

Journal homepage: <http://jurnal.polinema.ac.id/>

VARIASI SILICA FUME TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL DENGAN PERAWATAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT

Rizky Febrian Saputra¹, Kharisma Nur Cahyani²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³
rizky289f@gmail.com¹, kharismanurcahyono@polinema.ac.id²

ABSTRAK

Penelitian ini membandingkan dampak penggunaan silica fume (SF) terhadap kekuatan tekan beton setelah direndam dalam air tawar dan air laut selama 7 dan 21 hari. Kota Semarang yang merupakan kota pesisir mengalami masalah intrusi air laut yang memengaruhi kualitas infrastruktur, terutama beton yang rentan rusak karena kandungan klorida dan garam. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui bagaimana variasi penambahan SF (0%, 3%, 7%, 13%) memengaruhi kekuatan tekan beton. Dibuat 4 variasi campuran beton yang diuji setelah direndam dalam air tawar dan air laut selama 7 dan 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan SF meningkatkan kekuatan tekan beton. Pada usia 7 hari, hasil kekuatan tekan dengan perawatan air tawar adalah BN (13.81 Mpa, 13.02 Mpa, 16.65 Mpa), SF 3% (16.76 Mpa, 9.85 Mpa, 17.95 Mpa), SF 7% (16.59 Mpa, 13.87 Mpa, 16.31 Mpa), SF 13% (17.04 Mpa, 17.66 Mpa, 21.34 Mpa). Sementara itu, dengan perawatan air laut, BN (13.70 Mpa, 15.57 Mpa, 12.97 Mpa), SF 3% (15.63 Mpa, 15.63 Mpa, 15.68 Mpa), SF 7% (12.74 Mpa, 10.87 Mpa, 13.59 Mpa), SF 13% (16.02 Mpa, 15.29 Mpa, 10.08 Mpa). Pada usia 21 hari, hasil kekuatan tekan dengan perawatan air tawar adalah BN (25.70 Mpa, 18.63 Mpa, 20.10 Mpa), SF 3% (15.68 Mpa, 22.76 Mpa, 24.18 Mpa), SF 7% (26.27 Mpa, 34.54 Mpa, 31.42 Mpa), SF 13% (19.82 Mpa, 21.51 Mpa, 25.42 Mpa). Sedangkan dengan perawatan air laut, BN (27.23 Mpa, 20.21 Mpa, 25.48 Mpa), SF 3% (21.12 Mpa, 21.23 Mpa, 23.44 Mpa), SF 7% (24.97 Mpa, 24.63 Mpa, 29.44 Mpa), SF 13% (20.33 Mpa, 24.57 Mpa, 23.21 Mpa). Kekuatan tekan terbaik diperoleh pada penambahan SF sebesar 7%, yang menghasilkan nilai kekuatan tekan tertinggi dibandingkan variasi lainnya baik saat dicelup dalam air tawar maupun air laut. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi SF sebanyak 7% efektif untuk meningkatkan kekuatan tekan beton, sehingga berpotensi digunakan dalam aplikasi struktural.

