

KARAKTERISTIK SUSUT BETON DENGAN ALWA MURNI

Indri Soliyansyah¹, Euis Kania Kurniawati², Tahadjuddin³.

¹ Mahasiswa Program Sarjana Teknik Sipil UMMI, email : soliyansyah@yahoo.com

² Dosen Program Studi Teknik Sipil UMMI, email : euiskania@ymail.com

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil UMMI, email : tahadjuddin@gmail.com

ABSTRAK

Salah satu sifat beton yang penting adalah susut, karena dapat menurunkan kualitas beton serta dapat menimbulkan keretakan pada beton, susut akan tergantung pada agregat yang dipilih. Untuk agregat pada umumnya digunakan agregat alami namun pada penelitian ini akan digunakan bahan tambah agregat buatan yaitu Alwa (*Artificial Lightweight Aggregate*). Alwa yang digunakan adalah Alwa murni yang terbuat dari tanah liat jenis shale yang dibakar dalam tungku putar, pada suhu $>600^{\circ}\text{C}$. Alwa memiliki bentuk permukaan yang kasar, absorpsi yang tinggi sehingga memungkinkan agregat menyimpan air yang dibutuhkan untuk hidrasi beton yang dapat meminimalisasi penyusutan yang terjadi pada beton sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik susut beton dengan alwa. Analisis ini menggunakan metode eksperimen, dan menggunakan benda uji mortar dengan ukuran kubus 5x5x5 cm. Desain campuran mortar menggunakan metode DoE dan untuk pengujian yang di uji adalah kuat tekan, porositas, dan susut beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mortar beton yang menggunakan penambahan alwa cukup efektif mengurangi susut dengan penambahan optimum 18% karena untuk 20 - 30% persen tidak memenuhi kuat tekan yang direncanakan.

Kata Kunci : Alwa murni, kuat tekan, porositas, susut, mortar.

ABSTRACT

Shrinkage is one of the important concrete properties which, decreasing durability of concrete and causing concrete cracking. The shrinkage will depend on aggregate selected. In this research used a pure alwa aggregate which made from expanded clay burned in rotary kiln at high temperature ($>600^{\circ}\text{C}$). Alwa has a rough surface shape, high absorption that allows aggregate to store water needed for concrete hydration which can be removed from the shrinkage. This analysis uses experimental methods, and uses mortar specimens with 5x5x5 cm cubes. Mixed mortar design using the DoE method and for testing in test are compressive strength, porosity, and shrinkage of concrete.

The results show that concrete mortar using alwa enough effective to reduce shrinkage with optimum addition of 18% for 20 - 30% percent did not meet the compressive strength of the planned.

Keywords: Pure alwa, compressive strength, porosity, shrinkage, mortar.

PENDAHULUAN

Latar Belakang Masalah

Perkembangan konstruksi saat ini semakin maju, seiring dengan pembangunan yang kian banyak dilakukan, baik berupa gedung-gedung tinggi maupun infrastruktur lainnya. Dalam perkembangan tersebut metode konstruksi adalah salah satu pilarnya. Beton telah menjadi salah satu konstruksi yang paling banyak dimanfaatkan. Hal ini dikarenakan beberapa keunggulan yang dimilikinya, baik karena material pembentuknya yang mudah didapatkan juga karena mudah dalam pembuatannya.

Salah satu sifat beton yang penting adalah susut, karena dapat menurun kualitas beton serta dapat menimbulkan keretakan pada beton, sehingga susut harus diminimalisasi. Susut terjadi antara lain pada saat proses hidrasi dimana air bercampur dengan semen, beton melepaskan panas yang dapat diamati dengan naiknya suhu beton tersebut menyebabkan terjadinya susut (*shrinkage*). Susut yang berlebihan dapat menyebabkan retak sehingga susut akan tergantung pada agregat yang dipilih.

