

PENELITIAN *LIGHTWEIGHT CONCRETE* DENGAN MENGGUNAKAN *EXPANDED POLYSTYRENE*

Anthony¹, Rafelino Tanbora² dan Handoko Sugiharto³

ABSTRAK: Penggunaan konstruksi struktur beton yang semakin meningkat, menimbulkan banyaknya inovasi beton. Salah satunya adalah konsep *Lightweight Concrete* dimana diberlakukan pengurangan berat sendiri dari beton dengan mengatur komposisi dari campuran beton. *Expanded Polystyrene* (EPS) merupakan salah satu material yang digunakan sebagai pengganti dari agregat kasar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sekaligus mencari komposisi pemberian butiran EPS beserta campuran aditif seperti *superplasticizer* dan *silica fume* terhadap campuran beton agar dapat menjadi *Lightweight Concrete*. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah *compression test* dan *slump test*. Target kuat tekan penelitian ini adalah 20-25 MPa dan syarat *density lightweight concrete* menurut SNI 03-3449-2002 adalah 1400 – 1800 kg/m³. Dua belas variasi beton telah dirancang dalam penelitian ini dan 2 diantaranya memenuhi kedua target penelitian. Varian pertama memiliki *density* sebesar 1748 kg/m³ dan kuat tekan sebesar 21,67 MPa. Varian kedua memiliki *density* sebesar 1564 kg/m³ dan kuat tekan sebesar 21,4 MPa. Ditemukan juga bahwa semakin banyak kadar EPS mengurangi *density* dan kuat tekan pada beton. Pada penelitian ini, hasil dari *slump test* melampaui ekspektasi sehingga akan digunakan metode pengujian *flow* untuk mengukur *workability*. Peningkatan jumlah semen dan kadar EPS dapat menurunkan *flow* pada campuran beton.

KATA KUNCI: *expanded polystyrene, lightweight concrete, silica fume, superplasticizer, density, kuat tekan, workability, slump test, flow*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya zaman yang semakin modern ini, begitu banyak inovasi-inovasi yang bermunculan. Salah satunya dalam dunia konstruksi teknik sipil yang terus mengalami perkembangan. Struktur beton merupakan salah satu material dalam bidang konstruksi yang paling sering digunakan dalam pembangunan. Semakin banyak kebutuhan akan struktur beton, mengakibatkan semakin banyaknya inovasi yang dibutuhkan. Salah satunya yaitu *Lightweight Concrete* (LWC) yang digunakan dalam industri konstruksi di mana penghematan dilakukan dengan mengatur bobot serta komposisi dari struktur beton itu sendiri. *Lightweight Concrete* (LWC) dapat diproduksi dengan mengganti agregat normal dengan agregat ringan, baik sebagian atau seluruhnya, tergantung pada persyaratan kepadatan dan kekuatan (Kan & Demirboğa, 2007). *Expanded polystyrene* (EPS) adalah material yang memiliki kepadatan rendah, dan bersifat hidrofobik (Bandala, et al., 2015). Karena karakteristik ini, *Expanded polystyrene* (EPS) dapat digunakan sebagai agregat ringan yang cocok untuk pengembangan beton khususnya *Lightweight Concrete* (LWC).

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415126@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415232@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@petra.ac.id

2. METODE COMPRESSIVE STRENGTH (SNI 03-1974-1990)

Tes tekan dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Kristen Petra dengan menggunakan mesin tekan yang ada. Berikut adalah metode pelaksanaan tes tekan pada beton kubus :

1. Sampel beton kubus (15cmx15cmx15cm) diletakkan pada mesin tekan secara sentris.
2. Jalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan.
3. Lakukan pembebanan sampai uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
4. Hasil kuat tekan (MPa) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Compression strength}(Mpa) = \frac{F (N)}{A (mm^2)}$$

Dimana, F = gaya yang dibaca dari mesin (N)

A = luas penampang benda uji (mm²)

