

KUAT TEKAN BETON POFA (*PALM OIL FUEL ASH*) DENGAN BAHAN TAMBAH *SILICA FUME*

Wulan Ramanda Putri¹⁾, Panca Setia Utama²⁾, Monita Olivia³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil ²⁾Dosen Teknik Kimia ³⁾Dosen Teknik Sipil
Laboratorium Teknologi Struktur dan Bahan Bangunan Teknik Sipil Universitas Riau

Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. H. R. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Tampan,
Pekanbaru 28293

Email: wulan.ramanda2327@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Waste from processed palm oil is increasing over time. Palm Oil Fuel Ash (POFA) from boilers can be used as a substitute for cement in concrete because it contains silica and alumina. This study examines the optimum mix of cement replacement by Palm Oil Fuel Ash (POFA) and silica fume addition to the concrete mixture. The variables used are the variation of silica fume addition (0-15%) with the control concrete is PCC concrete. The concrete will be tested for its compressive strength and porosity at the age of 7 and 28 days after curing in plain water. Based on the test result, the control concrete's compressive strength was 21,74 MPa. The highest compressive strength was the concrete mixture without POFA replacement with 15% silica fume addition, the compressive strength is 26,83 MPa. It proves the addition of silica fume in concrete increases the compressive strength.

Keywords: Concrete, POFA, silica fume, compressive strength.

PENDAHULUAN

Perekonomian Indonesia sebagian besar diperoleh dari industri kelapa sawit. Menurut BUMN, Industri pengolahan kelapa sawit terbanyak di Indonesia berada di Provinsi Riau dengan jumlah industri sebanyak 140 industri menghasilkan 6.660 ton tbs/jam. Industri kelapa sawit ini akan menghasilkan minyak kelapa sawit yang menjadi yang menjadi kebutuhan warga di Indonesia. Dari hasil olahan industri minyak kelapa sawit ini akan menghasilkan sisa sisa yang tidak dipakai atau disebut juga dengan limbah. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Haryanti & Norsamsi pada tahun 2014, limbah padat yang dihasilkan dari pengolahan kelapa sawit berupa cangkang, serabut, dan tandan kelapa sawit. Limbah kelapa sawit akan terus bertambah dan menumpuk dan bila tidak ditangani dengan tepat dapat

menyebabkan pencemaran lingkungan (Haryanti & Norsamsi 2014).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ting et al. (2020) pemanfaatan POFA sebagai material pengganti semen dapat menjadi solusi pengurangan penggunaan semen dan pengurangan jumlah penumpukan limbah industri kelapa sawit sehingga akan baik bagi kelestarian lingkungan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hamada et al. (2018) disimpulkan bahwa POFA adalah material yang memiliki kandungan silika (SiO_2) yang tinggi sehingga POFA adalah material pozolan yang baik. Ranjbar et al. (2016) menyebutkan bahwa penggunaan POFA sebagai material dalam campuran beton memiliki kuat tekan yang sebanding atau lebih tinggi dari beton biasa pada umur 28 hari. Menurut penelitian Sata et al. pada tahun 2004, penggunaan POFA sebagai bahan pengganti semen

optimum pada campuran dengan kadar 20% dengan nilai kuat tekan sebesar 85,9 MPa.

Perkembangan teknologi beton dalam upaya meningkatkan kualitas dan kinerja beton selalu berkembang. Inovasi peningkatan mutu beton selalu muncul dalam studi di Indonesia bahkan dunia seperti menambahkan bahan yang bersifat *pozzolanic* ke dalam campuran beton seperti menambahkan mikrosilika seperti *silica fume* dalam campuran beton (Mahyar 2012). Ukuran partikel yang sangat kecil menjadikan *silica fume* adalah bahan tambah yang baik dalam material pencampur beton. Karena partikel yang kecil ini mampu mengisi rongga-rongga dalam beton sehingga beton menjadi kedap dan porositas akan menurun sehingga kualitas beton meningkat Alvan (2008).

