

Karakteristik Beton Busa Akibat Variasi *Foamed* dan Substitusi *Fly Ash* Terhadap Semen

Febryandi¹⁾, Rahmad Setiawan²⁾

¹⁾²⁾Program Studi Teknik Sipil Universitas Indo Global Mandiri
Jl. Jend. Sudirman No. 629 KM. 4 Palembang Kode Pos 20129
Email : febryandialfuady@uigm.ac.id¹⁾, rsetiawan125@gmail.com²⁾

ABSTRACT

Foam concrete is a concrete technology that is applied to buildings. The advantage of foam concrete is that it is lightweight and fast in building work. The use of foamed in foam concrete reduces the density of foam concrete. Substitution of fly ash for cement can increase the compressive strength of foam concrete. The variations of foamed used in this study were 30%, 40%, and 50%. The substitution of fly ash for cement in this study was 0%, 5%, and 10%. In the specific gravity test, the smallest value was 1,156 kg / m³ resulting from a variation of 50% foamed and 0% substitution of fly ash for cement, while the largest weight was 1,670 kg / m³ resulting from 30% foamed variation and 10 fly ash substitution. % against cement. In the compressive strength test at 28 days of concrete, the highest value was obtained with a value of 2.573 N / mm² resulting from 30% variation of foamed and 5% substitution of fly ash for cement, while the lowest compressive strength was 1.986 N / mm² resulting from variations of foamed 30 % and 10% substitution of fly ash for cement. The optimum composition of foam concrete in this study was found in a mixture with 40% foamed variation and 5% fly ash substitution for cement with a value of 2,312 N / mm² and a specific gravity of 1438 kg / m³. The optimum use of fly ash is obtained at a substitution percentage of 5% for cement. Foam concrete using styrofoam and polypropylene fibers is good for non-structural elements in buildings such as wall panels.

Keywords: *Light weight concrete, foamed concrete, fly ash*

ABSTRAK

Foam concrete merupakan salah satu teknologi beton yang diaplikasikan pada bangunan. Keunggulan foam concrete adalah material yang ringan dan cepat pada pekerjaan bangunan. Penggunaan foamed pada foam concrete mengurangi berat jenis dari beton busa. Substitusi fly ash terhadap semen dapat meningkatkan kuat tekan beton busa. Variasi foamed yang digunakan pada penelitian ini sebesar 30%, 40%, dan 50%. Substitusi fly ash terhadap semen pada penelitian ini sebesar 0%, 5%, dan 10%. Pada pengujian berat jenis, dihasilkan nilai terkecil sebesar sebesar 1.156 kg/m³ yang dihasilkan dari variasi foamed 50% dan substitusi fly ash 0% terhadap semen, sedangkan berat terbesar sebesar 1.670 kg/m³ yang dihasilkan dari variasi foamed 30% dan substitusi fly ash 10% terhadap semen. Pada pengujian kuat tekan pada umur beton 28 hari, didapatkan nilai tertinggi dengan nilai 2,573 N/mm² yang dihasilkan dari variasi foamed 30% dan substitusi fly ash 5% terhadap semen, sedangkan kuat tekan terendah didapatkan nilai 1,986 N/mm² yang dihasilkan dari variasi foamed 30% dan substitusi fly ash 10% terhadap semen.. Komposisi optimum beton busa pada penelitian ini didapatkan pada campuran dengan variasi foamed 40% dan substitusi fly ash 5% terhadap semen dengan nilai 2,312 N/mm² dan berat jenis 1438 kg/m³. Penggunaan fly ash yang optimum didapatkan pada persentase substitusi sebesar 5% terhadap semen. Foam concrete menggunakan styrofoam dan serat polypropylene baik digunakan untuk elemen non struktur pada bangunan seperti dinding panel.

Kata Kunci : *Beton ringan, foamed concrete, fly ash.*

1. Pendahuluan

Beton ringan telah diaplikasikan pada bangunan infrastruktur karena memiliki berat yang ringan. *Foamed concrete* merupakan salah satu tipe dari beton ringan. Berat beton ringan berkisar 400–1.600 kg/m³ (Hamad, 2014). *Foam concrete* merupakan beton yang mengandung busa. *Foam concrete* terdiri dari bahan semen, agregat halus, air dan gelembung udara. Gelembung udara pada *foam concrete* dibuat dengan menambahkan cairan busa (*foam agent*) ke dalam campuran. *Foam agent* merupakan salah satu bahan pembuat busa yang biasanya berasal dari bahan berbasis *protein hydrolyzed*.

