

## SIFAT FISIK DAN MEKANIK *AERATED CONCRETE* DENGAN VARIASI *SILICA FUME*

Mariana Safitri, Rosidawani\*, Hanafiah

Program Studi Magister Terkik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indonesia  
Email: marianasafitri@gmail.com, rosidawani@ft.unsri.ac.id\*,  
hanafiah@ft.unsri.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi *silica fume* terhadap sifat fisik dan mekanik beton aerasi. Beton aerasi merupakan jenis beton ringan dengan pori-pori dan rongga udara tinggi yang dihasilkan melalui penambahan aluminium powder. *Silica fume*, sebagai pozzolan pengganti semen, diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik beton. Metode eksperimental digunakan untuk membandingkan komposisi aerated concrete dengan variasi *silica fume* (0%, 10%, dan 15%). Pengujian melibatkan slump flow, setting time, penyerapan air, berat jenis, kuat tekan, dan analisis X-Ray Diffraction (XRD) serta Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil menunjukkan bahwa penambahan *silica fume* mempengaruhi workabilitas, setting time, penyerapan air, dan berat jenis beton. Selain itu, kuat tekan beton meningkat dengan penambahan *silica fume*, mencapai nilai optimum pada 15%. Analisis XRD menunjukkan komposisi dominan Quartz dan Portlandite, sementara SEM menunjukkan perubahan mikrostruktur dengan variasi *silica fume*.

**Kata kunci:** Beton ringan, *silica fume*, Kuat Tekan, Berat Jenis

### Abstract

*This study investigated the effect of silica fume variations on the physical and mechanical properties of aerated concrete. Aerated concrete is a type of lightweight concrete with high pores and air cavities produced through the addition of aluminum powder. Silica fume, as a pozzolan substitute for cement, is expected to improve the mechanical properties of concrete. Experimental methods were used to compare the composition of aerated concrete with variations of silica fume (0%, 10%, and 15%). The tests involved slump flow, setting time, water absorption, specific gravity, compressive strength, and X-Ray Diffraction (XRD) analysis and Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that the addition of silica fume affected the workability, setting time, water absorption, and specific gravity of concrete. In addition, the compressive strength of concrete increases with the addition of silica fume, reaching the optimum value at 15%. XRD analysis showed dominant composition of quartz and Portlandite, while SEM showed microstructural changes with silica fume variations.*

**Keywords:** Aerated concrete, *silica fume*, strength, density

How to cite:	Mariana Safitri, Rosidawani, Hanafiah. (2023) Sifat Fisik dan Mekanik <i>Aerated Concrete</i> Dengan Variasi <i>Silica Fume</i> . Syntax Literate, 8 (12), <a href="http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i12">http://dx.doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i12</a>
E-ISSN:	2548-1398
Published by:	Ridwan Institute

## Pendahuluan

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang memiliki karakteristik kuat tekannya yang tinggi dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya. Beton konvensional memiliki massa yang besar sehingga terus dikembangkan dengan penggunaan teknologi beton ringan (Nugroho et al., 2018). *Lightweight concrete* adalah beton ringan dengan berat jenis (*density*) yang lebih ringan dibandingkan beton normal yaitu dengan berat jenis berkisar antara 300 – 1840 kg/m<sup>3</sup> (Moon et al., 2015). Beton ringan dibagi menjadi 3 jenis yaitu, beton dengan agregat ringan (*light-weight aggregate concrete*), beton yang tidak memiliki agregat halus (*non-fines concrete*) dan beton aerasi (*aerated concrete*).

*Aerated concrete* memiliki volume pori dan rongga udara yang tinggi. Gelembung udara yang dihasilkan dapat mengurangi kepadatan campuran dan memberikan isolasi termal yang baik (Taufik et al., 2017). Beton ringan aerasi adalah beton dengan tambahan *aluminium powder* ke dalam campuran semen untuk menghasilkan gelembung udara sehingga dapat membuat pori-pori udara pada beton (Reddy & Neeraja, 2016). Penggunaan *aluminium powder* sebagai *lightweight concrete* menghasilkan kuat tekan yang lebih baik (Shabbar et al., 2017).

