

## EFEK PEMANASAN AGGREGAT EPS MODIFIKASI TERHADAP KUATTEKAN BETON RINGAN PASIR BATU APUNG

Kusnadi\*<sup>1</sup>, Ichsan Rauf<sup>1</sup>, Imran<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dosen Prodi Teknik Sipil Universitas Khairun

Jalan Jusuf Abdulrahman Kampus II Gambesi Kota Ternate Selatan, Indonesia

\*Kusnadi@unkhair.co.id

### **Abstrak**

*Using lightweight materials as construction materials reduces the weight of the structure, thereby reducing earthquake loads. Pumice sand is a light local material which is quite abundant on Tidore Island and has been used as a substitute for sand in making lightweight cement bricks (tela). To minimize the weight of lightweight concrete that uses pumice sand as fine aggregate, full substitution of the coarse aggregate with aggregate from EPS waste (white cork) is carried out. This effort is also made to reduce waste generation which damages the environment. The use of EPS waste to replace some or all of the aggregate in the concrete mixture reduces the weight significantly, but also causes a very large reduction in quality. To improve the quality of lightweight concrete using pumice sand and EPS waste, the EPS aggregate is modified by heating. Heating EPS aggregate aims to increase its density. This research aims to improve the quality of lightweight concrete using pumice sand and aggregate from EPS waste. EPS waste aggregate heating is carried out at varying temperatures of 100oc, 110oc, 120oc, 130oc, 140oc. The concrete mixture is made in volume measurements with a composition of 1 part cement, 2 parts pumice sand and 3 parts modified EPS aggregate with a cement water factor of 0.45. The quality tests carried out include compressive strength tests, tensile strength tests and collapse modulus tests. The test results show that the effect of heating in the process of making modified EPS aggregates increases the density value which has an impact on increasing the compressive strength value of the resulting concrete.*

*Kata kunci: Efek pemanasan, EPS modifikasi, Kuat tekan, Beton ringan pasir batu apung*

### **LATAR BELAKANG**

Pulau Tidore merupakan salah satu wilayah di Maluku Utara yang memiliki potensi batu apung yang cukup besar. Cadangan batu apung ini tersebar di seluruh pulau Tidore seperti yang terlihat pada Gambar 1. Besarnya cadangan batu apung di Pulau Tidore terlihat pada ketebalan lapisan yang tersingkap di beberapa area penambangan. Batu apung merupakan material alami yang memiliki potensi sebagai bahan baku material konstruksi ringan. Penggunaan material konstruksi ringan mengurangi berat bangunan sehingga dapat mereduksi beban gempa.

Pada saat ini, di Pulau Tidore, batu apung dalam bentuk pasir batu apung telah dimanfaatkan sebagai bahan pengganti sebagian pasir pada pembuatan bata semen (batako) ringan. Bahkan, berdasarkan hasil penelitian, pasir batu apung dari Pulau Tidore dapat dijadikan sebagai bahan batako pres ringan dengan mutu standar SNI (Sultan, Kusnadi, & Yudasputra, 2018). Selain batako ringan, batu apung dapat digunakan sebagai pengganti sebagian atau seluruh agregat kasar untuk menghasilkan beton ringan. Penggunaan batu apung dari Pulau Tidore sebagai pengganti agregat kasar dapat mengurangi 22% berat beton (Gaus, 2020).



**Gambar 1.** Quarry pasir batu apung di Pulau Tidore

Reduksi berat beton dapat ditingkatkan dengan penggunaan Styrofoam sebagai agregat dalam beton. Beton ringan yang dihasilkan dari bahan Styrofoam beratnya yang sangat kecil hingga seperlima kali berat batu bata semen (batako)(Satyarno, 2006). Penggunaan limbah Styrofoam sebagai bahan beton ringan juga diharapkan dapat mengurangi sampah yang merusak lingkungan. Styrofoam dalam bentuk butiran atau agregat dapat dijadikan sebagai bahan pengganti sebagian atau seluruh pasir pada campuran batako(Halim, 2013; Santoso, Widodo, & Ma'arif, 2011; Satyarno, 2006), dan sebagai pengganti agregat kasar pada beton(Ala & Arruan, 2017; Mansyur, Yusmartini, & Kharismadewi, 2021; Priyono & Nadia, 2014; Samaria, Siahaan, Sumajouw, & Mondoringin, 2020; Tarihoran, Kumaat, & Windah, 2020). Peningkatan jumlah agregat Styrofoam dalam beton atau batako menunjukkan penurunan berat dan kuat tekan(Ala & Arruan, 2017; Halim, 2013; Mansyur et al., 2021; Miswar, 2018, 2020; Samaria et al., 2020; Satyarno, 2006; Solikin & Ikhsan, 2018; Tarihoran et al., 2020). Untuk mencapai mutu standar pada batako, penggunaan agregat Styrofoam tidak boleh melebihi 50% volume agregat (Solikin & Ikhsan, 2018). Pada beton, penggunaan 100% Styrofoam sebagai agregat kasar hanya mampu menghasilkan beton ringan non struktural (Ala & Arruan, 2017; Satyarno, 2006).

