

Penggunaan *Foam Agent* Pada Beton Untuk Pembuatan Beton Ringan

Delli Noviarti Rachman^{1)*}, Susi Riwayati²⁾, Ahmad Hidayat³⁾ Tri Nitami Pratiwi⁴⁾

^{1), 2), 3), 4)} Program Studi Teknik Sipil, Universitas Tamansiswa Palembang
Jalan Tamansiswa No 261 Palembang

Email : delli_noviarti@unitaspalembang.ac.id¹⁾, susi_riwayati@unitaspalembang.ac.id²⁾, hidayat_a20@yahoo.com³⁾

ABSTRACT

The stability and level of settlement of roads using embankments on soft soil will depend on the weight of the embankment. Soft soil will be difficult to withstand the load of the embankment, so the soil level often decreases. This can damage the structure of the building above the embankment. One solution that can be done is to stockpile using lightweight materials so that it can reduce the weight of the embankment and reduce stress on the embankment soil. This will have an impact on land subsidence and make the soil more stable. One type of lightweight material that meets the requirements and can be a solution is to use concrete that has been added with a foaming agent. The foam Agent itself is a chemical substance that contains a surfactant that is useful for forming air bubbles on the surface so that it can reduce the surface tension of a substance. With the addition of foam agents, it is expected to be able to make concrete with good strength and be environmentally friendly. The purpose of this study was to determine the value of density and compressive strength in the addition of 0%, 8%, 10%, and 12%. The test sample used is a cube-shaped 15cmx15cmx15 cm with 9 test objects in each variation. To determine the value of density and compressive strength of concrete, the test was carried out for 28 days. Normal concrete has a density value of 2.19 kg, 8% mixed concrete has a value of 1.66 kg, 10% mixed concrete has a value of 1.07 kg, and 12% mixed concrete has a value of 0.77 kg. The value of compressive strength of concrete has a compressive strength value of normal concrete (0%) 351.3 kg/cm², mixed concrete (15%) 65.7 kg/cm², mixed concrete (20%) 28.0 kg/cm², mixed concrete (25%) 0 kg/cm².

Keywords: Foam concrete, Density, Compressive Strength of concrete

ABSTRAK

Stabilitas dan level penurunan pada jalan yang menggunakan timbunan di atas tanah lunak akan bergantung pada berat timbunan. Tanah yang lunak akan sulit untuk menahan beban timbunan sehingga sering terjadi penurunan level tanah. Hal ini dapat merusak struktur bangunan di atas tanah timbunan tersebut. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan menimbun menggunakan material ringan sehingga dapat mengurangi berat timbunan dan mengurangi tegangan pada tanah timbunan. Hal ini akan berdampak pada penurunan tanah dan membuat tanah menjadi lebih stabil. Salah satu jenis material ringan yang sesuai persyaratan dan dapat menjadi solusi adalah dengan menggunakan beton yang telah ditambahkan *foam agent*. Foam Agent sendiri merupakan zat kimia yang mengandung surfaktan yang berguna untuk membentuk gelembung udara pada permukaan sehingga dapat menurunkan tegangan permukaan suatu zat. Dengan penambahan foam agent diharapkan mampu membuat suatu beton dengan kekuatan yang baik, dan ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai density dan kuat tekan pada beton penambahan 0%, 15%, 20%, dan 25% dari jumlah air. Sampel pengujian yang digunakan adalah kubus berbentuk 15cmx15cmx15 cm sebanyak 9 benda uji pada setiap variasi. Untuk mengetahui nilai *density* dan kuat tekan beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Pada beton normal memiliki nilai density 2,19 kg, beton campuran 15% bernilai 1,66 kg, beton campuran 20% bernilai 1,07 kg, beton campuran 25% memiliki bernilai 0,77 kg. Nilai kuat tekan beton memiliki nilai kuat tekan pada beton normal (0%) 351,3 kg/cm². beton campuran (15%) 65,7 kg/cm², beton campuran (20%) 28,0 kg/cm², beton campuran (25%) 0 kg/cm².

