



Tersedia online di
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/ukarst/index>

 <http://dx.doi.org/10.30737/ukarst.v4i1>

U KaRST

Pembuatan Beton Campuran *Styrofoam* Menggunakan Agregat Pasir Bengawan Solo

A. Hasyim¹, D. K. Sari².

^{1,2} *Fakultas Teknik, Universitas Islam Lamongan.*

email : dunialluas@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history :

Artikel masuk : 03-03-2020
Artikel revisi : 14-03-2020
Artikel diterima : 16-03-2020

Keywords :

Concrete, Styrofoam Mixture, Compressive Strength, Materials.

Style IEEE dalam mensitasi artikel ini: [18] M. Nematzadeh and M. Naghipour, 2012, "Compressing fresh concrete technique and the effect of excess water content on physical - mechanical properties of compressed concrete," *Mater. Des.*, vol. 37, pp. 256–267.

ABSTRACT

Concrete becomes a building material that has an important role and is in great demand. Composite materials concrete that are easily obtained are the advantages of concrete today. The specific gravity of concrete depends on the material making up of concrete. The smaller specific gravity of concrete will make the concrete have a light weight, this will affect the dead load of the building. The aim of this research is to find out how the process and also the effect of styrofoam mixture using Bengawan Solo River sand with the initial quality used is K-250. The research method used is the experimental method and also the study of previous research theories. Test specimens used are cylindrical with variations in the percentage of the addition of styrofoam 0%, 1% and 1.5%. Compressive strength testing is performed at the age of 7 days of concrete. The test results show that the addition of styrofoam in a concrete mixture affects the compressive strength of concrete, with the addition of styrofoam the percentage of 1% obtains a compressive strength of 21.899 MPa, while the addition of styrofoam percentage of 1% obtains a compressive strength of 20.453 MPa.

ABSTRAK

Beton menjadi material bangunan yang memiliki peran penting dan banyak diminati. Material penyusun beton yang mudah didapatkan menjadi keunggulan beton saat ini. Berat jenis beton bergantung pada material penyusun beton. Berat jenis beton yang lebih kecil akan membuat beton memiliki bobot yang ringan, hal tersebut akan berpengaruh pada beban mati bangunan. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana proses dan pengaruh campuran styrofoam menggunakan pasir Sungai Bengawan Solo dengan mutu awal yang digunakan yaitu K-250. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode eksperimental dan juga kajian teori penelitian terdahulu. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan variasi prosentase penambahan styrofoam 0%, 1% dan 1.5%. Pengujian kuat tekan dilakukan saat umur beton 7 hari. Hasil pengujian menunjukkan penambahan styrofoam dalam campuran beton mempengaruhi kuat tekan beton, dengan penambahan styrofoam prosentase 1%

memperoleh kuat tekan sebesar 21,899 MPa, sedangkan penambahan styrofoam prosentase 1% memperoleh kuat tekan sebesar 20,453 Mpa.

1. Pendahuluan

Perkembangan pembangunan dalam bidang konstruksi semakin meningkat, dimana dapat kita lihat banyak berdiri gedung bertingkat, jalan, jembatan, bandara, stadion, perumahan, patung dan sebagainya. Hal tersebut menyebabkan keperluan bahan bangunan seperti atap, dinding, lantai dan sebagainya semakin meningkat. Bahan-bahan bangunan seperti genteng, beton, conblock dan paving block sudah banyak digunakan oleh masyarakat saat ini.