Alvan (2008) menyebutkan bahwa *silica fume* memiliki ukuran yang sangat kecil akan mengisi rongga-rongga beton sehingga beton akan kedap. Jika kekedapan beton meningkat, maka kuat tekan beton juga akan meningkat. Pada penelitian Alvan (2008) diperoleh kuat tekan beton optimal pada kadar *silica fume* 5% dengan kuat tekan 224 kg/cm². Hal ini menunjukkan bahwa beton dengan bahan tambah *silica fume* memiliki kuat tekan lebih tinggi jika dibandingkan dengan beton normal.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton adalah material yang sering digunakan dalam konstruksi. Menurut SNI 03-2847-2002 beton adalah campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, dan air dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat.

Beton POFA

Material *pozzolan* yang sering digunakan sebagai bahan tambah maupun pengganti semen dapat berupa abu sawit (POFA), abu terbang (*fly ash*), bubuk kulit kerang, dan abu sekam padi (Sopian et al. 2018). Menurut Ahmad et al. (2008) POFA (*Palm Oil Fuel Ash*) adalah abu yang diperoleh dari serabut dan cangkang kelapa sawit yang dibakar di boiler oleh pabrik kelapa sawit dengan tujuan untuk mengekstrak minyak kelapa sawit.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Ting et al. (2020) pemanfaatan POFA sebagai material pengganti semen dapat menjadi solusi pengurangan penggunaan semen dan pengurangan jumlah penumpukan limbah industri kelapa sawit sehingga akan baik bagi kelestarian lingkungan.

Material Penyusun Beton Pofa

Agregat

Agregat adalah komponen penyusun beton terbesar jika dibandingkan dengan air dan semen. Kandungan agregat dalam campuran beton berkisar antara 70-80% dari berat campuran beton (Fadillah, 2017). Oleh sebab itu, agregat yang baik akan membuat beton menjadi kuat dan tahan lama. Agregat terbagi atas dua jenis yaitu agregat kasar dan agregat halus. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no. 4 (4,75 mm) menurut standar ASTM dan agregat kasar adalah agregat yang tertahan saringan no. 4 (4,75 mm) menurut standar ASTM.

Palm oil fuel ash (POFA)

Palm oil fuel ash atau yang disingkat POFA adalah hasil pembakaran dari cangkang dan serabut kelapa sawit yang berpotensi sebagai bahan pengganti semen (Bahrun 2018). Menurut penelitian yang telah dilakukan

oleh Hamada et al (2018) disimpulkan bahwa POFA adalah material yang mempunyai sifat *pozzolanic* karena mengandung silika dan alumina. Sifat *pozzolanic* POFA menjadikan POFA tidak hanya dapat digunakan sebagai material pengganti semen dalam adukan beton tapi POFA dapat meningkatkan kuat tekan dan ketahan beton (Ahmad et al., 2008). Unsur-unsur yang terkandung dalam POFA dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Komposisi unsur dalam POFA

Unsur	% Berat
SiO ₂	64,36
Al ₂ O ₃	4,36
Fe ₂ O ₃	3,41
CaO	7,92
MgO	4,58
SO ₃	0,04
K ₂ O	5,57
TiO ₂	0,87
MnO	0,1
P ₂ O ₅	3,64
H ₂ O	0,59

Sumber: (Farandia et al. 2019)

Penelitian penggantian semen menggunakan POFA telah dilakukan oleh Sata et.al., (2004) dengan variasi penggantian 10%, 20%, dan 30% dari berat semen. Penelitian yang dilakukan oleh Sata et.al., (2004) memperoleh kuat tekan beton POFA lebih tinggi dibandingkan beton normal. Variasi optimum diperoleh pada campuran 20% penggantian semen oleh POFA dengan kuat tekan 85,9 MPa. Sedangkan variasi 10% dan 30% masing masing 81,3 MPa dan 79,8 MPa. Penelitian beton POFA juga dilakukan oleh (Budiea et.al., 2010).

Bahan tambah *silica fume*

Silica fume adalah material pozzolan halus dengan kadar silika yang tinggi dari sisa produksi silikon atau tanur tinggi (ASTM C 1240-03a, 2005).

Ukuran partikel yang sangat kecil menjadikan *silica fume* adalah bahan tambah yang baik dalam material pencampur beton. Karena partikel yang kecil ini mampu mengisi rongga-rongga dalam beton sehingga beton menjadi kedap dan porositas akan menurun sehingga kualitas beton meningkat. *Silica fume* berbentuk tepung dengan diameter 0,1 mikrometer, berat jenis 2,2, dan berat volume sebesar 200-300 kg/m³ (Burge, 1988).