Foam concrete memiliki massa jenis yang kecil, sehingga cocok digunakan sebagai material pengisi struktur bangunan (*non-structural*). *Foam concrete* digunakan pada dinding bangunan yang dapat mengurangi beban bangunan. Berkurangnya beban bangunan menjadikan bangunan lebih ekonomis dalam penggunaan struktur utamanya. Beberapa kelebihan *foam concrete*, yaitu memiliki berat ringan, kedap air, tahan api, menyerap panas, hemat energi, kedap suara, dan memiliki kuat tekan yang baik. *Foam concrete* juga memiliki kelebihan cepat dalam pembentukan dan pengaplikasian terhadap bangunan (Hamad dan Ali, 2014).

Foam concrete memiliki kelemahan pada sifat mekanik. *Foam concrete* memiliki kuat tekan yang kecil, sehingga dibutuhkan bahan tambahan untuk meningkatkan ketahanan kapasitas kuat tekan dan lentur. *Fly ash* sebagai bahan yang berasal dari sisa pembakaran batubara, merupakan material *pozzolan*. Ukuran *fly ash* yang sangat halus dapat mengurangi jumlah rongga udara *foam concrete* namun membuat campuran *foam concrete* tetap ringan. *Fly ash* sebagai bahan tambahan yang halus dapat meningkatkan kuat tekan *foamed concrete*.

Penelitian ini merupakan inovasi pada *foam concrete* dengan persentase *foamed* dan bahan pengganti Abu Terbang (*Fly Ash*) pada pengujian kuat tekan beton.

Beton Busa (*Foam Concrete*)

Foam concrete merupakan jenis beton aerasi, *foam concrete* dibuat dengan cara menambahkan *foam agent*, air, dan udara yang menjadi *foamed* dan dicampurkan dalam adukan mortar. Proses perawatan pada *foam concrete* sama seperti tahapan perawatan *Non-Autoclaved Aerated Concrete* (NAAC) yaitu dengan cara direndam air. *Foam concrete* umumnya digunakan sebagai pelengkap suatu bangunan, dikarenakan materialnya ringan dan cepat dalam pekerjaan.

Pendapat Siram dan Raj (2013) ada beberapa kelebihan *foam concrete*, yaitu memiliki berat yang ringan, kedap air, tahan api, menyerap panas, hemat energi, kedap suara, dan memiliki kuat tekan yang baik. Selain kelebihan diatas, *foam concrete* juga memiliki kelebihan mudah dibentuk, dan cepat diaplikasikan pada bangunan.

Fly Ash

Fly ash merupakan salah satu bahan tambah (*additive*) yang cukup populer saat ini sebagai pengganti semen. *Fly ash* mengandung senyawa silika atau silika + alumina yang secara independen sangat sedikit atau mempunyai kemampuan mengikat (*non-cementitious*). *Fly ash* yang merupakan sisa pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap yang telah digunakan sebagai bahan campuran pada beton. *Fly ash* dikenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Abu terbang sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus membuat oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat.

Foaming Agent

Foaming agent juga didefinisikan sebagai *air entraining agent* yang merupakan material organik. Pada saat *foaming agent* ditambahkan ke dalam air maka akan menghasilkan gelembung berongga pada campuran pasta semen. Sifat *foamed concrete* sangat tergantung pada kualitas busa.

Foaming agent membuat massa jenis beton menjadi lebih kecil, dikarenakan *foam agent* mengandung gelembung udara sehingga akan menyebabkan beton memiliki rongga udara. Hanchinal et al (2015) memperlihatkan perbedaan massa jenis *foam concrete* yang disebabkan perbedaan persentase volume *foam* pada *foam concrete*. Dilihat perbedaan massa jenis beton akibat perbedaan volume *foam*, dimana volume *foam* sebesar 70% dihasilkan berat *foam concrete* 1.000 kg/m³, volume *foam* sebesar 60% dihasilkan berat *foam concrete* 1.300 kg/m³, dan volume *foam* sebesar 50% dihasilkan berat *foam concrete* 1.600 kg/m³.