Beton ringan struktural harus memiliki kuat tekan lebih besar dari 17 MPa dengan berat jenis kurang dari 1840 Mpa (Neville, 1995). Penentu kekuatan tekan salah satunya adalah penggunaan semen. Penggunaan bahan pozzolan pengganti semen yang diharapkan mampu meningkatkan kekuatan tekan diantaranya adalah *silica fume*. Menurut Ryan (1992), *Silica fume* mengandung senyawa silikat yang lebih tinggi yaitu sekitar 93%, sementara berdasarkan ASTM C 1240-93 senyawa silikat minimum yang terdapat pada *silica fume* adalah sebesar 85%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dwi (2019), persentase optimum untuk *lightweight concrete* struktural adalah 15%.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Maciej (2010) dinyatakan bahwa hasil dari uji beton yang telah dicampurkan *silica fume* dan *aluminium powder* dengan jumlah 5% - 10% dari semen meningkatkan kuat lentur sebesar 32 – 56 % dari mortar. Wongkeo (2010) juga menyebutkan bahwa penambahan *silica fume* menghasilkan penambahan dalam kekuatan tekan beton, penambahan *silica fume* digunakan sebesar 0 - 5% terlihat penambahan kuat tekan rata rata sebesar 3 MPa.

Berdasarkan latar belakang tersebut, ditunjukkan bahwa penggunaan *silica fume* dapat meningkatkan karakteristik sifat mekanik beton secara umum. Oleh karena itu, penelitian dilakukan pada beton aerasi yang menggunakan *aluminium powder* dan *silica fume* dengan beberapa parameter pengujian karakteristik beton.

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental, metode ini adalah metode yang berbasis pada metode empirik, metode ini melakukan banyak percobaan dan diukur secara langsung dengan alat. Sehingga bisa ditentukan kesimpulan yang akan didapat dari eksperimen tersebut (Creswell, 2014). Pada penelitian ini bahan yang menjadi komposisi *aerated concrete* adalah pasir, semen, air, *silica fume* dan *aluminium powder*. Penelitian ini menguji beberapa uji yang dijadikan dasar untuk

menentukan kesimpulan adalah pengujian beton segar yaitu *slump test* dan juga *setting time* dan pengujian karakteristik mekanis beton ringan yaitu uji kuat tekan, kuat lentur, penyerapan air dan modulus elastisitas. Untuk uji karakteristik fisik dilakukan uji berat jenis dan penyebaran rongga udara.

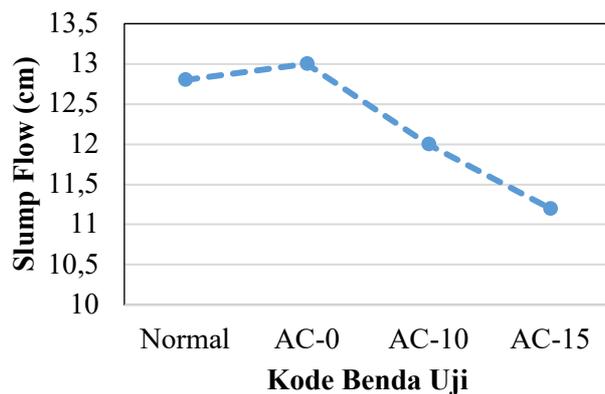
**Hasil dan Pembahasan**

**Pengujian *Slump Flow***

Pengujian *slump flow aerated concrete* pada variasi *silica fume* menggunakan persentase *silica fume* sebesar 0%, 10%, dan 15%. Hasil pengujian *slump flow* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Hasil pengujian *slump flow***

Kode benda uji	<i>Silica fume</i> (%)	<i>Slump flow</i> (cm)
Normal	0	12,8
AC-0	0	13
AC-10	10	12
AC-15	15	11,2