Peneliti seperti Alvan (2008) memperoleh hasil kuat tekan beton dengan bahan tambah *silica fume* lebih tinggi dibandingkan beton normal. Ukurannya yang kecil membuat beton lebih padat karena partikel *silica fume* mampu mengisi rongga-rongga sehingga kinerja beton meningkat. Penelitian yang dilakukan oleh Alvan (2008) mendapat kuat tekan optimum pada beton dengan kadar *silica fume* 5% sebesar 224 kg/cm² dari percobaan 0%, 5%, dan 10% *silica fume* pada beton.

Ramezianpour & Malhotra (1995) meneliti tentang perbandingan beton penggantian 10% semen oleh *silica fume*, penggantian 25% semen oleh slag, dan penggantian 25% semen oleh *fly ash*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Ramezianpour & Malhotra (1995) diperoleh kuat tekan tertinggi yaitu beton dengan penggantian 10% semen oleh *silica fume* sebesar 48,4 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan penggantian 25% semen oleh slag sebesar 41,1 MPa dan penggantian 25% semen oleh *fly ash* sebesar 31,5 MPa. Ramezianpour & Malhotra, (1995) menyimpulkan beton yang mengandung *silica fume* mampu meningkatkan kualitas beton, meningkatkan ketahanan terhadap ion klorida dan menghasilkan beton dengan permeabilitas sangat rendah.

Superplasticizer

Superplasticizer adalah salah satu jenis *sikament* yang membantu meningkatkan *workability* pembuatan beton. Penggunaan *silica fume* sebagai bahan tambah dalam pembuatan beton akan membutuhkan air yang lebih untuk menjaga *workability*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wuritno (2019) penggunaan *superplasticizer* mampu meningkatkan *workability* campuran beton sehingga faktor air semen tidak berubah. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamada et al. (2018) juga digunakan *superplasticizer* dalam pencampuran beton.

Semen portland

Semen adalah komponen yang paling penting dalam material penyusun beton. Semen berfungsi sebagai perekat antar agregat serta menjadi pengisi rongga-rongga pada beton. Semen *portland* terbuat dari kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini akan menghasilkan pasta yang jika mengering dan akan memiliki kekuatan seperti batu (Nawi, 1998).

Air

Air diperlukan dalam pembuatan beton agar terjadi reaksi kimia dengan semen dan juga sebagai pelumas dalam campuran agar mudah dalam pengerjaannya. Pada umumnya air yang digunakan untuk campuran beton adalah air yang dapat diminum. Jika air yang digunakan untuk campuran beton mengandung senyawa berbahaya atau memiliki pH rendah akan mempengaruhi kekuatan beton itu sendiri.

METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat meliputi pemeriksaan agregat kasar dan

pemeriksaan agregat halus yang akan digunakan dalam campuran beton.

Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji

Benda uji yang dibuat adalah benda uji silinder dengan dimensi 10,5 x 21 cm dengan variasi campurans yang dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Perencanaan optimasi campuran beton POFA

<i>Series</i>	<i>Concrete Mixes</i>	<i>POFA replacement (%)</i>	<i>%SF</i>
	POFA0_SF0	0	0
0%	POFA0_SF5	0	5
POFA	POFA0_SF10	0	10
	POFA0_SF15	0	15

Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam air biasa untuk menjaga hidrasi beton berlangsung dengan baik serta kelembaban beton terjaga.

Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima beban per satuan luas. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh perbandingan penggunaan air, semen, agregat halus, dan agregat kasar. Kuat tekan beton dapat diketahui melalui uji kuat tekan beton dan dengan rumus berikut:

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Dengan : P = Beban yang diterima

A = Luas permukaan beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas

Riau. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3 dan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Modulus kehalusan	6,81	5 - 8
Kadar air	0,16	<5
Berat Jenis		
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,63	2,50 – 2,70
b. <i>Bulk specific gravity (dry)</i>	2,52	2,50 – 2,70
c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,56	2,58 – 2,83
d. <i>Absorption</i>	1,63	<2
Berat volume		
a. Kondisi padat	1,49	1,40 – 1,90
b. Kondisi gembur	1,33	1,40 – 1,90
Ketahanan aus	40,26	<40

