

Efek Penambahan Serat Limbah Plastik Botol Kemasan Air Minum *Poly Ethylene Terephthalate* (PET) Pada Kuat Tekan Beton Yang Dirawat Dengan Metode *Wet Curing*

Nasruddin ¹, Pratiwi Mushar ², Imriyanti ³, dan Firda Hanif ⁴

^{1,2,3,4} Laboratorium Material, Struktur, dan Konstruksi Bangunan/Program Studi Arsitektur/Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik/Universitas Hasanuddin

Email korespondensi: nas_junus@yahoo.com, nasruddin@unhas.ac.id

Abstrak

Penambahan bahan tambah berbentuk serat pada beton berfungsi sebagai pencegahan retakan pada beton yang terlalu dini. Salah satu bahan tambah yang dapat digunakan adalah plastik berjenis *poly ethylene terephthalate* (PET). Pada penelitian ini, plastik yang digunakan berasal dari limbah plastik botol kemasan air mineral. Metode penelitian yang digunakan yaitu kuantitatif dengan metode eksperimental. Variasi penambahan bahan tambah serat plastik PET sebesar 0%, 0.2%, 0.3%, dan 0.4% dari berat semen dengan ukuran serat 0.2cm x 2.5cm. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan dengan menggunakan sampel uji berbentuk silinder. Analisis data menggunakan deskriptif kuantitatif dengan membandingkan kuat tekan rata-rata beton variasi dengan kuat tekan rata-rata beton normal. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton variasi serat 0%, 0.2%, 0.3%, dan 0.4% pada umur 28 hari berturut turut adalah 22.09 MPa, 26.24 MPa, 23.56 MPa, dan 22.53 MPa. Terjadi peningkatan kuat tekan beton tertinggi pada variasi 0.2% penambahan serat plastik sebesar 26.24 MPa. Terjadi peningkatan kuat tekan disemua variasi penambahan serat plastik pada semua variasi umur dibandingkan dengan kuat tekan beton normal.

Kata-kunci: kuat tekan beton, serat plastik, *wet curing*, umur beton

Pengantar

Ada berbagai macam bahan atau material yang dapat digunakan sebagai suatu elemen struktur, namun beton banyak dipilih karena keawetan dan kemudahan perawatannya. Beton merupakan bahan konstruksi yang paling sering digunakan selain baja. Beton di gunakan hampir di semua proyek pembangunan infrastruktur, seperti pembangunan jembatan, jalan raya, jalan tol, rumah, bendungan, terowongan bawah tanah dan sebagainya.

Beton tersusun dari semen hidrolik (*Portland Cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture* dan *additive*). Naway (1985) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentukannya (Mulyono, 2004). Namun tidak hanya itu, terkadang di dalam penyusunannya, beton ditambahkan dengan beberapa bahan tambah untuk membentuk suatu karakteristik tertentu seperti untuk keawetan (*durability*), kemudahan pekerjaan (*workability*) dan waktu pengerasan (Mc Cormac, 2000).

Beton serat didefinisikan sebagai beton yang dibuat dari campuran semen, agregat, air, dan sejumlah serat yang disebar secara random. Prinsip penambahan serat adalah memberi tulangan pada beton yang disebar merata ke dalam adukan beton dengan orientasi random untuk mencegah terjadinya retakan-retakan beton yang terlalu dini di daerah tarik akibat panas hidrasi maupun akibat pembebanan (Soroushian dan Bayasi, 1987, Mediyanto, 2001).

Serat untuk campuran beton dengan bahan non fabrikasi (bahan yang diproduksi bukan untuk difungsikan sebagai serat) terbukti dapat difungsikan sebagai pengganti bahan serat untuk beton, sebagai contoh penggunaan kawat bendrat seperti penelitian yang dilakukan Suhendro (1991). Penelitian serupa dengan bahan serat plastik pada beton juga menunjukkan peningkatan kuat tekan hal ini mengacu penelitian Wibowo (2006) yaitu, penambahan serat *polyethylene* ke dalam campuran beton dengan kadar 0,3%, meningkatkan kuat tekan sebesar 20,36%, meningkatkan kuat belah sebesar 2,05%, meningkatkan nilai kapasitas momen balok beton sebesar 15,79% dan meningkatkan nilai *toughness* beton sebesar 318,61%.

