

**PENGARUH KEHALUSAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
DURABILITAS BETON *HIGH VOLUME FLY ASH* MUTU TINGGI**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik**

Oleh :

SINGGIH PRAYOGI

D 100 140 227

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH KEHALUSAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
DURABILITAS BETON *HIGH VOLUME FLY ASH* MUTU TINGGI**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

SINGGIH PRAYOGI
D 100 140 227

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen
Pembimbing



Mochamad Solikin, ST., MT., PhD.
NIK. 792

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH KEHALUSAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN
SUBSTITUSI SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN
DURABILITAS BETON *HIGH VOLUME FLY ASH* MUTU TINGGI**

Oleh :

SINGGIH PRAYOGI

D 100 140 227

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada Hari Kamis, 2 September 2021

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Mochamad Solikin, ST., MT., PhD

(Ketua Dewan Penguji)

(.....)

2. Budi Setiawan, S.T., M.T.

(Anggota I Dewan Penguji)

(.....)

3. Yenny Nurchasanah, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan penguji)

(.....)

Dekan Fakultas Teknik



Rois Fatoni, ST., MSc., PhD

NIK/NIDN. 892/0603027401

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 17 September 2021

-Penulis



Singgih Prayogi

PENGARUH KEHALUSAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN *SUBSTITUSI* SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN DAN DURABILITAS BETON *HIGH VOLUME FLY ASH* MUTU TINGGI

Abstrak

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional. Bahan penyusun bisa diganti dengan beberapa alternatif, seperti halnya semen bisa diganti dengan fly ash. Fly ash yang digunakan harus baik, diantaranya fly ash dengan butiran halus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kehalusan fly ash. Dalam penerapannya, pembuatan benda uji dengan variasi beton acuan mutu tinggi, dan beton menggunakan fly ash 50% yang diayak dengan ayakan mesh ukuran 200 dan 400 digunakan sebagai substitusi dari volume semen. Penelitian ini membuat benda uji silinder yang berukuran diameter 15cm dan tinggi 30cm, dan silinder durabilitas berukuran diameter 10cm dan tinggi 5cm. Perendaman benda uji selama 14 hari, 28 hari, 56 hari. Setelah itu dilakukan pengujian, untuk silinder dilakukan pengujian kuat tekan, dan pengujian durabilitas. Diperoleh hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton acuan terjadi kenaikan pada umur 28 hari sebesar 7,51%, beton HVFA lolos saringan 200 mengalami kenaikan tertinggi pada umur 28 hari sebesar 4,81%, beton HVFA lolos saringan 400 mengalami kenaikan tertinggi pada umur 28 hari sebesar 4,35%. Hasil nilai rata-rata pengujian durabilitas pada umur 56 hari yakni beton acuan 2241 column, beton HFVA lolos saringan 200 sebesar 1173 column, beton HVFA lolos saringan 400 sebesar 924 column. Dengan semakin halus butiran fly ash maka semakin rapat dan padat, hal ini terbukti dari pengujian kuat tekan semakin naik dan ketahanan terhadap ion klorida semakin baik pula.

Kata kunci : beton mutu tinggi, high volume fly ash, kuat tekan beton mutu tinggi, durabilitas beton mutu tinggi.

Abstract

High-strength concrete is concrete with special treatment that cannot always be achieved only with the use of conventional materials. The constituent materials can be replaced with several alternatives, such as cement can be replaced with fly ash. The fly ash used must be good, including fly ash with fine grains. This study aims to determine the effect of fly ash fineness. In its application, the manufacture of test specimens with variations of high-strength reference concrete, and concrete using Fly Ash 50% which was sifted with 200 and 400 mesh sieves was used as a substitute for the volume of cement. This research makes cylindrical specimens measuring 15cm in diameter and 30cm in height, and durability cylinders measuring 10cm in diameter and 5cm in height. Immersion of the test object for 14 days, 28 days, 56 days. After that, testing is carried out, for cylinders, compressive strength tests are carried out and durability tests are carried out. The test results obtained that the average compressive strength of the reference concrete increased at the age of 28 days by 7.51%, HVFA concrete that passed the rival 200 experienced the highest increase at the age of 28 days by 4.81%, the HVFA concrete passed the rival 400 experienced the highest increase at the age of 28 days by 4.35%. The results of the average durability test at the age of 56 days are 2241 column reference concrete, HFVA concrete passing 200 sieve of 1173 column, HVFA concrete passing 400 sieve of 924 column. With the finer the fly ash grains, the denser and denser, this is evident from the test the