Kata Kunci : Beton Busa, Density, Kuat Tekan

1. Pendahuluan

Beton busa atau *foam concrete* merupakan beton dengan berat jenis antara 1.000 - 1.500 kg/m³. Beton busa dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk proteksi kebakaran, sebagai pengisi dinding, sebagai elemen beton pracetak, maupun sebagai pengganti tanah dan timbunan. (Gelim 2011). Beton busa sering digunakan pada bangunan tinggi, yang bertujuan untuk mengurangi berat bangunan sendiri. Material mortar busa adalah material yang menyerupai beton yang terdiri dari campuran pasir semen, air, dan cairan busa serta berfungsi sebagai bahan pengganti timbunan tanah dengan densitas 7-8 kN/m³ dan kuat tekan bebas minimal 800kPa. Apabila material ini digunakan sebagai timbunan konstruksi jalan maka dapat mengurangi beban timbunan. (Atamini and Moestafa 2018).

Beton busa juga dapat dicampurkan dengan material lain, seperti fly ash dengan tujuan tertentu. Adapun tujuannya adalah untuk mereduksi paparan lingkungan sulfat berat dan sangat berat. (Husin 2010). Selain itu beton busa yang ditambahkan dengan ijuk juga berpengaruh terhadap termal. Porositas beton busa dengan tambahan serat ijuk nilainya akan semakin meningkat seiring dengan persentase serat ijuk. (Idris 2012).

Beton busa banyak digunakan pada wilayah rawa, karena bisa meringankan bangunan yang berdiri di atas tanah rawa. Bangunan yang ringan akan mengurangi tegangan yang terjadi pada tanah lunak seperti tanah rawa. Mortar busa juga dapat mengurangi berat timbangan dan mengurangi penurunan serta ketidakstabilan yang berlebihan. Penambahan *foam* pada campuran mortar akan mengembang hingga 4 kali volume awal sehingga kebutuhan material dapat dikurangi bila dibandingkan dengan material tanpa campuran foam. Metode ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai berat isi dan kekuatan yang direncanakan sesuai kebutuhan. Rancangan campuran beton busa haruslah di uji di laboratorium, sehingga didapatkan komposisi mortar busa yang sesuai dengan target yang diinginkan (Purwana and Maret 2019) (Itteridi, Taswin, and Firmansyah 2021)

Selain itu, kegunaan dari beton busa juga untuk meredam suara. Dinding yang menggunakan beton busa bisa menahan suara sekitar 35 – 52% dibandingkan dengan menggunakan beton biasa ataupun batako. (Modestus, Sutandar, and Samsurizal 2015)

Di Jepang, tanah dicampur dengan foam dan menjadi tanah kohesi, banyak digunakan sebagai timbunan dan untuk pelebaran jalan. Hal ini dilakukan agar proyek penimbunan di Jepang tidak perlu mendatangkan material dari negara lain. (Rommel et al. 2020)

Beton busa dibuat dari campuran semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan ditambahkan zat kimia. Zat kimia yang dimaksud adalah foam agent. Foam Agent sendiri merupakan zat kimia yang mengandung surfaktan. Surfaktan berguna untuk membentuk gelembung gelembung udara pada permukaan dan berfungsi menurunkan tegangan permukaan suatu zat. Pada

pembuatan mortar busa ini, berat jenis atau density adalah hal yang pling penting untuk diperhatikan, bukan seperti pada pembuatan mortar biasa di mana kuat tekan adalah hal yang diutamakan. (Atamini and Moestafa 2018)

Beberapa keunggulan mortar busa adalah : 1. Cukup baik untuk fondasi perkerasan jalan karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi untuk *subgrade* namun memiliki berat yang ringan. 2. Dapat mengurangi tekanan lateral tanah pada struktur bangunan *abutment* fondasi jembatan karena berat isi dan kuat tekan campuran dapat disesuaikan dengan kebutuhan. (Gelim 2011)

Kriteria penggunaan material ringan mortar-busa adalah antara lain :