Industri air minum baik itu air putih maupun minuman dengan rasa, ataupun jenis minuman kemasan lebih memilih menggunakan plastik jenis PET untuk mengemas air minum tersebut karena dianggap lebih murah dan lebih dapat menjaga kondisi cairan di dalamnya, padahal penggunaan plastik PET secara *massive* hal ini akan berdampak dengan semakin banyaknya limbah plastik yang dapat ditimbulkan. Melihat potensi limbah plastik PET yang cukup besar, di harapkan agar pemanfaatan limbah plastik PET dapat memberikan dampak yang lebih baik bagi lingkungan.

Berdasarkan uraian diatas terlihat adanya peluang pemanfaatan limbah plastik PET (*Poly Ethylene Terephthalate*) yang dapat digunakan dalam pembuatan beton dan perlunya melakukan penelitian tentang penggunaan limbah PET (*Poly Ethylene Terephthalate*) sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton sebagai upaya untuk meningkatkan kuat tekan beton.

Metode

Jenis penelitian menggunakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental yakni uji kuat tekan di laboratorium. Eksperimen yang dilakukan adalah dengan menambah serat plastik PET pada campuran beton. Dari hasil pengamatan dan perencanaan campuran, diharapkan dapat diketahui pengaruh serat plastik PET sebagai bahan tambah pada beton terhadap nilai kuat tekan beton.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material, Struktur, dan Konstruksi Bangunan, Departemen Arsitektur, Kampus Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin di Gowa. Waktu penelitian dilakukan kurang lebih 4 bulan. Dalam analisisnya, penelitian ini menggunakan 3 jenis variabel yaitu variabel terikat berupa uji kuat tekan dan uji *slump*, variabel kontrol yang terdiri dari campuran material, metode perawatan, dimensi serat plastik PET, dan usia beton, serta variabel bebas berupa persentase plastik PET yang ditambahkan dalam campuran beton segar. Variabel ini secara rinci terlihat pada Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Jenis variabel penelitian

Variabel Terikat	Variabel Kontrol	Variabel Bebas
Uji Kuat Tekan	Campuran material beton (air, semen dan agregat)	Persentase plastik PET 0%, 0.2%, 0.3%, dan 0.4%
	Metode perawatan <i>Wet Curing</i>	
Uji <i>Slump</i>	Ukuran plastik PET 0.2cm x 2.5cm	
	Usia pengujian beton 7, 21, dan 28 hari	

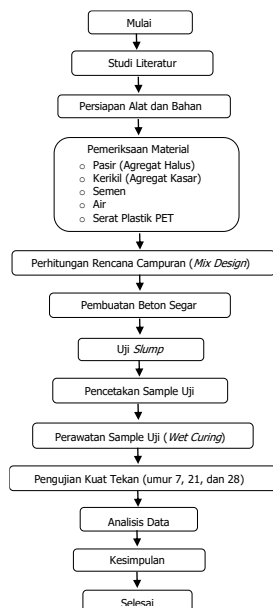
Tabel 2. Variabel Penelitian dan Jumlah Sampel Uji

