat L/d 37,5 sebesar 5,24 MPa meningkat sebesar 2,16% dari beton tanpa serat. Umur beton mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur. Kuat tekan dan kuat lentur beton untuk L/d 37,5 pada umur 56 hari mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton pada umur 28 hari.

Diterbitkan oleh Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung

1. Latar Belakang

Perkerasan jalan beton banyak digunakan sebagai bahan utama pada konstruksi jalan karena banyak keuntungan seperti kekuatan, daya tahan, kemudahan fabrikasi, dan tidak mudah terbakar [1]. Selain itu, menurut Armidon dan Rahayu [2] kelebihan beton sebagai bahan struktur bangunan adalah mempunyai kuat tekan yang tinggi, sedangkan kelemahannya adalah kuat tarik yang rendah.

Beton serat (*fibre reinforced concrete*) adalah beton yang mengandung campuran bahan berserat yang dapat meningkatkan sifat mekanis, dan ketahanan elemen struktural [3]. Pada penelitian Wafa [4] dengan menggunakan serat pada beton dapat menjadikan kemungkinan kecil terjadi retakan dan mengurangi lebar retakan yang terjadi pada beton.

Di sisi yang lain, plastik memiliki beberapa kelebihan diantaranya ringan, kuat, mampu menahan tarik, fleksibel, dan tahan terhadap korosi. Plastik adalah suatu bahan polimer yang memiliki sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah bahan yang terdiri dari unit molekul yang biasa disebut monomer [5]. Plastik juga memiliki kelemahan antara lain membutuhkan waktu 1000 tahun lamanya untuk terurai sempurna terhadap tanah. Penggunaan plastik secara daur ulang juga dapat mengurangi limbah plastik. Hal ini dilakukan karena bahan plastik seperti gelas air mineral sangat banyak digunakan yang dapat menimbulkan masalah serius yaitu akan tumpukan sampah yang menggunung. Menurut Hasan *dkk* [6] pemanfaatan plastik pada beton dapat mendorong kondisi ramah lingkungan dan dapat meningkatkan kemampuan kuat tekan dan tarik lentur beton.

Pada penelitian Afriandi [7], balok menggunakan plastik *high density poly-ethylene* (HDPE) dengan L/d sebesar 5 dengan benda uji balok 15x15x60 cm. Serat plastik ditaburkan pada ketinggian balok yang bervariasi yaitu $\frac{1}{4}$ balok, $\frac{1}{2}$ balok, $\frac{3}{4}$ balok dan $\frac{4}{4}$ balok, diperoleh beton berserat plastik optimum terjadi pada penaburan plastik pada ketinggian $\frac{1}{2}$ penampang balok yang ditunjukkan

* Penulis koresponden.

Alamat E-mail: imangestiaji15@gmail.com (I.M. Aji).

Peer review dibawah tanggung-jawab Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

<https://doi.org/10.23960/rekrjits.v26i2.62>

dengan peningkatan nilai *modulus of rupture* (MOR) sebesar 25,8% yakni 4,29 MPa.

Kurniawan dan Soebandono [8] menggunakan plastik HDPE sebagai bahan pengganti agregat kasar dengan ukuran lolos saringan 19 mm dan tertahan saringan 4,74 mm menggunakan variasi volume 0%, 10 %, 15 %, 20 %. Hasil pengujian menunjukkan kuat tekan dan kuat lentur yang terus menurun setiap penambahan kadar limbah plastik. Selanjutnya, penelitian Abdo dan Jung [9] menggunakan limbah plastik *polyethylene terephthalate* (PET) berbentuk cacahan dengan ukuran 30x5 x1 mm dalam beton mutu K 250 dengan campuran per-sentase 0.25%, 0.375%, dan 0.5% dengan pendekatan aspek rasio 37,5. Kuat tekan beton pada penambahan plastik 0,25% sebesar 31,5 MPa, sedangkan beton tanpa serat mempunyai kekuatan tekan 19,5 MPa, mengalami kenaikan sebesar 61,5% dari kuat tekan beton tanpa serat. Sedangkan besar kuat lentur 3,95 MPa pada campuran 0,25% dan untuk beton tanpa serat 2,1 MPa, mengalami kenaikan 88%.