compressive strength is increasing and the resistance to chloride ions is getting better as well.

Keywords : high quality concrete, high volume fly ash, high strength concrete compressive strength, durability of high strength concrete.

1. PENDAHULUAN

Beton mutu tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional (Ervianto dkk, 2016). Pada era saat ini beton mutu tinggi sering digunakan untuk bahan bangunan struktur seperti struktur bangunan gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan atau bangunan yang memerlukan beton dengan kuat tekan lebih dari 40 MPa (Luga dan Atis, 2016). Beton Mutu Tinggi kadang-kadang disebut dengan nama lain yaitu beton kinerja-tinggi karena memiliki sifat-sifat yang lebih unggul dibandingkan dengan beton normal. Adapun keunggulan beton mutu tinggi dibandingkan dengan beton normal antara lain kekuatan tekannya yang tinggi sehingga dimensi dari elemen struktur dapat menjadi lebih ramping. (Marthin dkk, 2014).

Beton memiliki kekuatan tarik yang rendah dibandingkan kekuatan tekannya, sehingga salah satu kerugian beton adalah sifatnya yang getas (*brittle*). Sifat getas dari beton berbanding lurus dengan kekuatan tekan atau mutu betonnya, semakin tinggi mutu betonnya, maka semakin getas beton tersebut. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengurangi getas dari beton adalah dengan memberikan tulangan mikro (*secondary reinforcement*) seperti menambahkan serat (*fiber*) ke dalam matriks beton. Serat yang telah umum digunakan dalam konstruksi beton antara lain: terbuat dari baja (*steel fibers*), serat sintesis (*synthetic fibers*), atau dari serat kaca (*glass fibers*). (Irka, 2013).

Pada dasarnya material penyusun beton mutu tinggi sama dengan beton normal. Material ini terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, dan air. Untuk memperoleh beton mutu tinggi hal yang perlu dilakukan adalah meningkatkan mutu material pembentuknya. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan penambahan atau mensubstitusikan bahan lain (*additive*) kedalam campuran beton. (Usrina dkk, 2018). Untuk meningkatkan kekuatan beton, minimal ada tiga konsep dasar yang perlu diikuti, yaitu: pertama adalah peningkatan kekuatan pasta semen, yang biasanya didapatkan dengan mengurangi porositas pasta, dengan mengurangi rasio air – semen dan atau menggunakan *water reducing agent*. Peningkatan kekuatan pasta semen juga dapat diperoleh dengan pemakaian mineral *admixtures* seperti mikrosilika atau abu terbang. Kedua adalah dengan pemilihan kualitas agregat yang baik. Ketiga adalah dengan peningkatan kuat lekatan

antara pasta semen dengan agregat, yang dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambahan seperti klinker atau juga mikrosilika, serta pemilihan bentuk agregat yang sesuai.

Bahan pengganti semen bisa menggunakan material *fly ash*. *Fly ash* sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara fisik, material *fly ash* memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Semakin halus butiran *fly ash* semakin baik. Sifat kimia yang dimiliki oleh *fly ash* berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Adanya kemiripan sifat-sifat ini menjadikan *fly ash* sebagai material pengganti untuk mengurangi jumlah semen sebagai material penyusun beton mutu tinggi. Penggunaan *fly ash* sebagai material pembentuk beton memberikan dampak positif jika ditinjau dari segi lingkungan.(Setiawati, 2018). *Fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan spesifik gravity antara 2.15-2.8 dan berwarna abu-abu kehitaman.