3. METODE SLUMP TEST (ASTM C143)

Slump test dilakukan di Laboratorium Beton Universitas Kristen Petra dengan menggunakan peralatan yang ada. Berikut adalah metode pelaksanaan *slump test* pada beton :

1. Basahi cetakan kerucut dan plat dengan kain basah
2. Letakkan cetakan di atas plat yang rata
3. Isi 1/3 cetakan dengan beton segar, padatkan hingga merata dengan cara di tusuk-tusuk menggunakan besi baja. Lakukan 25-30 kali tusukan.
4. Isi 1/3 bagian berikutnya (menjadi terisi 2/3) dan dilakukan tahapan selanjutnya seperti pada point 3.
5. Isi 1/3 akhir seperti tahapan nomor 4.
6. Setelah selesai dipadatkan, ratakan permukaan benda uji, tunggu sebentar. Sambil menunggu bersihkan kelebihan beton di luar cetakan dan di plat.
7. Cetakan diangkat perlahan (diangkat tegak lurus ke atas).
8. Ukur nilai *slump* dengan membalikkan kerucut di sebelahnya menggunakan perbedaan tinggi rata-rata dari benda uji.
9. Toleransi nilai *slump* dari beton segar ± 2 cm
10. Jika nilai *slump* sesuai dengan standar, maka beton dapat digunakan

4. MIX DESIGN

Mix design yang akan digunakan dalam penelitian ini didapat dari *trial and error* dan literatur (referensi) dengan tujuan untuk mendapatkan variabel yang cukup sebagai patokan *mix design*. *Mix design* yang diteliti diharapkan dapat mencapai mutu dengan *range* antara 20 – 25 MPa sebagai beton structural dan memiliki *density* dengan *range* antara 1400 – 1800 kg/m³ sebagai syarat beton ringan struktural sesuai SNI 03-3449-2002. Untuk mendapatkan komposisi yang tepat dari EPS yang akan digunakan dalam campuran beton, digunakan rasio PC/EPS yang bervariasi seperti mulai dari 25%, 50%, 75% dan 100% seperti terlihat pada **Tabel 1**. Jumlah semen yang akan digunakan dibagi ke dalam 3 variasi yaitu 800 kg/m³, 650 kg/m³ dan 500 kg/m³, dimana setiap variasi semen digunakan komposisi EPS yang berbeda-beda yaitu 25%, 50%, 75% dan 100%. *Water ratio* (w/c) yang akan digunakan yaitu 0,25 didapat dari literatur/referensi yang digunakan dan juga dari hasil *trial and error* yang dilakukan sebelum menentukan *mix design*. *Water ratio* juga disesuaikan dengan penggunaan *superplasticizer*. *Silica fume* yang digunakan yaitu 25% dari *density* semen dengan hasil untuk setiap variasi seperti pada **Tabel 1**. Sedangkan untuk penggunaan *super plasticizer* yaitu 1% dari *density* semen. Jumlah takaran setiap komponen *mix design* untuk *Silica Fume*, Air, EPS dan *super plasticizer* ditinjau dari presentasi material terhadap semen.

Tabel 1. Mix Design EPS Lightweight Concrete

No	Variasi Adukan	Pasir (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Water Content (w/c)	Volume EPS (%)	Silica Fume (kg/m ³)
1	I	750	800	0,25	25	200
2	II	750	800	0,25	50	200
3	III	750	800	0,25	75	200
4	IV	750	800	0,25	100	200
5	I	750	650	0,25	25	162,5
6	II	750	650	0,25	50	162,5
7	III	750	650	0,25	75	162,5
8	IV	750	650	0,25	100	162,5
9	I	750	500	0,25	25	125
10	II	750	500	0,25	50	125
11	III	750	500	0,25	75	125
12	IV	750	500	0,25	100	125