Kata kunci : silica fume (SF); kuat tekan; air tawar; air laut; beton

ABSTRACT

This study compares the impact of using silica fume (SF) on the compressive strength of concrete after being immersed in freshwater and seawater for 7 and 21 days. The coastal city of Semarang is experiencing saltwater intrusion, which affects the quality of infrastructure, particularly concrete, which is susceptible to damage due to chloride and salt content. The purpose of this study is to determine how varying additions of SF (0%, 3%, 7%, 13%) affect the compressive strength of concrete. Four concrete mix variations were prepared and tested after being submerged in freshwater and seawater for 7 and 21 days. The research results indicate that the addition of SF increases the compressive strength of concrete. At 7 days of age, the compressive strength results with freshwater curing are BN (13.81 Mpa, 13.02 Mpa, 16.65 Mpa), SF 3% (16.76 Mpa, 9.85 Mpa, 17.95 Mpa), SF 7% (16.59 Mpa, 13.87 Mpa, 16.31 Mpa), SF 13% (17.04 Mpa, 17.66 Mpa, 21.34 Mpa). Meanwhile, with seawater curing, BN (13.70 Mpa, 15.57 Mpa, 12.97 Mpa), SF 3% (15.63 Mpa, 15.63 Mpa, 15.68 Mpa), SF 7% (12.74 Mpa, 10.87 Mpa, 13.59 Mpa), SF 13% (16.02 Mpa, 15.29 Mpa, 10.08 Mpa). At 21 days of age, the compressive strength results with freshwater curing are BN (25.70 Mpa, 18.63 Mpa, 20.10 Mpa), SF 3% (15.68 Mpa, 22.76 Mpa, 24.18 Mpa), SF 7% (26.27 Mpa, 34.54 Mpa, 31.42 Mpa), SF 13% (19.82 Mpa, 21.51 Mpa, 25.42 Mpa). The best compressive strength was obtained with the addition of 7% SF, which resulted in the highest compressive strength value compared to other variations, both when immersed in freshwater and seawater. This finding indicates that a combination of 7% SF is effective in increasing the compressive strength of concrete, making it potentially suitable for structural applications.

Keywords : silica fume (SF); compressive strength; freshwater; seawater; concrete

1. PENDAHULUAN

Beton adalah salah satu bahan konstruksi yang paling umum digunakan di seluruh dunia, karena memiliki daya tekan yang kuat, keawetan, serta kemampuan untuk dibentuk sesuai dengan kebutuhan proyek. Meskipun begitu, beton tetap menghadapi berbagai tantangan dalam hal kinerjanya, terutama ketika digunakan di berbagai lingkungan, seperti air tawar dan air laut. Lingkungan tersebut dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanik beton, termasuk daya tekan serta ketahanannya terhadap berbagai faktor eksternal seperti korosi dan penurunan kualitas.

Salah satu faktor lingkungan yang sangat memengaruhi kualitas beton adalah air laut. Kandungan garam dan ion klorida dalam air laut dapat mempercepat proses korosi pada besi tulangan dan menurunkan kekuatan beton karena terjadi reaksi kimia serta kerusakan permukaan. Hal ini menyebabkan tantangan tersendiri dalam membangun struktur di daerah pesisir, pelabuhan, dan bangunan yang berada di tengah laut. Oleh karena itu, dibutuhkan penggunaan material beton yang memiliki spesifikasi dan ketahanan lebih baik. Untuk itu, diperlukan inovasi pada bahan baku yang dapat meningkatkan daya tahan dan kinerja beton terutama terhadap lingkungan yang keras dan agresif.

Peningkatan kualitas beton bisa dicapai dengan cara inovatif, salah satunya adalah menggunakan bahan tambahan seperti silica fume. Silica fume adalah bahan yang dihasilkan sebagai limbah dari industri dan memiliki banyak kandungan silika. Bahan ini mampu memperkuat beton dengan meningkatkan daya tahan tekanannya.

Penelitian mengenai penggunaan silica fume sebagai bahan tambahan pada beton telah banyak dilakukan dan terbukti dapat meningkatkan kekuatan tekan serta mengurangi porositas beton. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan dengan media perawatan (curing) menggunakan air tawar, sementara pengaruh perawatan beton dalam air laut terhadap kinerja mekaniknya, khususnya kuat tekan, masih belum banyak dikaji secara mendalam.

Selain itu, variasi kadar silica fume yang optimal untuk mencapai kuat tekan maksimum pada kondisi lingkungan yang berbeda (air tawar dan air laut) juga masih menjadi topik yang belum memiliki kesimpulan pasti. Beberapa penelitian menunjukkan peningkatan kekuatan dengan penambahan silica fume hingga kadar tertentu, namun pada kadar yang lebih tinggi justru terjadi penurunan performa. Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk memahami hubungan antara kadar silica fume, media perawatan, dan umur beton secara lebih komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi silica fume terhadap kuat tekan beton normal dengan perawatan di air tawar dan air laut. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan material beton yang berkualitas tinggi, ekonomis, dan berkelanjutan, khususnya untuk kebutuhan konstruksi di Indonesia.