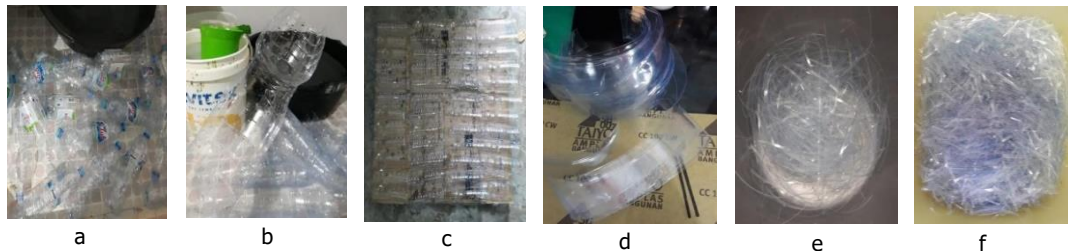
Jenis Perawatan Beton	Ukuran Serat PET	Persentase PET	Pengujian Kuat Tekan Beton			Jumlah Sampel Uji
			hari ke	hari ke	hari ke	
			7	21	8	
Wet Curing	0.2cm x	0%	3	3	3	9
		0.2%	3	3	3	9
	2.5cm	0.3%	3	3	3	9
		0.4%	3	3	3	9
Total Sampel Uji = 36 buah						

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder dengan penjelasan sebagai berikut: data primer adalah data empiris hasil uji kuat tekan yang diperoleh langsung dari hasil pengujian di laboratorium, kemudian data sekunder adalah data yang diperoleh melalui studi kepustakaan berupa buku, jurnal, dan penelitian yang akurat serta relevan dengan bahan kajian.

Adapun detail jenis variabel dan jumlah sampel uji yang digunakan pada penelitian ini secara lengkap terlihat pada Tabel 2. Pada tabel ini terlihat bahwa ukuran serat PET yang digunakan adalah 0.2cmx2.5cm dan jumlah sampel yang digunakan sebanyak 36 sampel uji. Metoda perawatan yang digunakan adalah *wet curing* dengan persentase penambahan serat plastik PET sebesar 0%, 0.2%, 0.3%, dan 0.4% dari berat semen. Sampel berupa selinder beton ukuran diameter 10cm tinggi 20cm dan diuji dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) pada beberapa usia beton yaitu; 7 hari, 21 hari, dan 28 hari.

Seperti yang terlihat pada Gambar 2, tahapan dan prosedur dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

**Gambar 2.** Bagan Alur Penelitian



Gambar 3. Persiapan serat plastik. a). plastik dikumpulkan, b). botol yang telah dipotong menjadi dua sisi kemudian di cuci, c). botol plastik yang sedang dijemur, d). botol plastik PET dipotong mengikuti pola bagian botol yang lurus dan tidak memiliki tekstur, e). plastik dipotong dengan lebar $\pm 0,2$ cm dengan panjang mengikuti panjang plastic, f). plastik yang telah berukuran lebar $\pm 0,2$ cm kemudian mulai di potong dengan panjang 2,5 cm sehingga menjadi serat berukuran plastik berukuran $\pm 0,2$ cm x 2,5 cm

a. Tahap Persiapan

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Bahan-bahan untuk pembuatan beton antara lain semen, pasir, batu pecah, plastik PET dan air bersih. Plastik PET yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah botol air mineral. Adapun tahapan pembuatan serat plastik PET terlihat pada Gambar 3 diatas.

b. Tahap Pemeriksaan Bahan

Pada tahap ini dilakukan penelitian terhadap agregat kasar (batu pecah) dan agregat halus (pasir). Hal ini dilakukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik bahan tersebut apakah memenuhi persyaratan atau tidak. Selain itu, hasil dari pengujian ini akan digunakan sebagai data rancangan campuran beton (*Mix design*).