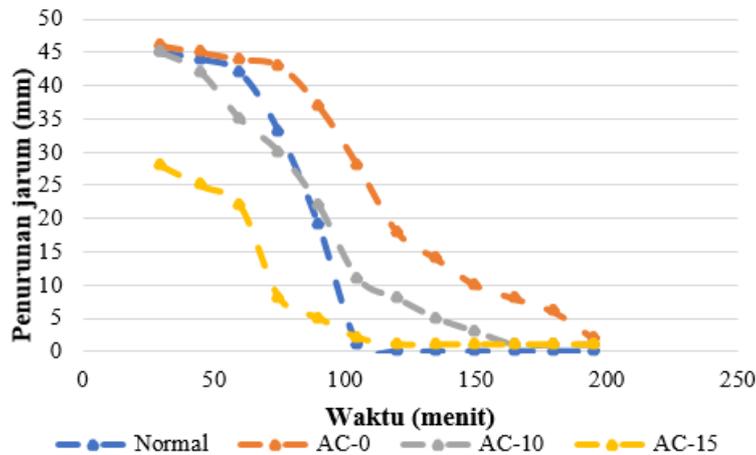


**Gambar 1. Pengujian *slump flow***

Berdasarkan Tabel 1 hasil pengujian *slump flow* untuk beton normal adalah sebesar 12,8 cm, sedangkan untuk *aerated concrete* dengan 0%, 10% dan 15% *silica fume* adalah sebesar 13 cm, 12 cm dan 11,2 cm.

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan bahwa semakin tinggi persentase *silica fume* dapat mengurangi workabilitas dan membuat beton menjadi lebih kental karena *silica fume* mempunyai sifat menyerap air. Selain itu penambahan *silica fume* pada beton dapat mempercepat reaksi hidrasi semen dan mempengaruhi workabilitas (Siddique & Khan, 2011).

**Pengujian *Setting Time***



**Gambar 2. Pengujian *setting time***

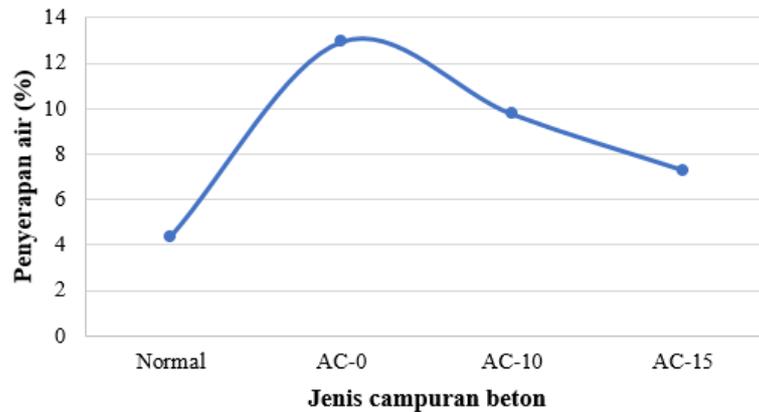
Berdasarkan Gambar 2 hasil pengujian *setting time* menunjukkan bahwa beton normal mempunyai waktu ikat yang lebih cepat daripada *aerated concrete* yang menggunakan *silica fume* 15%. Waktu ikat akhir beton dengan persentase silika fume 15% adalah pada waktu 120 menit. Waktu ikat tersebut lebih cepat jika dibandingkan dengan persentase *silica fume* 5% dan 10%. Semakin tinggi persentase *silica fume* yang digunakan, maka semakin cepat waktu ikat yang dibutuhkan.

**Pengujian Penyerapan Air**

Pengujian penyerapan air beton dilakukan pada umur 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase air yang terserap oleh benda uji yang telah direndam selama 24 jam. Pengujian penyerapan air beton dilakukan pada *aerated concrete* dengan setiap variasi persentase *silica fume* dan beton normal. Pengujian penyerapan air beton dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2 Pengujian penyerapan air beton**

Kode benda uji	<i>Silica fume</i> (%)	Berat setelah direndam (g)	Berat setelah dioven (g)	Penyerapan air (%)
Normal	0	274	262	4,38
AC-0	0	232	202	12,93
AC-10	10	236	213	9,76
AC-15	15	251	233	7,30



**Gambar 3. Hasil pengujian penyerapan air beton**

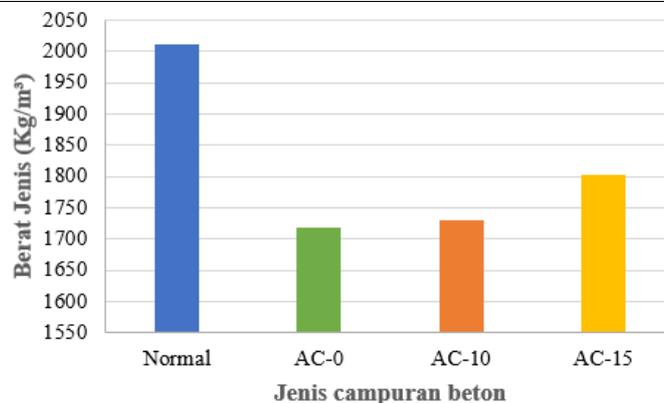
Berdasarkan Tabel 2, hasil pengujian penyerapan air tertinggi terdapat pada campuran beton AC-0% dengan nilai 12,93% dan hasil pengujian penyerapan air terendah terdapat pada campuran beton normal dengan nilai 4,38%. Berdasarkan Gambar 3, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan variasi variasi persentase *silica fume* akan menghasilkan nilai penyerapan air yang meningkat seiring dengan meningkatnya nilai persentase *silica fume* yang digunakan. Hal ini dikarenakan *silica fume* memiliki sifat menyerap air. Penggunaan *silica fume* akan meningkatkan sifat beton dengan mengurangi permeabilitas sehingga dapat meningkatkan kekuatan beton (Suryanita et al., 2022).

### Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis dilakukan pada umur 28 hari. Pengaruh variasi persentase *silica fume* terhadap berat jenis *aerated concrete* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4.

**Tabel 3 Pengujian berat jenis beton**

Kode benda uji	<i>Silica fume</i> (%)	Berat jenis (kg/m <sup>3</sup> )	Persentase perubahan berat jenis (%)
Normal	0	2011,86	0
AC-0	0	1717,70	14,62
AC-10	10	1730,47	13,99
AC-15	15	1802,94	10,38



**Gambar 4. Hasil pengujian berat jenis beton**

Berdasarkan Tabel 3, berat jenis tertinggi terdapat pada campuran beton normal dengan nilai berat jenis sebesar 2011,86 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan perubahan berat jenis tertinggi terdapat pada campuran beton adalah pada variasi AC-15 dengan nilai berat jenis sebesar 1802,94 kg/m<sup>3</sup>.

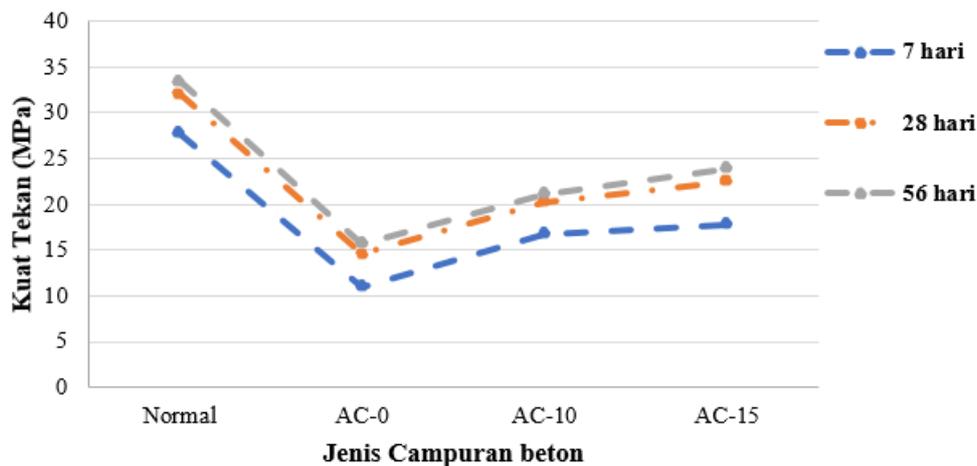
Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa penggunaan *silica fume* dengan persentase yang lebih tinggi dapat meningkatkan berat jenis, serta penggunaan *aluminum powder* pada *aerated concrete* menyebabkan penurunan berat jenis jika dibandingkan dengan beton normal karena terdapat banyak rongga udara yang terbentuk akibat reaksi hidrasi *aluminum powder* dengan semen. Pada *aerated concrete* mengalami peningkatan berat jenis seiring dengan peningkatan persentase penggunaan *silica fume*. Penambahan *silica fume* sebesar 10% berdasarkan berat semen meningkatkan densitas, kuat tekan, dan mengurangi penyerapan air (Nagroekienė et al., 2019).