2. METODE

Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental, di mana beton dengan berbagai variasi komposisi silica fume akan dibuat dan diuji kekuatannya. Desain ini melibatkan pengujian beberapa sampel beton dengan perbandingan campuran yang berbeda untuk mengamati perubahan sifat mekanis. Benda uji berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm, dibuat dengan kombinasi kadar SF (0%, 3%, 7%, 13%) masing-masing variasi sebanyak 12 sampel untuk uji tekan.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Campuran beton dirancang berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan mutu rencana 20 MPa. Agregat diuji sebelumnya untuk kadar air, berat jenis, gradasi. Nilai slump beton segar diukur sesuai SNI 1972:2008, dan perawatan dilakukan dengan metode perendaman selama 7 dan 21 hari.

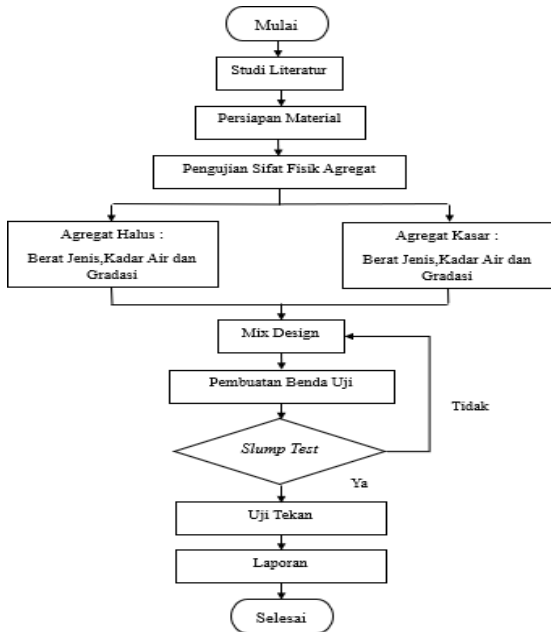
Tabel 2. 1 Rencana Jumlah Benda Uji Kuat Tekan

Curing	Silica Fume			
	0%	3%	7%	13%
Air Tawar	6	6	6	6
Air Laut	6	6	6	6

1. Penelitian diawali dengan perencanaan awal dan penyusunan tahapan penelitian.
2. Melakukan kajian pustaka terhadap jurnal, buku, dan standar terkait material, metode, dan pengujian beton, termasuk pemahaman tentang agregat halus dan kasar serta metode perancangan campuran beton (mix design).
3. Menyediakan semua material yang diperlukan, seperti semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil/batu pecah), air, dan silica fume.
4. Melakukan Pengujian sifat fisik agregat halus dan kasar berat jenis, kadar air dan gradasi.
5. Berdasarkan hasil pengujian agregat, dilakukan perhitungan mix design sesuai metode yang digunakan (SNI 03-2834-2000), untuk menentukan proporsi material dalam campuran beton.
6. Melakukan pembuatan benda uji sesuai hasil mix design dan mencetak benda uji berbentuk silinder sesuai standar pengujian.
7. Melakukan pengujian slump untuk mengetahui kelecakan (workability) beton segar, Jika hasil sesuai dengan target workability, maka dilanjutkan ke tahap berikutnya. Jika belum sesuai, maka dilakukan penyesuaian mix design dan pengulangan pembuatan benda uji.
8. Setelah beton mencapai umur 7 dan 21 hari dilakukan pengujian kuat tekan beton menggunakan mesin uji tekan.
9. Pembuatan laporan penelitian data hasil pengujian termasuk grafik, tabel, dan pembahasan hasil.