c. Tahap Perhitungan *Mix design*

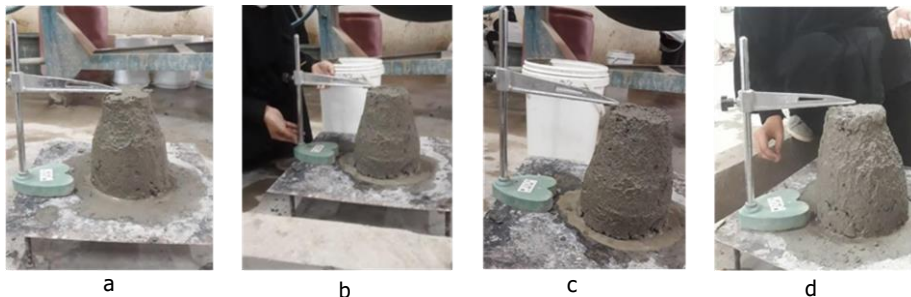
Mix desain dilakukan untuk mengetahui proporsi kebutuhan material (batu pecah, pasir, semen dan air) dalam campuran beton. Adapun metoda rancangan campuran beton yang digunakan adalah apa yang dikenal dengan nama DOE (*Development of Environment*), yang dipakai oleh Departemen Pekerjaan Umum dan dimuat dalam buku Standar No. SK SNI 03-2834:1993. (1993) dengan judul "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal".

d. Tahap Pembuatan Beton Segar

Alat-alat yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, kemudian menimbang bahan-bahan yang akan digunakan sesuai dengan komposisi hasil mix design. Kerikil, pasir (dalam keadaan SSD), semen dimasukkan ke dalam mesin pencampur beton, sebelumnya basahi terlebih dahulu mesin molen tersebut dengan air yang telah dihitung tidak berkurang akibat diserap oleh dinding-dinding bagian dalam mesin pencampur beton. Putar mesin molen tersebut untuk beberapa menit agar material pasir, kerikil dan semen yang telah dimasukkan terlebih dahulu dapat tercampur dengan merata. Air yang akan dimasukkan dalam campuran sebelumnya dibagi menjadi 2/3 bagian dan 1/3 bagian. Kemudian diputar dalam mesin molen dengan lama pencampuran minimum 30 menit hingga campurannya homogen. Masukkan air 1/3 bagian secara bertahap sehingga campurannya menjadi homogen. Menyiapkan wadah dan beton yang telah tercampur rata dalam molen ditimbang sesuai dengan berat kebutuhan tiap variasi limbah plastik PET. Plastik PET yang telah ditimbang sesuai dengan presentase, kemudian dimasukkan kedalam wadah-wadah dan diaduk menggunakan *electric mixer* sampai Plastik PET tercampur dan menyebar secara merata.

e. Tahap Pengujian Slump

Tujuan pengujian slump adalah untuk mengetahui konsistensi (kekentalan adukan beton) pada adukan beton yang masih segar. Cara kerja pengujian nilai slump adalah meletakkan kerucut



Gambar 5. Tes *Slump* beton, a). Beton Normal, b). Beton + Serat Plastik PET 0.2%, c). Beton + Serat Plastik PET 0.3%, d). Beton + Serat Plastik PET 0.4%

Tabel 3. Nilai slump

Jenis Beton	Nilai <i>Slump</i> (cm)
Beton Normal	6.8
Beton + Serat Plastik PET 0.2%	6.5
Beton + Serat Plastik PET 0.3%	6.4
Beton + Serat Plastik PET 0.4%	6.3

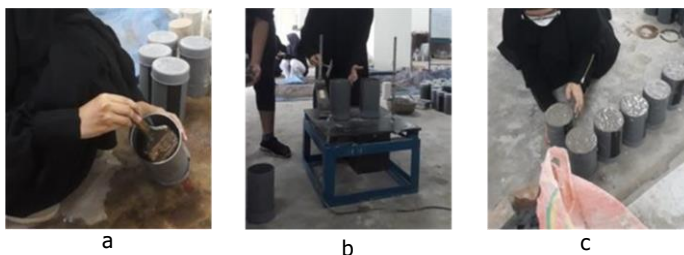
abrams pada talam pelat baja. Adukan beton dimasukan ke dalam kerucut dengan menggunakan sekop kecil sampai mengisi 1/3 dari tinggi kerucut lalu ditusuk-tusuk menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali. Kemudian dimasukan lagi adukan beton sampai mengisi 2/3 dari tinggi kerucut, ditusuk lagi menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali, dimasukan lagi adukan beton sampai mengisi penuh kerucut, ditusuk lagi menggunakan tongkat besi sebanyak 25 kali. Kondisi bentuk beton segar dari tiap variasi dari hasil uji slump terlihat pada Gambar 5, sedangkan nilai *slump* dari masing-masing variasi sample uji terlihat pada Tabel 3.