High volume fly ash concrete adalah beton dimana setidaknya 50% jumlah semen sebagai bahan pengikat digantikan *fly ash* (Solikin, Kholishoh, dan Setiawan, 2014). Penggunaan Volume Tinggi Abu Terbang dalam beton semakin penting dan dianggap sebagai opsi berkelanjutan untuk banyak konstruksi beton. Hasil percobaan menunjukkan bahwa, HVFAC memiliki kekuatan yang lebih rendah pada usia dini tetapi pada usia yang lebih tua HVFAC menunjukkan peningkatan yang terus-menerus dalam sifat kekuatan. Secara signifikan lebar retak dan susut pengeringan berkurang dan dengan demikian berkontribusi pada ketahanan jangka panjang beton. HVFA Concrete menunjukkan biaya yang sebanding, peningkatan kekuatan dan peningkatan daya tahan. Dengan demikian, beton HVFA lebih cocok untuk cuaca panas dan di mana kekuatan awal tidak penting. Makalah ini mengulas sifat daya tahan dan kekuatan dari Beton Abu Terbang Volume Tinggi.(Madhavi, Raju, Mathur, 2014)

Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa, fly-ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan N0. 325 (45 mili mikron) 5-27%, dengan spesifik gravity antara 2,15-2,8 dan berwarna abu-abu kehitaman. Kelecekan pada beton dipengaruhi bentuk butiran fly ash karena semakin halus dan bulat butiran fly ash membuat workability pada campuran beton meningkat. Hal ini berarti bahwa, butiran yang halus akan menjadi kuat dan menghasilkan panas hidrasi yang lebih cepat daripada butiran yang lebih kasar dan dari hal ini berarti kehalusan *fly ash* mempengaruhi mutu beton.

Beton mutu tinggi pernah diteliti oleh Mulyanto (2015). Dalam penelitian ini menganalisis sifat mekanis beton Self Compacting Concrete mutu tinggi pemanfaatan *High Volume Fly Ash*. Nilai *slump flow* yang dicapai pada adukan beton tanpa penggunaan *fly ash* memiliki nilai yang sama dengan penambahan *fly ash* 50 % yaitu 600 mm. Dengan penambahan *fly ash* 50 % dapat mengurangi penggunaan air sebesar 18 % ,sedangkan beton SCC tanpa penggunaan *fly ash* hanya mengurangi penggunaan air sebesar 10 %

Mira Setiawati sebelumnya telah mengidentifikasi manfaat *fly ash* sebagai material pengganti semen pada beton. Identifikasi material *fly ash* menitikberatkan pada pengaruh penggunaan material ini terhadap kuat tekan beton khususnya pada awal umur beton. Tujuannya untuk memastikan nilai kadar *fly ash* yang optimum pada campuran adukan beton mutu tinggi.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini di lakukan guna mengetahui pengaruh kehalusan abu terbang (*Fly Ash*) yang lolos saringan no.200 dan no.400 sebagai bahan pengurang semen dalam pembuatan beton *high volume fly ash* diuji terhadap kuat tekan, dan durabilitas tujuannya agar menghasilkan beton yang ekonomis, diusahakan agar menghasilkan jenis beton dengan mutu tinggi yang sesuai dengan standar SNI 03-6813-2002.

2. METODE

Penelitian ini akan dilaksanakan untuk menguji kuat tekan silinder dan durabilitas beton *high volume fly ash* dengan variasi *fly ash* 50 % lolos saringan 200 dan 400 pengganti sebagian semen dengan ukuran benda uji silinder kuat tekan diameter 15cm tinggi 30cm dan ukuran benda uji durabilitas diameter 10cm tinggi 5cm. Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Langkah-langkah penelitian yaitu menentukan literature yang akan digunakan. Mempersiapkan bahan yang diperlukan meliputi pasir merapi yang diperoleh dari membeli dari penambang, Agregat kasar diameter max 12.5mm berasal dari stone cruiser daerah klaten, *Superplasticizer*, Semen Gresik dari membeli di toko bangunan terdekat kampus.