Seiring dengan perkembangan zaman, inovasi teknologi bahan agregat semakin berkembang, pada umumnya beton menggunakan agregat alami. Agregat memegang peranan yang penting dalam campuran beton karena menempati 70-75%

dari total volume beton, namun pada penelitian ini akan digunakan bahan tambah agregat buatan yaitu Alwa (*Artificial Lightweight Aggregate*). Agregat buatan ini berasal dari cilacap yang memproduksi terdiri dari beberapa macam yaitu alwa murni, alwa fly ash, alwa bottom ash dan sebagainya. Alwa yang digunakan adalah Alwa murni yang terbuat dari tanah liat jenis shale yang dibakar dalam tungku putar pada suhu $>600^{\circ}\text{C}$. Alwa memiliki bentuk permukaan yang kasar, absorpsi yang tinggi sehingga memungkinkan agregat menyimpan air yang dibutuhkan untuk hidrasi beton yang dapat meminimalisasi penyusutan yang terjadi pada beton sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik susut beton dengan alwa.

Rumusan Masalah

Bagaimana karakteristik susut beton dengan alwa.

Maksud dan Tujuan

Mengetahui karakteristik susut beton dengan alwa.

Manfaat Penelitian

Diharapkan menghasilkan kualitas beton yang lebih baik dan dapat memberikan informasi kepada masyarakat jika digunakan sebagai alternatif pada pembuatan beton.

Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan penelitian karena luasnya permasalahan, maka dalam

penelitian ini ruang lingkup dibatasi pada :

1. Pengujian dilakukan pada fasa mortar.
2. Alwa yang digunakan Alwa murni.
3. Tidak membahas proses produksi alwa.
4. Pasir yang digunakan berasal dari cianjur.
5. Karakteristik yang di ukur antara lain: susut kering, kuat tekan, dan porositas.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton

Beton didefinisikan sebagai campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat (SNI-2847-2013). Komposisi dalam campuran beton terlebih dahulu harus direncanakan untuk mendapatkan penggabungan gradasi yang ekonomis, tetapi harus tetap masuk dalam batas spesifikasi, dengan sasaran butimen yang cukup untuk menjamin kuat tekan beton. Stabilitas yang kuat, durabilitas yang cukup, tahan terhadap retak (fatigue) dan mudah dikerjakan.

Beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk. Nilai beton relatif tinggi di banding kuat tekannya. Karena beton merupakan material yang bersifat getas, Nawy mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. Agar hasil kuat tekan 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 homogeny 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 tekan beton yang dihasilkan.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton pada dasarnya adalah sebuah fungsi dari volume pori/rongga dari beton itu sendiri. Pengujian kuat tekan beton dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari benda uji.

Susut Kering Pada Beton

Susut beton secara umum diartikan sebagai berubahnya volume, yaitu berkurangnya volume beton akibat keluarnya air pada saat beton dalam proses pengerasan. Susut yang terjadi dalam hal ini tidak berhubungan sama sekali dengan adanya pembebanan. Susut merupakan sifat utama dari pasta semen beton, yaitu akibat proses hidrasi yang terjadi saat air bercampur dengan semen. Proses penguapan air bebas dari pasta semen beton ini terjadi saat beton mengering dan berjalan bersamaan dengan lajunya pengerasan beton (Siswanto, 1990).

Menurut Nawy (1998), pada dasarnya ada dua jenis susut, yaitu :

- 1) Susut plastis, terjadi selama beberapa jam pertama sesudah pengecoran beton segar di cetakan.

2) Susut pengeringan, terjadi setelah beton mencapai bentuk akhirnya dan proses hidrasi pasta semen telah selesai.

Susut kering beton terjadi setelah beton mencapai bentuk akhirnya dan proses hidrasi pasta semen telah selesai. Susut kering beton adalah berkurangnya volume elemen beton jika terjadi kehilangan uap air karena penguapan. Penguapan ini menghilangkan air pori, sehingga mengakibatkan adanya tegangan kapiler yang menyebabkan dinding-dinding kapiler tertarik dan volume beton menyusut. Beton akan terus menerus mengalami susut kering dalam jangka panjang bahkan sampai bertahun-tahun sampai air yang terkandung didalam beton benar-benar habis menguap. Menurut Nawi (1998), faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya susut kering beton antara lain sebagai berikut :

- 1) Agregat.
- 2) Faktor air-semen.
- 3) Ukuran elemen beton.
- 4) Kondisi lingkungan.
- 5) Banyaknya penulangan.
- 6) Bahan tambahan pada campuran beton.
- 7) Jenis semen.

