

Sifat Mekanis Beton Dengan *Styrofoam*

Dicki Dian Purnama¹, Budi Wicaksono²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi PLN
Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng, Jakarta Barat
dicki@itpln.ac.id

Diterima redaksi: 5 Maret 2021 | Selesai revisi: 10 April 2021 | Diterbitkan *online*: 28 April 2021

ABSTRAK

Penggunaan material beton pada perkerasan jalan sudah lazim digunakan yakni sebagai perkerasan kaku. Namun konsekuensi akibat penggunaan lapis perkerasan jalan adalah berkurangnya daerah resapan air akibat tertutup oleh lapis perkerasan tersebut. Dengan semakin berkurangnya daerah resapan terutama pada area parkir dan taman yang akan mempengaruhi penyerapan/infiltrasi air ke dalam tanah yang dalam skala besar dapat menyebabkan genangan air pada suatu daerah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan material beton yang memiliki tingkat permeabilitas yang cukup dengan memanfaatkan material yang umumnya menjadi limbah / sampah pada kehidupan sehari-hari *Styrofoam* dan menjadikannya beton yang ramah lingkungan. Tujuannya mencari nilai prosentase limbah *Styrofoam* meskipun kekuatan beton otomatis akan berkurang karena peningkatan nilai porositas dan permeabilitasnya dibanding beton konvensional. Metode perencanaan mix design menggunakan SNI 7656-2012 dan benda uji kuat tekan beton berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi 1 beton normal 21,39 MPa sedangkan yang terendah diperoleh beton variasi 4 (dengan prosentase penggunaan *Styrofoam* sebesar 30%) dengan nilai kuat 10,19 MPa

Kata kunci: beton, perkerasan jalan, kuat tekan, ramah lingkungan

ABSTRACT

The use of concrete material on road pavement is commonly used, namely as rigid pavement. However, the consequence of using a road pavement layer is a reduction in water absorption areas due to being covered by the pavement layer. With the reduction in catchment areas, especially in parking areas and parks, which will affect the absorption / infiltration of water into the ground which on a large scale can cause stagnation of water in an area. This study aims to obtain a concrete material that has a sufficient permeability level by utilizing materials that generally become waste / garbage in Styrofoam daily life and making it environmentally friendly concrete. The goal is to find the percentage value of Styrofoam waste even though the strength of automatic concrete will decrease due to the increase in porosity and permeability values compared to conventional concrete. The mix design planning method uses SNI 7656-2012 and the concrete compressive strength test specimen is a cylinder with a diameter of 150 mm and a height of 300 mm. The test results show that the highest compressive strength value is obtained in variation 1 normal concrete 21.39 MPa while the lowest is obtained concrete variation 4 (with a percentage of using Styrofoam of 30%) with a strength value of 10.19 MPa

Keywords: concrete, pavement, compressive strength, environmentally friendly

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan terdiri atas beberapa lapisan yang saling menyusun hingga membentuk suatu struktur. Pada dasarnya, ini merupakan konstruksi bangunan yang terbuat dari campuran antara material pengikat dan bahan agregat yang berfungsi untuk melayani beban lalu lintas. Lapis perkerasan jalan raya dapat dibedakan menjadi dua jenis yakni lapis perkerasan kaku (bahan pengikat berupa semen) serta lapis perkerasan lentur (bahan pengikat berupa aspal).

Area parkir dan taman yang umumnya merupakan area terbuka dan cukup luas dapat berfungsi sebagai daerah resapan air sehingga air dapat ber-*infiltrasi*/menyerap ke dalam tanah dan mengurangi resiko terjadinya bencana banjir atau genangan. Namun area tersebut umumnya sudah banyak di-betonisasi yang menyebabkan resapan air menjadi terganggu. Upaya yang dapat dilakukan adalah dengan pembuatan material lapis perkerasan dengan tingkat permeabilitas yang baik sehingga sebagian besar air yang berada di atas beton tetap akan menyerap ke dalam tanah serta sebagian kecilnya akan menuju sistem drainase.

Limbah *Styrofoam* di kota Bandung mencapai 27 ton per bulan. Jumlah tersebut tentu akan jauh meningkat untuk skala nasional. Masalah lain yang timbul dari adanya limbah *Styrofoam* dan spons yaitu bahwa kedua material tersebut adalah sampah non organik yang sulit terurai. Sementara spons memiliki daya serap air yang baik sehingga pemanfaatan kedua limbah tersebut dapat menjadi upaya perbaikan lingkungan dengan cara pengurangan jumlah limbah dalam bentuk beton ramah lingkungan.