Tahap I : Persiapan, Tahapan ini merupakan tahapan persiapan yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan mempersiapkan bahan penelitian terdiri dari semen type I, agregat halus dan kasar dengan ukuran krikil maksimal 12,5 mm, *fly ash*, *superplastizer*, berupa *viscocrete* 1003 produksi PT. SIKA.

Tahap II : Pengujian material, Tahapan ini dilakukan pengujian terhadap material yang akan digunakan dalam pembuatan sampel beton meliputi pengujian *portland cement* (SNI 15-2049-2004), dan *fly ash*, air, Pengujian agregat halus (SNI 2816-2014) berat jenis agregat halus (pasir), kandungan lumpur agregat halus, SSD, gradasi agregat, pengujian agregat kasar (SNI 2417-2008).

Tahap III : Pembuatan benda uji, Tahapan ini meliputi perencanaan adukan beton, pembuatan adukan beton, pengujian *slump*, pembuatan benda uji dan perawatan beton. Perencanaan adukan beton dihitung menggunakan metode SK SNI-03-6468-2000. Selanjutnya dibuat adukan beton sesuai dengan proporsi masing-masing bahan yang sudah didapatkan dan dilakukan pengujian *slump*. Benda uji dibuat dengan cetakan silinder beton ukuran diameter 15cm, tinggi 30cm dan silinder untuk pengujian durabilitas ukuran diameter 10cm, tinggi 5cm, di diamkan didalam cetakan selama 2x24 jam, kemudian di lepas dari cetakan. Setelah benda uji dilepas dari cetakan, benda uji direndam dalam bak perendaman berisi air selama 14, 28, 56 hari.

Tabel 1 Jumlah benda uji

Prosentase Abu Terbang Lolos Saringan 200 & 400 (%)	Kuat Tekan Silinder (Ø 15cm, Tinggi 30cm)			Durabilitas (Ø10cm, Tinggi 5cm)
	14 hari	28 hari	56 Hari	56 hari
0%	3	3	3	3
50% saringan 200	3	3	3	3
50% saringan 400	3	3	3	3
Jumlah Total	36			

Tabel 2 Komposisi Beton mutu tinggi untuk 1 m³

Material	Beton Acuan	<i>Fly Ash</i> 50% Lolos 200	<i>Fly Ash</i> 50% Lolos 400
Pasir (kg)	827,35	827,35	827,35
Kerikil (kg)	895,84	895,84	895,84
<i>Fly Ash</i> (kg)	-	282,5	282,5
Portland Cemen	565	282,5	282,5
Air (liter)	169,5	169,5	169,5
Total (kg)	2457,69	2457,69	2457,69

Tahap IV : Pengujian benda uji, Pada tahap ini dilakukan pengujian benda uji yang telah berumur 14, 28, dan 56 hari. Pengujian yang dilakukan meliputi, pengujian *slump* beton, pengujian kuat tekan silinder beton dan pengujian durabilitas beton. Sebelum dilakukan pengujian durabilitas beton, benda uji untuk durabilitas beton divacum

menggunakan alat vacum beton terlebih dahulu agar kering udara selama 3 jam, kemudian setelah itu beton direndam selama 18 jam agar rongga udara terisi oleh air, setelah itu diuji menggunakan larutan NaCl untuk tegangan negatif dan NaOH untuk tegangan positif lalu beton diapit dan dialiri listrik tegangan 60 Volt DC pengujian dilakukan selama 6 jam dengan pembacaan ampere meter setiap 30 menit. Pengujian menggunakan alat RCPT (*Rapid Chloride Penetration Test*).