Beton merupakan material bangunan yang terbuat dari campuran semen, agregat dan air. [1][2]Beton dianggap lebih ekonomis bila dibandingkan dengan material konstruksi lain seperti besi ataupun baja.[3] Selain semen, agregat dan air beton juga dapat ditambah dengan bahan tambah beton atau biasa disebut *admixture* untuk tujuan tertentu.[4] Penggunaan bahan tambah sangat bervariasi mulai dari bahan kimia, sampai bahan bangunan non-kimia seperti Abu Ampas Tebu (AAT), abu sekam padi, *styrofoam* dan polimer pada perbandingan tertentu. [5] Penggunaan *Styrofoam* dalam beton dapat digunakan untuk penambah atau pengganti sebagian dari agregat kasar ataupun agregat halus. Berat jenis beton yang kecil berkisar 13-16 kg/m³ akan membuat beton memiliki bobot yang lebih ringan. [6]

Kajian mengenai beton *Styrofoam* telah dilakukan sebelumnya, merujuk pada penelitian tersebut menyarankan untuk meneliti *Styrofoam* sebagai bahan campuran beton dengan presentase *Styrofoam* yang di gunakan sebelumnya oleh Richo Ronal Marpaung Unuversitas Sumatera Utara, untuk mencari konsentrasi *styrofoam* yang memiliki nilai kuat tekan tertinggi. Benda uji berupa beton silinder diameter 15 x 30 cm dengan variasi penambahan *Styrofoam* sebesar 0.125%, 0.250 % dan 0.50% dari volume beton. Mutu beton yang direncanakan adalah K-225 dengan uji tekan pada umur 28 hari. Hasil pengujian menunjukkan penambahan *Styrofoam* sebesar 0.125% menghasilkan kuat tekan 244.84 kg/cm² dan 0.50 % sebesar 272.14 kg/cm². Terdapat peningkatan kuat tekan sebesar 16.56% dan 29.55% dari beton normal. Dari kajian teori penelitian terdahulu yang telah dilakukan, dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui prosentase optimum penambahan *styrofoam*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui proses pencampuran dan juga pengaruh penambahan *styrofoam* dengan prosentase lebih tinggi dari penelitian sebelumnya yaitu 1% dan 1.5% terhadap kuat tekan beton.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Beton

Beton merupakan campuran dari semen, agregat, dan air yang membentuk massa padat. [7][8][9] Semen dan air akan bereaksi membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai pengikat agregat. Sedangkan agregat berfungsi sebagai bahan pengisi dan penguat beton. Beton akan mencapai kekuatan rencana dan mengeras seiring dengan penambahan umur beton.

2.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton [10] bahan penyusun beton sendiri meliputi, semen, agregat, air serta tanpa bahan tambah dimana setiap bahan tambah mempunyai fungsi yang berbeda-beda.

1. Semen

Semen memiliki sifat utama yaitu mengikat dengan adanya air. [11] Dengan sifat tersebut, semen berfungsi sebagai pengikat bahan-bahan agregat. Menurut SNI 15-2049-2004 “semen Portland” [12], semen portland diklasifikasikan menjadi 5 jenis, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen portland yang penggunaannya tidak memerlukan syarat-syarat khusus.
- b. Jenis II, yaitu semen portland harus memiliki daya tahan terhadap panas hidrasi sedang.
- c. Jenis III, yaitu semen portland harus memiliki kekuatan awal yang tinggi.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland harus memiliki panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen portland harus sangat tahan terhadap sulfat.

2. Agregat

Bahan pengisi dalam campuran beton yang berasal dari butiran mineral alami disebut dengan agregat. Kira – kira agregat menempati 70% dari volume beton [13]. Karena hal tersebut, besar pengaruh agregat terhadap sifat-sifat beton. Pemilihan agregat menjadi bagian sangat penting dalam pembuatan beton. Dalam prakteknya agregat dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian yaitu :

- a. Batu (untuk butiran lebih dari 40 mm).
- b. Kerikil (untuk butiran antara 5 – 40 mm).
- c. Pasir (untuk butiran antara 0,15 – 5 mm).