Berdasarkan perumusan masalah tersebut penelitian ini mempunyai tujuan bagaimana pemanfaatan material limbah *Styrofoam* sebagai material penyusun beton dengan nilai kuat tekan dan porositas yang baik dan ramah lingkungan.

Astutik (2014)[1] meneliti tentang kuat tekan, porositas dan permeabilitas *pervious concrete* dengan campuran agregat limbah gerabah dengan menggunakan prosentase sebesar 0%, 44.6%, 50.9%, dan 10% diperoleh hasil bahwa nilai kuat tekan umur 28 hari *pervious concrete* dengan variasi 0%, 44.6%,

50.9%, 100% campuran pecahan agregat limbah gerabah memberikan hasil 5.662 MPa; 5.473 MPa; 3.963 MPa; 2.925 MPa. Pengujian nilai porositas *pervious concrete* yang dihasilkan dari pencampuran pecahan agregat limbah gerabah 0%, 44.6%, 50.9%, dan 100% adalah 29.048%; 30.33 %; 31.941 %; 39.317 %. Nilai uji permeabilitas menggunakan bahan pengikat semen dengan variasi 0%, 44.6%, 50.9%, 100% campuran pecahan agregat limbah gerabah memberikan hasil 0,0758 cm/dtk; 0,1203 cm/dtk; 0,1343 cm/dtk; 0,2487 cm/dtk dan hasil tanpa semen adalah 18.4798 cm/dtk; 21.0162 cm/dtk; 21.7312 cm/dtk; 25.9522 cm/dtk.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Styrofoam atau expanded *polystyrene* dikenal sebagai gabus putih yang biasanya digunakan untuk membungkus barang elektronik. Polystyrene sendiri dihasilkan dari styrene (C₆H₅CH=CH₂), yang mempunyai gugus phenyl (enam cincin karbon) yang tersusun secara tidak teratur sepanjang garis karbon dari molekul. Penggabungan acak dari benzena mencegah molekul membentuk garis yang sangat lurus sehingga hasilnya merupakan *polyester* mempunyai bentuk yang tidak tetap, transparan dan dalam berbagai bentuk plastik.

Polystyrene merupakan bahan yang baik ditinjau dari segi mekanis maupun suhu, namun bersifat agak rapuh dan lunak pada suhu dibawah 100°C (Billmeyer, 1984). *Polystyrene* memiliki berat jenis sampai 1050 kg/m³, kuat tarik sampai 40 MN/m², modulus lentur sampai 3 GN/m², modulus geser sampai 0,99 GN/m², angka poisson 0,33[2]. Dalam bentuknya yang granular, *styrofoam* atau *expended polystyrene* memiliki berat satuan yang sangat kecil yaitu berkisar antara 13 – 22 kg/m³.

Selain ringan *styrofoam* juga memiliki kemampuan menyerap air yang sangat kecil (kedap air). Penggunaan *styrofoam* dalam beton dapat dianggap sebagai rongga udara. Namun keuntungan menggunakan *styrofoam* dibandingkan menggunakan rongga udara dalam beton berongga adalah *styrofoam* mempunyai kekuatan tarik. Dengan demikian, selain akan membuat beton menjadi ringan dapat juga bekerja sebagai serat yang rapat meningkatkan kemampuan

kekuatan dan khususnya daktilitas beton. Kerapatan atau berat satuan beton dengan campuran *styrofoam* dapat diatur dengan mengontrol jumlah *styrofoam* yang digunakan dalam beton untuk memperoleh beton dengan berat satuan yang lebih kecil. Namun kuat tekan beton yang diperoleh tentunya akan lebih rendah[3].

3. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

A. Alur Penelitian

Alur penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan yaitu :

1. Tahap persiapan
 - a. Mengumpulkan data dan teori dasar tentang material yang akan digunakan sebagai bahan penyusun beton.
 - b. Pendataan dan penyiapan alat-alat serta material yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Tahap pengujian material penyusun
Pengujian agregat halus terdapat berbagai macam tinjauan akan tetapi pada penelitian ini hanya beberapa tinjauan saja yang dilakukan pengujian yang erat kaitannya dengan penelitian.
 - a. Agregat Halus
 - 1) Berat jenis dan absorpsi
 - 2) Kadar Air
 - 3) Analisa saringan
 - 4) Kadar lumpur
 - b. Agregat Kasar
Pengujian agregat halus terdapat berbagai macam tinjauan akan tetapi pada penelitian ini hanya beberapa tinjauan saja yang dilakukan pengujian yang erat kaitannya dengan penelitian.
 - 1) Berat Jenis dan absorpsi
 - 2) Kadar Air
 - 3) Analisa saringan
 - 4) Kadar Lumpur
 - 5) Keausan Agregat
3. Tahap pembuatan benda uji (*Mix Design*) dan Perawatan
 - a. Penentuan *Mix Design* Beton (proporsi campuran)
Perencanaan campuran menggunakan metode SNI 7656-2012. Dengan mempertimbangkan nilai parameter dari agregat halus,

agregat kasar, air dan semen sebagai bahan penyusun beton.