2. Metode Penelitian

Alur penelitian *foamed concrete* dimulai dari persiapan bahan *fly ash*, pengujian material (semen, *fly ash*, dan aggregate halus), pembuatan *mix desing foam concrete* (persentase Volume *foam* 30%, 40%, 50%, dan substitusi *Fly Ash* 0%, 5%, dan 10%) pembuatan campuran *foamed concrete*, dan pengujian *slump flow*, pembuatan benda uji (silinder 100 x 200 mm) untuk kuat tekan. Alur penelitian dilanjutkan dengan proses perawatan benda uji pada suhu ruangan selama 7 dan 28 hari, pengujian (berat jenis, kuat tekan, analisa data, dan kesimpulan dan saran dari penelitian. Adapun komposisi campuran *foamed concrete* dengan substitusi *fly ash* terhadap seperti ditampilkan dalam Tabel 1.

Penamaan benda uji FC-30.0 didefinisikan sebagai campuran beton busa dengan variasi *foamed* 30% dan substitusi *fly ash* 0%

Benda uji digunakan adalah silinder berukuran 100 x 200 mm untuk kuat tekan beton 7, 14, dan 28 hari masing-masing 5 benda uji. Tata cara pembuatan beton

berbusa dimulai dari persiapan bahan-bahan seperti semen, agregat halus, *fly ash*, dan air. Setelah bahan disiapkan, dilakukan pengujian material agregat halus dan *fly ash*. Setelah dilakukan pengujian awal agregat halus dan *fly ash*. Bahan ditimbang berdasarkan proposi campuran benda uji.

Tabel. 1. Komposisi Campuran

Foam Concrete	Foamed	Air	Semen	Fly ash	Agregat Halus
	Liter	Liter	kg	kg	kg
FC-30.0	1,60	3,10	7,25	0,00	7,28
FC-30.5	1,60	3,10	6,95	3,47	7,28
FC-30.10	1,60	3,10	6,55	5,55	7,28
FC-40.0	2,12	2,61	6,31	0,00	6,31
FC-40.5	2,12	2,61	6,00	3,15	6,31
FC-40.10	2,12	2,61	5,68	5,40	6,31
FC-50.0	2,65	2,17	5,34	0,00	5,34
FC-50.5	2,65	2,17	5,07	2,53	5,34
FC-50.10	2,65	2,17	4,81	4,32	5,34

Setelah proses persiapan material, dilakukan pembuatan beton busa. Semen, pasir, dan *fly ash* diaduk terlebih dahulu dengan *mixer* beton. Setelah campuran semen, pasir, dan *fly ash* homogen, ditambahkan air ke dalam campuran. Gambar 1. Menunjukkan proses pencampuran beton busa.



Gambar. 1. Proses pencampuran beton busa



Gambar. 2. Pengujian *Slump Flow*

Pengujian *slump flow* dilakukan pada campuran beton busa. Setelah semua bahan tercampur, dilakukan pengujian aliran *slump*. Campuran beton busa harus diklasifikasikan dalam kriteria beton busa melalui pengujian *slump flow* untuk melihat kemampuan kerja

(*work ability*) beton busa. Gambar 2. Menunjukkan pengujian *slump flow* pada beton busa.

Setelah pengujian aliran *slump*, campuran beton busa dicetak dengan cetakan silinder. pelepasan benda uji dari forwork dilakukan setelah ± 24 jam. Setelah spesimen dilepaskan dari bekisting, dilakukan perlakuan beton pada suhu ruang selama 28 hari. Gambar 3. Menunjukkan benda uji yang telah dimasukan dalam cetakan silinder.



Gambar. 3. Proses pencetakan benda uji

Setelah benda uji melalui proses *curing*, dilakukan pengujian berat jenis dan kuat tekan. Kuat tekan diuji dengan pengujian *Universal Testing Mechine*. Prosedur pengujian bahan harus berdasarkan pengujian standar internasional. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan hingga benda uji pecah. Mesin uji universal menunjukkan nilai gaya yang paling tinggi, sehingga nilai tersebut diubah menjadi gaya tekan. Gambar 4. Memperlihatkan pengujian kuat tekan beton busa.