5. HASIL DAN ANALISA

5.1 Hubungan Kuat Tekan dan *Density*

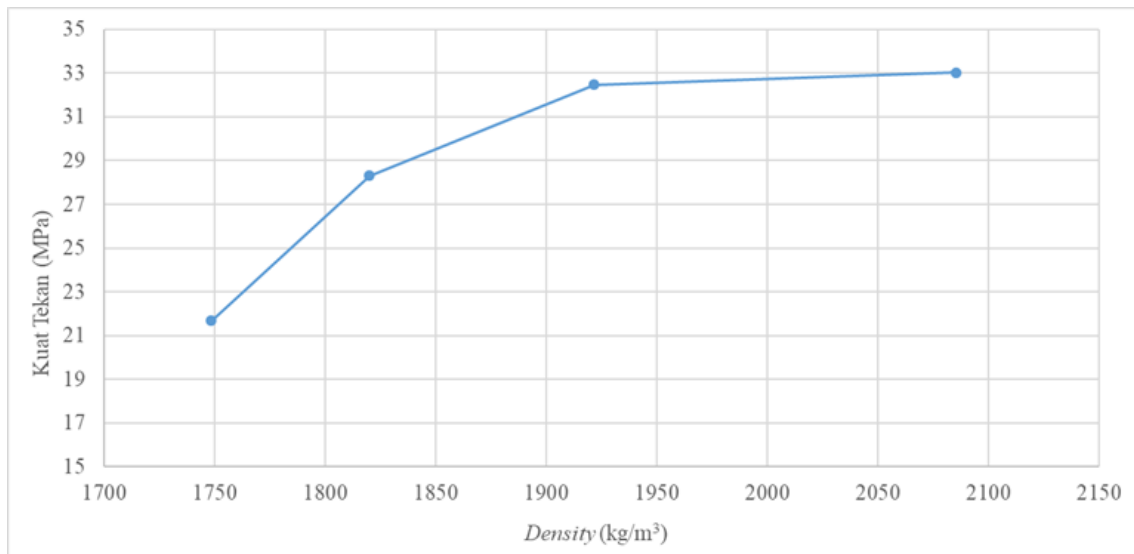
Pengujian kuat tekan dan pengukuran *density* beton dalam penelitian ini dilakukan pada sampel beton berumur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji berupa kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm³. Berdasarkan PBI 1971 N.I.-2 benda uji kubus memiliki satuan kuat tekan kg/m² dan notasi mutu beton K-xxx. Pada penelitian ini kuat tekan yang dihasilkan diharapkan memenuhi target dengan *range* 20 MPa – 25 MPa, dimana satuan kuat tekan MPa merupakan syarat dari notasi mutu beton berdasarkan SNI 03-2847-2002 dengan benda uji berupa silinder. Oleh karena itu data hasil kuat tekan akan dikonversikan kedalam MPa dengan faktor pengali 0,83. Data hasil pengujian kuat tekan pada hari ke-28 akan diolah dengan menghitung rata-rata hasil kuat tekan maupun *density* beton yang kemudian disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Rata-Rata Kuat Tekan dan *Density* Beton Umur 28 Hari