- b. Pembuatan Benda Uji beton.
Pembuatan benda uji dilakukan untuk pengujian tekan, pengujian permeabilitas dan pengujian porositas dengan jumlah sesuai Tabel 1. Sebelum pencetakan campuran beton ke dalam silinder beton maka diperlukan pengujian *slump test* untuk melihat tingkat kelecakan beton. Jika nilai *slump test* memenuhi persyaratan maka campuran beton bisa langsung di tuang ke dalam cetakan silinder dan dituang menjadi 3 lapis dan ditusuk sebanyak 25 kali tiap lapis.
 - c. Benda uji yang telah dibuat didiamkan dahulu dalam cetakan silinder selama ± 24 jam, setelah cukup mengeras benda uji dimasukkan ke dalam bak perendam selama umur yang direncanakan 7, 14, dan 28 hari.
4. Tahap pengujian benda uji
Tahap ini dilakukan pengujian kuat tekan beton umur 7, 14, dan 28 hari untuk benda uji tekan berbentuk silinder. Serta pengujian porositas untuk beton dengan umur 28 hari untuk masing-masing variasi.
 5. Tahap Analisis Data
Pada tahap ini data-data yang diperoleh dari hasil pengujian kuat tekan di analisis dengan bantuan program microsoft excel untuk mendapatkan hubungan antara variabel – variabel yang diteliti dalam penelitian. Pada tahap analisis data diperiksa kesesuaian nilai hipotesa awal penelitian dengan hasil pengujian. Jika data sudah sesuai pembuatan kesimpulan bisa dilakukan. Namun jika data tidak sesuai dengan hipotesa awal perlu adanya analisa lebih lanjut terkait penyebab ketidaksesuaian.
 6. Tahap Pembuatan Kesimpulan
Tahap ini dilalui setelah semua data sudah terkumpul dan bisa dibuat kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian yang dilakukan.

B. Bahan benda uji

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Semen PCC Type I merk Semen Tiga Roda/Setara.
2. Air yang digunakan harus memenuhi standar yang berlaku.
3. Agregat halus (Pasir)
4. Agregat kasar (Split)
5. Bahan substitusi yang akan digunakan yaitu *styrofoam*.

C. Jumlah Benda Uji

Jumlah benda uji yang digunakan adalah 36 buah untuk pengujian kuat tekan dan masing-masing 12 buah untuk pengujian porositas. Beton dites uji tekan pada saat berumur 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

Tabel 1. Benda Uji

Type Beton	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Benda Uji Kuat Tekan
Normal	7	3
	14	3
	28	3
BS1	7	3
	14	3
	28	3
BS2	7	3
	14	3
	28	3
BS3	7	3
	14	3
	28	3
Total		36

D. Mix Design (SNI 7656 : 2012)

Berdasarkan data-data hasil pengujian material yang telah digunakan dalam pembuatan beton, maka selanjutnya dilakukan perhitungan *mix*

design beton normal untuk $f_c' 20$ MPa.

1. Data-data ketentuan material sebagai berikut :
 - a. Agregat Kasar (Batu Pecah)

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Data Pengujian Agrerat Kasar	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan Batu Pecah (MHB)	6,81
2	Berat jenis batu pecah <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD)	2,62
3	Berat jenis kering	2,59
4	Penyerapan	1,01 %
5	Berat kering (berat satuan)	1,500,449 kg/m ³
6	Ukuran agregat (max)	25 mm
7	Kadar Air (kandungan air)	2,43 %

- b. Agregat Halus (Pasir Bangka)

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Data Pengujian Agrerat Halus	Hasil Pengujian
1	Modulus Kehalusan Pasir (MHB)	2,40
2	Kategori jenis pasir Bangka	Zona 3

3	Berat jenis pasir Bangka <i>Saturated Surface Dry (SSD)</i>	2,56	
4	Berat jenis kering	2,50	
5	Penyerapan	2,00	%
7	Kadar Air (kandungan air)	4,38	%