Porositas

Mardiyono Dalam Prihantoro, bahwa porositas dapat didefinisikan salah satu masalah yang sangat berpengaruh pada kuat tekan beton adalah adanya porositas. Porositas merupakan persentase pori-pori atau ruang kosong dalam beton terhadap volume benda (volume total beton). Semakin besar porositasnya maka kuat tekannya semakin kecil, sebaliknya semakin kecil

porositas kuat tekannya semakin besar. Besar dan kecilnya porositas dipengaruhi besar dan kecilnya fas yang digunakan. Semakin besar fas-nya porositas semakin besar, sebaliknya semakin kecil fas-nya porositas semakin kecil. Untuk mendapatkan beton bermutu tinggi (kuat tekan tinggi) maka harus dipergunakan fas rendah, namun jika fas-nya terlalu kecil pengerjaan beton akan menjadi sangat sulit, sehingga pematatannya tidak bisa maksimal dan akan mengakibatkan beton menjadi keropos, hal tersebut berakibat menurunkan kuat tekan beton.

Selain itu porositas beton timbul karena pori atau rongga yang ada di dalam butiran agregat yang terbentuk oleh adanya udara yang terjebak dalam butiran ketika pembentukan atau dekomposisi mineral. Agregat yang menempati kurang lebih 70-75% dari volume beton akan sangat berpengaruh terhadap porositas beton akibat porositas yang dimiliki oleh agregat sendiri. Gradasi atau butiran yang dimiliki oleh agregat juga berpengaruh terhadap nilai porositas beton karena di ukuran yang seragam maka porositas akan semakin besar sedangkan dengan ukuran yang tidak seragam porositas beton justru berkurang. Hal ini dikarenakan butiran yang kecil dapat menempati ruangan/pori diantara butiran yang besar sehingga porositas beton menjadi kecil.

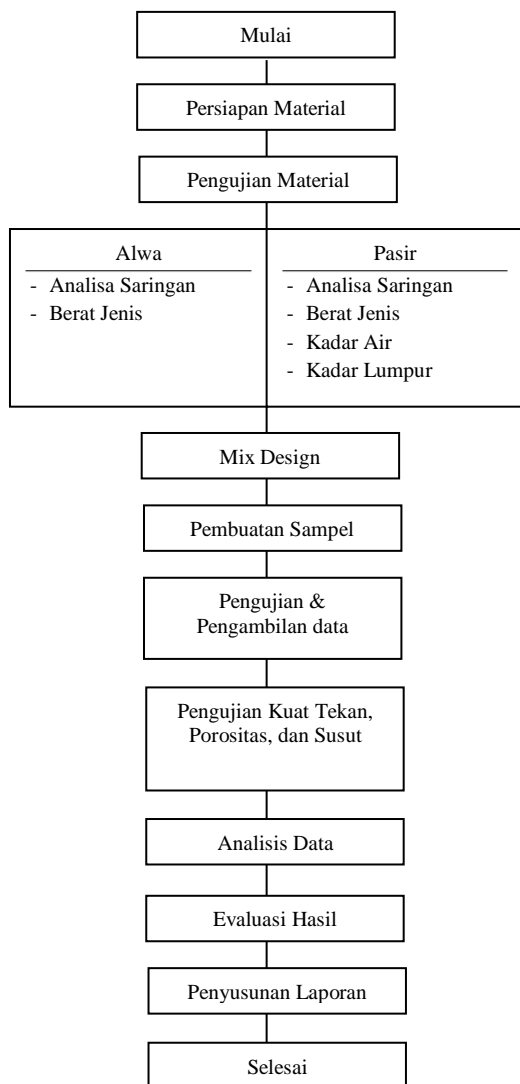
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen di laboratorium. Variabel penelitian ini adalah

porsi penambahan alwa pada beberapa variasi porsi campuran mortar. Variasi campuran yaitu 0%, 10%, 20%, dan 30%. variabel tersebut di ukur terhadap kuat tekan porositas dan susut.

Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian dapat di jelaskan pada gambar :



Gambar 1. diagram alir penelitian

Persiapan Material

Persiapan material ini meliputi pengangkutan dan mendatangkan bahan uji

ke laboratorium. Adapun bahan uji yang digunakan berupa : Pasir, semen, dan Alwa.

Pengujian Material

Kegiatan pengujian material agregat dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik dari agregat halus tersebut, apakah mempunyai karakteristik yang memenuhi spesifikasi yang digunakan.