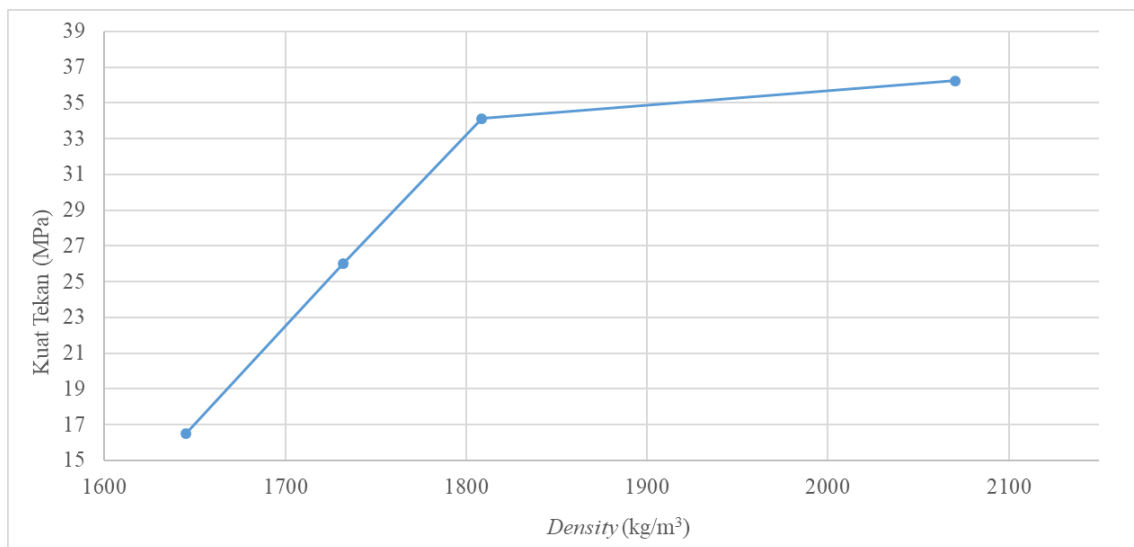
No	Variasi Adukan	Variasi Semen (kg/m ³)	Volume Expanded Polystyrene (EPS) (%)	Kuat Tekan (MPa)	<i>Density</i> Sampel (kg/m ³)
1	I	800	25	33,02	2085,33
2	II	800	50	32,46	1921,63
3	III	800	75	28,31	1820,11
4	IV	800	100	21,67	1748,52
5	I	650	25	36,24	2070,26
6	II	650	50	34,12	1808,67
7	III	650	75	26,01	1731,81
8	IV	650	100	16,51	1645,11
9	I	500	25	46,11	2010,67
10	II	500	50	26,47	1730,56
11	III	500	75	21,40	1564,22
12	IV	500	100	13,93	1512,41

Dari data pada **Tabel 2**, kemudian diolah hubungan antara kuat tekan dengan *density* beton yang terjadi pada sampel beton. Ditemukan bahwa, semakin tinggi kuat tekan yang terjadi maka semakin tinggi pula

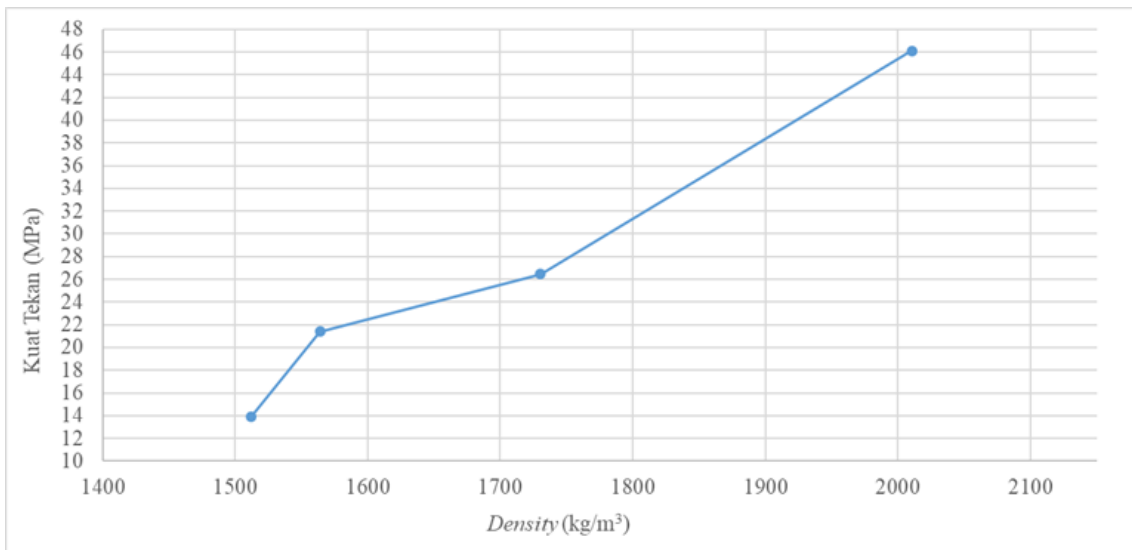
density sampel beton yang dihasilkan. Pada **Gambar 1**, **Gambar 2** dan **Gambar 3** disajikan hubungan kuat tekan dan *density* beton untuk setiap variasi semen.