f. Tahap Pencetakan Benda Uji

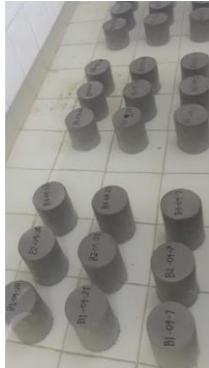
Adapun tahap pencetakan benda uji sebagai berikut: Menyiapkan cetakan silinder dengan diameter alas silinder diameter 10 cm dan tinggi silinder 20 cm, kemudian melumasi dinding bagian dalam cetakan agar memudahkan pelepasan benda uji dari retakan setelah benda uji mengering. Mengisi beton segar ke dalam cetakan dalam 2 lapisan Setelah sebelumnya dilakukan uji slump. Tiap lapisan berisi 1/2 cetakan, setiap lapis ditusuk dengan tongkat pemadat sebanyak 15 kali tusukan secara merata sampai tampak suatu lapisan mortar diatas permukaan beton yang dipadatkan. Adapun proses pencetakannya terlihat pada Gambar 5.

g. Tahap Perawatan (*Curing*)

Perawatan Beton adalah suatu langkah atau tindakan untuk memberikan kesempatan pada semen atau beton mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sesempurna mungkin. Pada tahap ini dilakukan perawatan terhadap benda uji yang telah dibuat pada tahap sebelumnya. Sebelum



Gambar 5. Prosen pencetakan sample uji beton; a). pengolesan oli pada cetakan, b). pemadatan beton dengan menggunakan meja vibrator, c). pengaturan cetakan beton yang berisi beton segar yang sudah melalui proses pemadatan.



Gambar 6. Perawatan sample uji dengan metoda Wet Curing



Gambar 7. Pengujian kuat tekan menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM)

dilakukan perawatan, benda uji yang telah dibuat didiamkan selama 24 jam kemudian dikeluarkan dari cetakan silinder tersebut. Perawatan dilakukan dengan metode *wet curing* yaitu cara merendam benda uji ke dalam bak perendam di dalam *Curing Room* (Gambar 6) sesuai dengan umur beton yang akan di uji pada suhu ruangan 20°C - 25°C dengan kelembaban 70%.

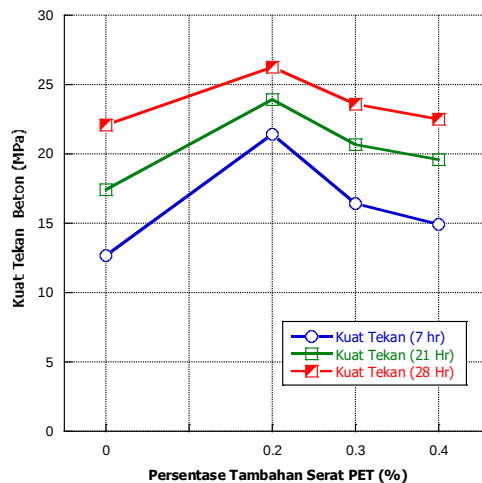
- h. Tahap Pengujian Beton ini terlihat pada Gambar 7, dimana pada tahap ini dilakukan kuat tekan beton pada umur 7 hari, 21 hari dan 28 hari. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* kapasitas 1000 KN . Adapun pengujian kuat tekan beton berdasarkan SNI 03-1974-1990 sebagai berikut; Beton perawatan basah disiapkan. Setelah itu dikeluarkan dari bak perendaman sebelum 1 hari pengujian. Masing-masing silinder beton diukur diameter, tinggi dan beratnya. Kemudian benda uji diletakkan pada mesin tekan secara sentris. Setelah itu mesin tekan dijalankan dengan penambahan beban yang konstan berkisar antara 2 sampai 4 kg/m² per detik. Pembebanan dilakukan sampai benda uji hancur dan dicatat hasilnya. Setelah pengujian akan dilakukan pemeriksaan keretakan beton secara visual yang mengacu pada pola retak berdasarkan ASTM C39/C39M-14.
- i. Tahap Analisis Data
Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan cara : 1) Menghitung kuat tekan beton dan disajikan dalam bentuk tabel. 2) Mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variabel yang digunakan terhadap hubungan kuat tekan dengan komposisi material limbah plastik PET yang bervariasi dalam bentuk grafik. 3) Mengetahui ada tidaknya pengaruh dari variabel yang digunakan terhadap hubungan antara perkembangan kekuatan beton pada umur 7 hari, 21 hari dan 28 hari dengan penambahan limbah plastik PET.
- j. Tahap Pengambilan Keputusan
Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