Pengujian yang dilakukan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) dan American Standart Testing and Material (ASTM). Adapun Pengujian yang dilakukan yaitu analisa saringan, berat jenis, kadar air dan kadar lumpur.

Mix Design (Desain Campuran)

Pengujian ini dilakukan berdasarkan buku Panduan Laboratorium Teknik Sipil UMMI. Ada beberapa metode yaitu ASTM dan DoE. Mix Design yang digunakan adalah metode DoE.

Tujuan *Mix Design* adalah untuk menentukan proporsi semen, agregat halus, agregat kasar, air dan bahan campuran tambahan agar dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Kekuatan tekan yang memenuhi syarat.
2. Keleccakan yang cukup sehingga pengangkutan, penuangan dan pemadatan beton dapat dilakukan dengan baik.
3. Keawetan yang memadai.
4. Penyelesaian akhir (finishing) dari permukaan beton.

1. Uraian *Mix Design*

Tabel 1. *Mix Design*

NO	URAIAN	NILAI
1	Kuat tekan yang disyaratkan pada umur 28 hari	30 Mpa
2	Deviasi Standar (S)	5.6 Mpa
3	Nilai Tambah Margin (M)	9.18 Mpa
4	Kuat tekan rata rata yang direncanakan (f'_{cr})	39.18 Mpa
5	Jenis Semen	Type I
6	Jenis Agregat Halus	Alami
7	Fas (gb. a.1 atau tabel c.3 dan gambar c.1)	0,50
8	Fas maksimum (table c.4)	0,55
9	Nilai Slam (table c.5)	10 cm
10	Ukuran maksimum agregat kasar	1 cm
11	Kebutuhan air (table c.6)	180 Liter
12	Kebutuhan semen, tergantung langkah 7 dan 11	360 kg
13	Daerah gradasi agregat halus (tabel c.8)	1
14	Persen agregat halus terhadap campuran (gambar c.2a-c)	46%
15	Berat jenis agregat campuran (dihitung)	2,25
16	Berat beton (gambar c.3)	2133 kg/m^3
17	Kebutuhan agregat (langkah 16-11-12)	1593 kg/m^3

2. Menetapkan Jumlah Benda Uji
Tabel 2. Jumlah Benda Uji Kuat tekan

Umur	Variasi Campuran			
	MAM 0%	MAM 10%	MAM 20%	MAM 30%
3	3	3	3	3
7	3	3	3	3
14	3	3	3	3
21	3	3	3	3
28	3	3	3	3
jumlah	60			

Tabel 3. Jumlah Benda Uji Porositas

Umur	Variasi Campuran			
	MAM0 %	MAM 10%	MAM 20%	MAM 30%
7	3	3	3	3
14	3	3	3	3
21	3	3	3	3
28	3	3	3	3
56	3	3	3	3
jumlah	60			

Tabel 4. Jumlah Benda Uji Susut

Umur	Variasi Campuran			
	MAM 0%	MAM 10%	MAM 20%	MAM 30%
3				
7				
14				
21	5	5	5	5
28				
56				
jumlah	20			

Keterangan :

MAM0% : Mortar Alwa Murni Campuran 0%

MAM10% : Mortar Alwa Murni Campuran 10%

MAM20%: Mortar Alwa Murni Campuran 20%

MAM30%: Mortar Alwa Murni Campuran 30%

3. Menghitung Kebutuhan Campuran

Tabel 5. Kebutuhan Campuran

Sampel uk. 5x5x5 cm (120 bh)

Volume	Air (Liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Alwa (kg)	
1 m ³	180	360	1593		
1 Adukan	MAM 0%	0.68	1.35	5.97	0
	MAM 10%	0.68	1.35	5.38	0.60
	MAM 20%	0.68	1.35	4.78	1.19
	MAM 30%	0.68	1.35	4.18	1.79

Sampel uk. 5x5x28.5 cm (20 bh)

Volume	Air (Liter)	Semen (kg)	Pasir (kg)	Alwa (kg)	
1 m ³	180	360	1593		
1 Adukan	MAM 0%	0.64	1.28	5.68	0
	MAM 10%	0.64	1.28	5.11	0.57
	MAM 20%	0.64	1.28	4.54	1.14
	MAM 30%	0.64	1.28	3.97	1.70