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah plastik yang berasal dari gelas air mineral sebagai bahan tambah terhadap nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur pada campuran perkerasan kaku (*rigid pavement*).

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, yang dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Universitas Lampung. Plastik yang dipergunakan pada penelitian kali ini adalah jenis plastik *polypropylene* (PP) yang berasal dari plastik gelas air mineral yang tidak terpakai lagi. PP ini lebih kuat dan ringan dengan daya tembus yang rendah, tahan terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan mengkilap [10].

Ukuran serat yang dikenal sebagai aspek rasio menentukan sifat mekanisnya. Aspek rasio serat (*fiber aspect ratio*) adalah nilai banding antara panjang dengan diameter serat [11]. Menurut *ACI Committee 544* [12] tentang *State of the Art Report on Fiber Reinforced Concrete*, aspek rasio serat didefinisikan sebagai perbandingan antara panjang serat dengan diameter serat, yang mana diameter equivalent juga dapat digunakan. Penelitian ini menggunakan serat plastik dengan panjang serat 30 mm, 40 mm, 50 mm dengan lebar serat 5 mm. Cara mendapatkan nilai aspek rasio pada serat bentuk pipih adalah penampang melintang serat diekuivalensikan supaya berbentuk lingkaran, dengan hasil nilai equivalent disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1
Nilai equivalent dan aspek rasio

No	Panjang serat (L) (mm)	Equivaleent diameter (d) (mm)	Aspek rasio (L/d)
1	30	0,8	37,5
2	40	0,8	50
3	50	0,8	62,5

Benda uji untuk pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan benda uji untuk pengujian kuat lentur berbentuk balok dengan ukuran 150 mm x 150 mm x 600 mm. Variasi rasio yang digunakan untuk kedua jenis pengujian tersebut seperti pada Tabel 1, yaitu 0; 37,5; 50,0 dan 62,5. Setiap variasi rasio tersebut akan diuji setelah benda uji berumur

28 hari dan 56 hari. Jumlah benda uji untuk setiap variasi rasio dan setiap umur pengujian adalah tiga buah, sehingga benda uji untuk pengujian kuat tekan berjumlah 24 dan untuk pengujian kuat lentur berjumlah 24.

Selanjutnya, penelitian ini diawali dengan persiapan material dan alat penelitian, pemeriksaan bahan campuran beton, *mix design*, pembuatan benda uji dalam variasi serat sesuai aspek rasio dan tanpa serat, perawatan benda uji dengan dengan perendaman sampai umur 28 hari dan 56 hari. Uji tekan menggunakan CTM (*Compression Testing Machine*) sedangkan pengujian benda uji balok menggunakan *Flexural testing frames*. Pengolahan data serta analisis data menggunakan SNI 4431: 2011 dan *Dixon Criteria*.

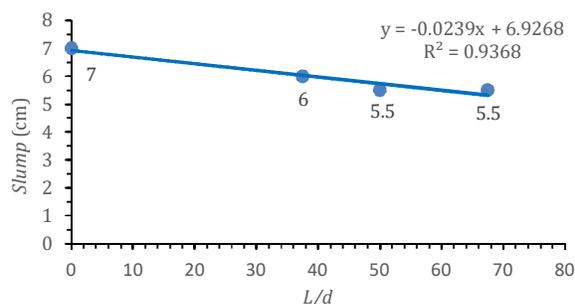
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian sifat material agregat disajikan pada Tabel 2. Dapat dilihat dari data yang diperoleh pada Tabel 2 bahwa material campuran pada beton telah memenuhi standar ASTM C 566 dan dapat digunakan sebagai campuran beton. Data tersebut selanjutnya dipakai untuk perhitungan pada campuran beton (*mix design*).