10. Penelitian selesai setelah laporan akhir disusun sesuai ketentuan.

Untuk melengkapi alur metode penelitian maka terdapat flowchart pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. 1 Flowchart Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proporsi Beton

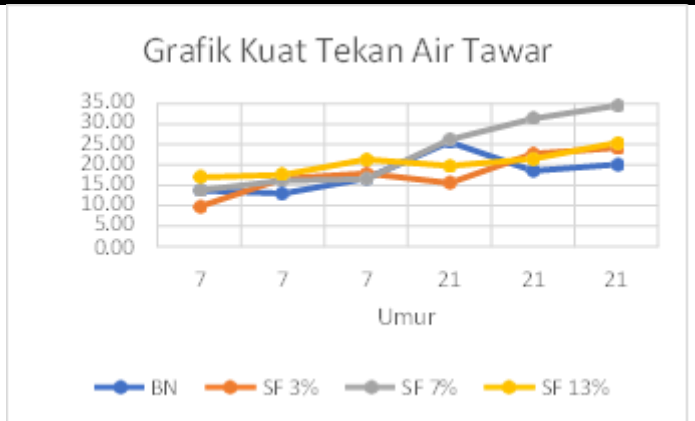
Perencanaan campuran beton dilakukan untuk menentukan proporsi material penyusun beton guna mencapai kekuatan tekan yang ditargetkan secara efisien dan ekonomis. Pada penelitian ini, mix design disusun berdasarkan berdasarkan acuan SNI 03-2834-2000 dengan kuat tekan rencana sebesar 20 MPa pada umur 7 dan 21 hari.

Tabel 3. 1 Proporsi Campuran Material

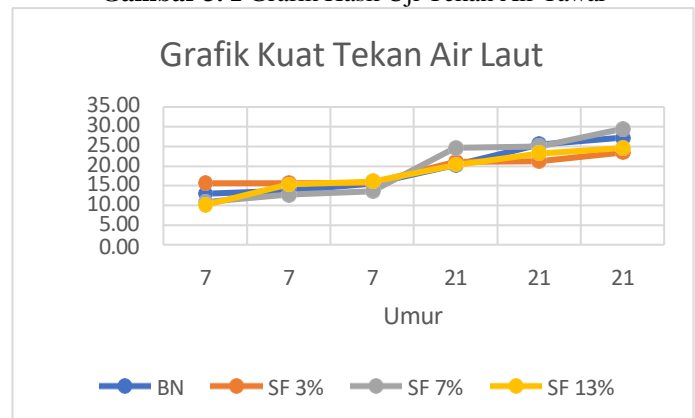
Variasi	Semen (kg)	Air (kg)	Pasir (kg)	Kerikil (kg)	SF (kg)
SF 0%	22,8	11,4	33,6	86,8	0
SF 3%	22,8	11,4	33,6	86,8	0,68
SF 7%	22,8	11,4	33,6	86,8	1,59
SF 13%	22,8	11,4	33,6	86,8	2,96

B. Kuat Tekan

Kuat tekan tertinggi diperoleh pada air tawar 7 hari variasi 13% silica fume dengan rata-rata kuat tekan sebesar 18,68 MPa, dan kuat tekan pada air tawar 21 hari tertinggi diperoleh variasi silica fume 7% dengan rata-rata kuat tekan 30,74 Mpa. Sedangkan untuk kuat tekan pada air laut 7 hari tertinggi diperoleh variasi silica fume 3% dengan rata-rata kuat tekan 15,64 Mpa dan untuk 21 hari tertinggi diperoleh variasi silica fume 7% dengan kuat tekan rata-rata 26,34 Mpa



Gambar 3. 1 Grafik Hasil Uji Tekan Air Tawar



Gambar 3.2 Grafik Hasil Uji Tekan Air Laut

Berdasarkan grafik kuat tekan beton pada perawatan air tawar dan air laut, terlihat bahwa nilai kuat tekan meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton pada semua variasi campuran. Pada perawatan air tawar, beton dengan penambahan silica fume 7% menunjukkan peningkatan kuat tekan paling signifikan dibanding variasi lainnya, terutama pada umur 21 hari. Sementara itu, pada perawatan air laut, pola peningkatan kuat tekan juga terlihat serupa, meskipun nilai yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibanding air tawar. Secara umum, penambahan silica fume memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kuat tekan beton, di mana variasi 7% menghasilkan performa terbaik dibandingkan beton normal maupun variasi 3% dan 13%