Kebutuhan Total

Air : 5.27 liter Pasir :36.61 kg

Semen : 10.53 kg Alwa :6.99kg

Keterangan :

MAM0% : Mortar Alwa Murni Campuran 0%

MAM10% : Mortar Alwa Murni Campuran 10%

MAM20%: Mortar Alwa Murni Campuran 20%

MAM30%: Mortar Alwa Murni Campuran 30%

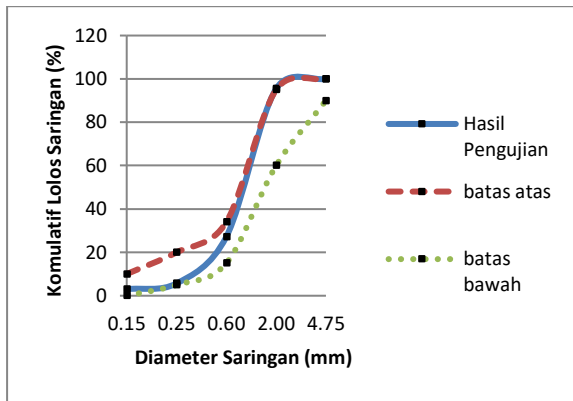
HASIL PEMERIKSAAN BAHAN

a. Pengujian terhadap pasir

Tabel 6. Hasil Pengujian Pasir

Keterangan	Hasil	Berdasarkan
Pengujian berat jenis		
Berat jenis curah	2.07	
Berat jenis jenuh kering permukaan	2.25	SNI 1970-2008
Berat jenis semu	2.53	
Penyerapan (%)	8.65	
Kadar lumpur (%)	2.43	ASTM C 117-03
Kadar air (%)	1.07	SNI 1971-2011
Modulus halus butir	5.02	SNI 03-1968-1990

Berdasarkan SNI 03-1968-1990, kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir kasar (Zona I), pasir agak kasar (Zona II), pasir agak halus (Zona III) dan pasir halus (Zona IV). Berdasarkan pembagian gradasi tersebut pengujian pasir jebrod memasuki pasir kasar (Zona I). Pemeriksaan gradasi pasir jebrod dapat dilihat dalam gambar 2.

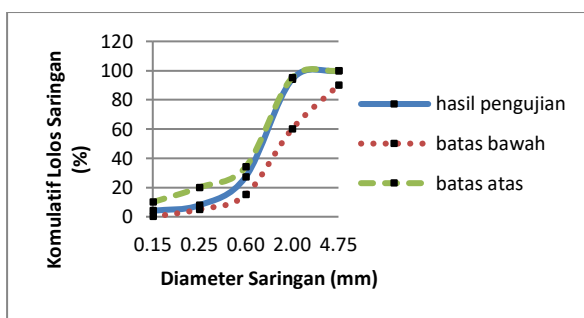


Gambar 2. Gradasi pasir jebrod dan batasan gradasi pasir zona I

b. Pengujian terhadap alwa

Tabel 7. Hasil Pengujian Alwa

Keterangan	Hasil	Berdasarkan
1 Pengujian berat jenis		
1 Berat jenis curah	1.53	SNI 1970-2008
2 Berat jenis jenuh kering permukaan	1.74	
3 Berat jenis semu	1.94	
4 Penyerapan (%)	14.00	
2 Modulus halus butir	5.10	SNI 03-1968-1990

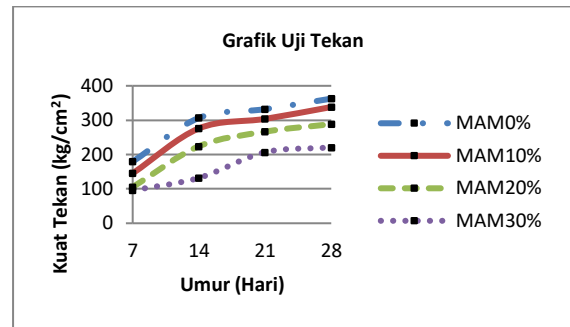


Gambar 3. Gradasi Alwa dan batasan gradasi zona I

PENGUJIAN TERHADAP MORTAR

a. Pengujian kuat tekan

Pengujian ini mengacu pada SNI 03-6825-2002.