Gambar. 4. Pengujian kuat tekan beton busa

3. Pembahasan

Slump Flow

Sebelum memasukkan adukan kedalam cetakan silinder, maka kita lakukan pengujian *slump* terlebih dahulu dengan menggunakan alat uji *slump* (*Kerucut Abrams*), pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan adukan dan juga mengetahui nilai *slump* karena sangat mempengaruhi pada proses pengerjaan dan mempengaruhi kuat tekan beton. Adapun hasil *slump* pada table 2. sebagai berikut :

Tabel. 2. Hasil pengujian *Slump Flow*

No	Varian Campuran	<i>Slump</i> (cm)
1	Beton Busa FA 30% dan FA 0%	60,0 cm
2	Beton Busa FA 30% dan FA 5%	60,1 cm
3	Beton Busa FA 30% dan FA 10%	60,3 cm
4	Beton Busa FA 40% dan FA 0%	60,9 cm
5	Beton Busa FA 40% dan FA 5%	61,1 cm
6	Beton Busa FA 40% dan FA 10%	62,7 cm
7	Beton Busa FA 50% dan FA 0%	63,8 cm
8	Beton Busa FA 50% dan FA 5%	64,4 cm
9	Beton Busa FA 50% dan FA 10%	64,9 cm

Pada pengujian *slump flow* dilihat bahwa nilai terbesar didapat pada campuran dengan persentase *foamed* sebesar 50% dan substitusi *fly ash* sebesar 10% dengan nilai *flow* sebesar 64,9 cm. Sedangkan nilai terkecil *slump flow* didapat pada campuran *foamed* 30% dan substitusi *fly ash* 0% dengan nilai 60,0 cm.

Berat Jenis

Pengujian berat jenis *foam concrete* dengan pengaruh persentase *styrofoam* dilakukan pada umur beton 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk melihat berat jenis dari berbagai variasi penggunaan foam dan substitusi *fly ash*. Persentase *foamed* berpengaruh terhadap berat jenis *foam concrete*.

Tabel. 3. Hasil pengujian berat jenis

Beton Busa	Berat Jenis Kg/m ³
FC-30.0	1653
FC-30.5	1655
FC-30.10	1670
FC-40.0	1430
FC-40.5	1438
FC-40.10	1439
FC-50.0	1156
FC-50.5	1159
FC-50.10	1164

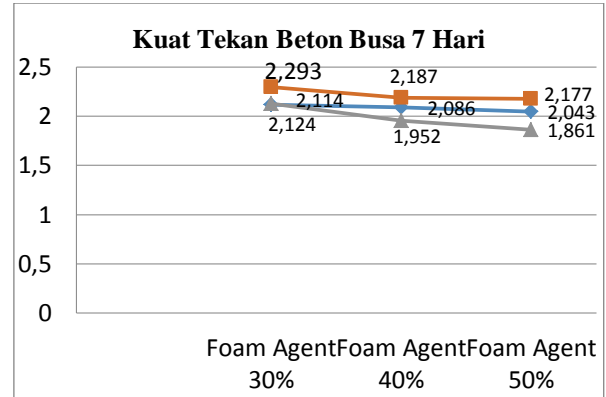
Pada pengujian berat jenis pada Tabel 3. Didapatkan nilai berat jenis beton busa dengan pengaruh persentase *foam* 30% dengan substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 5% didapatkan nilai terberat senilai 1.653 kg/m³, sedangkan nilai teringan didapatkan pada persentase *foamed* 50% dan substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 0% dengan berat 1.156 kg/m³. Sehingga penggunaan persentase *foamed* yang lebih besar akan mengurangi berat beton busa.

Kuat Tekan

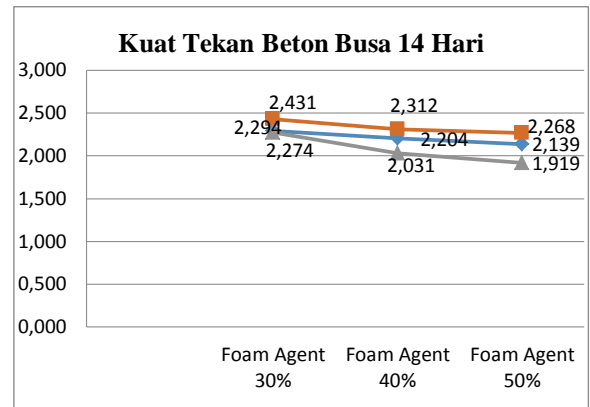
Setelah benda uji dirawat (*curing*), ditimbang dan selanjutnya melakukan uji kuat tekan pada benda uji berdasarkan umur beton 7, 14 dan 28 hari.