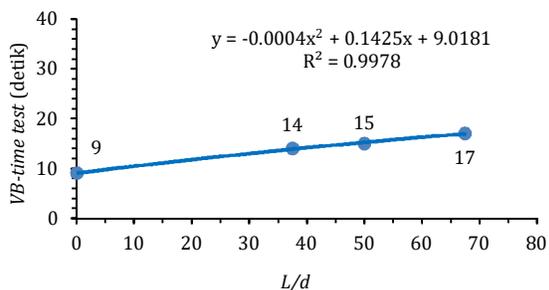
Tabel 2
Hasil pengujian material campuran beton

Pengujian	Material	Nilai	Standar ASTM
Kadar air	Agregat halus	0,50 %	0 - 1 %
	Agregat kasar	2,09 %	0 - 3 %
Berat jenis	Agregat halus	2,70	2,0 - 2,9
	Agregat kasar	2,71	2,5 - 2,9
	Semen	3,15	
Penyerapan	Agregat halus	2,25 %	1 - 3 %
	Agregat kasar	2 %	1 - 3 %
Modulus Kehalusan	Agregat halus	2,947	2,3 - 3,1
	Agregat kasar	7,36	6,0 - 8,0
Berat volume	Agregat halus	1515 kg/m ³	-
	Agregat kasar	1519,4 kg/m ³	-
Kadar lumpur	Agregat halus	1,156 %	< 5 %
Kandungan zat organik	Agregat halus	Sama dengan warna standar	Tidak boleh lebih tua dari warna standar

Selanjutnya, kelecakan beton (*workability*) dapat dilihat dari nilai *slump* yang disajikan pada Gambar 1 dan nilai *VB-time* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1 Hubungan antara nilai rasio serat dan nilai *slump*



Gambar 2 Hubungan nilai rasio serat dan nilai VB-time

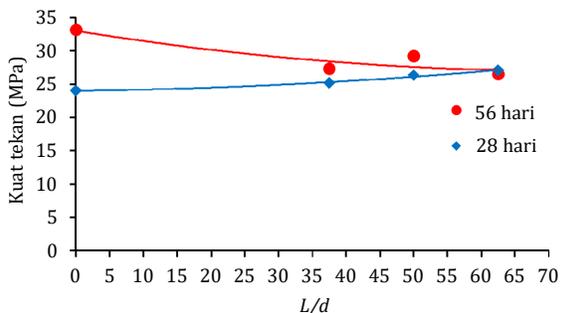
Nilai *slump* yang direncanakan untuk perhitungan *mix design* sudah sesuai dengan ACI Committe 544-1989. Nilai *slump* beton normal berserat adalah 50-170 mm dan nilai VB-test beton berserat adalah 5-25 detik.

Selanjutnya, dari hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh pola kehancuran sampel sesuai ASTM C39/C M-05 dan disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3 Tipe pola retakan pada silinder setelah diberi beban

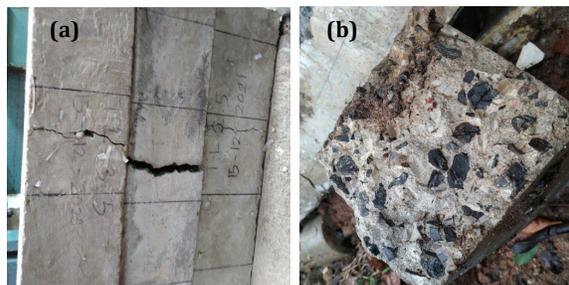
Pola retak tersebut menunjukkan pembebanan pada tekan tersalurkan secara merata. Dapat dilihat perbandingan kuat tekan beton pada umur 28 hari dan 56 hari pada Gambar 4.



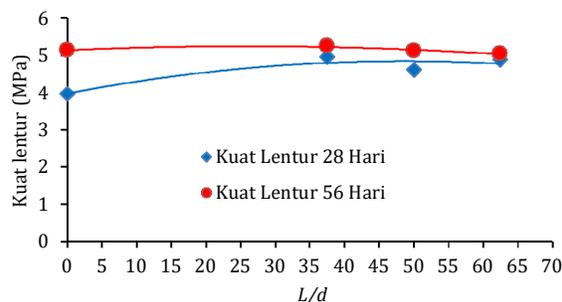
Gambar 4 Perbandingan kuat tekan umur 28 hari dan 56 hari

Pada Gambar 4 terlihat bahwa dengan adanya penambahan serat plastik pada adukan beton, kuat tekan beton rata-rata tertinggi pada umur 28 hari diperoleh pada L/d 62,5 sebesar 27,01 MPa atau sebesar 12,49% dibandingkan dengan beton yang tidak memakai serat plastik. Sedangkan nilai kuat tekan beton tertinggi pada umur 56 hari diperoleh pada beton tanpa serat sebesar 33,12 MPa.