**Pengujian Kuat Tekan**

Pengujian kuat tekan beton dengan persentase *silica fume* 0%, 10%, dan 15% dilakukan pada umur 7, 28, dan 56 hari. Pengujian kuat tekan berdasarkan umur beton dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4 Pengujian kuat tekan berdasarkan umur beton**

Kode benda uji	<i>Silica fume</i> (%)	Kuat tekan (MPa)		
		7 hari	28 hari	56 hari
Normal	0	27,80	32,08	33,43
AC-0	0	11,05	14,61	15,71
AC-10	10	16,80	20,29	21,14
AC-15	15	17,81	22,55	23,97

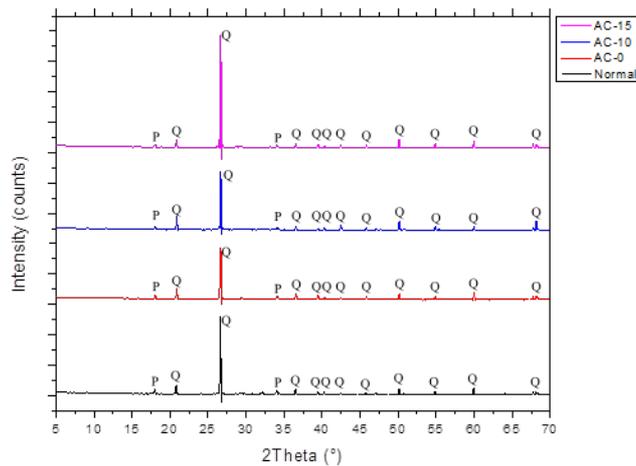


**Gambar 5. Hubungan antara kuat tekan dan umur beton**

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa pada *aerated concrete* dengan variasi persentase *silica fume* memiliki kuat tekan yang lebih tinggi. Beton yang tidak

menggunakan *silica fume* mempunyai hasil kuat tekan yang lebih rendah dibandingkan beton dengan penggunaan *silica fume*. Hal itu menunjukkan bahwa penambahan *silica fume* sebagai substitusi semen dapat meningkatkan kekuatan tekan. Pada penelitian ini diperoleh nilai kadar optimum substitusi *silica fume* adalah sebesar 15%. Kuat tekan meningkat dengan penambahan *silica fume* ke dalam campuran beton. Penggunaan *silica fume* lebih dari 20% dapat mengurangi kekuatan beton, karena berkurangnya kandungan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  dalam semen (Hamada et al., 2023).

**Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)**



**Gambar 6. Hasil pengujian XRD**

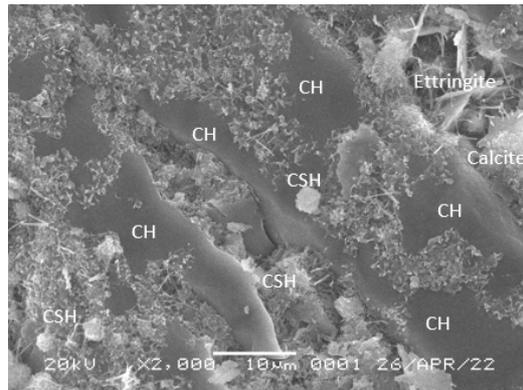
Dari hasil pengujian XRD yang ditunjukkan pada Gambar 6 menunjukkan bahwa semua benda uji terdiri dari komposisi yang didominasi oleh mineral *Quartz* ( $\text{SiO}_2$ ) dan *Portlandite* ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Hal ini sesuai dengan komposisi semen, pasir silika, dan *silica fume* yang dominan dengan mineral  $\text{SiO}_2$ , sedangkan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  adalah hasil sampingan dari reaksi hidrasi beton. Persentase amorf yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5 Persentase amorf aerated concrete**

Kode benda uji	%Kristalinitas	%Amorf
Normal	21,40	78,60
AC-0	22,70	77,30
AC-10	22,37	77,63
AC-15	21,98	78,02

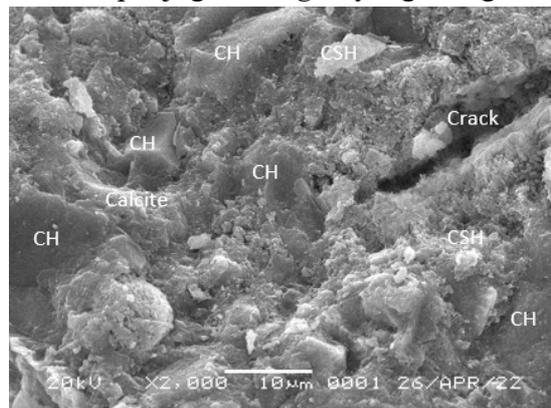
Dari hasil persentase amorf tersebut dapat disimpulkan bahwa persentase amorf tertinggi terdapat pada beton AC-15 dengan nilai sebesar 78,02%, dan yang terendah terdapat pada campuran AC-0 dengan nilai sebesar 77,30%.

### Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM)



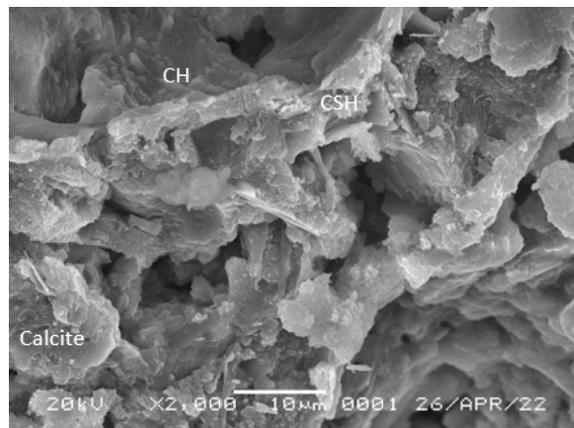
**Gambar 7. SEM benda uji Normal**

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa terdapat C-S-H yang tersebar pada campuran benda uji normal yang berpengaruh terhadap meningkatnya sifat mekanik dari beton. Pembentukan *Portlandite* (CH) dan *Calcite* juga tersebar pada campuran tersebut. Pembentukan dan distribusi mineral tersebut adalah salah satu penyebab meningkatnya sifat mekanik dari beton. Terdapat juga *ettringite* yang mengisi rongga dari beton.



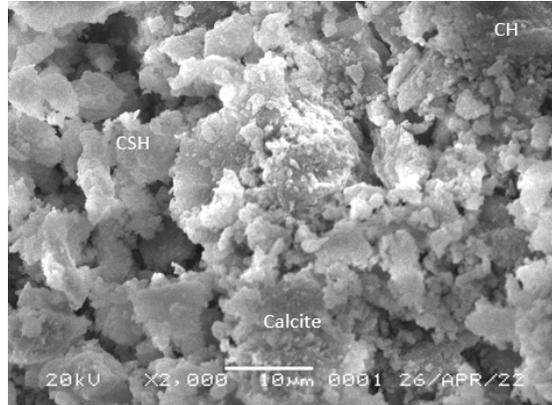
**Gambar 8. SEM benda uji AC-0**

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa pembentukan C-S-H berkurang dikarenakan adanya penambahan *aluminum powder* yang membentuk rongga sehingga mengurangi kekuatan beton. Pembentukan *Portlandite* (CH) dan *Calcite* juga berkurang sehingga menyebabkan penurunan kekuatan beton.



**Gambar 9. SEM benda uji AC-10**

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa terdapat lebih banyak pembentukan C-S-H dibandingkan dengan benda uji AC-0. Bentuk dari mikrostrukturnya juga berbeda dari beton normal dikarenakan adanya reaksi dari penambahan *silica fume* dan *aluminum powder*.



**Gambar 10. SEM benda uji AC-15**

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa pembentukan C-S-H, CH, dan *Calcite* lebih banyak tersebar dibandingkan benda uji *aerated concrete* yang lainnya.

### **Kesimpulan**

Hasil penelitian untuk Sifat fisik dan mekanik dari *aerated concrete* ini adalah sebagai berikut: (1) Semakin besar persentase *silica fume* yang disubstitusi terhadap semen, maka semakin kecil nilai *slump flow* yang didapat. Hal ini dikarenakan semakin tinggi persentase *silica fume* dapat mengurangi workabilitas dan membuat beton menjadi lebih kental karena *silica fume* mempunyai sifat menyerap air, (2) Semakin tinggi persentase *silica fume* yang digunakan, maka semakin cepat waktu ikat yang dibutuhkan, (3) Penggunaan *silica fume* dengan persentase yang lebih tinggi dapat meningkatkan berat jenis, serta penggunaan *aluminum powder* pada *aerated concrete* menyebabkan penurunan berat jenis jika dibandingkan dengan beton normal karena terdapat banyak rongga udara yang terbentuk akibat reaksi hidrasi *aluminum powder* dengan semen, (4) Berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan umur beton, dapat disimpulkan bahwa pola perkembangan kekuatan tekan pada beton umur uji 7 hari dan 28 hari mengalami peningkatan, serta pada umur uji 56 hari beton tetap mengalami peningkatan kekuatan tekan, (5) Pertambahan persentase *silica fume*, kuat tekan dan berat jenis pada *aerated concrete* mempunyai hubungan lurus yaitu semakin besar persentase *silica fume* maka berat jenis akan semakin kuat dan kuat tekan meningkat, (6) Persentase amorf tertinggi terdapat pada beton AC-15 dengan nilai sebesar 78,02%, dan yang terendah terdapat pada campuran AC-0 dengan nilai sebesar 77,30%, dan (7) Mikrostruktur beton dipengaruhi oleh perkembangan produk hidrasi dalam campuran beton serta berkorelasi dengan kekuatan beton.