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

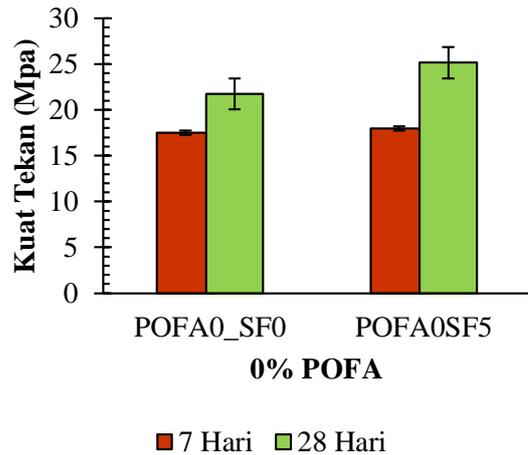
Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Modulus kehalusan	2,98	1,5 – 3,8
Kadar air	0,16	3 - 5
Berat Jenis		
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,67	2,50 – 2,70
b. <i>Bulk specific gravity (dry)</i>	2,59	2,50 – 2,70
c. <i>Bulk specific gravity on (SSD)</i>	2,62	2,58 – 2,83
d. <i>Absorption</i>	1,16	2 - 7
Berat volume		
a. Kondisi padat	1,72	1,40 – 1,90
b. Kondisi gembur	1,55	1,40 – 1,90
Kadar lumpur	0,64	< 5
Kadar organik	No. 2	No. 3

Berdasarkan hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar dan agregat halus diperoleh beberapa karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi standar yang telah ditentukan dan ada yang

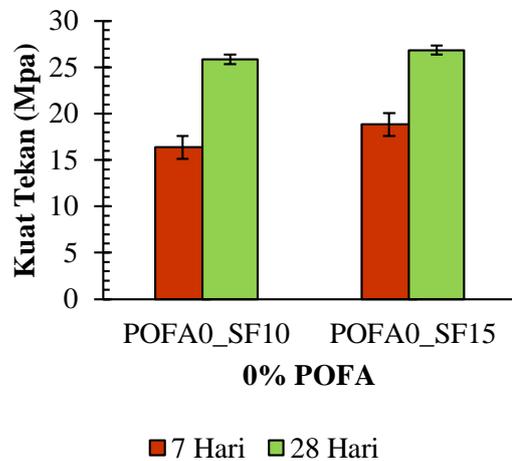
memenuhi standar spesifikasi agregat yang baik.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur beton 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 10,5 cm dan tinggi 21 cm.



Gambar 1. Kuat Tekan Beton Dengan 0% POFA



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Dengan 0% POFA

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa kuat tekan beton meningkat seiring pertambahan umur beton. Beton dengan kandungan *silica fume* 15% memiliki kuat tekan tertinggi sebesar 26,83 MPa pada umur 28 hari. Kuat

tekan beton yang memiliki kandungan *silica fume* 15% meningkat sebesar 23%. Beton dengan kandungan *silica fume* 5% kuat tekannya meningkat sebesar 15% yaitu 25,15 MPa. Kuat tekan beton yang mengandung *silica fume* sebesar 10% meningkat sebesar 18% yaitu 25,84 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *silica fume* pada campuran beton mampu meningkatkan kuat tekan secara signifikan. Kuat tekan beton terus meningkat seiring bertambahnya umur beton. Selain itu, penggunaan *silica fume* juga bisa membantu/memperbaiki beton usia dini. Penelitian Dotto et. al. (2004) juga menunjukkan bahwa peningkatan kuat tekan beton berbanding lurus dengan kadar *silica fume* yang digunakan. Dotto et. al. (2004) menunjukkan bahwa semakin banyak kadar *silica fume* dalam beton akan meningkatkan kuat tekan beton. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Yazici, (2008) bahwa penggunaan *silica fume* mampu meningkatkan kuat tekan beton.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian beton POFA dengan bahan tambah *silica fume* yang meliputi uji kuat tekan beton dan uji porositas beton dapat disimpulkan menjadi beberapa poin berikut.

1. Kuat tekan beton meningkat seiring bertambahnya kadar penambahan *silica fume*.
2. Kuat tekan beton tertinggi diperoleh pada campuran dengan kadar penambahan *silica fume* sebanyak 15% dengan nilai kuat tekan sebesar 26,83 MPa.

Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan berikut adalah beberapa saran yang dikemukakan untuk penelitian lanjutan.