Dari penelitian kuat lentur yang telah dilakukan, kuat tarik lentur beton tanpa serat setelah diuji terbelah menjadi dua (Gambar 5a), sedangkan beton yang menggunakan serat tidak langsung patah menjadi dua dikarenakan masih tertahan oleh serat-serat yang telah dicampurkan pada beton tersebut (Gambar 5b). Pengolahan hasil uji tarik lentur umur 28 dan 56 hari dilakukan dengan *Dixon Criteria* (ASTM E178-02). Data yang diterima melalui pengolahan dengan *Dixon Criteria* kuat lentur diambil rata-rata di umur 28 hari dan 56 hari disajikan pada Gambar 6.



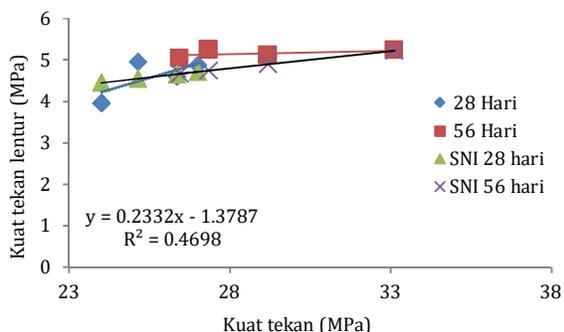
Gambar 5 Hasil pengujian kuat lentur, (a) tipe pola retakan pada balok setelah diberi beban, (b) patahan bagian dalam balok dengan serat plastik.



Gambar 6 Perbandingan kuat tarik lentur 28 hari dan 56 hari

Faktor rasio L/d sangat mempengaruhi nilai kuat tarik lentur, dikarenakan jika L/d serat terlalu tinggi bisa menyebabkan serat plastik menggumpal sehingga timbul rongga-rongga pada beton yang bisa mempengaruhi penurunan pada nilai kuat tarik lentur beton. Bisa dilihat pada Gambar 6, terjadi kenaikan yang paling optimum pada serat L/d 37,5. Faktor umur beton mempengaruhi pada nilai kuat tarik lentur. Dari Gambar 6 bisa dilihat bahwa nilai rata-rata kuat tarik lentur 56 hari lebih tinggi dibandingkan dengan kuat tarik lentur 28 hari. Menurut Afriandi [7] faktor umur beton yang mengakibatkan kekuatan beton mengalami peningkatan karena umur beton berbanding lurus dengan kuat tekan beton.

Dari nilai kuat lentur dan kuat tekan dalam penelitian ini didapatkan nilai korelasi. Koefisien korelasi diperoleh dengan pendekatan model matematis hubungan kuat tarik lentur dan kuat tekan. Dapat dilihat dari Gambar 7 bahwa nilai R^2 kecil, yang berarti korelasi kuat lentur dan kuat tekan dengan fungsi tersebut sangat lemah. Oleh karena itu selanjutnya dipakai perhitungan dengan metode ASTM E 178-02.



Gambar 7 Hubungan kuat lentur dan kuat tekan

Tabel 2
Hubungan kuat lentur dan kuat tekan beton

Umur (hari)	Rata-rata kuat tekan (MPa)	Rata-rata kuat lentur (MPa)	SNI 2847:2019 ($f_r = 0,908$) (MPa)
28	24,01	3,96	4,45
	25,14	4,96	4,55
	26,35	4,60	4,66
	27,01	4,87	4,72
	33,12	5,23	5,22
56	27,34	5,24	4,75
	29,18	5,11	4,90
	26,46	5,04	4,67

Dari Tabel 2 di atas diperoleh rumusan f_r , yang menghasilkan nilai f_r yaitu $f_r = \sqrt{f'_c} \times 0,908$. Nilai ini lebih tinggi dari rumusan pada SNI 2847:2019 [13].