Gambar 1. Hubungan Rata-Rata Kuat Tekan Umur 28 Hari dan *Density* Beton untuk Variasi Semen 800 kg/m³

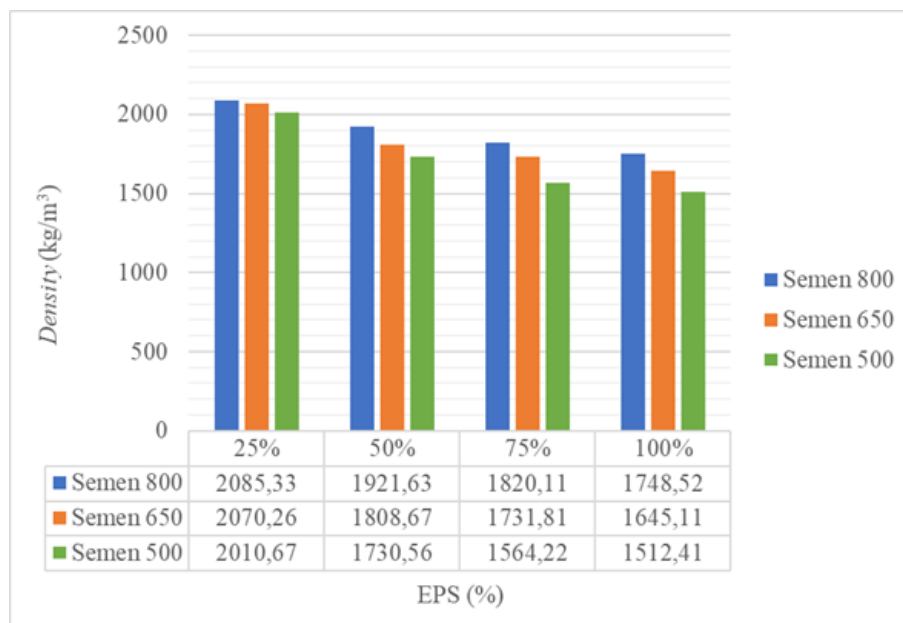


Gambar 2. Hubungan Rata-Rata Kuat Tekan Umur 28 Hari dan *Density* Beton untuk Variasi Semen 650 kg/m³



Gambar 3. Hubungan Rata-Rata Kuat Tekan Umur 28 Hari dan *Density* Beton untuk Variasi Semen 500 kg/m³

Kemudian dari data-data tersebut dilakukan pengolahan data antara *density* beton dengan jumlah kadar EPS. Pada **Gambar 4** disajikan pola pengaruh kadar EPS terhadap *density* sampel beton.



Gambar 4. Grafik Gabungan Perbandingan *Density* Beton Rata-Rata terhadap Variasi *Expanded Polystyrene* (EPS)

Dapat dilihat dari **Gambar 4** bahwa pengaruh kadar EPS yang dimasukkan kedalam campuran beton baik dalam variasi 500 kg/m³, 650 kg/m³ dan 800 kg/m³, semua nya menunjukkan pola yang sama. Semakin banyak kadar EPS yang dimasukkan ke dalam campuran beton, semakin rendah pula *density* yang dihasilkan.