Berdasarkan ukurannya, agregat dibedakan menjadi 2 yaitu :

a. Agregat Halus

Agregat halus berfungsi sebagai pengisi ruang antara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat. [14] Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur, ataupun zat organik.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar dibedakan menjadi 2 macam yaitu kerikil dan kricak. Menurut asalnya kerikil dapat dibedakan menjadi 3 yaitu Kerikil sungai, kerikil galian dan kerikil pantai. Kerikil galian biasanya mengandung lumpur, pasir dan bahan organik, sedangkan kerikil sungai dan pasir biasanya tebebas dari zat-zat tercampur, permukaannya licin dan bentuknya bulat. Agregat yang diperoleh dari batu alam yang dipecah menggunakan mesin pemecah batu atau secara manual menggunakan palu disebut dengan kricak.[15]

3. Air

Air mempunyai peran yang penting dalam pembuatan beton. [16] Dengan adanya air, semen dapat bereaksi dan membentuk pasta yang berfungsi sebagai pengikat agregat. [9] Penambahan air yang berlebihan akan membuat adukan mudah dikerjakan. [17] [18]

4. *Styrofoam*

Styrofoam atau expanded polystyrene banyak digunakan sebagai pembungkus barang elektronik. Berat jenis *Styrofoam* bisa mencapai 1.050 kg/m^3 dengan modulus lentur mencapai 3 GN/m^2 , modulus geser mencapai 0.99 GN/m^2 dan kuat tarik mencapai 40 MN/m^2 . [19] *Styrofoam* dengan bentuk granular memiliki berat satuan sangat kecil yaitu berkisar antara $13 - 16 \text{ kg/m}^3$. [20] *Styrofoam* dalam campuran beton dianggap sebagai udara yang terjebak. Bila dibandingkan dengan menggunakan beton berongga *Styrofoam* memiliki keuntungan yaitu mempunyai kekuatan Tarik. Kerapatan ataupun berat jenis beton dapat dikontrol dengan merencanakan proporsi campuran beton. *Styrofoam* akan menjadikan beton memiliki bobot lebih ringan dan juga dapat berfungsi sebagai serat yang dapat meningkatkan daktilitas beton Dengan demikian selain akan membuat beton. [21]



Gambar 1. *Styrofoam*.

2.3 Kuat Tekan

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dan perbandingan semen, air, agregat dan berbagai jenis campuran. Faktor utama yang menjadi penentuan tekan beton adalah perbandingan air terhadap semen. [22] Kuat tekan beton merupakan besarnya beban yang menyebabkan benda uji hancur apabila dibebani dengan gaya tekan tertentu. [23][15] Untuk mengetahui besarnya nilai kuat tekan beton dapat dilakukan dengan menggunakan mesin uji tes kuat tekan beton dengan standar pengujian kuat tekan mengacu pada ASTM C39. [24]

$$K = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

K = Kuat tekan beton (N/mm²)

P = Gaya tekan aksial (N)

A = Luas penampang (mm²)

Kuat tekan beton menjadi acuan untuk menentukan kualitas dan mutu beton. Adapun hal-hal yang mempengaruhi kuat tekan beton yaitu: [25]

1. FAS atau yang biasa disebut dengan faktor air semen. Semakin rendah nilai fas maka semakin tinggi nilai kuat tekan beton.
2. Umur beton, kekuatan beton akan bertambah sesuai dengan umur beton tersebut.
3. Jenis Semen, kualitas jenis semen memiliki laju kenaikan kekuatan yang berbeda.
4. Perawatan (curing), kehilangan kekuatan sampai 40% dapat terjadi bila terjadi pengeringan terjadi sebelum waktunya.
5. Sifat agregat meliputi kekerasan permukaan, gradasi agregat.

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dan tinjauan pustaka penelitian terdahulu. Penelitian eksperimental dilakukan dilaboratorium Teknik Sipil Universitas Islam lamongan dengan mengacu pada ASTM (American Society for Testing and Material).