Hasil Analisis dan Pembahasan

a. Kuat Tekan Beton

Beton yang telah mengeras (*setting*) dilakukan pengujian kuat tekan beton. Data yang didapatkan dari hasil pengujian ini ditabulasikan, kemudian diteliti pengaruh penambahan serat plastik terhadap kuat tekan beton serta dibandingkan dengan beton tanpa serat plastik.

Pengujian kuat tekan sampel uji (model silinder) ukuran diameter 10 cm x tinggi 20 cm dengan variasi serat plastik 0%, 0.2%, 0.3%, dan 0.4%. Setiap variasi dilakukan pengujian kuat tekan



Gambar 8. Grafik hubungan persentase tambahan serat plastik PET terhadap kuat tekan beton pada umur 7, 21, dan 28 Hari

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton Perawatan Basah

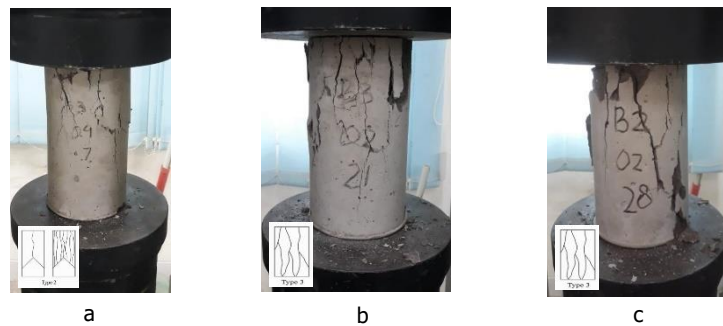
No	Jenis Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		7 Hari	21 Hari	28 Hari
1.	Beton normal 0%	12.69	17.45	22.09
2.	Beton Serat plastik 0.2%	21.42	23.93	26.24
3.	Beton Serat plastik 0.3%	16.46	20.63	23.56
4.	Beton Serat plastik 0.4%	14.96	19.62	22.53

beton umur 7, 21, dan 28 hari. Tiap variasi umur dibuat sebanyak 3 sampel benda uji pada masing-masing perawatan basah. Benda uji 0% (normal) dibuat sebagai pembandingan antara beton dengan bahan tambah serat plastik dan beton tanpa bahan tambah (beton normal). Sehingga, dapat dilihat perbandingan hasil kuat tekan beton akibat penambahan dari serat plastik pada perawatan basah.