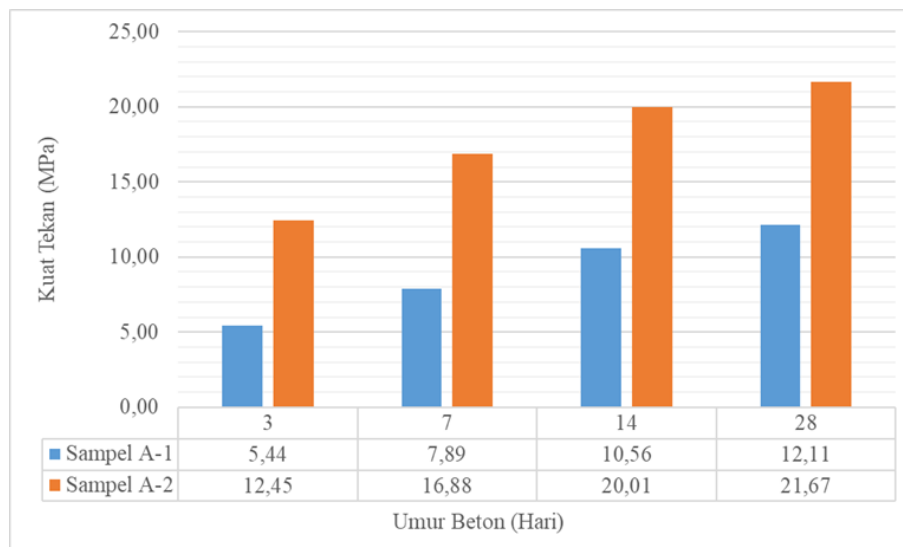
5.2 Pengaruh Penggunaan *Silica Fume* (SF) dan *Super Plasticizer* (SP)

Pengujian dalam penelitian juga melakukan percobaan terhadap sampel beton dengan campuran tanpa penggunaan *silica fume* dan *super plasticizer* yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *silica fume* dan *super plasticizer* terhadap kuat tekan dan *density* beton. Sampel beton yang digunakan untuk perbandingan yaitu sampel beton dengan variasi semen 800 kg/m³ dan variasi *Expanded Polystyrene* (EPS) 100%. Data *mix design* disajikan dalam bentuk tabel seperti terlihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan *Mix Design* Sampel Beton Menggunakan dan Tanpa *Silica Fume* dan *Super Plasticizer*

No	Pasir (kg/m ³)	Semen (kg/m ³)	Water Rasio (w/c)	Volume EPS (%)	<i>Silica Fume</i> (%)	<i>Super Plasticizer</i> (%)	Label Sampel
1	750	800	0,25	100	-	-	A-1
2	750	800	0,25	100	25	1	A-2

Pada **Tabel 3** dapat dilihat bahwa perbedaan *mix design* dibedakan berdasarkan penggunaan *silica fume* dan *super plasticizer* saja, sehingga dapat diketahui seberapa pengaruh penggunaan *silica fume* dan *super plasticizer* pada campuran beton dalam penelitian ini. Pada sampel A-1 campuran tanpa menggunakan *silica fume* maupun *super plasticizer*. Sedangkan pada sampel A-2 digunakan *silica fume* sebesar 25% dan *super plasticizer* sebesar 1%. Berdasarkan *mix design* tersebut, didapat hasil pengujian kuat tekan dan *density* beton rata-rata umur 3 hari, 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Pada **Gambar 5** disajikan perbandingan kuat tekan sampel A-1 dan sampel A-2.