1. Memiliki densitas kering material campuran maksimum 0,8 gr/cm³, sesuai dengan spesifikasi material ringan (Kemen.PU,2011)
2. Memiliki kuat tekan minimal 800 kPa.
3. Memiliki *flow* atau daya air sebesar 18 cm ± 2 cm.
4. Material campuran dapat mengeras sesuai dengan waktu pemeraman yang ditentukan, karena berperilaku seperti mortar beton.
5. Diperlukan lapisan pencegah retak dalam pengaplikasiannya. (Karimah 2017)

Beberapa karakteristik pada beton busa, yaitu memiliki berat yang ringan, memiliki ketahanan terhadap proses kimiawi akibat dari campuran foam agent, memiliki kuat tekan yang cukup tinggi sesuai dengan campurannya, memiliki sifat *flowability* dan memiliki sifat *self compaction*. Kelebihan dari beton busa sendiri antara lain adalah tidak memiliki tekanan yang terlalu erat dan dapat mengurangi timbunan karena bersifat lebih kering dari pada tanah timbunan biasa.

Banyak penggunaan surfaktan yang telah digunakan oleh peneliti lain, di antaranya :

- a. *Foam concrete* dengan menggunakan *fly ash* yang dapat meredam suara (Modestus, Sutandar, and Samsurizal 2015)
- b. Beton ringan dengan menggunakan *hydroton* dan *master ease 5010* (Candra and Siswanto 2018)
- c. Perhitungan kuat tekan dan koefisien permeabilitas pada beton menggunakan *foam agent* dengan variasi penambahan 0%, 20%, 40%, 60%, dan 80% dihasilkan kuat tekan rata – rata nya adalah 21,68 Mpa, 7,92 Mpa, 4,53 Mpa, 0,75 MPa dan 0,38 Mpa. Namun didapatkan bahwa permeabilitasnya semakin besar. (Karimah 2017)

Permasalahan dari penelitian ini adalah berapa nilai density beton busa dan nilai kuat tekan beton busa dengan tambahan *foam agent* sebanyak 15%, 20% dan 25% dari jumlah air yang digunakan?

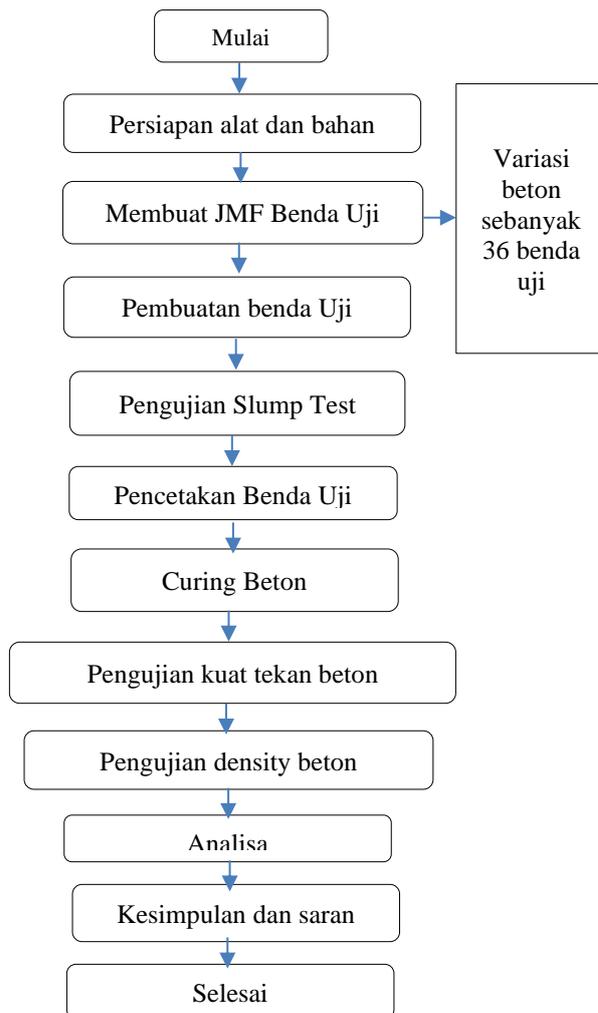
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui berat benda uji yang telah ditambahkan foam agent, nilai density dan kuat tekan beton busa dengan menggunakan

penambahan foam agent sebanyak 15%, 20% dan 25% dari jumlah air yang digunakan.