C. Regresi Linear Berganda

Regresi Linear Berganda merupakan metode analisis statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara satu variabel dependen dengan dua atau lebih variabel independen yang diduga memengaruhinya. Teknik ini menyediakan kerangka analisis yang memungkinkan peneliti memahami seberapa besar kontribusi masing-masing variabel prediktor terhadap perubahan variabel respon. Dalam model regresi, hubungan tersebut direpresentasikan melalui persamaan linear yang memuat konstanta dan koefisien regresi, di mana setiap koefisien menunjukkan arah dan besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas ketika variabel lain dianggap konstan.

Tabel 3.2 Hasil Regresi Kuat Tekan Beton

Parameter	Value	Standard Error	t-Value	Prob > t
Intercept	10.406	1.374	7.575	<0.0001
Air Tawar/Laut	-0.960	1.010	-0.950	0.347
Umur Beton	0.634	0.072	8.786	<0.0001
Silica Fume	0.102	0.104	0.984	0.331

Tabel 3.3 Statistik Model Regresi Kuat Tekan Beton

Parameter	Value
Number of Points	48
Degrees of Freedom	44
Residual Sum of Squares	538.955
R Value	0.8016
R-Square (COD)	0.6425
Adj. R-Square	0.6181

Hasil analisis regresi linier menunjukkan bahwa penambahan *Silica Fume* (SF), umur beton serta perawatan air tawar dan laut cenderung menaikkan kuat tekan beton, dengan persamaan regresi: $f_c = 10,406 - 0,960 \cdot \text{Air Tawar/Laut} + 0,634 \cdot \text{Umur Beton} + 0,102 \text{ Silica Fume}$.

Silica Fume menunjukkan koefisien positif, yang berarti setiap penambahan 1% silica fume dapat meningkatkan kuat tekan beton sebesar 0.102 MPa. Namun, $p = 0.331 > 0.05$, sehingga pengaruh silica fume terhadap kuat tekan tidak signifikan secara statistik

Berdasarkan hasil analisis regresi linier berganda, diperoleh bahwa variabel umur beton memiliki pengaruh yang paling signifikan terhadap kuat tekan beton dengan nilai koefisien positif sebesar 0,634 dan tingkat signifikansi $p < 0,0001$, yang menunjukkan bahwa semakin lama umur beton maka kekuatannya akan meningkat secara nyata. Variabel perawatan (air tawar dan air laut) memiliki koefisien negatif sebesar -0,960 dengan nilai $p = 0,347$, yang berarti bahwa perendaman dalam air laut cenderung menurunkan kuat tekan beton, meskipun pengaruhnya tidak signifikan secara statistik.

Sementara itu, variabel *Silica Fume* memiliki koefisien positif sebesar 0,102 dengan nilai $p = 0,331$, menunjukkan bahwa penambahan *Silica Fume* berpotensi meningkatkan kuat tekan beton, namun tidak berpengaruh secara signifikan. Nilai R sebesar 0,8016 dan R^2 sebesar 0,6425 menunjukkan bahwa model regresi ini memiliki hubungan yang kuat dan mampu menjelaskan sekitar 64,25% variasi kuat tekan beton yang terjadi, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar model seperti rasio air-semen, mutu agregat, atau kondisi curing. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa umur beton merupakan faktor utama yang berperan dalam peningkatan kuat tekan, sedangkan *Silica Fume* dan perawatan memberikan pengaruh tambahan yang positif namun tidak signifikan terhadap hasil akhir kekuatan beton.

D. ANOVA

Analisis Varians (ANOVA) merupakan metode statistik inferensial yang digunakan untuk menguji perbedaan rata-rata antara tiga atau lebih kelompok perlakuan dalam suatu penelitian. Teknik ini bekerja dengan membandingkan variasi antar kelompok terhadap variasi di dalam kelompok, sehingga mampu mengidentifikasi apakah perbedaan rata-rata yang diamati disebabkan oleh perlakuan yang diberikan atau hanya akibat fluktuasi acak dalam data.