Upaya untuk meningkatkan mutu beton ringan yang telah dilakukan diantaranya dengan menambahkan zat aditif (Basid, Wahyudi, & Jafar, 2020; Damayanti, 2022; Kusnadi & Sulistyorini, 2011), dan peningkatan mutu agregat yang digunakan(Wibowo, Andi Prasetyo; Lianasari, Kurniawan, & Wiransyah M, 2019). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan superplastisizer belum signifikan meningkatkan mutu beton ringan(Damayanti, 2022; Kusnadi & Sulistyorini, 2011). Peningkatan kualitas agregat untuk meningkatkan mutu beton ringan Styrofoam dapat dilakukan dengan cara pemanasan(Kan & Demirboğa, 2009). Hasil penelitian Wibowo (Wibowo, Andi Prasetyo; Lianasari et al., 2019) menunjukkan bahwa beton ringan yang menggunakan agregat Styrofoam dengan pemanasan awal menghasilkan beton dengan kualitas beton normal.

Berangkat dari penelitian-penelitian tersebut, maka studi ini dipandang perlu dilakukan agar pemanfaatan material lokal dan limbah Styrofoam yang dimodifikasi dapat menghasilkan beton yang lebih ringan dengan kualitas yang lebih baik dan ramah lingkungan. Namun demikian, penelitian kali ini hanya difokuskan pada pengaruh suhu dalam proses modifikasi agregat kasar dari limbah styrofoam dan dampaknya terhadap nilai mekanis beton ringan pasir batu apung yang dihasilkan.

## METODOLOGI

### Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari agregat halus, agregat kasar, semen, dan air. Agregat halus menggunakan pasir batu apung dari P. Tidore. Material pasir batu apung dari quarry disaring sesuai ukuran pasir sesuai SNI 03-2847-2002. Agregat kasar menggunakan agregat buatan yang dibentuk dari limbah styrofoam. Limbah styrofoam dipotong-potong membentuk agregat dan kemudian dipanaskan dalam oven. Modifikasi agregat dari limbah styrofoam ini mengacu pada metode yang dilakukan oleh Kan & Demirboga (Kan & Demirboga, 2009). Adapun temperatur pemanasan untuk membuat agregat Styrofoam modifikasi ini yaitu 110°C, 120°C, 130°C, dan 140°C dengan lama pemanasan 15 menit.

### Pembuatan Spesimen Beton Ringan

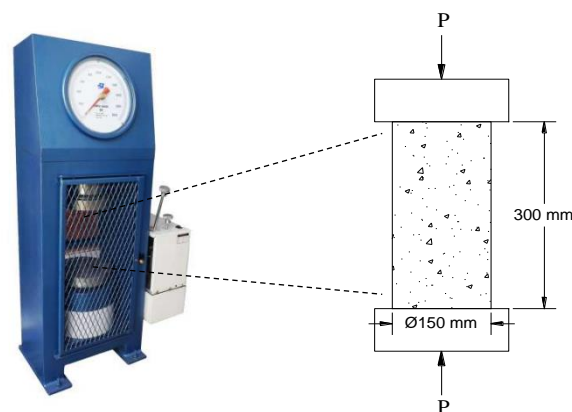
Komposisi campuran beton dibuat dalam takaran volume seperti yang dilakukan oleh P. Ala dan H. Arruan (Ala & Arruan, 2017) yaitu 1 bagian semen, 2 bagian agregat halus, 3 bagian agregat kasar. Campuran ini menggunakan nilai fas (faktor air semen) 0,45. Proses pencampuran bahan menggunakan concrete mixer. Spesimen beton ringan dibuat dalam bentuk silinder dan balok. Pengujian kuat tekan dan tarik beton menggunakan specimen silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm.