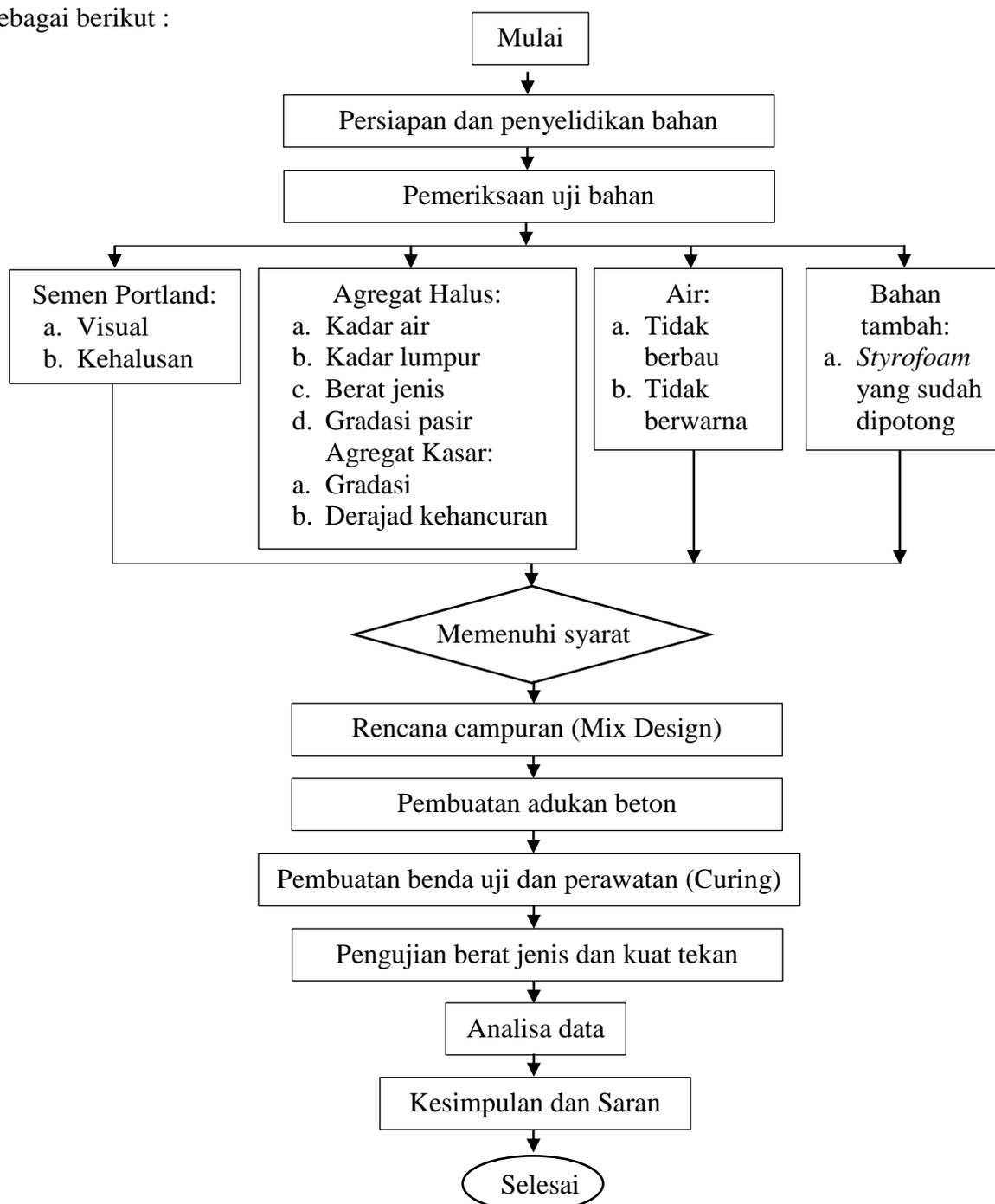
3.1 Rencana Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental di laboratorium. Material yang digunakan dalam pembuatan benda uji meliputi semen, agregat kasar, agregat halus berupa pasir yang berasal dari sungai bengawan solo, air dan *Styrofoam* sebagai bahan tambah.