Batasan penelitian ini hanya sebatas perhitungan density dan kuat lenut dari benda uji, tanpa tinjauan kimia, pengaruh suhu, angin dan kelembapan udara.

Metode penelitian adalah eksperimental yang dilaksanakan di laboratorium PT Graha Takindo Utama di bawah PT. Perkasa Adiguna Sembada yang berlokasi di Jalan Soekarno Hatta Palembang.

Secara umum, metode penelitian dapat dilihat dari gambar 1 diagram alir penelitian di bawah ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan Penelitian

Jumlah benda uji yang akan dibuat sampel adalah sebanyak 36 sampel benda uji yang berukuran 15 x 15 x 15 cm. Variasi benda uji yang akan dibuat dimulai dengan beton normal, beton dengan penambahan foam agent 15%, 20%, dan 25% dari jumlah air yang digunakan. Masing – masing benda uji akan dites pada usia 7, 14, 28 hari dengan jumlah benda uji per hari sebanyak 3 buah.

Adapun campuran materi pembentuk beton yang dibuat adalah sebagai berikut :

Tabel 1. JMF beton rencana

Jenis Beton	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (litr)	Foaming agent (litr)
Beton Normal	20,67	27,28	9,92	0
15%	20,67	27,28	9,92	1,65
20%	20,67	27,28	9,92	2,07
25%	20,67	27,28	9,92	2,48

Peralatan yang digunakan

Sama seperti pembuatan mortar pada umumnya, peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut (Riwayati, Rachman, and Rasandes 2021):

1. Ayakan atau saringan untuk pasir
2. Cetakan beton dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm
3. Timbangan digital
4. Alat pengaduk atau mollen
5. Foam generator. Foam generator ini berfungsi untuk mengaduk foam agent dan air agar menjadi busa. Pengadukan dilakukan selama lebih kurang 10 menit. Busa yang dihasilkan akan dicampurkan dengan semen dan pasir dalam keadaan kering di dalam mesin pengaduk.
6. Alat uji slump
7. Tabel vibrator
8. Mesin Uji Kuat Tekan Beton

Langkah pembuatan benda uji

Sama seperti pembuatan mortar pada umumnya, Langkah – Langkah pembuatan benda uji adalah sebagai berikut (Noviarti and Muslimin 2020):

1. Perhitungan JMF sesuai dengan yang direncanakan
2. Penimbangan material sesuai JMF
3. Melakukan pembersihan material pasir sesuai dengan standar SNI
4. Pembuatan busa dengan menggunakan alat foam agent
5. Masukkan pasir dan semen ke dalam mesin pengaduk, lalu masukkan busa dan mesin dihidupkan.
6. Setelah tercampur, lakukan uji slump test dengan menggunakan kerucut Abrams, catat nilai slump test.
7. Tahap pencetakan beton dengan menggunakan cetakan kubus berukuran 15 x 15 x 15 cm
8. Tahap curing/perawatan.
9. Lakukan pengujian beton.



Gambar 2. Pengadukan dan pencetakan benda uji

2. Pembahasan

Setelah semen, air, pasir, dan foam agent disatukan dan berbentuk pasta, langkah selanjutnya adalah pengujian slump test dengan menggunakan cone.

Hasil Uji Slump Test

Uji slump test dilakukan untuk mengukur kekentalan adukan beton yang dibuat. Adapun hasil uji slump test adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Slump (cm)

No	Variasi campuran	Nilai Slump (cm)
1	Beton Normal	6,5
2	Penambahan Foam Agent 15%	70
3	Penambahan Foam Agent 20%	75
4	Penambahan Foam Agent 25%	80

Berdasarkan hasil penelitian penambahan foam agent akan menaikkan nilai slump. Artinya adonan akan semakin encer dan tidak berbentuk lagi di cone slump test.

Setelah pengujian slump, kemudian beton dicetak (lihat gambar 2).