### Perawatan Spesimen

Semua specimen dirawat dengan cara perendaman dalam bak air selama 27 hari. Sehari sebelum pengujian, specimen diangkat dari bak perendaman kemudian dikeringkan.

### Pengujian Specimen

Pengujian specimen untuk mengetahui karakteristik mekanik beton mengacu pada Standar Nasional Indonesia yaitu uji kuat tekan (SNI 1974, 2011) untuk mengetahui mutu beton. Adapun skema pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengujian kuat tekan beton.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik agregat pasir batu apung

Pengujian karakteristik agregat pasir batu apung dilakukan berdasarkan standar SNI. Hasil uji karakteristik pasir batu apung dapat dilihat dalam Tabel.1

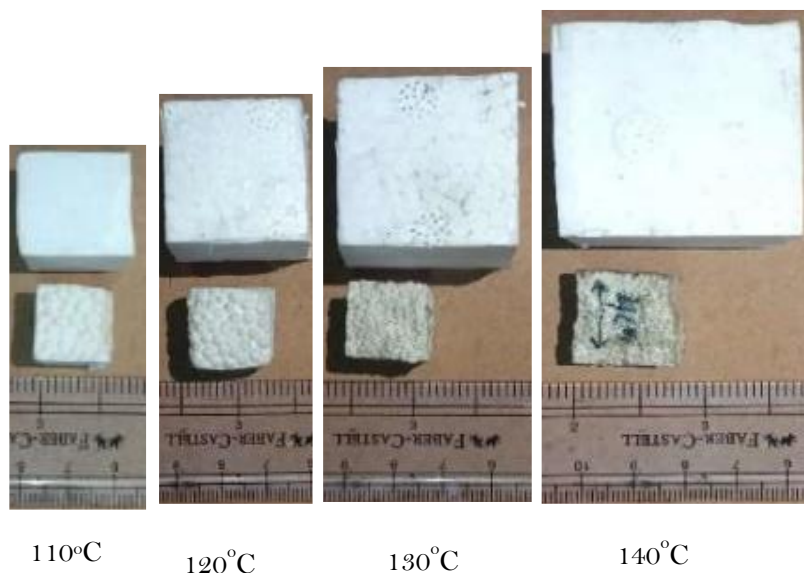
Tabel 1. Rekap hasil pengujian agregat halus (Pasir batu apung)

No	Karakteristik	Standar Pengujian	Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur	(SNI ASTM C117:2012)	12.83	0.2-5.0%
2	Kadar air	SNI 1971:2011	30.39	3.0-5.0%
3	Berat volume (Kondisi Padat)	SNI-03-4804:1998	1.14	1.6-1.9 kg/ltr
4	Berat volume (Kondisi lepas)	SNI-03-4804:1998	1.03	1.6-1.9 kg/ltr
5	Penyerapan (water absorption)	SNI 1970:2008	43.30	0.2 - 2.0 %
6	Berat jenis kering oven	SNI 1970:2008	0.98	1.6-3.2 %
	Berat jenis kering permukaan (SSD)	SNI 1970:2008	1.53	1.6-3.2 %
7	Modulus kehalusan	SNI ASTM C136:2012	3.66	1.5-3.8%

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasir batu apung merupakan material ringan dengan kandungan air dan penyerapan air yang tinggi. Hal ini pula yang membuktikan bahwa pasir batu apung merupakan material dengan porositas tinggi. Selain itu, pecahan bongkahan batu apung menjadi pasir batu apung menghasilkan butiran halus yang cukup tinggi seperti yang terlihat pada hasil pengujian kadar lumpur.