Prosentase penambahan *Styrofoam* yaitu 1% dan 1.5%. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. setiap variasi terdapat 2 sampel. Pengujian kuat tekan dilakukan saat umur beton 7 hari dan dilakukan konversi ke umur beton 28 hari.

3.2 Alur Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini digambarkan dalam *flow chart* pada **Gambar 2.** sebagai berikut :



Gambar 2. Flowchart.

Dari **Gambar 2.** dapat diuraikan dengan Mempersiapkan bahan penyusun beton. Setelah bahan telah siap dilakukan pengujian terhadap material penyusun beton meliputi pengujian semen, agregat halus, agregat kasar, air dan *Styrofoam*. Setelah bahan penyusun beton memenuhi spesifikasi dilaksanakan perencanaan campuran. Pembuatan adukan beton beserta pengujian slump. Setelah campuran beton dirasa homogen dilakukan pembuatan benda uji dengan cetakan silinder [26]. Masukkan kedalam cetakan benda uji silinder padatkan menggunakan alat penusuk baja dan getarkan menggunakan vibrator lalu diamkan selama 2 hari. Setelah beton kering, bongkar cetakan beton. selanjutnya dilakukan proses curing beton [27]. Setelah 7 hari dilakukan uji kuat tekan beton yang mengacu pada ASTM.

4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini meliputi hasil pengujian material dan hasil pengujian kuat tekan yang akan dibahas dalam sub – sub **Bab 4.**

4.1 Pengujian Semen

1. Konsistensi Normal Semen Portland (ASTM C 187-86).
2. Hasil pengujian konsistensi semen diperoleh penurunan sebesar 10 mm dengan prosentase 27,6 %.
3. Waktu Pengikatan Dan Pengerasan Semen (ASTM 119-92).
4. Semen yang digunakan memerlukan waktu 225 menit hingga mengeras.
5. Berat Jenis Pasir (ASTM C 188-95).
6. Hasil pengujian berat jenis semen didapat nilai sebesar 2.83, berdasarkan ASTM C 188 – 95 berat jenis semen porland yang disyaratkan yaitu 3,0 – 3,2.

4.2 Pengujian Agregat Halus

1. Modulus Halus Butir (ASTM C 136-84a).

Hasil pengujian Modulus Halus Butir (MHB) didapatkan hasil sebesar 3,19. Berdasarkan ASTM modulus halus butir yang disyaratkan yaitu 2,5 s/d 3,0. Jadi hasil tidak memenuhi yang diinginkan.

2. Kelembaban Pasir (ASTM C 566-89).

Hasil pengujian kelembaban pasir diperoleh hasil rata-rata sebesar 2,56 %. Berdasarkan ASTM C 566 – 89 kelembaban pasir yang disyaratkan sebesar < 0,1 % maka agregat halus tersebut tidak memenuhi persyaratan.

3. Berat Jenis Pasir (ASTM C 128-78).

Hasil pengujian berat jenis pasir diperoleh hasil sebesar 2,70 %. Berdasarkan ASTM C 128-78 berat jenis pasir yang disyaratkan berkisar antara 2,4 - 2,7 gr/dm³, sehingga pasir tersebut tidak memenuhi syarat.

4. Air Resapan (ASTM C 128-93).

Hasil pengujian penyerapan pasir diperoleh nilai rata-rata sebesar 2,78 %. Menurut ASTM penyerapan yang disyaratkan berkisar antara 0,2 % - 2,0 %.

5. Menentukan Berat Volume Pasir (ASTM C 188-89).

Hasil pengujian berat volume pasir diperoleh hasil sebesar 1.417. Menurut ASTM berat volume pasir yang disyaratkan berkisar antara 1,6 – 1,9 kg/liter.