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton Normal

No sample	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (kn)	Beban (kg)	Kuat Tekan Beton	σ rata rata
					(kg/cm ²)	
1	7	7,4	540	55.080	244,8	249,3
2		7,4	565	57.630	256,1	
3		7,4	545	55.590	247,1	
4	14	7,4	685	69.870	310,5	313,6
5		7,2	690	70.380	312,8	
6	21	7,2	700	71.400	317,3	351,3
7		7,4	780	79.560	353,6	
8		7,4	785	80.070	355,9	
9		7,4	760	77.520	344,5	

Mutu beton yang direncanakan adalah beton normal dengan kuat tekan K-300. Sampel beton dibuat pada waktu yang sama. Dapat dilihat dari tabel 3 di atas pengujian kuat tekan beton umur 7 hari memiliki nilai rata – rata 249,3 kg/cm², di umur 14 hari memiliki nilai rata – rata 313,6 kg/cm², dan di umur 28 hari memiliki nilai rata – rata 351,6 kg/cm². Karena material, peralatan, dan prosedur yang dilaksanakan pada pembuatan benda uji dan pengujian kuat tekan beton semua telah sesuai standar, maka dalam pengujian kuat tekan beton normal

dapat dilihat mengalami kenaikan kuat tekan seiring dengan waktu pengerasan beton.

Selanjutnya adalah pengetesan mutu kuat tekan beton yang ditambahkan foam agent 15%. Foam agent ditambahkan dengan melebihi 15% dari jumlah air yang digunakan dan bukan sebagai pengganti dari Sebagian air.

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Foam Agent 15%

No sample	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (kn)	Beban (kg)	Kuat Tekan Beton	σ rata rata
					(kg/cm ²)	
1	7	5,8	90	9180	40,8	41,6
2		5,6	105	10710	47,6	
3		5,6	80	8160	36,3	
4	14	5,6	120	12240	54,4	53,6
5		5,7	110	11220	49,9	
6		5,6	125	12750	56,7	
7	21	5,8	140	14280	63,5	65,7
8		5,6	160	16320	72,5	
9		5,7	135	13770	61,2	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton yang ditambahkan foam agent sebanyak 15% didapatkan kuat tekan beton umur 7 hari memiliki nilai rata – rata 41,6 kg/cm², di umur 14 hari memiliki nilai rata – rata 53,6 kg/cm², dan di umur 28 hari memiliki nilai rata – rata 65,7 kg/cm². Dari sini sudah dapat dilihat penurunan kuat tekannya.

Selanjutnya adalah pengetesan mutu kuat tekan beton beton yang ditambahkan foam agent 20% dapat dilihat pada tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Foam Agent 20%

No sample	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (kn)	Beban (kg)	Kuat Tekan Beton	σ rata rata
					(kg/cm ²)	
1	7	3,6	35	3570	15,9	18,1
2		3,6	45	4590	20,4	
3		3,8	40	4080	18,1	
4	14	3,8	55	5610	24,9	22,7
5		3,6	50	5100	22,7	
6	21	3,8	45	4590	20,4	28,0
7		3,8	50	5100	22,7	
8		3,6	60	6120	27,2	
9		3,8	75	7650	34	

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk beton yang ditambahkan foam agent sebanyak 20% didapatkan kuat tekan beton umur 7 hari memiliki nilai rata – rata 18,1 kg/cm², di umur 14 hari memiliki nilai rata – rata 22,7 kg/cm², dan di umur 28 hari memiliki nilai rata – rata 28 kg/cm².

Terakhir adalah pengetesan mutu kuat tekan beton beton yang ditambahkan foam agent 25% dapat dilihat pada tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Foam Agent 25%

No sample	Umur (Hari)	Berat (kg)	Beban (kn)	Beban (kg)	Kuat Tekan Beton	σ rata rata
					(kg/cm ²)	
1	7	3,0	0,47	0	0	0
2		2,8	0,42	0	0	
3		2,6	0,49	0	0	
4	14	2,6	0,51	0	0	0
5		2,6	0,50	0	0	
6		2,8	0,48	0	0	
7	21	2,6	0,78	0	0	0
8		2,6	0,85	0	0	
9		2,6	0,83	0	0	

Dapat dilihat bahwa untuk penggunaan *foam agent* 25% sama sekali beton tersebut tidak memiliki kekuatan. Namun jumlah pasta beton menjadi sangat banyak dan material ini sangat baik sebagai timbunan karena sangat ringan namun padat.