**Penyusutan agrgegat**

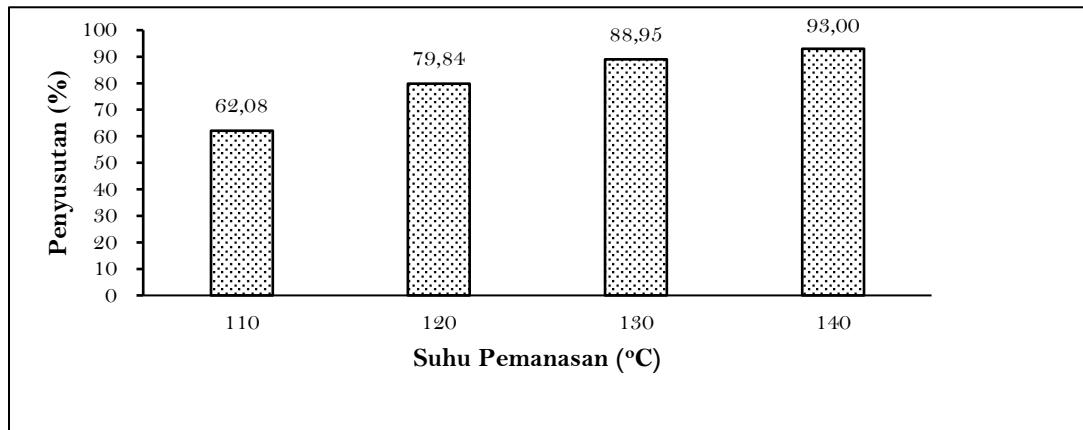
Perubahan volume agregat dari limbah Styrofoam akibat pemanasan dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Perubahan volume agregat Styrofoam akibat pemanasan

Pada gambar 3, terlihat bahwa ukuran potongan Styrofoam sebelum dipanaskan berbeda untuk menghasilkan ukuran agregat yang sama setelah dipanaskan. Semakin tinggi suhu yang

diberikan, semakin besar ukuran Styrofoam sebelum dipanaskan. Besarnya perubahan volume Styrofoam dapat dilihat pada Gambar 4.

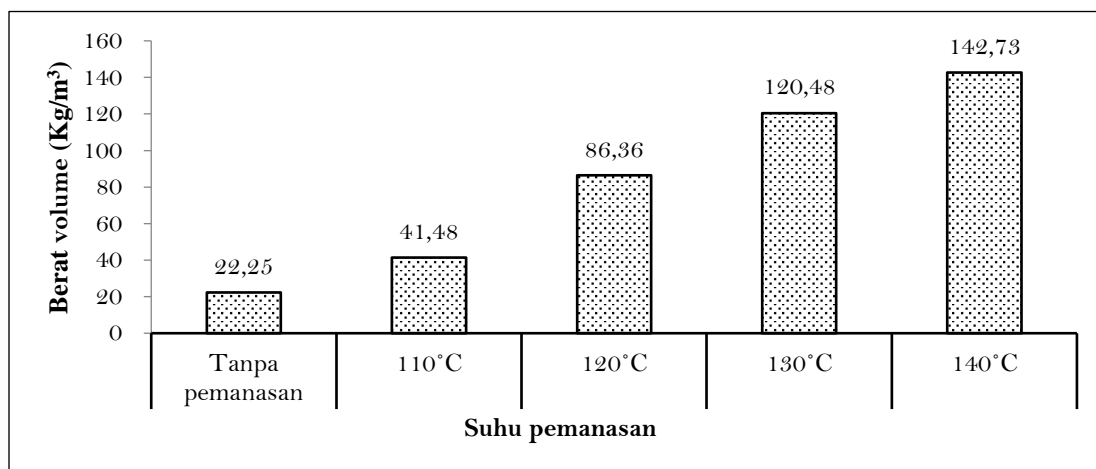


**Gambar 4.** Penyusutan volume agregat styrofoam

Penyusutan agregat Styrofoam dihitung berdasarkan selisih volume sebelum pemanasan dan setelah pemanasan dengan volume sebelum pemanasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi perubahan volume yang cukup besar sampai pada pemanasan suhu 130°C. Jika dibandingkan antara suhu pemanasan 110°C dan 120°C, terjadi selisih penyusutan sebesar 17.76%, antara suhu 120°C dan 130°C sebesar 9.11% dan antara suhu 130°C dan 140°C sebesar 4.05%. Hasil menunjukkan tingkat penyusutan agregat sampai pada suhu 130°C sangat tinggi, namun setelah melewati suhu lebih besar dari 130°C, tingkat penyusutannya menurun dan cenderung konstan.