Gambar 1 Tahap Vacum Beton

Tahap V : Analisis data dan kesimpulan, Pada tahap ini dilakukan analisis data yang didapat dari tahap III dan IV. Analisis data dilakukan dengan pembahasan dan pengolahan data hasil penelitian. Data tersebut dianalisis dan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta membandingkan satu dengan yang lainnya. Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka akan mendapatkan suatu kesimpulan mengenai penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *slump* dilakukan sebelum campuran beton dituang ke dalam cetakan silinder beton. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *workability* dan kekentalan adukan beton yang akan dituang ke dalam cetakan silinder beton. Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan campuran beton segar kedalam kerucut *Abrams*, dan ukur penurunannya.

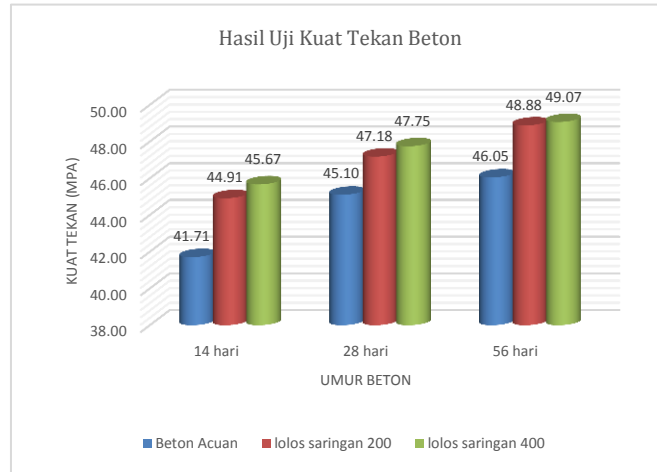
Tabel 3 Hasil Pengujian *Slump*.

Benda Uji	Penggunaan air per m ³ (liter)		<i>Slump</i> (cm)
	Rencana	Aktual	
<i>Beton Acuan Mutu Tinggi</i>	169,5	169,5	15
<i>HVFA Lolos Saringan 200</i>	169,5	120,3	12
<i>HVFA Lolos saringan 400</i>	169,5	120,3	12

Berdasarkan tabel 3 hasil pengujian *slump* menunjukkan nilai *slump* beton acuan dengan beton menggunakan campuran *fly ash* mengalami penurunan, namun terjadi keuntungan karena jumlah penggunaan air pada beton HVFA berkurang, beton tetap dipakai karena masih dalam rentang yang diizinkan yaitu 10-20cm. Dari hasil ini juga diketahui bahwa kehalusan butiran *fly ash* tidak mempengaruhi nilai *slump*. Hal ini sesuai dengan penelitian Ekasanti, dkk (2014) bahwa semakin besar kadar *fly ash*, maka semakin kecil kebutuhan air untuk mencapai *slump* yang direncanakan.

Gambar 2 Hasil Pengukuran *Slump*

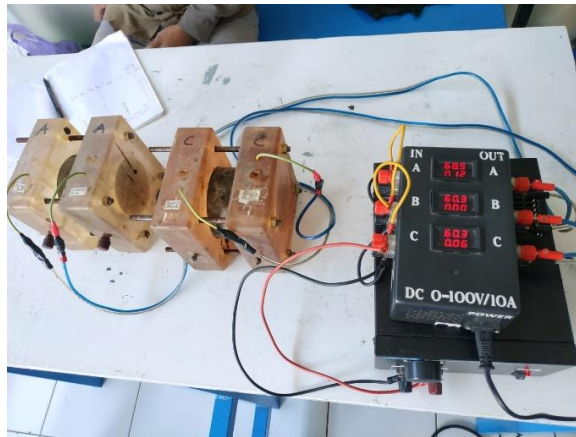
Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton dalam menahan beban dengan gaya tekan tertentu dalam setiap satu satuan luas permukaan beton, yang dihasilkan oleh mesin tekan (SNI 03-1974-1990). Pengujian kuat tekan dengan alat *Compressing Testing Machine* (CTM).