Pada Gambar 5. diatas dapat dilihat bahwa Kuat Tekan tertinggi pada Beton Busa Campuran *Foam Agent*

30% dengan *Fly Ash* 0%,5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% yakni 2,293 (N/mm²). Sedangkan pada campuran *Foam Agent* 40% dengan *Fly Ash* 0%,5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% sebesar 2,086 (N/mm²) dan campuran *Foam Agent* 50% dengan *Fly Ash* 0%, 5%, dan 10% pada campuran 5% sebesar 2,177 (N/mm²). Kuat tekan beton busa tertinggi terjadi pada campuran variasi *Foam Agent* 30% dan *Fly Ash* 5%.



Gambar. 5. Grafik Kuat Tekan Beton busa umur 7 Hari

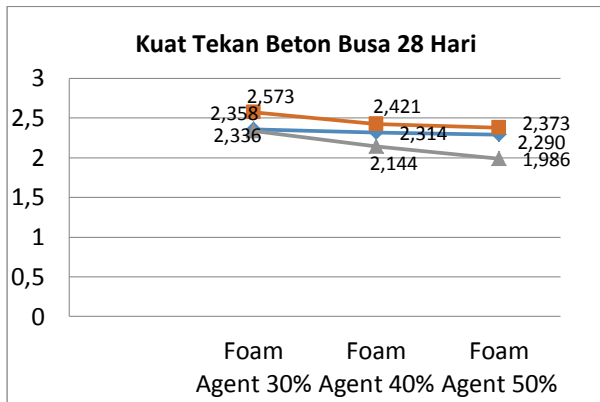


Gambar. 6. Grafik Kuat Tekan Beton busa umur 14 Hari

Pada Gambar. 6. diatas dapat dilihat bahwa Kuat Tekan tertinggi pada Beton Busa Campuran *Foam Agent* 30% dengan *Fly Ash* 0%,5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% yakni 2,431 (N/mm²). Sedangkan pada campuran *Foam Agent* 40% dengan *Fly Ash* 0%, 5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% sebesar 2,312 (N/mm²) dan campuran *Foam Agent* 50% dengan *Fly Ash* 0%, 5%, dan 10% pada campuran 5% sebesar 2,268 (N/mm²). Kuat tekan beton busa tertinggi terjadi pada campuran variasi *Foam Agent* 30% dan *Fly Ash* 5%.

Pada Gambar. 7. diatas dapat dilihat bahwa Kuat Tekan tertinggi pada Beton Busa Campuran *Foam Agent* 30% dengan *Fly Ash* 0%,5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% yakni 2,573 (N/mm²). Sedangkan pada campuran *Foam Agent* 40% dengan *Fly Ash* 0%, 5%, dan 10% terjadi pada *Fly Ash* 5% sebesar 2, 421 (N/mm²) dan campuran *Foam Agent* 50% dengan *Fly*

Ash 0%, 5%, dan 10% pada campuran 5% sebesar 2,373 (N/mm²). Kuat tekan beton busa tertinggi terjadi pada campuran variasi *Foam Agent* 30% dan *Fly Ash* 5%.



Gambar 7. Grafik Kuat Tekan Beton busa umur 28 Hari

Dari Tabel 4. dapat dilihat kuat tekan beton busa pada umur 28 hari dengan kuat tekan maksimal didapatkan pada variasi persentase substitusi *fly ash* sebesar 5% dengan nilai rata-rata sebesar 2,573 (N/mm²), sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 2,336 (N/mm²).

Tabel 4. Hasil pengujian Kuat Tekan Beton busa variasi persentase *foamed* 30% pada umur 28 hari

Umur	Sample	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
0% <i>Fly ash</i>	1	2,287	2,344
	2	2,348	
	3	2,438	
5% <i>Fly ash</i>	1	2,491	2,573
	2	2,535	
	3	2,692	
10% <i>Fly ash</i>	1	2,274	2,336
	2	2,316	
	3	2,418	

Dari Tabel 5. dapat dilihat kuat tekan beton busa pada umur 28 hari dengan kuat tekan maksimal didapatkan pada variasi persentase substitusi *fly ash* sebesar 5% dengan nilai rata-rata sebesar 2,312 (N/mm²), sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 2,144 (N/mm²).

Dari Tabel 6. dapat dilihat kuat tekan beton busa pada umur 28 hari dengan kuat tekan maksimal didapatkan pada variasi persentase substitusi *fly ash* sebesar 5% dengan nilai rata-rata sebesar 2,373 (N/mm²), sedangkan nilai kuat tekan terendah didapatkan pada substitusi *fly ash* terhadap semen sebesar 10% dengan nilai kuat tekan 1,986 (N/mm²).

Tabel 5. Hasil pengujian Kuat Tekan Beton busa variasi persentase *foamed* 40% pada umur 28 hari

Persentase <i>fly ash</i>	Sample	Kuat Tekan (N/mm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (N/mm ²)
0% <i>Fly ash</i>	1	2,258	2,187
	2	2,304	
	3	2,379	
5% <i>Fly ash</i>	1	2,349	2,312
	2	2,442	
	3	2,471	
10% <i>Fly ash</i>	1	2,088	2,144
	2	2,149	
	3	2,195	

Tabel 6. Hasil pengujian Kuat Tekan Beton busa variasi persentase *foamed* 40% pada umur 28 hari

Umur	Sample	Kuat Tekan (N/mm ²)	Rata-rata (N/mm ²)
0% <i>Fly ash</i>	1	2,181	2,290
	2	2,295	
	3	2,395	
5% <i>Fly ash</i>	1	2,338	2,373
	2	2,387	
	3	2,393	
10% <i>Fly ash</i>	1	1,967	1,986
	2	1,992	
	3	1,999	

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Pada pengujian berat jenis didapatkan beton busa yang memiliki berat terkecil sebesar 1.156 kg/m³ yang dihasilkan dari variasi *foamed* 50% dan substitusi *fly ash* 0% terhadap semen, sedangkan berat terbesar sebesar 1.670 kg/m³ yang dihasilkan dari variasi *foamed* 30% dan substitusi *fly ash* 10% terhadap semen
- Pada pengujian kuat didapatkan beton busa yang memiliki kuat tekan terbesar dengan nilai 2,573 N/mm² yang dihasilkan dari variasi *foamed* 30% dan substitusi *fly ash* 5% terhadap semen, sedangkan kuat tekan terendah didapatkan nilai 1,986 N/mm² yang dihasilkan dari variasi *foamed* 30% dan substitusi *fly ash* 10% terhadap semen
- Komposisi optimum beton busa pada penelitian ini didapatkan pada campuran dengan variasi *foamed* 40% dan substitusi *fly ash* 5% terhadap semen dengan kuat tekan 2,312 N/mm² dan berat jenis 1438 kg/m³

- d. Penggunaan *fly ash* yang optimum didapatkan pada persentase substitusi sebesar 5% terhadap semen.

Daftar Pustaka

- American Concrete Institute. *Use of fly ash in Concrete*. ACI 232.2R-96. ACI Committee 232. Farmington Hills, U.S.A. 2002
- ASTM, Annual Books of ASTM Standards. 1991. *Concretes And Aggregates*, Vol.04.02 Construction, Philadelphia-USA: ASTM,1991.
- ASTM Standar. 2004. ASTM C 150 150 – 04 Standart Specification For Portland Cement, ASTM International, West Conshohocken.
- Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. ICS. Bandung.
- Hamad, Ali J., (2014) "*Material, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*". International Journal of Material Sciences and Engineering.
- Hamad, Ali J., (2014) "*Material, Production, Properties and Application of Aerated Lightweight Concrete: Review*". International Journal of Material Sciences and Engineering.
- Hachinal, Mahebubali., Jambhale, Nikhil., & Kulkarni, S. Kishor (2015). "*Effect of Fly Ash as a Replacement of Sand on Glass Fibre Foam Concrete*". International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)
- Hazlin, A. R., Iman, Afif., Mohamad N., Goh, W. I., Sia, L. M., Samad, A. A. A., & Ali, Noorwirdawati (2017). "*Microstructure and Tensile Streght of Foamed Concrete with Added Polypropylene Fibers*". Matec Web of Conferences.
- Siram, Krishna Bhavani. K, Raj, Arjun. K. (2013). "*Concret + Green = Foam Concrete*". International Journal of Civil Engineering and Technology.