Tabel 3.4 Hasil ANOVA Kuat Tekan Beton

Sumber Varians	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Rata Rata Kuadrat	F hitung	F tabel
<i>Silica Fume</i>	810.465	1	810.465	52.8958	4,07
Air Tawar/Laut	1328.08	6	221.346	14.4464	2,32
Interaksi	190.628	6	31.7713	2.07358	2,32
Error	643.52	42	15.3219		
Total	2153,23	59,00			

Pada faktor penambahan silica fume didapatkan hasil Fhitung sebesar 52,895 > Ftabel 4,072 dan faktor perawatan air tawar dan air laut Fhitung sebesar 14,446 > Ftabel 2,323. Dari kedua faktor didapatkan Fhitung lebih besar dari Ftabel, sehingga dapat disimpulkan bahwa faktor penambahan silica fume dan faktor perawatan air tawar dan air laut berpengaruh terhadap kuat tekan beton.

Pengaruh perawatan (air tawar dan air laut) memiliki F hitung sebesar 14,4464, dengan F tabel sebesar 2,32. Karena F hitung > F tabel (14,4464 > 2,32), maka dapat disimpulkan bahwa jenis media perawatan juga berpengaruh signifikan terhadap kuat tekan beton. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi lingkungan perendaman memengaruhi reaksi hidrasi semen dan performa beton.

Interaksi antara *Silica Fume* dan perawatan menunjukkan F hitung sebesar 2,07358, sedangkan F tabel sebesar 2,32.

Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$ ($2,07358 < 2,32$), maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat interaksi yang signifikan antara Silica Fume dan jenis perawatan terhadap kuat tekan beton. Dengan kata lain, pengaruh Silica Fume terhadap kuat tekan tidak tergantung pada jenis media perendaman, dan sebaliknya.

D. Rencana Anggaran Biaya

Estimasi biaya difokuskan pada kebutuhan material berdasarkan harga asli di lapangan, tanpa memperhitungkan tenaga kerja dan alat. Perhitungan dilakukan pada dua jenis campuran, yaitu beton normal dan beton variasi silica fume untuk membandingkan efisiensi biaya material.

Perhitungan dilakukan pada dua jenis campuran, yaitu

Kebutuhan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Harga total
Semen	kg	91,2	Rp 2.000	Rp 182.400
Air	kg	45,6	Rp 14	Rp 638,4
Pasir	kg	134,74	Rp 625	Rp 84.213
Kerikil	kg	347,2	Rp 750	Rp260.400
Air Laut	lt	495	Rp 500	Rp 247.500
Total				Rp 755.151.

beton normal dan beton dengan variasi penambahan silica fume. Pemilihan kedua campuran ini dimaksudkan untuk membandingkan pengaruh penggunaan bahan tambahan terhadap efisiensi biaya material. Beton dengan variasi silica fume dianalisis tidak hanya dari sisi kebutuhan jumlah material, tetapi juga dari implikasi perubahan harga akibat penggunaan bahan tambahan tersebut.

Tabel 3.5 RAB Material Beton Normal

Tabel 3.6 RAB Material Beton Silica Fume

Kebutuhan	Satuan	Kuantitas	Harga Satuan	Harga total
Semen	kg	91,2	Rp 2.000	Rp 182.400
Air	kg	45,6	Rp 14	Rp 638,4
Pasir	kg	134,74	Rp 625	Rp 84.213
Kerikil	kg	347,2	Rp 750	Rp260.400
Silica Fume	kg	6	Rp 30.000	Rp 180.000
Air Laut	lt	495	Rp 500	Rp 247.500
Total				Rp 955.151.