Gambar 4. grafik kuat tekan

Keterangan :

MAM0% : Mortar Alwa Murni Campuran 0%

MAM10% : Mortar Alwa Murni Campuran 10%

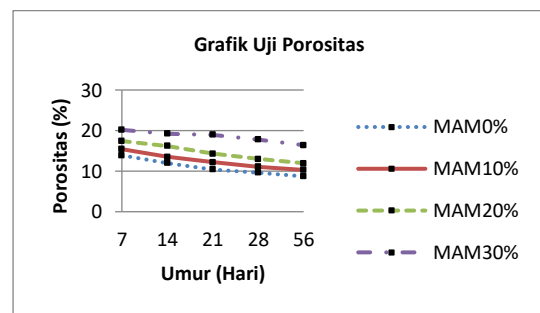
MAM20% : Mortar Alwa Murni Campuran 20%

MAM30% : Mortar Alwa Murni Campuran 30%

Terlihat pada gambar, campuran 0% kuat tekannya lebih tinggi dibandingkan dengan memakai campuran alwa, hal ini disebabkan alwa memiliki pori yang besar sehingga semakin banyak persentase campuran alwa maka pori yang ada di dalam beton semakin banyak dan beton menjadi tidak padat sehingga mengurangi kuat tekan pada beton. Tapi meskipun kuat tekan turun seiring penambahan alwa namun untuk penambahan 10% masih tetap menghasilkan kuat tekan diatas rencana yaitu 30 Mpa.

b. Pengujian Porositas

Pengujian ini mengacu pada ASTM C 642-90



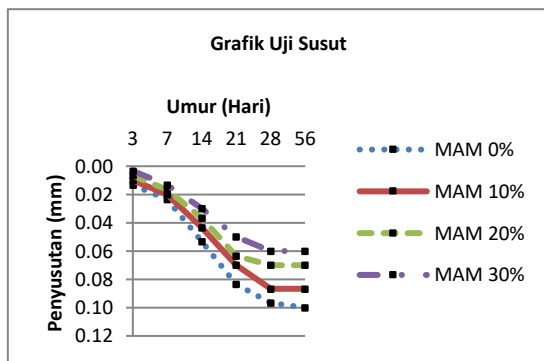
Gambar 5. Grafik uji porositas

Pengujian porositas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya pori pada benda uji. Karena semakin besar porositas pada benda uji maka semakin rendah kekuatannya, sebaliknya semakin kecil porositas maka semakin tinggi kekuatannya.

Dari gambar 4.4 hubungan presentase campuran alwa terhadap porositas terlihat bahwa nilai porositas terendah didapat pada persentase 0% dengan nilai porositas sebesar 8.7% dan nilai porositas tertinggi didapat pada persentase 30% dengan nilai porositas sebesar 16.4% dengan menggunakan alwa. Hal ini disebabkan karena jumlah pori di dalam beton semakin bertambah sehingga mengurangi kepadatan beton. Dengan meningkatnya nilai porositas menunjukkan perlakuan alwa sebagai bahan tambah menjadikan mortar memiliki pori yang cukup besar.

c. Pengujian Susut

Pengujian susut mortar dilakukan mengacu pada ASTM C 157.



Gambar 7 Grafik uji susut

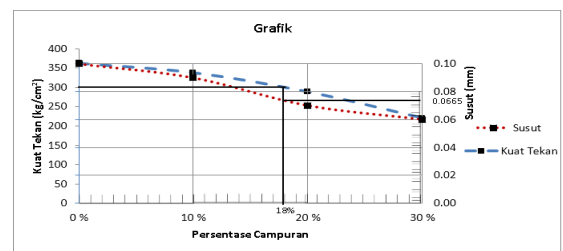
Keterangan :

- MAM0% : Mortar Alwa Murni Campuran 0%
- MAM10% : Mortar Alwa Murni Campuran 10%
- MAM20% : Mortar Alwa Murni Campuran 20%
- MAM30% : Mortar Alwa Murni Campuran 30%

Gambar menunjukkan beton dengan campuran alwa mempengaruhi terhadap penyusutan, semakin bertambah presentase campuran alwa maka semakin kecil penyusutannya. Hal ini disebabkan air untuk hidrasi tersimpan dalam pori alwa sehingga mengurangi susut karena pori alwa sudah permanen tidak akan mengecil.

