

ANALISIS KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH PADA BETON BUSA DENGAN PEMAKAIAN PASIR ABU BATU SEBAGAI AGREGAT HALUS

Maria Deolinda Bere¹⁾, Bertinus Simanihuruk²⁾, Hikma Dewita³⁾

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa,

Jl.TB Simatupang No. 152 Tanjung Barat, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta

e-mail : mariadeolindabere@gmail.com, bsimanihuruk@gmail.com, dewitahikma@gmail.com

Abstrak

Beton busa tersusun atas bahan – bahan agregat halus, semen, air dan foam agent. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kuat tekan dan kuat tarik belah dari beton busa dengan variasi foam agent yang digunakan dan juga pengaruh dari agregat halus yang digunakan yaitu pasir abu batu. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium karena bersifat eksperimen, variasi foam agent yang digunakan adalah 15% dan 30% dari jumlah semen per m³, pengujian dilakukan pada umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari menggunakan benda uji silinder 15 cm x 30 cm. Dari hasil penelitian di dapat rata – rata kuat tekan berturut – turut menurut umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari adalah : 23.13 MPa, 26.25 MPa, dan 27.78 MPa (tanpa foam agent), 17.54 MPa, 20.29 MPa, dan 21.91 MPa (foam agent 15%), 13.44 MPa, 15.11 MPa dan 16.69 MPa (foam agent 30%). Rata – rata kuat tarik belah berturut – turut menurut umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari adalah : 3.62 MPa, 4.09 MPa, dan 4.32 MPa (tanpa foam agent), 2.93 MPa, 3.34 MPa, dan 3.59 MPa (foam agent 15%), 2.02 MPa, 2.42 MPa dan 2.66 MPa (foam agent 30%). Kesimpulan dari hasil penelitian yaitu semakin banyak variasi foam agent yang dicampurkan semakin rendah kuat tekan dan tarik belah beton busa. Pada penelitian ini yang termasuk ke dalam beton ringan adalah beton busa dengan variasi foam agent 15% dan 30% dengan berat volume maksimum masing – masing 1735.85 kg/m³ dan 1298.11 kg/m³.

Kata Kunci: Beton Busa, Variasi Foam Agent, Pasir Abu Batu

Abstract

Foam concrete is composed of fine aggregate, cement, water and foam agents. The purpose of this study was to determine the compressive strength and split tensile strength of foam concrete with variations of the foam agent used and also the effect of the fine aggregate used, namely stone ash sand. This research was conducted in the laboratory because it is experimental, the variation of foam agent used is 15% and 30% of the amount of cement per m, the test was carried out at the age of concrete 14 days, 28 days and 35 days using a cylinder specimen 15 cm x 30 cm. From the results of the study, the average compressive strength according to the age of concrete 14 days, 28 days and 35 days were: 23.13 MPa, 26.25 MPa, and 27.78 MPa (without foam agent), 17.54 MPa, 20.29 MPa, and 21.91 MPa. (foam agent 15%), 13.44 MPa, 15.11 MPa and 16.69 MPa (30% foam agent). The average split tensile strength according to the concrete age of 14 days, 28 days and 35 days are: 3.62 MPa, 4.09 MPa, and 4.32 MPa (without foam agent), 2.93 MPa, 3.34 MPa, and 3.59 MPa (foam agent 15 %), 2.02 MPa, 2.42 MPa and 2.66 MPa (foam agent 30%). The conclusion from the results of the study is that the more variations of the foam agent mixed, the lower the compressive strength and split tensile strength of foam concrete. In this study, what is included in the lightweight concrete is foam concrete with a variety of foam agent 15% and 30% with a maximum volume weight of 1735.85 kg/m and 1298.11 kg/m³, respectively.

Keywords: Foam Concrete, Variations Foam Agent, Stone Dust

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi menjadi tuntutan zaman yang harus terus diperbaharui dari waktu ke waktu. Begitupun dalam dunia konstruksi selalu ada inovasi-inovasi baru

yang harus di kembangkan untuk lebih menyederhanakan pekerjaan, biaya yang dikeluarkan dan kualitas yang lebih baik serta yang dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada.

Beton busa sudah banyak digunakan pada konstruksi-konstruksi yang sudah ada di Indonesia yaitu konstruksi dinding dan plat atap yang lebih tahan panas atau sebagai isolator panas dengan berat isi beton busanya 300 - 500 kg/m³, sebagai precast yang tahan terhadap suhu dan kedap suara dan juga mudah dalam proses produksinya, sebagai pondasi yang digunakan di daerah yang mempunyai lapisan tanah yang buruk, serta digunakan sebagai bahan pengisi karena beton busa memiliki *workability* yang tinggi dan mudah untuk disalurkan mengisi celah yang sempit dalam struktur dengan berat isinya 600 - 800 kg/m³ (MD Jalal,dkk 2017).