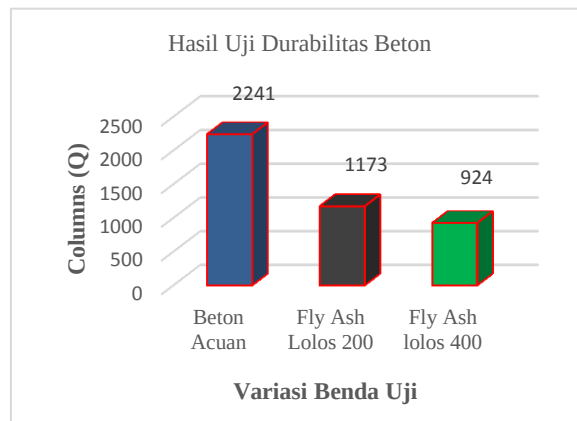
Gambar 3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Silinder.

Dari gambar 3 hasil pengujian kuat tekan silinder menunjukkan kuat tekan rata-rata beton acuan terjadi kenaikan pada umur 28 hari sebesar 7,51% ,beton HVFA lolos saingan 200 mengalami kenaikan tertinggi pada umur 28 hari sebesar 4,81%, beton HVFA lolos saingan 400 mengalami kenaikan tertinggi pada umur 28 hari sebesar 4,35%. Hal ini dikarenakan butiran *fly ash* yang jauh lebih kecil membuat beton lebih padat karena rongga antara butiran agregat diisi oleh *fly ash*, sehingga dapat memperkecil pori-pori yang ada dalam beton. *Fly ash* merupakan bahan tambah yang bersifat aktif bila dicampur dengan kapur dan semen. Kuat tekan menunjukkan bahwa beton *High Volume Fly Ash* dengan butiran semakin halus semakin baik. Dari hasil ini juga diketahui semakin lama umur beton HVFA semakin naik nilai kuat tekannya. Sebagai pembandingan dari hasil tersebut, menurut Teguh (2015) diperoleh bahwa kuat tekan untuk beton normal dan beton HVFA masing-masing adalah pada umur 14 hari sebesar: 37,9 Mpa dan 28,8 Mpa, pada umur 28 hari sebesar: 39,9 Mpa dan 39,4 Mpa, dan pada umur 56 hari sebesar: 41,6 Mpa dan 42,5 Mpa.

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan beton HVFA terhadap asam sulfat. Sebelum melakukan pengujian durabilitas, benda uji divacum selama 3 jam agar kering udara, setelah itu dilakukan perendaman benda uji selama 18 jam agar rongga udara terisi oleh air, kemudian baru dilakukan pengujian menggunakan larutan NaCl untuk tegangan negatif dan NaOH untuk tegangan positif dengan tegangan listrik 60 Volt DC pengujian dilakukan selama 6 jam dengan pembacaan ampere meter setiap 30 menit. Pengujian menggunakan alat RCPT (*Rapid Chloride Penetration Test*).



Gambar 4 Pengujian Durabilitas Beton.



Gambar 5 Hasil Pengujian Durabilitas Beton.

Dapat dimati grafik hasil pengujian durabilitas beton didapatkan hasil nilai rata-rata yaitu beton acuan 2241 column, beton dengan *fly ash* 50% lolos saringan 200 sebesar 1173 column, beton dengan *fly ash* 50% lolos saringan 400 sebesar 924 column. Hal ini membuktikan bahwa semakin halus butiran *fly ash* semakin padat dan susah ditembus oleh ion klorida. Sebagai pembandingan dari hasil tersebut, P.Nath dan P.Sharker (2011) meneliti beton *fly ash* menghasilkan ketahanan yang lebih baik terhadap penetrasi ion klorida baik pada umur 28 dan 180 hari. Dengan demikian, adalah mungkin untuk merancang beton mutu tinggi dengan permeabilitas yang lebih rendah dengan memasukkan hingga 40% *fly ash* kelas F dalam total binder.