4.3 Pengujian Agregat Kasar

1. Test Kondisi Analisa Ayakan Batu Pecah (ASTM C 136-95a).

Hasil pengujian Modulus Halus Butir (HMB) diperoleh hasil sebesar 3,33 % 1.417. Menurut ASTM spesifikasi modulus halus butir agregat kasar berkisar 5,5%-8,5%.

2. Kelembapan Kerikil (ASTM C 566-89).

Hasil pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai rata-rata sebesar 1,25. Menurut ASTM kadar air agregat kasar harus memenuhi spesifikasi 0,5 %–2,0 %.

3. Berat Jenis Kerikil (ASTM C 127-88-93).

Hasil pengujian berat jenis kerikil diperoleh nilai sebesar 2,414. Berdasarkan ASTM C 128-78 berat jenis kerikil yang disyaratkan berkisar antara 2,4-2,7 gr/dm³.

4. Air Resapan Kerikil (ASTM C 127-88-93).

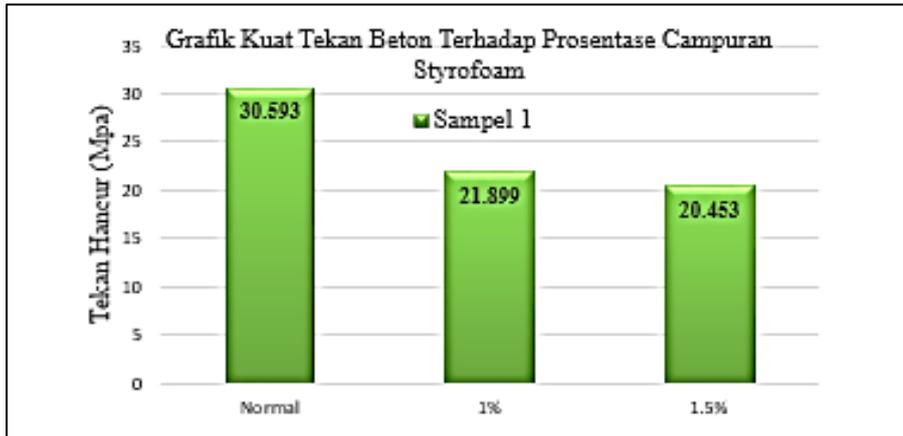
Hasil pengujian penyerapan agregat kasar yaitu 1,2 %. Berdasarkan ASTM penyerapan agregat kasar yang disyaratkan yaitu berkisar antara 1 % - 2,0 %.

5. Berat Volume (ASTM C 29-91).

Hasil pengujian berat volume rata-rata dari percobaan diatas yaitu 1,445. Berdasarkan ASTM syarat berat volume yang disyaratkan berkisar antara 1,4 -1,7.

4.4 Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan saat umur beton mencapai 7 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan untuk mengetahui nilai kualitas beton. Hasil pengujian kuat tekan beton dapat disajikan dalam grafik **Gambar 3**.



Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

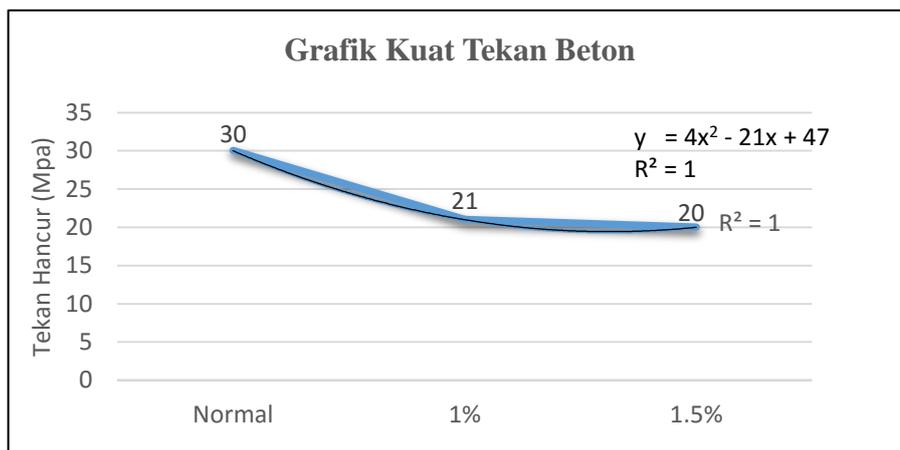
Gambar 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan.

