

Perbandingan Pemakaian Air Kapur Serta Pengaruh Penambahan *Sika Fume* Terhadap Ketahanan Beton Mutu Tinggi

Fahrizal Zulkarnain^{*1}, Irgi Ilham Sani¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Email: fahrizalzulkarnain@umsu.ac.id

Abstact: This research to use added material in the from of *sika fume* which aims to increase the durability and compressive strength of concrete. In addition, in an effort to produce a better quality concrete, lime water is used as the water for mixing the concrete. In this study, 10% sika fume by wight of cement was used, while the lime water used was based on soaking quicklime dissolved in water. The dimensions of the cylindrical specimen are 15 x 30 cm. The mixed design uses the SNI 03-2834-2000 method. Each variation is made 2 specimens, so that the total is 16 specimens. Soaking for 28 days of fresh water after that was immersed in sulfuric water for 28 days. The test carried out is the concrete compressive strength test. The result of the optimum compressive strenght at 28 days of immersion in fresh water occurred in concrete with a mixture of fresh water + 10% *sika fume*, which was 26,24 MPa. After soaking is sulfate water for 28 days of immersion, the reaction of concrete to sulfate has had an effect on changes in the compressive strenght of concrete.

Keyword: concrete, sika fume, lime water, sulfate water, compressive strenght resistance

Abstrak: Penelitian ini mencoba menggunakan bahan tambah berupa sika fume yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan dan kuat tekan beton. Selain itu, dalam usaha untuk menghasilkan mutu beton yang lebih baik digunakan air kapur sebagai air campuran adukan beton. Pada penelitian ini menggunakan sika fume sebesar 10% dari berat semen, sedangkan air kapur yang digunakan berasal dari perendaman kapur tohor yang dilarutkan dengan air. Dimensi benda uji silinder 15 x 30 cm. Rancangan campuran menggunakan metode SNI 03-2834-2000. Setiap variasi dibuat 2 benda uji, sehingga jumlah keseluruhannya 16 buah benda uji. Perendaman 28 hari air tawar setelah itu direndam dalam air sulfat dengan lama perendaman 28 hari. Pengujian yang dilakukan yaitu uji kuat tekan beton. Hasil kuat tekan optimum pada perendaman air tawar 28 hari terjadi pada beton dengan campuran air tawar + *sika fume* 10% yaitu sebesar 26,24 MPa. Setelah direndam air sulfat pada perendaman 28 hari reaksi beton terhadap sulfat sudah berpengaruh terhadap perubahan kuat tekan beton.

Kata kunci: sika fume, air kapur, air sulfat, kuat tekan,

PENDAHULUAN

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk massa padat (SNI 03-2847, 2002). Beton bukanlah suatu bahan yang dapat langsung diperoleh oleh alam, akan tetapi terbentuk atas dasar pengolahan dari beberapa material alami atau buatan sehingga membentuk suatu massa yang kokoh. Kekuatannya sangat dipengaruhi faktor-faktor komposisi campuran, mutu bahan dasar, kondisi temperatur tempat beton mengeras dan cara pembuatannya. (Sihombing, 2017)

Beton merupakan salah satu unsur bahan bangunan yang banyak dipakai sebagai bahan konstruksi bangunan. Beton banyak diminati karena kelebihan yang dimiliki dibandingkan bahan lainnya, antara lain beton mempunyai kuat tekan yang baik, tahan terhadap temperatur yang tinggi, dan tahan api. Selain kelebihan, beton juga memiliki kelemahan, salah satunya yang terjadi pada lingkungan yang agresif. Lingkungan yang agresif erat kaitannya dengan *durabilitas* yang merupakan salah satu karakteristik material konstruksi yang penting untuk diperhatikan. Pada lingkungan yang agresif, sifat *durabilitas* dari material yang digunakan dihadapkan pada permasalahan seperti serangan sulfat yang terkandung dalam tanah dan serangan ion klorida yang terkandung pada air laut (Prasetyo, 2014).

Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana ia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu yang direncanakan. Lingkungan asam yang mengandung unsur kimia asam akan merusak beton secara perlahan lahan mulai dari tepi dan sudut beton dengan terjadinya pelepasan butiran partikel beton sehingga beton menjadi keropos. Jika beton keropos, maka ikatan antara pasta beton dengan agregat akan semakin berkurang sehingga terjadi penurunan kuat tekan beton. Lingkungan yang agresif dapat membawa dampak yang merugikan terhadap beton, karena di lingkungan ini banyak terkandung zat-zat kimia yang bersifat reaktif terhadap unsur yang terdapat dalam beton. Seperti misalnya pada air tanah yang banyak mengandung garam sulfat dan salah satu diantaranya bersifat reaktif adalah magnesium sulfat. Struktur beton harus mampu menghadapi kondisi dimana dia direncanakan, tanpa mengalami kerusakan selama jangka waktu yang direncanakan. Beton yang demikian disebut mempunyai ketahanan yang tinggi (Prasetyo, 2014).

METODE



Beton merupakan konstruksi yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada Struktur bangunan. Bangunan didirikan dengan menggunakan beton sebagai bahan konstruksi utama, baik bangunan gedung, bangunan air, bangunan sarana transportasi dan bangunan-bangunan yang lainnya. Dalam beberapa kasus, campuran beton memerlukan bahan tambah untuk menunjang performancenya. Tujuan pemberian bahan tambah adalah untuk mengubah satu atau lebih dari sifat beton, sewaktu dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Misalnya untuk mempercepat pengerasan, meningkatkan workability, menambah kuat tekan, mengurangi sifat getas, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. (Rahmat & Hendriyani, 2016).

Secara umum pada beton yang baik, setiap butir agregat seluruhnya terbungkus dengan mortar. Demikian pula halnya dengan ruang antar agregat, harus terisi oleh mortar. Jadi kualitas pasta atau mortar menentukan kualitas beton. Semen adalah unsur kunci dalam beton, meskipun jumlahnya hanya 7-15% dari campuran. Beton dengan jumlah semen yang sedikit (sampai 7%) disebut beton kurus (*lean concrete*), sedangkan beton dengan jumlah semen yang banyak disebut beton gemuk atau *rich concrete* (Fallis, 2013).

Agar dihasilkan kuat desak beton yang sesuai dengan rencana diperlukan *mix design* untuk menentukan jumlah masing-masing bahan susun yang dibutuhkan. Disamping itu, adukan beton harus diusahakan dalam kondisi yang benar-benar homogen dengan kelecakan tertentu agar tidak terjadi segregasi. Selain perbandingan bahan susunnya, kekuatan beton ditentukan oleh padat tidaknya campuran bahan penyusun beton tersebut. Semakin kecil rongga yang dihasilkan dalam campuran beton, maka semakin tinggi kuat desak beton yang dihasilkan.

Pengaruh Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton. Tujuannya adalah untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Bahan tambah seharusnya hanya berguna kalau sudah ada evaluasi yang teliti tentang pengaruhnya pada beton, khususnya dalam kondisi dimana beton diharapkan akan digunakan. Bahan tambah ini biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan pengawasan yang ketat harus diberikan agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton. Sifat-sifat beton yang diperbaiki itu antara lain kecepatan *hidrasi* atau waktu pengikatan, kemudahan



pengerjaan, dan kekedapan terhadap air. Menurut (Departemen Pekerjaan Umum, 1991).

Sika Fume

Uap silika terpadatkan (*Condensed Silica Fume*, CSF) adalah produk samping dari proses fusi (smelting) dalam produksi silikon metal dan amalgam ferrosilikon (pada pabrik pembuatan mikrochip untuk komputer). Juga disebut *silika fume* (SF), *microsilika*, *silica fume dust*, *amorphous silica*, dan sebagainya. Namun SF yang dipakai untuk beton adalah yang mengandung lebih dari 75% silikon. Secara umum, SF mengandung SiO₂ 86-96%, ukuran butir rata-rata 0,1-0,2 micrometer, dan strukturnya amorphous (bersifat reaktif dan tidak terkristalisasi). Ukuran silika fume ini lebih halus dari pada asap rokok. *Silika fume* berbentuk seperti fly ash tetapi ukurannya lebih kecil sekitar seratus kali lipatnya. SF bisa didapat dalam bentuk bubuk, dipadatkan atau cairan yang dicampurkan dengan air 50%. Berat jenisnya sekitar 2,20 tetapi bulk density hanya 200-300 kg/m³. *Specific surface area* sangat besar, yaitu 15-25 m²/g. SF bisa dipakai sebagai pengganti sebagian semen, meskipun tidak ekonomis. Kedua sebagai bahan tambahan untuk memperbaiki sifat beton, baik beton segar maupun beton keras. (Sihombing, 2017)

Kapur

Kapur tohor adalah hasil bakaran dari batu kapur. Kapur padam adalah kapur hasil pemadaman dari kapur tohor yang membentuk hidrat (SK SNI S-04-1989-F). Kapur bereaksi dengan bermacam-macam komponen *pozzolan* yang halus untuk membentuk kalsium silika semen. *Silika* adalah mineral utama dari *fly ash* jika bereaksi dengan kapur maka akan membentuk gel Ca(Si)₃. (Lisantono & Purnandani, 2010). Batu kapur merupakan salah satu batuan yang sangat potensial untuk bahan tambah, namun tentunya dengan pemanfaatan yang bijaksana dan bukan dieksploitasi. Menurut Tjokrodiluljo (2007), batu kapur merupakan salah satu komponen bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat. Kemampuan yang dimiliki kapur ini dapat dimanfaatkan untuk menambah campuran beton. Hal ini mendasari studi mengenai penggunaan batu kapur sebagai bahan tambah beton. (Pratama et al., n.d.)

Slump Test

Slump beton ialah besaran kekentalan (*viscosity*)/plastisitas dan kohesif dari beton segar. Pengambilan nilai *slump* dilakukan untuk masing-masing campuran baik pada beton standar maupun beton yang menggunakan *additive* dan bahan penambahi (*admixture*). Pengujian *slump* dilakukan terhadap beton segar yang dituangkan kedalam wadah kerucut terpancung. Pengisian dilakukan dalam tiga

lapisan adalah 1/3 dari tinggi kerucut. Masing-masing lapisan harus dipadatkan dengan cara penusukan sebanyak 25 kali dengan menggunakan tongkat besi anti karat. Setelah penuh sampai permukaan atasnya diratakan dengan menggunakan sendok semen. Kemudian kerucut diangkat keatas secara vertikal dan *slump* dapat diukur dengan cara mengukur perbedaan tinggi antara wadah dengan tinggi beton setelah wadah diangkat. Tingkat kemudahan pengerjaan berkaitan erat dengan tingkat kelecakan atau keenceran adukan beton. Makin cair adukan maka makin mudah cara pengerjaannya. Untuk mengetahui kelecakan suatu adukan beton biasanya dengan dilakukan pengujian *slump*. Semakin tinggi nilai *slump* berarti adukan beton makin mudah untuk dikerjakan. (Badan Standardisasi Nasional, 1990).

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. (Rusmania, 2015)

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat kekuatan struktur, semakin tinggi pula mutu betonnya. Beton harus dirancang proporsi campurannya agar menghasilkan suatu kekuatan rata-rata yang disyaratkan. Pada tahap pelaksanaan konstruksi, beton telah dirancang campurannya harus diproduksi sedemikian rupa sehingga memperkecil terjadinya beton dengan kuat tekan lebih rendah dari f_c' seperti yang telah disyaratkan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton ; (1) proporsi bahan-bahan penyusunya, (2) metode perancangan, (3) perawatan, (4) keadaan pada saat pengecoran.

Tata cara pengujian yang umum dipakai adalah standar ASTM C 39. Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

1. Kuat tekan = $\frac{P}{A}$
2. P = Beban maksimum (kg)
A = Luas penampang (cm²)

HASIL

Mix Design

Pelaksanaan *Mix Design* dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Kuat tekan beton yang disyaratkan sudah ditetapkan yaitu 26 MPa untuk umur 28 hari.
- b. Menentukan nilai standar deviasi = 12 MPa.
- c. Nilai tambah (margin) = 5,7 MPa
- d. Kuat tekan rata-rata perlu f_{cr}



Kuat tekan rata-rata perlu diperoleh dengan:

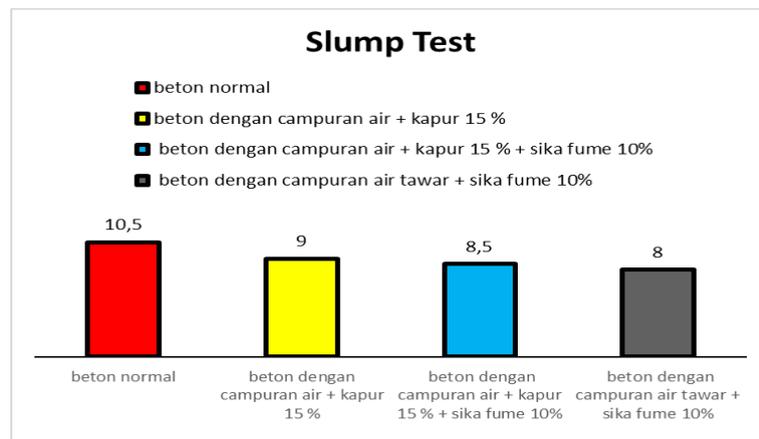
$$f_{cr} = f'_c + \text{standar deviasi} + \text{nilai tambah}$$

$$f_{cr} = 26 + 12 + 5,7$$

$$= 43,7 \text{ MPa}$$

Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan kerucut *abrams* dengan cara mengisi kerucut *abrams* dengan beton segar sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira-kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap-tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2,5 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*. Untuk beton normal tinggi slump 10,5 cm, variasi, beton Dengan Campuran Air + Kapur 15 % sebesar 9 cm, variasi beton Dengan Campuran Air + Kapur 15 % + sika fume 10% sebesar 8,5 cm, variasi beton Dengan Campuran Air Tawar + sika fume 10% sebesar 8,0 cm.



Gambar 1. Grafik perbandingan nilai *slump*

Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian tekan beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin tekan dengan kapasitas 1500 KN. Benda uji yang akan dites adalah berupa silinder dengan diameter 15 cm dan panjang 30 cm, seperti pada Gambar 2, dengan pengelompokan benda uji sesuai dengan variasi campurannya.



Gambar 2. Pengujian kuat tekan pada benda uji

Tabel 1. Hasil pengujian tekan beton normal rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12612	330000	18,67	22,49	22,14
2	12525	320000	18,1	21,80	

Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air + Kapur 15%

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 2 buah. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12751	320000	18,10	21,81	21,47
2	12632	310000	17,54	21,13	

Berdasarkan Tabel 2, menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% selama 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 21,47 MPa pada umur beton 28 hari.

Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Kapur 15% + sika fume 10%

Pengujian beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari. Hasil kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/ 0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12521	350000	19,80	23,86	23,86
2	12511	350000	19,80	23,86	

Berdasarkan Tabel 3, menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 23,86 MPa pada umur beton 28 hari.

Kuat Tekan Beton Dengan Campuran Air Tawar + sika fume 10%

Pengujian beton dengan campuran air tawar+ sika fume 10% dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, hasil kuat tekan beton dengan campuran air tawar + sika fume 10% rendaman air tawar 28 hari dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian tekan beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% rendaman air tawar

Benda Uji	Berat Benda Uji (kg)	Beban (P) (kg)	$f_c = \frac{P}{A}$ (MPa)	Faktor Silinder $F_{ct}/ 0,83$ (MPa)	f_c rata-rata (MPa)
Umur 28 hari					
1	12316	390000	22,06	26,58	26,24
2	12301	380000	21,50	25,90	

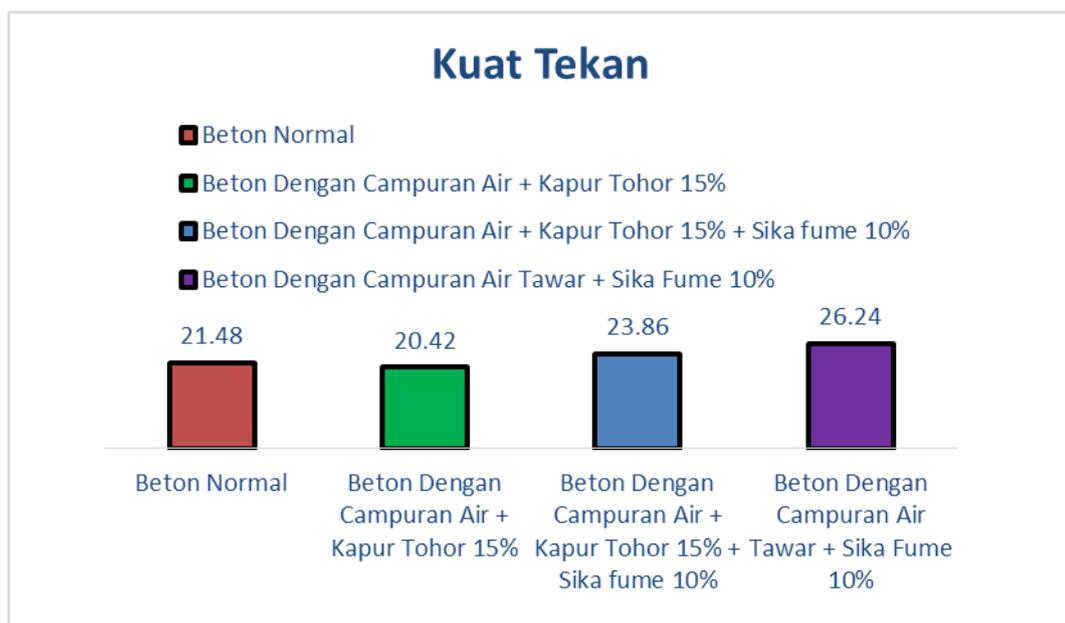
Berdasarkan Tabel 4. menjelaskan hasil uji kuat tekan beton dengan campuran air tawar + sika fume 28 hari. Dari masing-masing benda uji beton dengan campuran air kapur 15% + sika fume 10% yang diuji kuat tekannya, maka diperoleh nilai kuat tekan belah beton rata-rata sebesar 26,24 MPa pada umur beton 28 hari.

Hasil Pengujian Kuat Tekan

Dari hasil Gambar 4.6, menunjukkan bahwa penambahan sika fume 10% + dengan air tawar pada beton 28 hari dapat meningkatkan kuat tekan beton. Beton yang memiliki kuat tekan optimum terjadi pada beton dengan campuran air tawar + sika fume 10% dengan nilai 26,24 MPa. Hasil kuat tekan rata-rata paling rendah diperoleh pada beton dengan campuran air + kapur 15% pada umur 28 hari

sebesar 21,47 MPa. Penggunaan air kapur sebagai air campuran beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton karena menghasilkan kuat tekan yang lebih rendah dari pada penggunaan air tawar sebagai air campuran beton.

Berdasarkan kuat tekan rata-rata pada umur 28 hari kenaikannya tidak terlalu signifikan. Untuk hasil nilai f'_c pada penelitian ini untuk beton normal pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 22,14 MPa. Nilai tersebut masih dibawah dari nilai kuat tekan rencana 26 MPa. Namun untuk beton dengan campuran air tawar + sika fume 10% pada rendaman 28 hari memperoleh nilai f'_c sebesar 26,24 MPa. Nilai tersebut dapat dikatakan melampaui dari nilai kuat tekan rencana 26 MPa.



Gambar 3. Grafik persentase nilai kuat tekan beton umur 28 hari rendaman air tawar

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan penambahan sika fume 10% sebagai bahan tambah campuran beton memberikan nilai kuat tekan yang paling optimum pada rendaman air tawar dan rendaman air sulfat 28 hari dan memberikan pengaruh terhadap ketahanan yang lebih baik dibandingkan beton normalnya.