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bawah pemakaian serat plastik *polypropylene* dapat menurunkan nilai *slump* dan menaikkan nilai *VB-time*, yang berarti bahwa pemakaian serat dapat menurunkan kelecakan (*workability*) campuran beton. Selain itu, dari hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan nilai kuat tekan beton yang menggunakan serat plastik *polypropylene* memenuhi syarat SNI 2847: 2019. Selanjutnya, dari hasil uji kuat tarik lentur, semua nilai memenuhi syarat SNI 2847: 2019 dan nilai maksimum diperoleh campuran yang memakai L/d 37,5 yaitu saat umur 28 hari mengalami kenaikan sebesar 4,96 MPa atau 25,28% dari beton tanpa serat, sedangkan untuk umur 56 hari mengalami peningkatan maksimum pada campuran L/d 37,5 sebesar 5,24 MPa atau meningkat sebesar 2,16 % dari beton tanpa serat. Dengan demikian maka penambahan serat plastik *polypropylene* tidak berpengaruh besar pada kuat tekan akan tetapi sangat berpengaruh pada peningkatan kuat tarik lentur beton. Selain itu, faktor umur beton mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat tarik lentur. Kuat tekan dan kuat tarik lentur pada umur 56 hari dengan L/d 37,5 mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan umur 28 hari.

Daftar Pustaka

- [1] Kacianauskas, R., Raftoyiannis, I., Wang, J.: Properties of concrete at elevated temperatures. *ISRN Civil Engineering*, 2014, 429-432. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/468510>
- [2] Armidion, R., Rahayu, T.: Peningkatan nilai kuat tarik belah beton dengan campuran limbah botol plastik *polyethylene terephthalate* (pet). *Jurnal Konstruksia*, **10**, 1, 2018, 117-126. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/konstruksia/article/view/3877>.
- [3] Ragavendra, S., Reddy, I.P., Dongre, A.: Fibre reinforced concrete - A case study. 33rd National Convention of Architectural Engineers and National Seminar on "Architectural Engineering Aspect for Sustainable Building Envelopes", *ArchEn-BuildEn*, 2017, 1-16.
- [4] Wafa, F. F.: Properties and applications of fiber reinforced concrete. *JKAU*, **2**, 1, 1990, 49-63.
- [5] Mujiarto, I.: Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan aditif. *Traksi*, **3**, 2, 2005, 65-74.
- [6] Hasan, D., Juhari, N., Rofi, M. H., Albar, A.: The effect of polyethylene terephthalate (road barrier waste) in concrete for rigid pavement. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349, 2019 1-8. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1349/1/012009>
- [7] Afriandi, R.F.: Pengaruh faktor umur terhadap perbandingan kuat tekan beton normal, beton mutu tinggi dan beton ringan. Skripsi, Universitas Mataram, 2018. http://eprints.unram.ac.id/10332/1/ARTIKEL_ILMIAH.pdf
- [8] Kurniawan, D., Soebandono, B.A.P.: Perilaku kuat tekan dan kuat tarik beton campuran limbah plastik HDPE. *Semesta Teknika*, **16**, 1, 2013, 76-82. <https://doi.org/10.18196/st.v16i1.435>
- [9] Abdo, A.M.A., Jung, S. J.: Evaluation of enforcing rigid pavements with plastic waste fibers. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, **14**, 13, 2019, 2348-2355.
- [10] Karuniastuti, N.: Bahaya plastik terhadap kesehatan dan lingkungan. *Swara Patra: Majalah Pusdiklat Migas*, **3**, 1, 2013, 6-14.
- [11] Suhardiman, M.: Kajian pengaruh penambahan serat bambu ori terhadap kuat tekan dan kuat tarik beton. *Jurnal Teknik*, **1**, 2, 2011, 88-95.
- [12] *ACI Committee 544*. Guide for specifying, proportioning, mixing, placing, and finishing steel fiber reinforced concrete. American: American Concrete Institute. 2002.
- [13] *Badan Standar Nasional*. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. SNI 2847:2019, **8**, 2019, 653-659.