4. PENUTUP

Nilai *slump* rata-rata dari campuran HVFA beton mutu tinggi 50% lolos saringan 200 dan 400 adalah sebesar 12cm, dan dari hasil tersebut menyatakan bahwa kehalusan *fly ash* tidak mempengaruhi nilai *slump*. Hasil tersebut tetap dipakai karena masih dalam rentang yangizinkan yaitu 10-20cm.

Hasil pengujian kuat tekan ditinjau dari kehalusan *fly ash* mengalami kenaikan. Dari hasil ini menunjukkan semakin halus butiran *fly ash*, nilai kuat tekan semakin tinggi.

Hasil pengujian durabilitas beton menunjukkan bahwa semakin halus butiran *fly ash* semakin baik dan sulit ditembus oleh asam sulfat dikarenakan lebih rapat dan padat butirannya.

Dapat dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya dengan menguji kuat lentur ditinjau dari kehalusan *fly ash*. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan membuat sambel benda uji seperti balok, plat, dan kolom beton HVFA. Penelitian selanjutnya sebaiknya memperhitungkan kadar air yang ideal.

DAFTAR PUSTAKA

- A.F. Ekasanti, Stefanus A K., Sunarmasto., 2014. “Pengaruh Kadar Fly Ash Terhadap Kebutuhan Air dan Kuat Tekan High Volume Fly Ash-Self Compacting Concrete (HVFA-SCC)”.Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Ervianto, M., Saleh, F., Prayuda, H. 2016. “Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Bahan Tambah Abu Terbang (Fly Ash) dan Zat Adiktif (Bestmittel)”.Jurnal Sinergi 20(3) 2016 : 199-206
- Luga, E., Atis, C.D. 2016. Strength Properties of Slag/Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and Sodium Hydroxide + Silica Fume. Periodica Poytechnica Civil Engineering 60(2) 2016 : 223-228.
- Martin. D. J. Sumajouw, Servie O. Dapas, Reky S. Windah., 2014, Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Mira S., 2018, Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Pada Beton, Universitas Muhammadiyah Palembang.
- M. Solikin, S. Kholishoh, B. Setiawan., 2014, Pengaruh Perbedaan Sumber Fly Ash Terhadap Karakteristik Mekanik High Volume Fly Ash Concrete Yang Dibuat Dengan Menggunakan Semen PPC, Eco Rekayasa Vol.10 No.2 , Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Nona Usrina, Teuku Budi A., Muttaqien Muttaqien., 2018, Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Hybrid Dengan Substitusi Semen Dan Agregat Halus Serta Penambahan Nano Material Bijih Besi, Jurnal Arsip Rekayasa Aipil Dan Perencanaan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- P.Nath, P. Saker.,(2011) “Effect of Fly Ash on the Durability Properties of High Strength Concrete”, Department of Civil Engineering, Curtin University, Australia.
- Teguh Fajar P., 2015.” Analisis Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi Dengan Memanfaatkan Teknologi High Volume Fly Ash Concrete”. Universitas Muhammadiyah Surakarta.

- T.Ch. Madhavi, L. Swamy Raju, Deepak Mathur., 2014, “*Durabilty and Strength Properties of High Volume Fly Ash Concrete*”, *Journal of Civil Engineering Research*, Vol. 4 No. 2A, 2014, pp. 7-11. doi: 10.5923/c.jce.201401.02, SRM University, India.
- T. Mulyanto., 2015.” Analisis Sifat Mekanis Beton SCC Mutu Tinggi Dengan Pemanfaaaatan Teknologi *High Volume Fly Ash Concrete*”, Universitas Muhammadiyah Surakarta.