Keterangan : A = Beton Normal.

B = Campuran Styrofoam 1 %.

C = Campuran Styrofoam 1,5 %.

Dari **Gambar 3.** menunjukkan bahwa dengan penambahan Styrofoam prosentase 1% kuat tekan beton yang dihasilkan sebesar 21.899 Mpa, prosentase 1.5% kuat tekan beton yang dihasilkan sebesar 20.453 Mpa.



Sumber : Grafik Hasil Penelitian.

Gambar 4. Grafik Linear Pengujian Kuat Tekan.

Dari **Gambar 4.** diperoleh grafik linier dengan $R^2 = 1$ persamaan $y = 4x - 21x + 47 = 1$ untuk setiap rata-rata beton test kuat tekan yang diberikan beban hingga hancur.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian mengenai perancangan pembuatan beton menggunakan *Styrofoam* yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Penggunaan *styrofoam* dalam campuran beton mutu K-250 mempengaruhi kuat tekan beton.
2. Penggunaan *styrofoam* membuat beton mengalami penurunan kuat tekan, dengan penambahan *styrofoam* sebanyak 0% didapat nilai kuat tekan 30,593 MPa, prosentase 1 % didapat nilai kuat tekan 21,899 MPa, prosentase 1,5 % didapat nilai kuat tekan 20,493 MPa. Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa penambahan *styrofoam* dengan prosentase 0%, 1%, dan 1.5% belum dapat dijadikan sebagai bahan tambah pada beton mutu K-250.

5.2 Saran

Dari penelitian penambahan *Styrofoam* sebagai bahan tambah untuk kuat tekan beton adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pengujian kuat tarik beton yang belum dilakukan dalam penelitian ini.
2. Untuk penelitian lebih lanjut perlu diperhatikan untuk penggunaan agregat yang digunakan baik agregat halus maupun kasar yang merupakan komponen utama pembuatan beton dalam keadaan SSD, sebelum penelitian berlangsung kita perlu memberikan wadah atau tempat untuk penyimpanan agregat sementara agar tidak terkena hujan yang akan mempengaruhi keadaan SSD agregat.