#### Berat volume agregat Styrofoam

Styrofoam modifikasi pada berbagai suhu pemanasan dapat dilihat pada Gambar 5. Berat volume dihitung berdasarkan berat agregat dalam wadah dibagi dengan volume wadah. Dalam perhitungan berat volume, semua agregat Styrofoam modifikasi dengan berbagai suhu pemanasan memiliki ukuran yang seragam yaitu antara 15 mm sampai 20 mm. Pemanasan menyebabkan agregat Styrofoam mengalami penyusutan yang berdampak pada berkurangnya volume dan peningkatan berat volume. Peningkatan berat volume agregat styrofoam modifikasi akibat pemanasan dapat dilihat pada Gambar 5.



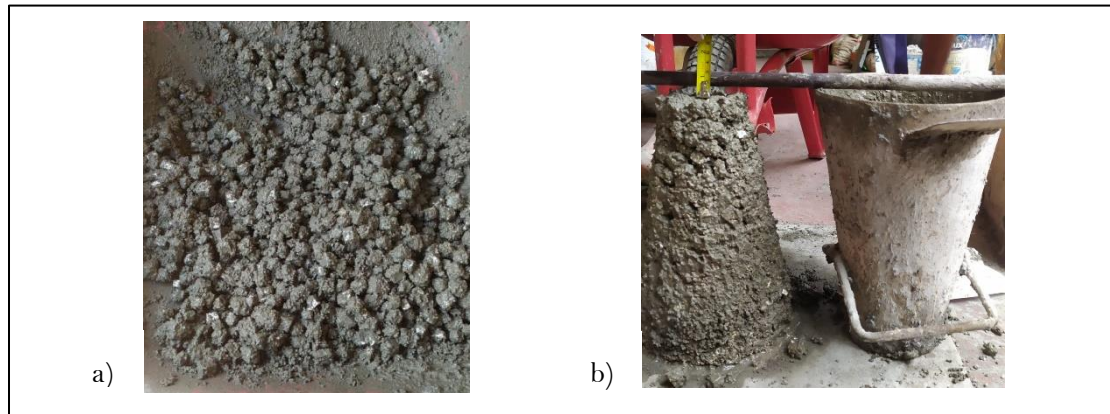
**Gambar 5.** Berat volume agregat styrofoam modifikasi

Berat volume agregat Styrofoam modifikasi menunjukkan peningkatan yang seiring dengan tingginya suhu pemanasan. Peningkatan berat volume terbesar terjadi pada suhu 110°C ke

suhu 120°C, disusul dari suhu 120°C ke suhu 130°C, dan terakhir dari suhu 130°C ke suhu 140°C. Hasil ini menunjukkan bahwa ada hubungan yang berbanding lurus antara tingkat penyusutan dan berat volume agregat.

**Workability beton segar**

Beton ringan dibentuk dari pasir batu apung, agregat Styrofoam modifikasi, semen dan air. Semua material dicampur dalam concrete mixer sesuai takaran volume. Campuran beton segar terlihat agak kering dan kurang lecah. Hasil pengujian beton segar menunjukkan nilai slump antara 10 mm sampai 20 mm seperti yang terlihat pada Gambar 6.

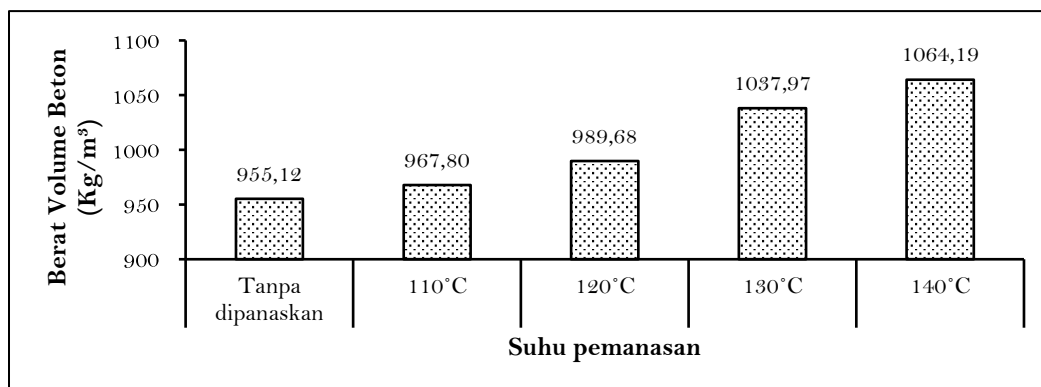


**Gambar 6.** a) adukan beton ringan segar b) nilai slump

Rendahnya nilai slump ini mungkin disebabkan oleh berat sendiri agregat yang kecil sehingga konsolidasi atau penurunan yang terjadi akibat berat sendiri pada campuran beton segar juga kecil. Kemungkinan yang kedua yaitu penggunaan pasir batu apung yang memiliki porositas dan serapan air yang tinggi sehingga air bebas terserap ke dalam agregat sehingga campuran menjadi kental.