Tabel 4 Perkiraan Berat Campuran untuk 1 m³ Beton Berdasarkan Koreksi Kandungan Air

Materia l	Keadaan Kering (Kg/M ³)	Keadaan Basah (Kg/M ³)
Air	193	156,589
Semen	279,71	279,71
Agregat Kasar	1065,35	1091,238
Agregat Halus	841,94	878,817
Total	2380	2406,354

4. Analisis dan Pembahasan

Kuat tekan beton diambil pada umur 7, 14 dan 28 hari dengan jumlah sampel tiap variasi benda uji sebanyak 3 buah. Rekap hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 5. Pengujian dilakukan di Laboratorium Beton IT PLN.

Keterangan :

Normal - Beton Normal

BS 1 - Beton dengan Tambahan *Styrofoam* 10%

BS 2 - Beton dengan Tambahan *Styrofoam* 20%

BS 3 - Beton dengan Tambahan *Styrofoam* 30%

Berikut data-data dan hasil yang digunakan pada pengujian kuat tekan beton variasi 1 :
Jari-jari silinder = 75 mm

Luas penampang silinder

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \pi r^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (150 \text{ mm})^2 \\
 &= 17671,459 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Beton variasi 1 pada umur 7 hari :

Sampel 1

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$\text{Kuat tekan} = \frac{261000}{17671,459}$$

$$= 14,769 \text{ MPa}$$

Sampel 2

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$\text{Kuat tekan} = \frac{236000}{17671,459}$$

$$= 17,316 \text{ MPa}$$

Sampel 3

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{Beban}}{\text{Luas Penampang}}$$

$$\text{Kuat tekan} = \frac{279000}{17671,459}$$

$$= 17,788 \text{ MPa}$$

Rata- rata kuat tekan beton variasi 1

$$= \frac{\text{Sampel 1} + \text{Sampel 2} + \text{Sampel 3}}{3}$$

$$= \frac{14,769 + 17,316 + 17,788}{3}$$

$$= 15,96 \text{ MPa}$$

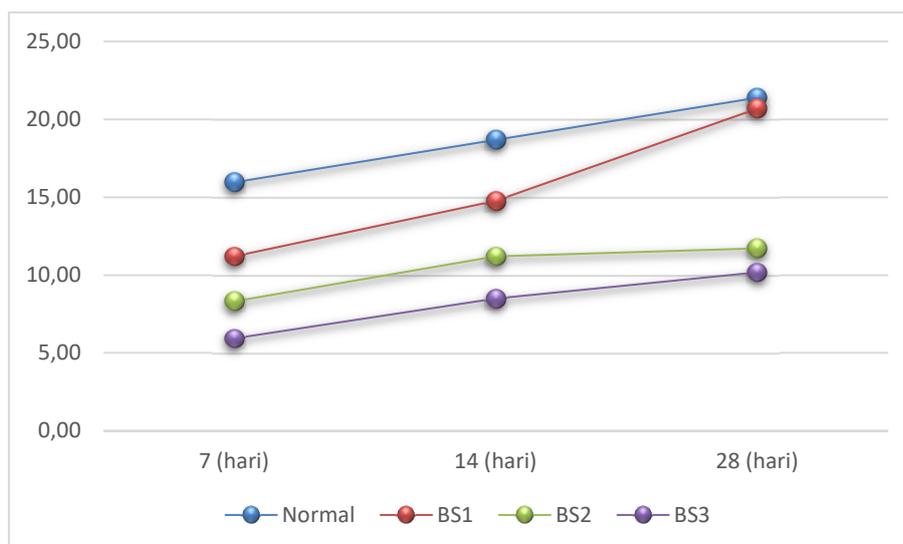
Untuk variasi dan umur pengujian lain mengikuti prosedur seperti contoh perhitungan diatas.