Daftar Pustaka

- [1] A. E. Sutrisno and D. Kartikasari, "Pengaruh Penambahan Abu Jerami Padi Terhadap Kuat Tekan Beton," *J. CIVILA*, vol. 2, no. 2, p. 9, 2017.
- [2] A. Iwan and E. Siswanto, "Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010," vol. 3, no. 2, pp. 162–165, 2018.
- [3] A. Ginting and U. Janabadra, "Arusmalem Ginting Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta Jurnal Teknik SKALA Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Mataram Volume 4 , Nomor 2 , Agustus 2007," no. August 2007, 2017.
- [4] M. G. Musbah, A. Musbah, A. Allam, and H. A. Saleh, "Effects of Superplasticizing Admixtures on the Compressive Strength of Concrete," vol. 7, no. 2, pp. 39–45, 2019.
- [5] S. Muwardin, D. L. C. Galuh, and I. Yasin, "Pengaruh Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Perendaman Air Laut , Air Tawar , Air Sungai Dan Air Kapur," pp. 52–60.
- [6] R. B. Anugraha and S. Mustaza, "Beton Ringan dari Campuran Styrofoam dan Serbuk Gergaji dengan Semen Portland 250, 300 dan 350 kg/m³," *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 2, p. 57, 2010.
- [7] SNI 03-2834-2000, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000," Badan Stand. Nas., pp. 1–34, 2000.
- [8] V. O. Okonkwo and A. E. E, "A Study of the Effect of Aggregate Proportioning On Concrete Properties American Journal of Engineering Research (AJER)," no. 4, pp. 61–67, 2018.
- [9] A. I. Candra, E. Gardjito, Y. Cahyo, and G. A. Prasetyo, "Pemanfaatan Limbah Puntung Rokok Filter Sebagai Bahan Campuran Beton Ringan Berpori," *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, p. 82, 2019.
- [10] R. A. Polii, M. D. J. Sumajouw, R. S. Windah, R. A. Polii, M. D. J. Sumajouw, and R. S. Windah, "Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara," *J. Sipil Statik*, vol. 3, no. 3, pp. 206–211, 2015.
- [11] J. Kaufmann, "Evaluation of the combination of desert sand and calcium sulfoaluminate cement for the production of concrete," *Constr. Build. Mater.*, vol. 243, p. 118281, 2020.
- [12] SNI 15-2049-2004, "Semen Portland," Badan Standar Nas. Indones., pp. 1–128, 2004.
- [13] R. Manuahe and R. S. W. Marthin D. J. Sumajouw, "KUAT TEKAN BETON GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR," vol. 2, no. 6, pp. 277–282, 2014.
- [14] A. Santoso, "PENGARUH PUMICE BRECCIA SEBAGAI REPLACEMENT AGREGAT HALUS," vol. XI, no. 1, pp. 1–11, 2015.
- [15] E. Gardjito, A. I. Candra, and Y. Cahyo, "Pengaruh Penambahan Batu Karang Sebagai Substitusi Agregat Halus Dalam pembuatan Paving Block," *UKaRsT*, vol. 2, no. 1, p. 36, 2018.
- [16] B. Ramesh, V. Gokulnath, and M. Ranjith Kumar, "Detailed study on flexural strength of polypropylene fiber reinforced self-compacting concrete," *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2019.

- [17] S. Aris and W. Slamet, "Analisis variasi kandungan semen terhadap kuat tekan beton ringan struktural agregat pumice," *J. Anal.*, pp. 2–4, 2013.
- [18] M. Nematzadeh and M. Naghipour, "Compressing fresh concrete technique and the effect of excess water content on physical-mechanical properties of compressed concrete," *Mater. Des.*, vol. 37, pp. 256–267, 2012.
- [19] S. Prayitno, E. Rismunarsi, and S. H. Romadhoni, "Pengaruh penambahan serat bendrat dan styrofoam pada beton ringan terhadap kajian kuat tekan dan kuat geser," pp. 1064–1071, 2016.
- [20] J. Ilmiah and T. Sipil, "Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 12, No. 2, Juli 2008," vol. 12, no. 2, pp. 96–104, 2008.
- [21] D. Jurusan, T. Sipil, F. Teknik, and U. Udayana, "PERMEABILITAS BETON DENGAN PENAMBAHAN STYROFOAM I Gusti Ketut Sudipta 1 dan Ketut Sudarsana 1," vol. 13, no. 2, pp. 192–198, 2009.
- [22] S. Rabbani and R. Hepiyanto, "PENGARUH LAMA PUTARAN MESIN PENGADUK BETON TERHADAP KUAT," vol. 9, no. 2085, pp. 957–961, 1991.
- [23] N. Wariyatno and Y. Haryanto, "Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Sebagai Nilai Estimasi Kekuatan Sisa Pada Beton Serat Kasa Aluminium akibat Variasi Suhu," *Din. Rekayasa*, vol. 9, no. 1, pp. 21–28, 2013.
- [24] ASTM C 39, "Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens," *ASTM Stand.*, pp. 1–7, 2015.
- [25] A. Febriandy, E. Samsurizal, and C. Djaya Mungok, "Tinjauan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah Dan Modulus Elastisitas."
- [26] SNI 1972:2008, "Cara uji slump beton," 2008.
- [27] SNI 2493:2011, "Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium," *Standar Nas. Indones.*, p. 23, 2011.