**Berat volume beton**

Berat volume beton didapatkan dari hasil pengukuran berat silinder beton. Berat volume beton tiap kenaikan suhu pemanasan agregat Styrofoam dapat dilihat pada Gambar 7.

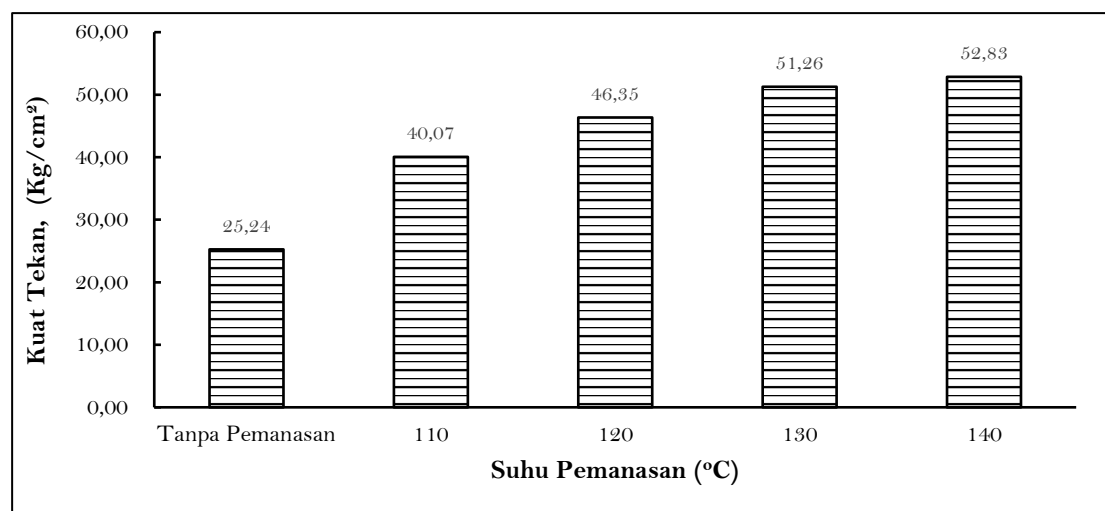


**Gambar 7.** Berat volume beton

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan pada proses pembuatan agregat styrofoam modifikasi semakin besar pula berat volume beton yang dihasilkan. Hasil ini sejalan dengan peningkatan berat agregat Styrofoam modifikasi akibat meningkatnya suhu pemanasan seperti yang terlihat pada Gambar 5. Beton ringan yang menggunakan Styrofoam tanpa pemanasan dan pasir batu apung lebih ringan 27.92% dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan Styrofoam dan pasir biasa pada komposisi yang sama (Ala & Arruan, 2017).

### Kuat tekan beton

Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat dalam Gambar 8.



**Gambar 8.** Kuat tekan beton ringan Styrofoam modifikasi

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu (Ala & Arruan, 2017), beton ringan Styrofoam tanpa pemanasan yang menggunakan agregat dari pasir batu apung pada Gambar 8 memiliki kuat tekan yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa pasir batu apung hanya berperan sebagai bahan pereduksi bobot beton.