Berdasarkan tabel 4, 5, dan 6 di dapatkan hasil uji kuat tekan rata – rata adalah sebagai berikut

Tabel 7. Rekap hasil kuat tekan beton rata - rata

No	Variasi campuran	Kuat Tekan Beton rata - Rata		
		umur		
		7	14	21
1	Beton Normal	249,3	313,6	351,3
2	Beton + Foam Agent 15%	41,6	53,6	65,7
3	Beton + Foam Agent 20%	18,1	22,7	28,0
4	Beton + Foam Agent 25%	0	0	0

Berdasarkan data pengujian, kuat tekan rata – rata beton+*foam agent* 15% di umur 7 hari adalah 41,6 kg/cm², di umur 14 hari 53,6 kg/cm² dan di umur 28 hari 65,7 kg/cm² yang artinya memiliki kenaikan di kuat tekan sama seperti sifat beton normal. Untuk beton dengan penambahan *foam agent* 20% memiliki nilai rata – rata kuat tekan di umur 7 hari yaitu 18,1 kg/cm², di umur 14 hari 22,7 kg/cm² dan nilai rata – rata di umur 28 hari yaitu 28 kg/cm². Sedangkan di variasi *foam agent* 25% tidak memiliki kuat tekan beton.

Untuk berat kubus beton di dapatkan sebagai berikut :

Tabel 8. Berat kubus beton

No	Variasi campuran	Berat Beton Kubus
1	Beton Normal	7,2-7,4 kg
2	Beton + Foam Agent 15%	5,6-5,8 kg
3	Beton + Foam Agent 20%	3,6-3,8 kg
4	Beton + Foam Agent 25%	2,6-3,0 kg

Dapat dilihat dari tabel 8 di atas, bahwa untuk 1 kubus beton normal dibutuhkan material sebanyak rata – rata 7,5 kg, sedangkan untuk beton yang telah ditambahkan *foam agent* 25% hanya dibutuhkan material rata – rata 2,8 kg.

Hal inilah yang sering dimanfaatkan oleh negara – negara yang memiliki sedikit tanah agar dapat menimbun suatu lokasi tanpa mengimpor tanah timbunan dari negara lain.

Hasil Pengujian *Density* dengan menggunakan *Foam Agent* adalah sebagai berikut :

Tabel 9. Hasil Pengujian *Densitu Foam Agent*

No	Variasi Campuran	Density (kg)
1	Beton Normal	2,19
2	Foam Agent 8%	1,66
3	Foam Agent 10%	1,07
4	Foam Agent 12%	0,77

Hasil uji Kepadatan beton normal dan beton penambahan *foam agent* 15%, 20%, dan 25%, diketahui nilai terendah pada persentasi terjadi pada variasi campuran penambahan *foam agent* 25%, dengan nilai dengan nilai kepadatan 0,77 sehingga beton menjadi ringan dan mengapung di air.

Sifat beton ini akan menjadi sama dengan batako, namun tidak memiliki berat seperti batako. Pemanfaatan beton busa ini dapat digunakan sebagai dinding partisi, dinding pada bangunan – bangunan tinggi yang terletak di tanah labil, agar dapat mengurangi berat bangunan sendiri.

Semakin banyak penggunaan *foam agent*, maka akan semakin banyak material yang dihasilkan. Dalam penelitian ini dihasilkan material sebanyak hampir 3 kali dari material normal.