Berdasarkan perhitungan kebutuhan material, total biaya yang diperlukan untuk pembuatan benda uji beton dengan penambahan silica fume mencapai Rp 955.151. Material utama yang digunakan meliputi semen sebanyak 91,2 kg dengan harga satuan Rp 2.000 sehingga total biayanya Rp 182.400, air sebanyak 45,6 kg dengan harga Rp 14 per kilogram senilai Rp 638,4, pasir sebanyak 134,74 kg dengan harga Rp 625 per kilogram senilai Rp 84.213, serta kerikil sebanyak 347,2 kg dengan harga Rp 750 per kilogram dengan total Rp 260.400. Selain itu, digunakan bahan tambahan berupa silica fume sebanyak 6 kg dengan harga Rp 30.000 per

kilogram senilai Rp 180.000, serta air laut sebanyak 495 liter dengan harga Rp 500 per liter sehingga total biayanya Rp 247.500. Seluruh material tersebut digunakan sebagai komponen utama dalam proses pembuatan dan pengujian beton pada penelitian ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium terhadap kuat tekan dan nilai slump beton dengan variasi silica fume (SF), maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan silica fume pada campuran beton normal, 3%, 7% dan 13% yang di curing menggunakan air tawar pada 21 hari berpengaruh pada peningkatan nilai kuat tekan beton dengan mutu beton $f'c$ 20 Mpa.
2. Penambahan silica fume pada campuran beton normal, 3%, 7% dan 13% yang di curing menggunakan air laut pada 21 hari tidak terlalu berpengaruh signifikan pada peningkatan nilai kuat tekan beton dengan mutu beton $f'c$ 20 Mpa.
3. Dari hasil rata-rata kuat tekan umur 21 hari pada air tawar cukup berpengaruh signifikan diperoleh tertinggi sebesar 30,74 Mpa terdapat pada variasi beton silica fume 7%. Sedangkan hasil rata-rata kuat tekan umur 21 hari pada air laut mengalami kenaikan tetapi tidak terlalu signifikan diperoleh tertinggi 26,34 Mpa pada variasi beton silica fume 7% Hal ini dikarenakan air laut mengandung klorida sehingga kuat tekan pada beton tidak terlalu berpengaruh dibandingkan dengan air tawar.
4. Berdasarkan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang telah dilakukan, total biaya yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian ini untuk beton normal adalah sebesar Rp 755.151. Biaya tersebut kebutuhan bahan utama beton. Sedangkan anggaran untuk beton dengan penambahan silica fume sebesar Rp 955.151 ini disusun untuk mendukung pelaksanaan penelitian mengenai pengaruh variasi silica fume terhadap kuat tekan beton normal dengan perawatan menggunakan air tawar dan air laut, serta telah disesuaikan dengan kebutuhan yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Badan Standarisasi Nasional (2000) “SNI 03-2834-2000 Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.”
 [2] Badan Standarisasi Nasional (2011b) “SNI 1974:2011 Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder.”
 [3] Badan Standarisasi Nasional (2008a) “SNI 1969:2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air

agregat kasar.”

- [4] Badan Standarisasi Nasional (2008b) “SNI 1970:2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus.”
- [5] Resky, D, Henggar, RD, Ghina, A (2023). PERBANDINGAN PENGARUH PENGGUNAAN AIR TAWAR DAN AIR LAUT PADA PROSES CURING TERHADAP KUAT TEKAN BETON
- [6] Hakas, P & As’at, P (2018). PENGARUH PERAWATAN (CURING) PERENDAMAN AIR LAUT DAN AIR TAWAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON
- [7] Khozi et al. (2025). KUAT TEKAN BETON DENGAN DAN TANPA PENAMBAHAN SILICA FUME DALAM RENDAMAN AIR LAUT
- [8] Frianto,T, Lolom, EH, Risma, MS (2024). BESTMITTEL AND SILICA FUME EFFECT ON CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH WITH SEAWATER CURING
- [9] Reni et al. (2017). STUDI PENGGUNAAN SILICA FUME SEBAGA BAHAN PENGISI (FILLER) PADA CAMPURAN BETON
- [10] Hussein et al (2023) EFFECT OF SILICA FUME ON THE PROPERTIES OF SUSTAINABLE