Berdasarkan data dari hasil uji kuat tekan beton umur 7, 21, dan 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan kuat tekan beton di semua usia beton (7, 21, dan 28 hari) jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton normal. Jika memperhatikan Gambar 8, tren grafik pertambahan kekuatan beton memiliki kecenderungan yang sama pada semua umur beton. Kuat tekan beton tertinggi ada pada persentase penambahan 0.2% serat plastik PET disemua usia beton dan memiliki kecenderungan turun di prosentase serat PET setelahnya, tetapi tetap lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton normal. Penurunan kuat tekan beton seiring dengan penambahan serat plastik pada perawatan basah, hal ini terjadi karena penambahan serat PET menyebabkan berkurangnya kelekatan antar agregat sehingga volume rongganya bertambah besar yang menyebabkan tersisa ruang untuk udara terperangkap sehingga mempengaruhi kuat tekan beton. Kuat tekan diumur matang beton (21 hari) berada di prosentase 0.2% sebesar 26.24 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 18.78% dari beton normal.

b. Pola Retak

Selain pengujian kuat tekan, secara visual juga diamati pola retak pada sampel uji. Hasil menunjukkan bahwa beton umur 7 hari hampir semua kecenderungannya terjadi retak type kerucut belah kecuali pada 2 sampel uji terjadi retak tipe kolumnar. Beton umur 21 dan 28 hari



Gambar 1. Pola retak beton berdasarkan umur; a) Umur beton 7 hari (Pola Retak Kerucut Belah), b) Umur beton 21 Hari (Pola retak Kolumnar), c) Umur beton 28 hari (Pola retak kolumnar)

dominan terjadi retak tipe kolumnar walaupun pada beberapa sampel uji terjadi keretakan kerucut belah. Dapat dikatakan bahwa beton secara keseluruhan ditandai dengan pola retak tipe kolumnar.

Kesimpulan

1. Penambahan serat plastik dengan metode wet curing pada umur 7, 21, dan 28 hari menambah kekuatan beton pada semua varian 0.2%, 0.3%, dan 0.4%. Adapun kuat tekan beton metode wet curing umur 28 hari dengan variasi penambahan serat plastik 0% (normal), 0.2%, 0.3%, dan 0.4% berturut-turut sebesar 22.09 MPa, 26.24 Mpa, 23.56 MPa, dan 22.53 Mpa.
2. Kuat tekan beton tertinggi ada pada persentase penambahan 0.2% serat plastik PET disemua umur beton dan memiliki kecenderungan turun di prosentase serat PET setelahnya, tetapi tetap lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton normal.
3. Penurunan kuat tekan beton seiring dengan penambahan serat plastik pada perawatan basah, hal ini terjadi karena penambahan serat PET menyebabkan berkurangnya kelekatan antar agregat sehingga volume rongganya bertambah besar yang menyebabkan tersisa ruang untuk udara terperangkap sehingga mempengaruhi kuat tekan beton.
4. Kuat tekan diumur matang beton (21 hari) berada di prosentase 0.2% sebesar 26.24 MPa atau mengalami kenaikan sebesar 18.78% dari beton normal.
5. Secara keseluruhan pola retak yang terjadi pada hampir semua sampel uji adalah pola retak tipe kolumnar.

Daftar Pustaka

- Nawy, E.G. (1985). *Reinforce Concrete a Fundamental Approach*. Sidney : Mac Graw-Hill Book Company
- SNI 03-1974-1990 (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Suhendro. (1991). *Pengaruh Pemakaian Kawat Lokal Pada Sifat - Sifat Beton, Laporan Penelitian*. Yogyakarta: Lembaga Penelitian UGM
- SNI 03-2834:1993. (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Mc.Cormac (2000). *Desain Beton Bertulang edisi 5*. Jakarta: Erlangga.
- Mediyanto, A (2001). *Prinsip Penambahan Serat Pada Beton Secara Random, Soroushian dan Bayasi*, 1987
- Annual Book of ASTM Standards. (2002). ASTM C39-86 Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens, ASTM International, West Conshohocken, PA.
- Mulyono, Tri. (2005). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- Wibowo. (2006). *Kapasitas Lentur, Toughness, dan Stiffness Balok Beton Berserat Polyethylene*. Surakarta: Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret