
PENGARUH PEMAKAIAN SILICA FUME TERHADAP KARAKTERISTIK BETON DENGAN VARIASI KANDUNGAN FLY ASH**Riska Putri Bintari Angraini^{1*}, Mochamad Solikin²**^{1,2}Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani, Pabelan, Kartasura, Surakarta, Jawa Tengah

*Email: d100170172@student.ums.ac.id

Abstrak

Penambahan kadar fly ash pada pembuatan beton dapat mengurangi dampak dari penggunaan semen yang berlebihan. Fly ash dapat memperbaiki sifat workability, beton menjadi kedap air, akan tetapi seiring penambahan fly ash beton mengalami penurunan pada sifat mekaniknya seperti kuat tekan dan kuat tariknya. Pembuatan beton menggunakan material reaktif berbutir lebih halus seperti silica fume memungkinkan beton menjadi lebih padat sehingga mampu memperbaiki sifat mekanik beton. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperimental, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan silica fume terhadap variasi kandungan fly ash sebagai pengganti semen sebesar 20%, 35%, 50% untuk memperbaiki sifat beton segar, nilai kuat tekan, kuat tarik, dan serapan air beton yang diuji pada umur 28 hari. Berdasarkan penelitian dihasilkan nilai slump test tertinggi yaitu pada beton segar dengan kandungan fly ash 50% + 5% silica fume dan lebih tinggi dibandingkan beton normal. Nilai kuat tekan dan tarik belah beton menurun seiring penambahan kadar fly ash. Akan tetapi pada kandungan 20% fly ash + silica fume 5% nilai kuat tekannya setara dengan beton normal. Walaupun mengalami penurunan, nilai kuat tarik belah beton dengan variasi fly ash tidak jauh berbeda terhadap beton normal. Penambahan variasi fly ash dan silica fume nilai serapan airnya semakin kecil dibandingkan beton normal. Dengan penambahan 50% fly ash + 5% silica fume nilai serapan air paling rendah dan paling kedap terhadap air.

Kata kunci: Beton, daya serap air, fly ash, kuat tarik belah, kuat tekan, silica fume, slump.

Abstract

The addition of fly ash in the manufacture of concrete can reduce the impact of excessive use of cement. Fly ash can improve the workability properties, and the concrete becomes watertight, but with the addition of fly ash the concrete decreases its mechanical properties such as compressive strength and tensile strength. Making concrete using finer-grained reactive materials such as silica fume allows the concrete to become denser to improve its mechanical properties of concrete. The method used in this study is an experimental method to know the effect of adding silica fume to variety in fly ash content as substitute for cement by 20%, 35%, and 50% to improve the properties of fresh concrete, robust, tensile strength, and absorption capacity concrete water tested after 28 days. Based on the research, the highest slump test value was found in fresh concrete containing 50% fly ash + 5% silica fume and was higher than in normal concrete. As the fly ash content was increased, the compressive strength and tensile strength of concrete decreased. However, at the content of 20% fly ash + 5% silica fume, the compressive strength value is equivalent to normal concrete. Even though the value of the split strength of the fly ash variation has decreased, it is not much different from normal concrete. The addition of variations of fly ash and silica fume has a lower water absorption value compared to normal concrete, where concrete with 50% fly ash + 5% silica fume has the lowest water absorption capacity and is the most watertight.

Keywords: Absorption, compressive strength, concrete, fly ash, silica fume, slump, tensile strength.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan yang cepat pembangunan infrastruktur di Indonesia, menyebabkan semakin banyaknya bahan konstruksi yang dibutuhkan. Beton adalah material konstruksi yang banyak digunakan dalam pembangunan. Komponen utama beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Meningkatnya penggunaan beton, maka kebutuhan material penyusun beton juga meningkat terutama semen. Dampak utama dari produksi semen adalah pemanasan global (John 2003). Upaya pengurangan pemakaian semen dapat dilakukan dengan mengganti sebagian semen menggunakan SCM (*Supplementary Cementing Materials*) seperti *pozzolan* alam, *slag*, *fly ash*, *silica fume* dan lain-lain (Naik 2007).

Teknologi penelitian yang saat ini sedang berkembang adalah teknologi pemanfaatan *fly ash* dalam jumlah besar. *Fly ash* adalah limbah industri akibat pembakaran batu bara di PLTU. *Fly ash* merupakan bahan tambah yang dapat memperbaiki sifat beton, sehingga beton menjadi lebih kuat, tahan lama dan dapat mengurangi dampak dari pencemaran lingkungan. Ukuran butirannya lebih kecil daripada semen dan memiliki sifat *pozzolan*. Penambahan kadar *fly ash* dalam pembuatan beton dapat mengurangi dampak dari penggunaan semen yang berlebihan. Pada campuran beton *fly ash* dapat memperbaiki sifat *workability*, sehingga beton menjadi lebih kedap terhadap air. Akan tetapi seiring penambahan *fly ash* beton mengalami penurunan pada sifat mekaniknya seperti kuat tekan dan kuat tariknya.

Penelitian substitusi sebagian dari semen dengan *fly ash* yang dilakukan oleh Alfiandinata (2020) dengan judul “Pengaruh Penggunaan *Fly Ash* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton”, dengan variasi kandungan *fly ash* sebesar 0%, 5%, 10%, 20% dan 30%. Benda uji dilakukan pengujian saat beton berumur 28 hari. Pada uji *slump* menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi *fly ash*, semakin rendah nilai *slump*-nya. Kekuatan tekan dan tarik belah beton menurun dengan bertambahnya kadar *fly ash* lebih dari 20% dari berat semen.

Pembuatan beton menggunakan material reaktif dengan butiran yang lebih halus seperti *silica fume* memungkinkan beton menjadi lebih padat sehingga mampu meningkatkan kuat tekan beton. *Silica fume* mempunyai ukuran butir yang

sangat halus, berkisar 1/100 ukuran partikel rata-rata semen (Pujiyanto dkk., 2011). *Silica fume* mengandung silikon dioksida (SiO_2) lebih dari 85%. Ketika unsur SiO_2 bereaksi dengan kapur mati Ca(OH)_2 sebagai hasil hidrasi antara semen dengan air akan membentuk reaksi $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ atau *Calcium-Silicate-Hydrate* (*C.S.H. gel*) yang dapat mengisi rongga diantara agregat campuran beton, sehingga menghasilkan kerapatan beton yang lebih tinggi (Damayanti dan Rochman, 2006).

Penelitian mengenai kinerja *silica fume* juga pernah dilakukan penelitian oleh Sebayang (2011) dengan judul “Tinjauan Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Mutu Tinggi dengan *Silica Fume* sebagai Bahan Tambahan”. Penelitian ini menggunakan kadar *silica fume* 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15%. Dimana dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin besar prosentase penambahan kandungan *silica fume*, maka kelecakan campuran beton berkurang. Nilai kekuatan tekan optimum tercapai pada kadar *silica fume* 9%, dimana dengan penambahan *silica fume* lebih dari 10% kekuatannya akan mengalami penurunan. Penelitian lain yang dilakukan oleh Olivia & Indrawan (2013) seiring penambahan variasi kadar *silica fume* kuat tarik beton akan mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena penambahan *silica fume* akan meningkatkan kadar SiO_2 untuk membentuk senyawa CSH yang menyebabkan rekatan diantara pasta semen dan agregat menjadi semakin kuat.

Menurut SNI 1974 : 2011, kuat tekan beton merupakan ketahanan beton untuk menerima beban tekan aksial dengan laju pembebanan masih dalam batas yang ditetapkan hingga terjadinya keruntuhan. Uji kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin tekan (*Compression Testing Machine*). Pada pengujian kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui mutu beton. Selain kuat tekan, beton adalah bahan bangunan yang memiliki kelemahan pada tegangan tarik. Penelitian Kumaat and Windah (2015) mengungkapkan bahwa kuat tarik belah beton normal biasanya berkisar 8% - 15% dari kekuatan tekannya. Kuat tarik belah pada penelitian, menggunakan uji silinder yang diberi beban secara tegak lurus terhadap sumbu longitudinal, dengan silinder diletakkan secara horizontal di atas pelat mesin pengujian, sampai spesimen terbelah menjadi dua bagian saat kekuatan tarik belah tercapai.

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh kualitas beton segar yang baik ditinjau dari nilai *slump*-nya. Berdasarkan SNI 1972 : 2008 pengujian *slump test* dilakukan untuk mengetahui homogenitas dan workabilitas campuran beton segar pada suatu kekentalan tertentu. Pengujian dilakukan menggunakan cetakan uji *slump* yang disebut dengan kerucut *Abrams*.

Selain itu beton yang baik adalah beton dengan daya serap rendah atau kedekatan tinggi. Pengujian serapan air berdasarkan SNI 03-6433-2000 bertujuan untuk mengetahui jumlah air yang terserap oleh beton dengan cara membandingkan berat beton yang direndam air dengan berat beton dalam kondisi kering oven. Nilai daya serap air akan besar jika terdapat banyak rongga di dalam beton.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penggantian semen dengan *fly ash* dan penambahan *silica fume* yang dipercaya mampu mempengaruhi karakteristik beton akan diteliti dengan tujuan untuk memperbaiki sifat mekanik beton yang cenderung menurun seiring dengan penambahan *fly ash*. Pada penelitian ini substitusi semen dengan variasi penggunaan *fly ash* 20%, 35% dan 50% dari berat semen serta penambahan *silica fume* 5% dari berat semen pada beton diteliti dengan beton normal sebagai acuan. Pengaruh penggunaan *fly ash* dan *silica fume* dalam penelitian ini ditinjau dari sifat beton segar dengan pengujian *slump*, sifat mekanik beton dengan uji kuat tekan, kuat tarik belah, dan serapan air pada beton.

2. METODE PENELITIAN

Tabel 1
Hasil Perencanaan *Mix Design*

No	Jenis Benda Uji	FAS	Air (liter)	Semen (kg/m ³)	<i>Fly Ash</i> (kg/m ³)	<i>Silica Fume</i> (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Kerikil (kg/m ³)	Berat Volume (kg/m ³)
1	Beton Normal	0,41	205	500	0	0	647,405	991,595	2344
2	B-20%FA+5%SF	0,41	205	375	100	25	647,405	991,595	2344
3	B-35%FA+5%SF	0,41	205	300	175	25	647,405	991,595	2344
4	B-50%FA+5%SF	0,41	205	225	250	25	647,405	991,595	2344

Penelitian ini memiliki 5 tahap pelaksanaan. Tahap pertama mempersiapkan peralatan dan material yang dibutuhkan. Peralatan yang dipakai berasal dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta, sedangkan untuk bahan seperti semen, kerikil, pasir, *fly ash* dan *silica fume* berasal dari PT. Solusi Bangun Beton (Semen Indonesia Group *Batching Plant* Yogyakarta).

Tahap kedua adalah pemeriksaan material. Material yang telah dipersiapkan harus diuji kualitasnya terlebih dahulu. Pengujian bahan dasar yang dilakukan seperti agregat halus dilakukan pengujian bahan organik, *Saturated Surface Dry* (SSD), kandungan lumpur, analisis saringan serta berat jenis penyerapan. Untuk agregat kasar pengujian yang dilakukan yaitu keausan agregat, berat jenis dan penyerapan, serta analisis saringan. Sedangkan semen, *fly ash*, *silica fume* dan air pengujiannya dilakukan secara visual.

Selanjutnya tahap ketiga yaitu tahap perencanaan dan pembuatan sampel. Perencanaan campuran (*mix design*) dilakukan dengan metode SNI 03-2834-2000, f'_c sebesar 30 MPa. Pembuatan adukan beton menggantikan sebagian semen pada beberapa variasi *fly ash* yaitu 0%, 20%, 35% dan 50% serta penambahan *silica fume* 5% dari berat semen. Ukuran maksimum agregat kasar yang digunakan sebesar 20 mm. Untuk uji kekuatan tekan dan kuat tarik belah beton berbentuk silinder ukuran 15 cm x 30 cm dan untuk pengujian serapan air beton berbentuk silinder ukuran 10 cm x 5 cm. Sebelum pencampuran, semua bahan ditimbang sesuai dengan desain yang direncanakan.

Berdasarkan hasil perancangan *mix design* dapat dilihat bahwa berat volume beton pada masing-masing jenis sampel memenuhi persyaratan SNI 03-2834-2000 yaitu syarat berat volume sebesar 2200-2500 kg/m³.

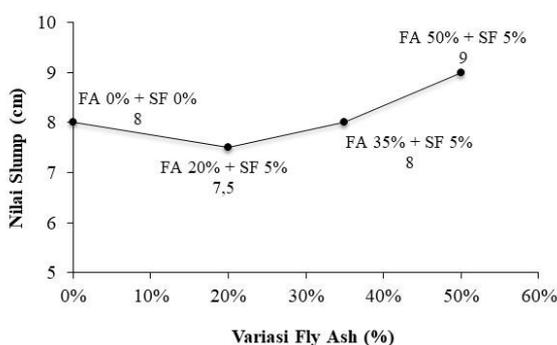
Kemudian bahan tersebut secara bertahap ditambahkan ke mesin pencampur. Ketika campuran telah mencapai kekentalan yang diinginkan dan sudah homogen kemudian dilakukan pengujian *slump*. Setelah pengujian *slump* sesuai dengan yang direncanakan, adukan dituangkan secara bertahap ke dalam silinder beton dan dibiarkan selama 24 jam. Kemudian sampel dikeluarkan dari silinder beton dan dilakukan perawatan dengan merendam dalam bak perendaman (*curing*) selama 28 hari. Setelah mencapai umur yang direncanakan, sampel dapat diuji.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang sudah dilakukan, agregat halus dan agregat kasar yang digunakan memenuhi persyaratan standar yang ada. Adapun semen, *fly ash*, *silica fume* dan air yang digunakan dalam kondisi baik.

3.1. Pengujian *Slump*

Uji *slump* dilakukan ketika adukan beton sudah tercampur secara merata dan homogen. Hasil pengujian *slump* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Nilai Slump dengan Variasi Fly Ash

Berdasarkan Gambar 1. didapatkan nilai *slump* optimum diperoleh pada variasi beton dengan penambahan *fly ash* 50% + 5% *silica fume* dari berat semen sebesar 9 cm. Sedangkan pada penambahan *fly ash* 20% nilai *slump*-nya lebih rendah dibandingkan beton normal. Serta

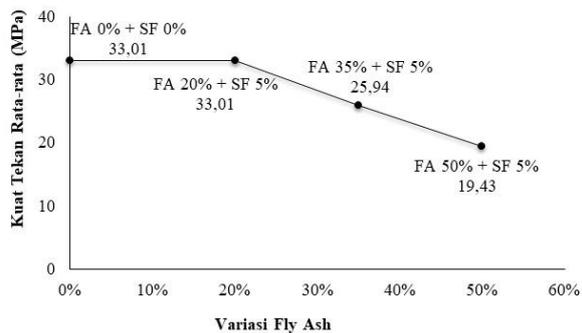
penambahan *fly ash* 35% nilai *slump*-nya sama dengan beton normal. Karena adanya perbedaan komposisi *fly ash*, maka dihasilkan nilai *slump* yang bervariasi. Pada beton normal nilai *slump*-nya melebihi variasi beton dengan penambahan *fly ash* 20%, akan tetapi nilai *slump*-nya lebih rendah jika dibandingkan dengan penambahan 50% *fly ash*. Terlihat bahwa penambahan *fly ash* 50% nilai *slump*-nya meningkat sebesar 12,5% dari beton normal. Penelitian yang dilakukan oleh Muthoharoh, et.al. (2014), penambahan *fly ash* 0%, 10%, 20%, 25%, 30% dan 35% dari berat semen, dapat memperbaiki sifat *workability* adukan beton dengan semakin tingginya penambahan *fly ash*. Pada penambahan *fly ash* 20% dan 35% beton meningkat 6,96% dan 13,91% dari beton normal. Dapat diketahui bahwa dalam penelitian ini, tidak sejalan dengan penelitian sebelumnya karena dengan penambahan *fly ash* nilai *slump* tidak terjadi peningkatan, yang kemungkinan disebabkan oleh adanya penambahan *silica fume* yang dapat menurunkan nilai *slump*.

Hal ini dibuktikan dalam penelitian yang dilakukan oleh Zai and Karolina (2014) menyatakan bahwa semakin tinggi penambahan *silica fume*, nilai *slump* nya semakin rendah. Pada penambahan kadar *silica fume* 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% dari berat semen, nilai *slump* semakin menurun. Pada penambahan *silica fume* 5% nilai *slump* menurun 11,11% dari beton normal. Hal ini dikarenakan *silica fume* menyerap lebih banyak air, sehingga campuran beton menjadi lebih kering, yang berpengaruh pada nilai *slump* menjadi lebih rendah tergantung pada penambahan kandungan *silica fume*. Penelitian yang dilakukan oleh Sebayang (2011) mengungkapkan bahwa semakin besar *silica fume* yang ditambahkan pada campuran beton, semakin rendah kelecakan campuran beton tersebut. Hal ini dikarenakan *silica fume* berbutir sangat halus, sehingga dibutuhkan banyak air untuk membasahi permukaan butir *silica fume*, yang akan menurunkan kelecakan campuran beton. Berbeda dengan kelecakan beton *fly ash*, butirannya berbentuk bulat dan halus, sehingga gesekan antar partikel dalam campuran beton berkurang.

3.2. Pengujian Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton dilakukan pengujian ketika beton telah berumur 28 hari dengan ukuran

silinder Ø15 cm x 30 cm menggunakan alat uji *Compression Testing Machine* (CTM). Hasil uji kuat tekan beton ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan Beton Rata-rata dengan Variasi Fly Ash

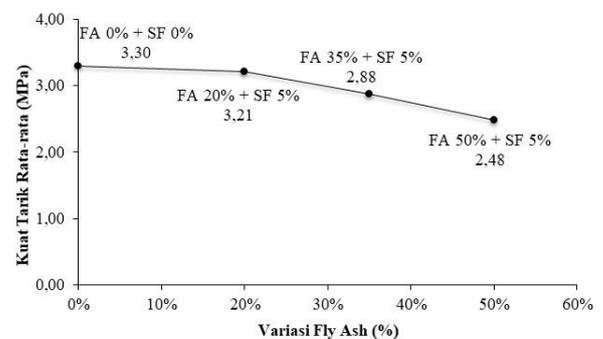
Gambar 2. menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan *fly ash*, kekuatan tekan beton menurun, kecuali pada penambahan *fly ash* 20% dimana jika ditambah dengan *silica fume* 5% dari berat semen, dihasilkan nilai kuat tekan yang setara dengan beton normal atau beton tanpa *fly ash* dan *silica fume*. Akan tetapi dengan penambahan *fly ash* 35% dan 50% dari berat semen, Kekuatan tekan beton menurun hingga 21,42% dan 41,14% dari beton normal. Dengan demikian dapat diprediksi bahwa kemungkinan penurunan kuat tekan pada kadar *fly ash* 35% dan 50% akan lebih besar jika tanpa penambahan 5% *silica fume*. Seperti pada penelitian Umboh et al. (2014) mengungkapkan bahwa terdapat kecenderungan penurunan kekuatan tekan seiring dengan meningkatkan kadar *fly ash*. Pada penelitiannya dengan penambahan *fly ash* 50% dari berat semen kuat tekan beton mengalami penurunan hingga 50,54% dari beton normal. Penelitian lain yang dilakukan oleh Tranggono (2019) menyatakan bahwa penurunan kuat tekan pada penambahan *fly ash* kemungkinan terjadi karena semakin tinggi penggunaan *fly ash*, maka semakin sedikit ikatan beton pada campuran pasta yang melekat pada permukaan agregat kasar, sehingga ikatan antar agregat menjadi berkurang. Hal ini dikarenakan sifat *fly ash* mudah menyerap air, dan *fly ash* memiliki gradasi yang lebih kecil dibandingkan semen.

Penelitian Sebayang (2011) menyatakan bahwa dengan penambahan *silica fume*, nilai kuat tekan beton menjadi lebih tinggi daripada beton normal pada umur yang sama. Pada penelitiannya dengan penambahan *silica fume* 0%, 3%, 6%, 9%, 12% dan 15%, nilai kuat tekan beton meningkat dibandingkan dengan beton normal.

Pada penambahan *silica fume* 6% kekuatan tekan beton meningkat 18,86% dibandingkan beton normal. Dalam penelitian Tarru et al. (2017) mengungkapkan bahwa penggunaan *silica fume* kurang dari 5% dari berat semen kekuatan yang dihasilkan tidak lebih tinggi karena jumlah *silica fume* tidak dapat menutupi seluruh permukaan agregat kasar, tetapi penggunaannya terbatas, maksimal 10% dari berat semen, karena penggunaan *silica fume* berlebihan tidak mampu menutupi permukaan agregat. Dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini dengan penggunaan 5% *silica fume* dan penambahan variasi *fly ash* kurang maksimal untuk menaikkan kekuatan tekan lebih baik dari beton normal, kecuali pada penambahan 20% *fly ash* mencapai kuat tekan yang direncanakan.

3.3. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Uji kuat tarik belah beton dilakukan setelah berumur 28 hari dengan silinder beton ukuran Ø15 cm x 30 cm dengan metoda uji belah silinder. Dalam penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *fly ash* dan *silica fume* pada campuran beton terhadap peningkatan kuat tarik belah beton. Hasil pengujian kuat tarik beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Kuat Tarik Beton Rata-rata dengan Variasi Fly Ash

Dalam jurnal penelitian Kumaat and Windah (2015) mengungkapkan bahwa kuat tarik belah beton normal biasanya berkisar 8% - 15% dari nilai kuat tekannya. Nilai kuat tekan tidak berbanding lurus dengan nilai kuat tarik, setiap upaya peningkatan kualitas kuat tekan hanya disertai sedikit peningkatan nilai kuat tarik. Dapat diketahui bahwa nilai kuat tarik belah tertinggi diperoleh dari substitusi *fly ash* 0% atau beton normal sebesar 3,30 MPa sedangkan kuat tarik belah terendah terjadi pada substitusi *fly ash* 50% sebesar 2,48 MPa. Dari Gambar 3. menunjukkan

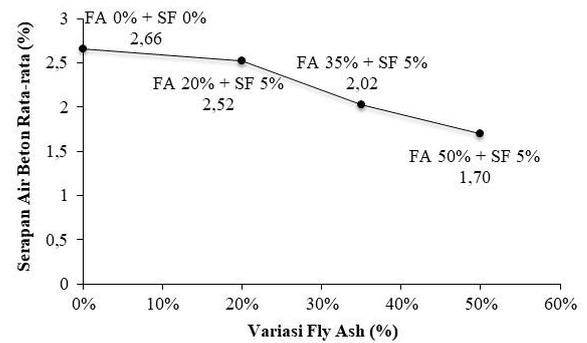
bahwa dengan penambahan jumlah *fly ash* akan mempengaruhi tingkat penurunan pada kuat tarik belah beton. Penambahan *fly ash* 20%, 35% dan 50% nilai kuat tarik belah beton menurun 2,73%, 12,73% dan 24,85%.

Penelitian Philip, et. al. (2015) menyatakan bahwa penggunaan *fly ash* sebagai substitusi semen sebesar 0%, 30%, 40%, 50%, 60% dan 70% nilai kuat tarik belah beton mengalami penurunan. Pada substitusi *fly ash* 30% - 50% penurunan yang terjadi terhadap beton normal sebesar 0,31% - 16,77%. Pada penelitiannya kuat tarik belah tertinggi dihasilkan pada penambahan *fly ash* 0% yaitu sebesar 3,22 MPa. Sehingga dapat dilihat bahwa pada penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya karena dalam penelitian ini penurunan yang terjadi lebih besar meskipun sudah ada penambahan *silica fume* 5% yang kemungkinan mampu untuk menaikkan kuat tarik belah beton.

Dapat dibuktikan penelitian oleh Dewi (2016) mengungkapkan bahwa dengan penambahan kadar *silica fume* 0%, 5%, 10%, 15% dan 20% dari berat semen dapat meningkatkan nilai kuat tarik beton. Pada penambahan *silica fume* 5% dapat meningkatkan kekuatan tarik beton sebesar 5,64%. Penelitian lain oleh Olivia and Indrawan (2013) menyatakan bahwa dalam campuran beton dengan penambahan variasi *silica fume* nilai kuat tarik akan terus meningkat. Peningkatan tersebut terjadi karena penambahan *silica fume* pada campuran beton meningkatkan kandungan SiO₂, setelah bereaksi dengan kapur bebas (CaO) dan kapur mati (Ca(OH)₂), sehingga terbentuk senyawa CSH yang memperkuat daya rekat antara pasta semen dan agregat. Pada penelitian ini dengan menambahkan *silica fume* 5% dari berat semen kurang maksimal untuk meningkatkan kuat tarik belah beton menjadi lebih baik dari beton normal.

3.4. Pengujian Serapan Air Beton

Uji serapan air beton dilakukan setelah beton berusia 28 hari dengan silinder beton ukuran Ø10 cm x 5 cm. Hasil pengujian serapan air beton dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Serapan Air Beton Rata-rata dengan Variasi Fly Ash

Berdasarkan Gambar 4. dapat dilihat bahwa beton dengan kandungan *fly ash* dan *silica fume* mempunyai nilai serapan air yang lebih kecil dibandingkan beton normal. Nilai serapan air tertinggi terdapat pada beton normal yaitu sebesar 2,66%. Nilai serapan air terendah terdapat pada variasi kadar *fly ash* 50% sebesar 1,70%. Pada penambahan *fly ash* 20%, 35% dan 50% beton mengalami penurunan 5,26%, 24,06% dan 36,09% dari beton normal. Dapat disimpulkan bahwa pada penambahan *fly ash* 50% menghasilkan penurunan serapan air yang lebih baik daripada beton normal. Akan tetapi pada penambahan kadar *fly ash* 20% nilai serapan air mengalami penurunan yang kurang baik atau lebih rendah dari penelitian terdahulu. Seperti penelitian Andoyo (2006), penambahan persentase *fly ash* 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dari berat semen, nilai serapan air beton mengalami penurunan 6,15%, 8,09%, 9,31%, dan 15,69% dari beton normal. Pada penambahan 20% *fly ash* nilai serapan air mengalami penurunan lebih baik dari penelitian ini. Dalam penelitian ini dengan penambahan variasi kadar *fly ash* dan *silica fume* sebesar 5% yang diprediksi mempunyai kemampuan menyerap air lebih kecil sehingga beton menjadi lebih kedap air. Karena dengan penambahan variasi kadar *fly ash* yang mempunyai ukuran butir kecil (45 µm) dan *silica fume* berbutir (0,1–0,2 µm) pada campuran beton berperan sebagai *filler* atau pengisi rongga-rongga pada beton.

Penelitian oleh Sutriyono, et.al (2018) dengan penambahan *silica fume* 0%, 5%, 10%, 12% dan 15% dari berat semen, nilai serapan terendah diperoleh pada persentase *silica fume* 15% yaitu 3,276%. Penurunan yang terjadi yaitu 3,83%, 10,23%, 14,51% dan 17,5% terhadap beton normal. Hal ini menunjukkan bahwa proporsi *silica fume* berpengaruh terhadap nilai

serapan air. Semakin tinggi kandungan *silica fume*, semakin rendah nilai serapan airnya. Karena *silica fume* memiliki dua fungsi dalam campuran beton yaitu efek *silica fume* yang disebabkan oleh senyawa silika pada *silica fume* dengan kalsium hidroksida membentuk CSH gel baru yang terbentuk dalam rongga antara pasta semen dan agregat, sehingga volume pori-pori dalam beton menjadi berkurang. Selain itu, efek *microfiller* dari *silica fume* dapat mengisi pori atau rongga pada beton, membuat beton semakin padat dan kedap air. Penelitian oleh Alwie et al. (2020) menyatakan bahwa beton dengan *silica fume* memiliki kedap air lebih tinggi daripada beton normal, hal ini dikarenakan *silica fume* mampu mengurangi ukuran dan jumlah kapiler dalam beton yang memungkinkan air masuk ke dalam beton.

Pada penelitian ini beton dapat dikatakan sebagai beton kedap air. Dalam SNI 03-2914-1992 yaitu ketika beton direndam dengan air normal selama 24 jam, nilai serapan air maksimal 6,5% terhadap berat beton kering oven. Dalam penelitian ini beton yang paling kedap air yaitu beton dengan penambahan *fly ash* 50% + 5% *silica fume* dari berat semen sebesar 1,70%.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh pemakaian *silica fume* terhadap karakteristik beton dengan variasi kandungan *fly ash* yang ditinjau dari nilai *slump* pada beton segar, nilai kuat tekan, nilai kuat tarik dan nilai serapan air beton, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan variasi *fly ash* dengan pemakaian *silica fume* terhadap sifat segar beton kurang mampu memperbaiki sifat *workability*, karena tidak terjadinya peningkatan nilai *slump* pada penambahan *fly ash*.
2. Penambahan variasi *fly ash* dengan pemakaian *silica fume* terhadap kuat tekan beton kurang maksimal untuk menaikkan kuat tekan yang lebih baik, kecuali pada variasi *fly ash* 20% nilainya mencapai kuat tekan rencana.
3. Penambahan variasi *fly ash* dengan pemakaian *silica fume* terhadap kuat tarik beton, kurang mampu untuk meningkatkan nilai kuat tarik belah beton.
4. Penambahan variasi *fly ash* dengan pemakaian *silica fume* nilai serapan airnya semakin kecil dibandingkan dengan beton normal. Beton dengan nilai serapan air paling rendah dan

kedap air pada kadar *fly ash* 50% sebesar 1,70% dengan penurunan 36,09% dari beton normal.

SARAN

1. Kuat tekan dan kuat tarik belah beton sebaiknya diuji dengan curing lebih dari 28 hari, sehingga untuk mencapai kuat tekan dan tarik yang lebih baik.
2. Proporsi penggunaan *silica fume* perlu diperhatikan karena penggunaan *silica fume* memerlukan banyak air untuk proses pengadukan.
3. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang beton dengan campuran *fly ash* dan *silica fume*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandinata. 2020. "Pengaruh Penggunaan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Sifat Mekanik Beton." Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Adi Bagus Prasetyo, Roni Andespa, Politeknik Negeri Lhokseumawe, and Kata Pengantar. 2020. "Tugas Akhir Tugas Akhir." *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret 2012*(1):41–49.
- Andoyo. 2006. "Terhadap Kuat Tekan Dan Serapan Air Pada Mortar." 1–84.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. "SNI 03-2834-2000: Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal." *Sni 03-2834-2000* 1–34.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. "SNI 1974-2011 Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder." *Badan Standardisasi Nasional Indonesia* 20.
- Badan Standardisasi Nasional, and 03-6433. 2000. "Metode Pengujian Kerapatan, Penyerapan Dan Rongga Dalam Beton Yang Telah Mengeras." *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta* m:1–2.
- Damayanti, I., and A. Rochman. 2006. "Tinjauan Penambahan Microsilica Dan Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi." *Jurnal Eco Rekayasa UMS* 2(1):24–30.
- Dewi, S. U. 2016. "Kajian Kuat Tarik Belah Pada Perencanaan Beton Dengan Additive Silica Fume Menggunakan Metoda American Concrete Institute"

- (*Teknologi Aplikasi Konstruksi*): *Jurnal Program Studi* 5(2):118–29.
- John, Vanderley M. 2003. “Sustainable Building and Construction: Facts and Figures.” *Industry and Environment* 26(2–3):5–8.
- Kumaat, E. J., and R. S. Windah. 2015. “Variasi Kuat Tekan Beton.” 3(10):703–8.
- Muthoharoh, Isna, Rima Sri Agustina, and Ernawati Sri Sunanarsih. 2014. “Self Healing Capability.” *Self Healing Capability Beton Dengan Fly Ash Sebagai Pengganti Sebagian Semen Ditinjau Dari Workability, Kuat Tekan Dan Permeabilitas* (1).
- Naik, T. R. 2007. “Sustainability of the Cement and Concrete Industries.” *Sustainable Construction Materials and Technologies - International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies* (December):19–25.
- Olivia, Monita, and Budi (Universitas Riau) Indrawan. 2013. “Menggunakan Agregat Halus Pasir Laut Dan Bahan Tambah Silica Fume.” 12(1):7–11.
- Philip, Adrian, Marthinus Marthin, D. J. Sumajouw, and Reky S. Windah. 2015. “Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton.” *Jurnal Sipil Statik* 3(11):729–36.
- Pujianto, As’at, Tri Retno Y. .. Putro, and Oktarina Ariska. 2011. “Beton Mutu Tinggi Dengan Admixture Superplastizer Dan Aditif Silicafume.” *Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.
- Sebayang, Surya. 2011. “Tinjauan Sifat-Sifat Mekanik Beton Alir Mutu Tinggi Dengan Silika Fume Sebagai Bahan Tambahan.” *Journal Rekayasa* 15(2):131–38.
- SNI 03-2914-1992. 1992. “Standar Nasional Indonesia SPESIFIKASI BETON BERTUIANG KEDAP AIR.”
- SNI 1972: 2008. 2008. “Cara Uji Slump Beton.” (1):6684.
- Sutriyono, Bantot, Retno Trimurtiningrum, and Aditya Rizkiardi. 2018. “Pengaruh Silica Fume Sebagai Substitusi Semen Terhadap Nilai Resapan Dan Kuat Tekan Mortar (Hal. 12-21).” *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 4(4):12. doi: 10.26760/rekaracana.v4i4.12.
- Tarru, Reni Oktaviani, Bastian Arnanto, Harni E. Tarru, and Rosalina Salu Bandaso. 2017. “Studi Penggunaan Silica Fume Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Beton.” *Journal Dynamic Saint* 3(1):472–85. doi: 10.47178/dynamicsaint.v3i1.271.
- Tranggono (Universitas Yos Soedarso). 2019. “Pengaruh Penggunaan Fly Ash Pada Beton Mutu Moderat (K-300).” 1(1):37–48.
- Umboh, Alfian Hendri, and Reky S. Windah Marthin D. J. Sumajouw. 2014. “Pengaruh Pemanfaatan Abu Terbang (Fly Ash) Dari Pltu Ii Sulawesi Utara Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton.” 2(7):352–58.
- Zai, Krisman Aprieli, and Rahmi (Universitas Sumatera Utara) Karolina. 2014. “Pengaruh Penambahan Silica Fume Dan Superplasticizer Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Dengan Metode ACI (American Concrete Institute).” (1).