Alwa memiliki tingkat penyerapan yang tinggi, oleh karenanya kebutuhan air (faktor air semen) untuk pengadukan dilakukan penambahan sehingga tidak mengurangi air yang dibutuhkan. Jumlah air yang diserap dapat membantu curing pada mortar sehingga penyusutan yang terjadi dapat diminimalisasi.

d. Persentase Campuran Optimum Alwa Murni Terhadap Kuat Tekan Rencana



Gambar 8. Persentase campuran optimum alwa murni terhadap kuat tekan rencana

Gambar menunjukkan campuran optimum alwa murni terhadap kuat tekan rencana adalah 18% dan didapat nilai susut 0.0665 mm.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium, dapat disimpulkan bahwa mortar beton yang menggunakan

penambahan alwa cukup efektif mengurangi susut dengan penambahan optimum 18% karena untuk 20 - 30% persen tidak memenuhi kuat tekan yang di rencanakan.

Saran

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan penelitian ini, baik pada pelaksanaan penelitian maupun pada hasil yang diperoleh, maka diberikan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap pengaruh perbedaan ukuran/kehalusan butir alwa terhadap susut mortar.
2. Mortar beton ini akan baik diaplikasikan pada elemen struktur lantai karena akan mengurangi beban struktur dan mengurangi susut yang terjadi akibat penguapan air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standarisasi Nasional. (2017). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *SNI 1970-2008*
- [2] Badan Standarisasi Nasional. (2017). Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar. *RSNI 03-1968:2008*.
- [3] Badan Standarisasi Nasional. (2017). Metode pengujian kadar air agregat. *SNI 1971-2011*.
- [4] Badan Standarisasi Nasional. (2017). Metode pengujian kuat tekan beton. *SNI 03-1974-1990*.
- [5] Darmono, D (1996). Memacu Mekuatan Dan Memperbaiki Mutu Beton Dengan

Bahan Admixtures. *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, 2(2).

- [6] Hidayat, A. (2014) : Perbandingan job Mix Design Beton antara Metode DoE dan ACI. *Jurnal aptek vol. 6 no. 1*.
- [7] Husnah, H. (2017). Analisa perencanaan beton mutu tinggi (high strength concrete) dengan semen holcim. *Racic: Jurnal Teknik Sipil Universitas Abdurrab*, 1(02), 135-144.
- [8] Julian Bagus Hariawan. (2007)'' *Pengaruh perbedaan karakteristik type semen Ordinary portland cement (opc) dan Portland Composite cement (pcc) terhadap kuat tekan Mortar*. Data/artikel diperoleh dari http://www.gunadarma.ac.id/library/articles/graduate/civil-engineering/2007/Artikel_10302047.pdf. yang diakses pada tahun 2007
- [9] Maharani Krisma Vionita. (2014). *Kebersihan Agregat Kasar (kerikil) terhadap lumpur*. Data/artikel diperoleh dari <http://asistensiteknologi.beton.blogspot.co.id/2014/12/agregat.html>. yang diakses pada tanggal 23 Desember 2014.
- [10] PBI (1971). Tentang Peraturan Beton Indonesia, *Departemen Pekerjaan Umum*, Bandung.
- [11] Rahmatullah, Rindianto. (2014). *Praktikum Analisa Gradasi Pasir*. Data/artikel diperoleh dari <http://asistensiteknologibeton.blogspot.co.id/2014/12/agregat.html>. yang diakses pada tanggal 23 Desember 2014.

- [12] Simanullang, D. Y. (2014). Kajian Kuat Tekan Mortar Menggunakan Pasir Sungai dan Pasir Apung dengan Bahan Tambah Fly Ash dan Conplast dengan Perawatan (curing). *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(4), pp-621.
- [13] Siswanto Fauzie. (1990). *Susut Beton*. Data/artikel diperoleh dari <file:///C:/Users/GIGABYTE%20FSB1066/Downloads/60.pdf> yang di akses pada agustus 1990.
- [14] Trisnoyuwono diarto, (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Sifat Workability Dan Sifat Fisik – Mekanik Beton Non Pasir Dengan Agregat Alwa Asal Cilacap. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 9, No.1.
- [15] Trisnoyuwono, D. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Sifat Workability Dan Sifat Fisik-Mekanik Beton Non Pasir Dengan Agregat Alwa Asal Cilacap. *Rekayasa Sipil*, 9(1), 29-36.