Tabel 5 Kuat Tekan Beton

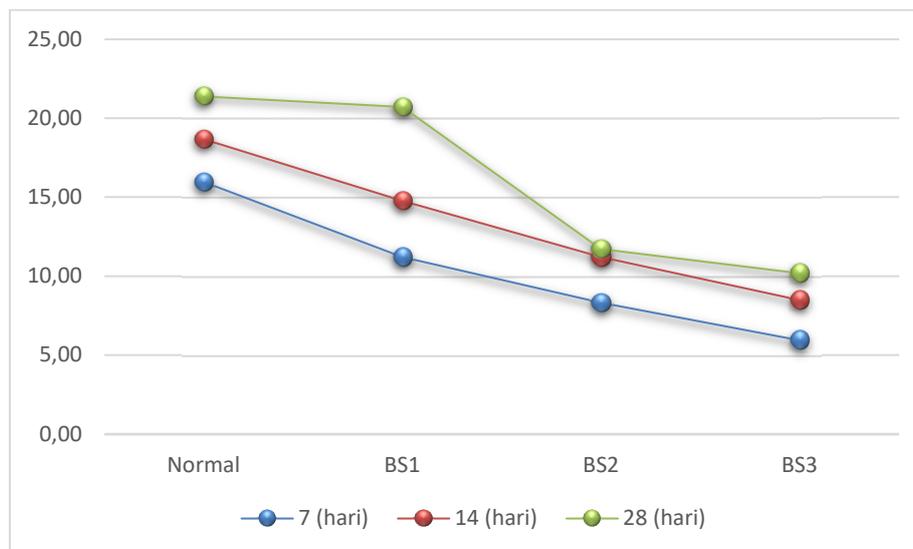
No	Variasi	Kuat tekan (MPa)		
		7 (hari)	14 (hari)	28 (hari)
1	Normal	14.77	18.84	20.88
		17.32	19.35	21.39
		15.79	17.83	21.90
	Rata-rata	15.96	18.67	21.39
2	BS1	10.70	14.77	19.86
		10.70	14.26	21.39
		12.22	15.28	20.88
	Rata-rata	11.20	14.77	20.71
3	BS2	8.66	10.19	10.70
		7.64	11.20	12.73
		8.66	12.22	11.71
	Rata-rata	8.32	11.20	11.71

Terlihat bahwa variasi 1 (beton normal) mendapatkan nilai tertinggi diantara variasi lain. Sedangkan antara penambahan *Styrofoam* dan busa spons juga mendapatkan nilai yang berbeda. Hasil uji tekan beton dengan menggunakan variasi busa spons

mendapat nilai yang lebih tinggi dibandingkan variasi yang menggunakan *Styrofoam*. Tampak juga penambahan prosentase penggunaan *Styrofoam* ataupun busa spons akan menurunkan nilai kuat tekan beton.



Gambar 1. Grafik Kuat Tekan Beton Ditinjau Berdasarkan Umur Pengujian



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan Beton Ditinjau Berdasarkan Umur Pengujian

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan pengujian ini adalah

- Secara umum penggunaan *Styrofoam* dan busa spons dapat digunakan pada campuran beton. Akan tetapi semakin tinggi prosentase penggunaan *Styrofoam* maka akan memperkecil nilai kuat tekan beton.
- Nilai kuat tekan beton tertinggi diperoleh beton normal dengan nilai kuat tekan sebesar 21,39 MPa dimana rencana target kuat tekan awal adalah sebesar 20 MPa. Sedangkan yang terendah diperoleh beton variasi 4 (dengan prosentase penggunaan *Styrofoam* sebesar 30%) dengan nilai kuat 10,19 MPa. Adapun nilai kuat tekan berturut-turut dari variasi 1 hingga 7 adalah 21,39 MPa; 20,71 MPa; 11,71 MPa; 10,19 MPa, 19,18 MPa; 18,5 MPa dan 11,37 MPa.

Saran yang terkait dengan penelitian ini adalah :

- Penggunaan *Styrofoam* bisa dilakukan dengan prosentase dan tipe yang berbeda.
- Jika ingin diaplikasikan pada campuran beton, penggunaan *Styrofoam* sebaiknya ditambahkan

dengan bahan *admixture* untuk menambah kekuatan beton.

- Selanjutnya gunakan bahan *admixture* untuk tipe variasi selanjutnya dan tinjauan sifat mekanis lain seperti lentur, geser dan Tarik bias dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astutik, Herna Puji, dkk. 2014. Kuat Tekan, Porositas Dan Permeabilitas Pervious Concrete Dengan Campuran Agregat Limbah Gerabah. Matriks Teknik Sipil. Universitas Sebelas Maret. Volume 2 No 1 Hal 132-139.
- [2] Crawford, R.J., (1998), *Plastic Engginering, Third Edition*, John Wiley & Sons Inc, Singapura
- [3] Sudipta, I Gusti Ketut, dkk. 2009. Permeabilitas Beton Dengan Penambahan Styrofoam. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil. Universitas Udayana. Volume 13 No 2. Hal 192-198
- [4] Badan Standarisasi Nasional. 2012. Standar Nasional Indonesia 7656-2012 Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat Dan Beton Massa.