3. Kesimpulan

- Dengan penambahan *foam agent* pada beton dapat diketahui nilai rancangan campuran beton normal dan beton campuran sebagai berikut :
 - Beton normal (0%) : semen = 20,67 kg, pasir = 27,28 kg, air = 9,92.
 - Beton campuran (10%) : semen = 20,67 kg, pasir 27,28 kg, air = 9,92, foaming agent = 1,65 liter.
 - Beton campuran (20%) : semen = 20,67 kg, pasir 27,28 kg, air = 9,92, foaming agent = 2,07 liter
 - Beton campuran (25%) : semen = 20,67 kg, pasir 27,28 kg, air = 9,92, foaming agent = 2,48 liter
- Berdasarkan penelitian dapat diketahui bahwa semakin banyak menggunakan *foam agent* maka *density* pada beton busa semakin kecil, divariasi beton normal memiliki nilai *density* 2,19 kg, beton campuran 10 % memiliki nilai *density* 1,66 kg, beton campuran 20 % memiliki nilai *density* 1,07 kg, beton campuran 25 % memiliki nilai *density* 0,77 kg.

3. Berdasarkan data pengujian kuat tekan beton pengaruh *foam agent* variasi 0%, 10%, 20%, dan 25% memiliki nilai kuat tekan pada beton normal (0%) 351,3 kg/cm². beton campuran (10%) 65,7 kg/cm², beton campuran (20%) 28,0 kg/cm², beton campuran (25%) 0 kg/cm²

Daftar Pustaka

- Atamini, Hamdan, and Benny Moestafa. 2018. "Evaluasi Stabilitas Dan Penurunan Antara Timbunan Ringan Mortar Busa Dibandingkan Dengan Timbunan Pilihan Pada Oprit Jembatan (Studi Kasus: Flyover Antapani, Kota Bandung) (Hal. 90-100)." *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 4(1): 90.
- Candra, Agata Iwan, and Eko Siswanto. 2018. "Rekayasa Job Mix Beton Ringan Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010." *Jurnal CIVILA* 3(2): 162.
- Gelim, Khalid. Ali. 2011. "Mechanical And Physical Properties Of Fly Ash Foamed Concrete." *Faculty of Civil and Environmental Engineering University Tun Hussein Onn Malaysia (UTHM)*: 10.
- Husin, Andriati Amir. 2010. "Penelitian Pengaruh Larutan Garam Sulfat Terhadap Kualitas Beton Ringan." *Jurnal Permukiman* Vol. 5 No.: 78–84.
- Idris, Nasrullah. 2012. "Thermal Conductivity of Foamed Concrete Fibre Arenga Pinnata Merr." *Journal of Aceh Physics Society* 1(1): 13–14.
- Itteridi, Vike, Masagus Taswin, and Firmansyah. 2021. "Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Karakteristik Beton Ringan." *Jurnal Ilmiah Bering'S* 08(01): 7–9. <https://ejournal.lppmsttpagaralam.ac.id/index.php/berings>.
- Karimah, Rofikatul. 2017. "Pengaruh Penggunaan Foam Agent Terhadap Kuat Tekan Dan Koefisien Permeabilitas Pada Beton." *Jurnal Media Teknik Sipil* 15(1): 50.
- Modestus, Erwin Sutandar, and Eddy Samsurizal. 2015. "Uji Individu Bata Ringan Dengan Foam Agent Berdasarkan Variasi Ukuran Pasir." : 1–6.
- Noviarti, Delli, and Muslimin Muslimin. 2020. "Analisa Penambahan Zat Adiktif Superplacitizer Dan Serat Steel Fiber Terhadap Mutu Beton K. 300 Dalam 7 Hari." *TEKNIKA: Jurnal Teknik* 7(2): 142.
- Purwana, Yusep Muslih, and Universitas Sebelas Maret. 2019. "Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi." (October): 1–10.
- Riwayati, R R Susi, Delli Noviarti Rachman, and Rivo Supriza Rasandes. 2021. "Pengujian Dan Analisa Pilihan Jenis Pasir Terbaik Dari Desa Payo , Desa Kebur , Dan Desa Gunung Agung Kabupaten Lahat Melalui Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu K-250." 10(2): 47–53.
- Rommel, E. et al. 2020. "The Insulation Properties of Foam Concrete with the Use of Foam-Agent and Fly-Ash." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 821(1): 0–8.