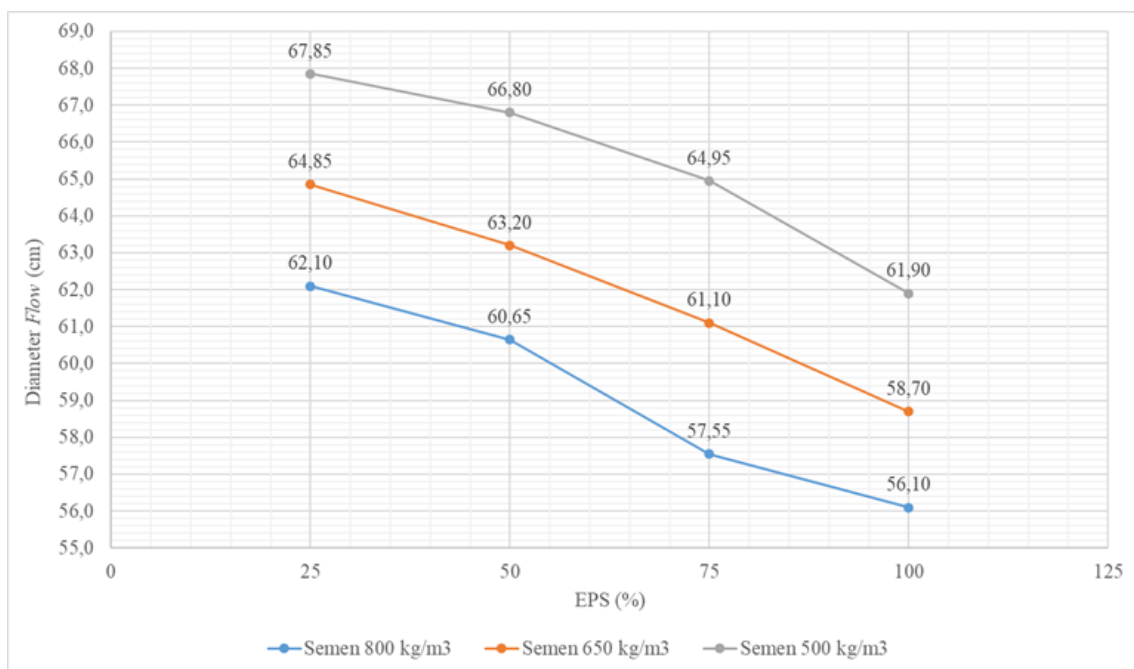
Gambar 5. Grafik Perbandingan Kuat Tekan Rata-Rata Sampel Beton A-1 dan A-2

Pada **Gambar 5** dapat dilihat bahwa penggunaan *silica fume* dan *super plasticizer* untuk sampel A-2 sangat mempengaruhi peningkatan kuat tekan, dimana terjadi peningkatan kurang lebih hampir 2 kali lebih besar dari sampel A-1 yang tanpa menggunakan *silica fume* dan *super plasticizer*. Hal ini terjadi dikarenakan dengan pemberian *silica fume* mengakibatkan kadar bahan pozzolanik menjadi lebih tinggi dalam campuran beton, sehingga kuat tekan beton tersebut menunjukkan hasil kuat tekan yang lebih tinggi. Peran *super plasticizer* juga sangat penting dalam campuran beton sampel A-2 dikarenakan *super plasticizer* berfungsi untuk menekan penggunaan kadar air sebesar 0,25 sehingga kuat tekan yang

dihasilkan bisa lebih tinggi. Selain itu juga berguna untuk mengimbangi penggunaan *silica fume* sebesar 25%.

5.3 Workability Campuran Beton

Untuk mengetahui *Workability* dari campuran beton digunakan pengujian *slump test* untuk mengetahui kemampuan beton dalam melakukan pengerjaan di lapangan saat pengecoran. Namun saat pengujian *slump test* dilakukan didapatkan hasil bahwa dalam campuran beton *Expanded Polystyrene* (EPS) ini tidak bisa memenuhi target *slump* yang berlaku. Hasil pengujian lebih menunjukkan kearah *flow* dan mengacu kepada *Self Compacting Concrete* (SCC). *Self Compacting Concrete* (SCC) adalah campuran beton yang mempunyai karakteristik dapat memadat dengan sendirinya tanpa menggunakan alat pemadat (*vibrator*). *Self Compacting Concrete* (SCC) dapat memadat ke setiap sudut dari struktur bangunan dan dapat mengisi tinggi permukaan yang diinginkan dengan rata (*self leveling*) tanpa mengalami *bleeding* dan segregasi sehingga dapat meminimalisir adanya air yang masuk ke dalam beton yang dapat menyebabkan karat pada besi tulangan (Herbudiman & Siregar, 2013). Sedangkan *flow* yang terjadi diakibatkan karena tidak adanya komponen dalam campuran beton yang bisa membentuk struktur dari campuran beton sehingga mencapai *slump* yang diinginkan. Selain itu diakibatkan juga oleh tidak adanya penggunaan agregat kasar seperti batu pecah dalam campuran beton dan hanya menggunakan *Expanded Polystyrene* (EPS) sebagai agregat pengganti. Berdasarkan hal tersebut, dilakukan pengujian *slump flow test* untuk mengukur *workability* dan sebagai pengganti pengujian *slump test*. Pada **Gambar 6** disajikan grafik hubungan antara *flow* yang terjadi dengan variasi EPS.