Gambar 8 juga menunjukkan bahwa kuat tekan menunjukkan peningkatan seiring dengan peningkatan suhu pemanasan agregat. Peningkatan secara signifikan kuat tekan beton terlihat pada penggunaan agregat Styrofoam yang dipanasi sampai pada suhu 130°C. Kuat tekan beton yang menggunakan agregat Styrofoam dengan pemanasan lebih dari 130°C menunjukkan peningkatan yang kecil dan bahkan lebih cenderung konstan.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu:

1. Pemanasan agregat dari limbah Styrofoam dapat memperbaiki kualitas agregat agregat ringan. Semakin tinggi suhu pemanasan yang diberikan, semakin baik pula kualitas agregat yang dihasilkan.
2. Peningkatan suhu pemanasan agregat styrofoam modifikasi tidak menunjukkan peningkatan kecacakan beton ringan secara signifikan.
3. Peningkatan suhu pemanasan pada proses pembuatan agregat Styrofoam modifikasi berdampak peningkatan kuat tekan beton ringan yang dihasilkan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ala, P., & Arruan, H. (2017). Beton Ringan Menggunakan Styrofoam Sebagai Bahan Pengganti. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 2017, 67–72.
- Basid, A., Wahyudi, D., & Jafar, M. H. (2020). Analisis Beton Ringan Dengan Penambahan Batu Apung Dan Zat Additive Untuk Pengujian Kuat Tekan Beton. *Jurnal Pendidikan Dan Aplikasi Industri (UNISTEK)*, 7(2), 89–92. <https://doi.org/10.33592/unistek.v7i2.712>

- Damayanti, R. (2022). Pengaruh Campuran Styrofoam Terhadap Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Tambahannya Superplasticizer. *Dinamika Teknik Sipil*, 15(02), 71–76.
- Gaus, A. (2020). Substitusi Parsial Batu Apung Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Beton. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(2), 12–19.
- Halim, A. (2013). Pengaruh Pemakaian Limbah Styrofoam Terhadap Kuat Tekan dan Berat Batako. *Journal Widya Teknika*, 21(1), 1–7.
- Kan, A., & Demirboğa, R. (2009). A new technique of processing for waste-expanded polystyrene foams as aggregates. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(6), 2994–3000. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.07.017>
- Kusnadi, K., & Sulistyorini, D. (2011). Pengaruh Penambahan Superplastisizer Terhadap Campuran Beton Ringan Yang Menggunakan Styrofoam. *INERSIA*, 7(2), 124–140.
- Mansyur, M., Yusmartini, E. S., & Kharismadewi, D. (2021). Pengaruh Penambahan Styrofoam Terhadap Kualitas Beton K-255. *Distilasi*, 6(2), 1–6.
- Miswar, K. (2018). Beton Ringan Dengan Menggunakan Limbah Styrofoam. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 33–39. <https://doi.org/10.30811/portal.v10i1.981>
- Miswar, K. (2020). Pemanfaatan Batu Apung Sebagai Material Beton Ringan. *PORTAL Jurnal Teknik Sipil*, 12(01), 25–32.
- Priyono, Y. J., & Nadia, N. (2014). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia*, 5(2), 55–61.
- Samaria, N., Siahaan, M., Sumajouw, M. D. J., & Mondoringin, M. R. I. A. J. (2020). Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 635–644. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-30160-0\\_11145](https://doi.org/10.1007/978-0-387-30160-0_11145)
- Santoso, A., Widodo, S., & Ma'arif, F. (2011). Pemanfaatan Limbah Styrofoam (Expanded Polyesterene) Untuk Pembuatan Dinding Struktural Beton Ringan Ramah Lingkungan. *Inersia*, 7(1), 1–18.
- Satyarno, I. (2006). Lightweight Styrofoam Concrete for Lighter and More Ductile Wall. *Jurnal HAKI*.
- SNI 1974. (2011). Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder. In *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Solikin, M., & Ikhsan, N. (2018). Styrofoam as partial substitution of fine aggregate in lightweight concrete bricks. *AIP Conference Proceedings*, 1977(August). <https://doi.org/10.1063/1.5042961>
- Sultan, M. A., Kusnadi, Kusnadi, & Yudasputra, M. T. (2018). Effect Of Pressure On Making Of Cemen Bricks from Pumice. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(5), 1084–1091.
- Tarihoran, E., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2020). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Sebagai Substitusi Parsial Agregat Kasar Terhadap Nilai Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(6), 859–866.
- Wibowo, Andi Prasetyo; Lianasari, A. E., Kurniawan, T. A., & Wiransyah M, Z. A. (2019). Pengaruh Pemanasan Awal pada Butir Styrofoam terhadap Kuat Tekan Beton Ringan. *Konferensi Nasional Teknik Sipil (KoNTekS) - 13, I(Volume I)*, 293–298.vol. 6, no. 2, pp. 1–6, 2021.