Komposisi campuran optimum terhadap sifat mekanik *aerated concrete* yang menggunakan substitusi *silica fume* adalah pada campuran dengan kode benda uji AC-10 yang menggunakan persentase substitusi *silica fume* terhadap semen sebesar 10%.

## BIBLIOGRAFI

- Basuki, A., & Sadikin, M. I. (2012). Pengaruh Jenis Semen Dan Penambahan Silica Fume Terhadap Kekuatan Dan Durabilitas Beton. *Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik*, 2(1), 25-34.
- Cavanagh, K. J., Guirguis, S., Munn, R. L., Newbegin, J. D., Bruere, G. M., Cook, D. J., Cao, T., Ferguson, B. J., Beresford, F. D., & Symons, M. G. (1992). *Australian concrete technology*.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design : Qualitative, Quantitative, And Mixed Methods Approaches* (4th Ed). Thousand Oaks, California : SAGE Publications, Inc.
- Hamada, H. M., Abed, F., Katman, H. Y. B., Humada, A. M., Al Jawahery, M. S., Majdi, A., Yousif, S. T., & Thomas, B. S. (2023). Effect of silica fume on the properties of sustainable cement concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 8887–8908.
- Irawan, R. R. (2017). Kajian Sifat Kimia, Fisika, dan Mekanik Semen Portland di Indonesia (Assesment Of Chemical, Physical, and Mechanical Properties of Indonesian Portland Cements). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 34(2), 79-90.
- Moon, A. S., Varghese, V., & Waghmare, S. S. (2015). Foam concrete as a green building material. *International Journal for Research in Emerging Science and Technology*, 2(9), 25–32.
- Nagrockienė, D., Rutkauskas, A., Pundienė, I., & Girnienė, I. (2019). The effect of silica fume addition on the resistance of concrete to alkali silica reaction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 660(1), 12031.
- Neville, A. M. (1995). *Properties of concrete* (Vol. 4). Longman London.
- Nugroho, A., Triastuti, T., Sumarno, A., & Widodo, E. (2018). Studi tekno-ekonomi bata CLC (Cellular Lightweight Concrete) sebagai pengganti bata konvensional. *Rekayasa Sipil*, 7(1), 55–62.
- Reddy, M. S., & Neeraja, D. (2016). Mechanical and durability aspects of concrete incorporating secondary aluminium slag. *Resource-Efficient Technologies*, 2(4), 225–232.
- Shabbar, R., Nedwell, P., & Wu, Z. (2017). Mechanical properties of lightweight aerated concrete with different aluminium powder content. *MATEC Web of Conferences*, 120, 2010.
- Siddique, R., & Khan, M. I. (2011). *Supplementary cementing materials*. Springer Science & Business Media.
- Subagiono, Y., Maizir, H., & Suryanita, R. (2020). Perilaku Mekanik Bata Ringan dengan Penambahan Silica Fume. *Pekanbaru: Jurnal Rekayasa Sipil*.

Suryanita, R., Maizir, H., Zulapriansyah, R., Subagiono, Y., & Arshad, M. F. (2022). The effect of silica fume admixture on the compressive strength of the cellular lightweight concrete. *Results in Engineering*, *14*, 100445.

Taufik, H., Kurniawandy, A., & Arita, D. (2017). Tinjauan kuat tekan bata ringan menggunakan bahan tambah foaming agent. *Jurnal Saintis*, *17*(1), 52–62.

Wongkeo, W., & Chaipanich, A. (2010). Compressive strength, microstructure and thermal analysis of autoclaved and air cured structural lightweight concrete made with coal bottom ash and silica fume. *Materials Science and Engineering: A*, *527*(16–17), 3676–3684.

---

**Copyright holder:**

Mariana Safitri, Rosidawani, Hanafiah (2023)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