Gambar 6. Grafik Lengkap Rata – Rata *Flow* terhadap Variasi *Expanded Polystyrene* (EPS)

6. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, *Lightweight Concrete* menggunakan *Expanded Polystyrene* (EPS), didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Semakin banyak penggunaan *Expanded Polystyrene* (EPS) dalam campuran beton akan menghasilkan beton dengan *Density* yang semakin ringan dan sebaliknya kuat tekan beton akan semakin menurun. Hal ini terjadi karena *Expanded Polystyrene* (EPS) memiliki kepadatan yang rendah.

2. Komposisi *mix design* dengan variasi semen 800 kg/m³, 100% EPS menghasilkan kuat tekan 21,67 MPa dan *density* 1748,52 kg/m³. Variasi semen 500 kg/m³, 75% EPS menghasilkan kuat tekan 21,40 MPa dan *density* 1564,22 kg/m³. Kedua *mix design* tersebut memenuhi target yang ingin dicapai yaitu kuat tekan 21 – 25 MPa dan *Density* beton 1400 – 1800 kg/m³.
3. Semakin bertambahnya variasi *Expanded Polystyrene* (EPS) dalam campuran beton mengakibatkan terjadinya penurunan diameter *flow*. Jumlah *Expanded Polystyrene* (EPS) yang banyak mengakibatkan terjadinya gesekan antara butiran menjadi lebih besar sehingga dapat menurunkan *flow* dari campuran beton.
4. Semakin banyak semen yang digunakan mengakibatkan terjadinya penurunan *flow*. Hal ini dapat terjadi karena bertambahnya kadar semen dalam campuran beton yang dapat menyebabkan adonan beton menjadi semakin padat.

Dari hasil penelitian ini, untuk meningkatkan kuat tekan dari campuran beton yang menggunakan *Expanded Polystyrene* (EPS) sebagai pengganti agregat kasar perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan oleh peneliti untuk penelitian selanjutnya:

1. Dalam dunia konstruksi, pengaplikasian atau penggunaan *Lightweight Concrete* dengan menggunakan *Expanded Polystyrene* (EPS) tentu akan menjadi suatu kesulitan karena penggunaan semen dan *silica fume* yang cukup banyak mengakibatkan harga yang kurang ekonomis. Maka dari itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mencari komposisi yang efektif sehingga harga untuk pembuatan beton ini lebih ekonomis.
2. Pada penelitian ini material yang ditinjau adalah semen dan EPS. Material lain seperti pasir, air dan kadar *superplasticizer* dikunci sehingga untuk penelitian lebih lanjut, dapat didalami lebih lanjut komposisi dari material-material yang dikunci tersebut dengan harapan dapat mencapai komposisi yang lebih efektif.

7. DAFTAR REFERENSI

- ASTM:C143M - 15. (2015). Standard Test Method for Slump of Hydraulic-Cement Concrete. *Annual Book of ASTM Standards*, 1–4.
- Bandala, E. E., Mendoza, D. N., López, R. R., Jaramillo, R. T., Calderón, F. A., Durstewitz, C. P., & Jaquez, R. E. (2015). Electrochemical and Mechanical Properties of Lightweight Concrete Blocks with Expanded Polystyrene Foam. *International Journal of Electrochemical Science*, 472-485.
- Herbudiman, B., & Siregar, S. E. (2013). Kajian Interval Rasio Air-Powder Beton Self-Compacting Terkait Kinerja Kekuatan dan Flow. *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)* (pp. 1-8). Surakarta: Universitas Sebelas Maret (UNS).
- Kan, A., & Demirboga, R. (2007). Effect of Cement and EPS Beads Ratios on Compressive Strength and Density of Lightweight Concrete. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, 158-162.
- SNI 03-1974-1990 (1990). Metode Pengujian Kuat Tekan Beton. *Annual Book of SNI Standards*, 2-5.