1. Memberikan perlakuan yang sama pada setiap sampel untuk meminimalisir perbedaan yang signifikan.
2. Melakukan penelitian tentang beton POFA dengan bahan tambah *silica fume* lebih lanjut namun POFA dari sumber yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, M. H., Omar, R. C., Malek, M. A., Noor, N. M., & Thiruselvam, S. (2008). Compressive Strength of Palm Oil Fuel Ash Concrete. *Journal of Prevention and Intervention in the Community*, 17(1), 15–30. https://doi.org/10.1300/J005v17n01_02
- Alvan, S. (2008). *Pengaruh Penambahan Zat Aditif Terhadap Permeabilitas Beton Dan Kuat Tekan Beton*.
- Bahrin, S. M. B. (2018). *Effect Of Palm Oil Fuel Ash (POFA) For Fiber Reinforced Concrete Towards Corrosion Resistance*. 1–20.
- Budiea, A., Hussin, M. W., Muthusamy, K., & Ismail, M. E. (2010). Performance of High Strength POFA Concrete in Acidic Environment. *Concrete Research Letters*, 1(1), 14–18.
- Dotto, J. M. R., De Abreu, A. G., Dal Molin, D. C. C., & Müller, I. L. (2004). Influence of silica fume addition on concretes physical properties and on corrosion behaviour of reinforcement bars. *Cement and Concrete Composites*,

- 26(1), 31–39.
[https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00120-8](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00120-8)
- Fadillah, M. L. (2017). Densitas , Nilai Slump , Dan Kuat Tekan Beton OPC Dan OPC POFA Dengan Campuran Air Gambut Terpapar Di Lingkungan Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1–9.
- Farandia, R. Y., Olivia, M., & Darmayanti, L. (2019). Kinerja Beton High Volume POFA. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hamada, H. M., Jokhio, G. A., Yahaya, F. M., Humada, A. M., & Gul, Y. (2018). The present state of the use of palm oil fuel ash (POFA) in concrete. *Construction and Building Materials*, 175, 26–40.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.227>
- Haryanti, Norsamsi, S. (2014). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. *Jurnal Konversi*, 3(2), 20–26. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/315486354%0ASTUDI>
- Mahyar, H. (2012). Mikro Silika Sebagai Bahan Tambah Untuk Meningkatkan Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi. *Reintek*, 7(1), 8–14.
- Nawi, E. G. (1998). *Beton Bertulang*.
- Ramezaniapour, A. A., & Malhotra, V. M. (1995). Effect of curing on the compressive strength, resistance to chloride-ion penetration and porosity of concretes incorporating slag, fly ash or silica fume. *Cement and Concrete Composites*, 17(2), 125–133.
[https://doi.org/10.1016/0958-9465\(95\)00005-W](https://doi.org/10.1016/0958-9465(95)00005-W)
- Ranjbar, N., Behnia, A., Alsubari, B., Moradi Birgani, P., & Jumaat, M. Z. (2016). Durability and mechanical properties of self-compacting concrete incorporating palm oil fuel ash. *Journal of Cleaner Production*, 112, 723–730.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.033>
- Sata, V., Jaturapitakkul, C., & Kiattikomol, K. (2004). Utilization of palm oil fuel ash in high-strength concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 16(6), 623–628.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0899-1561\(2004\)16:6\(623\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0899-1561(2004)16:6(623))
- Sopian, Ismeddiyanto, & Olivia, M. (2018). *Kuat Tekan Beton HVFA Di Air Gambut*. 5(2002), 1–8.
- Ting, T. Z. H., Ting, M. Z. Y., Rahman, M. E., & Pakrashi, V. (2020). Palm Oil Fuel Ash: Innovative Potential Applications as Sustainable Materials in Concrete. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11317-7>
- Wuritno, B. (2019). Pengaruh Penambahan Sikament-NN dan Silica Fume Pada Beton Muutu Tinggi Dengan Kemampuan Memadat Secara Mandiri (High Strength Self Compacting Concrete). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1–10.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Yazici, H. (2008). *The effect of silica fume and high-volume Class C fly ash on mechanical properties , chloride penetration and freeze –*

*thaw resistance of self-compacting
concrete.* 22, 456–462.
[https://doi.org/10.1016/j.conbuild
mat.2007.01.002](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2007.01.002)