Perbandingan kuat tekan beton normal, kuat tekan beton dengan campuran air kapur dan kuat tekan beton dengan penambahan sika fume sebesar 10% memperlihatkan bahwa kuat tekan beton pada rendaman air tawar dan air sulfat yang menggunakan sika fume sebesar 10% lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton normal dan kuat tekan beton dengan campuran air kapur, hal ini memiliki

kesamaan sesuai dengan penelitian Reni Oktaviani tahun 2017 dimana hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa beton menggunakan sika fume sebagai bahan tambah campuran beton lebih tinggi dibandingkan kuat tekan beton normalnya.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Dwi Afif Susilo tahun 2019, penggunaan beton dengan bahan tambah sika fume sebesar 9% pada umur rendaman 56 hari didapatkan kuat tekan beton sebesar 21,19 MPa, sementara pada penelitian ini penggunaan beton dengan bahan tambah sika fume sebesar 10% pada umur rendaman 28 hari didapatkan kuat tekan beton sebesar 26,24 MPa, jadi dari hasil nilai kuat tekan yang diperoleh dari penelitian sebelumnya, kuat tekan pada penelitian ini lebih baik dari penelitian sebelumnya.

DATAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (1990). SNI 03-1972-1990 tentang Metode Pengujian Slump Beton. Badan Standardisasi Nasional.
- Basuki, A. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Silica Fume Terhadap Daya Tahan Penetrasi Air Beton Normal. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 5(1), 21. <https://doi.org/10.37209/jtbbt.v5i1.55>
- Departemen Pekerjaan Umum. (1991). SNI 03-2495-1991 tentang Spesifikasi bahan tambahan untuk beton. Yayasan LPMB Bandung.
- European Environment Agency (EEA). (2019). 濟無No Title No Title. 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Fallis, A. . (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ghafur, A. (2009). Pengaruh penggunaan abu ampas tebu terhadap kuat tekan dan pola retak beton (. UNIVERSITAS SUMATERA UTARA.
- Hunggurami, E., Utomo, S., & Wadu, A. (2014). Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 103–110.
- Lisantono, A., & Purnandani, Y. (2010). Pengaruh Penambahan Kapur Padam terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Geopolymer. *4(KoNTekS 4)*, 2–3.
- M. Ali Indra Hafiz dan Septiawan. (2003). *Beton* 6. 5–35.



- Mulyono, T. (2003). Teknologi Beton. In Penerbit Andi. <https://doi.org/10.1038/cddis.2011.1>
- Prasetyo, D. P. (2014). Perbandingan Pemakaian Air Kapu Dan Air Tawar Serta Pengaruh Perendaman Air Garam Dan Air Sulfat Terhadap Durabilitas High Volume Fly Ash Concrete.
- Pratama, K. A., Rahmayanti, N., Program, M., Teknik, S., Islam, U., Pengajar, S., ... Islam, U. (n.d.). Pengaruh serbuk kapur sebagai bahan tambah akibat proses curing air laut terhadap karakteristik beton. 1–6.
- Rahmat, R., & Hendriyani, I. (2016). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Bahan Tambah Reduced Water Dan Accelerated Admixture. *Infoteknik*, 17(2), 205–218. <https://doi.org/10.20527/infotek.v17i2.2497>
- Rusmania, N. (2015). No Title空間像再生型立体映像の研究動向. *Nhk技研*, 151, 10–17. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Saragi, Y. R. R. (2014). Analisa Perbandingan Kualitas Lapisan.
- Sihombing, L. (2017). Pengaruh penambahan sika fume® terhadap kuat tekan beton porous. 97.
- SNI 03-2847. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. In Badan Standardisasi Nasional.
- Susilo, D. A. (2019). Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis dan Kuat Tekan Beton Ringan. Efek Penggantian Sebagian Semen Dengan Silica Fume Terhadap Berat Jenis Dan Kuat Tekan Beton Ringan, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Tarru, R. O. (2018). Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton. *Journal Dynamic Saint*, 3(1), 472–485. <https://doi.org/10.47178/dynamicsaint.v3i1.271>
- Umum, A. P. (2007). Pengertian Umum Beton. 1.
- Wedhanto, S. (2017). Pengaruh air laut terhadap kekuatan tekan beton yang terbuat dari berbagai merk semen yang ada di kota malang. *Jurnal Bangunan*, 22(2), 21–30.