Dari latar belakang diatas maka dilakukan penelitian eksperimental mengenai kuat tarik belah dan kuat tekan beton busa dengan dengan penggunaan pasir abu batu sebagai agregat halus dan juga variasi persentase foam agent.

1.2 Definisi Beton

Beton adalah bahan yang sering dipakai dalam industri konstruksi. Beton merupakan campuran yang terdiri dari bahan penyusunnya seperti hidrolis (*Portland Cement*), agrerat halus, agrerat kasar, dan tanpa atau dengan bahan tambah atau admixture atau additive (SNI 2847, 2013)

1.3 Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton dengan berat jenis rendah yang dapat membuat berat sendiri dari suatu konstruksi berkurang dan lebih ringan. Beton ringan adalah campuran beton tanpa menggunakan agregat kasar. Pasir dapat digunakan sebagai penggantinya dengan ketentuan berat isi maksimum beton 1850 kg/m³ dan memenuhi ketentuan kuat tarik belah dan kuat tekan beton ringan struktural (SNI 03-3449-2002).

1.4 Beton Busa

Beton busa adalah salah satu cara menghasilkan beton ringan dengan menghasilkan gelembung-gelembung udara dalam campuran mortar dengan rongga yang berukuran sekitar 0,1 - 1,0 mm yang tersebar merata serta mampu menghambat panas dan kedap suara (Zein,2007:5).

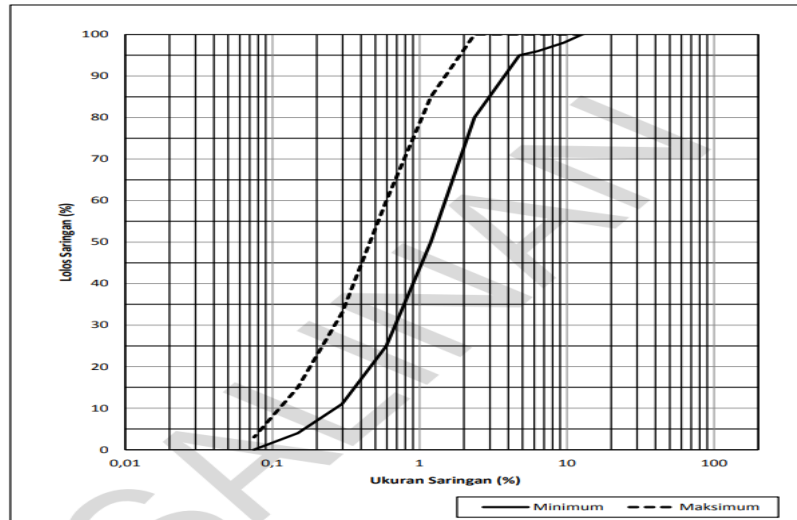
1.5 Material Penyusun Beton

1.5.1 Semen *Portland*

Semen *Portland* merupakan bahan dasar yang berperan sebagai pengikat antar bahan lainnya. Semen yang digunakan adalah semen Portland OPC tipe I yaitu semen ITP (*Indocement*).

1.5.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah hasil penghancuran batuan alam atau dapat juga memecahnya, tergantung dari kondisi pembentukannya yang terdiri dari butiran berdiameter 0,075 - 5 mm dan yang lolos melewati saringan nomor 4 yaitu butir yang ukurannya ≤ 5 mm. Agregat halus yang digunakan adalah pasir abu batu yang merupakan hasil limbah dari industri batu belah.



Gambar 1. Grafik gradasi agregat pasir mortar busa (Surat Edaran Kementrian)

1.5.3 Foam Agent

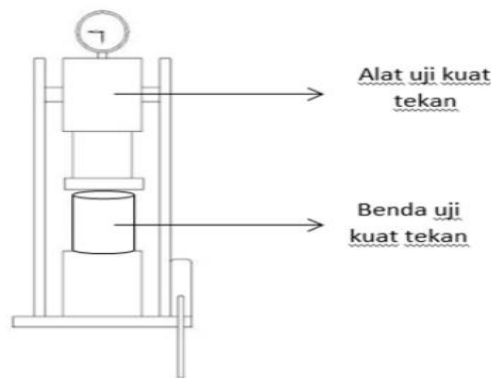
Foam *agent* adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air yang merupakan larutan koloid. Surfaktan berguna untuk menurunkan tegangan permukaan suatu zat sehingga dapat membentuk gelembung-gelembung udara (Malau, 2014).

1.5.4 Air

Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam alkali, garam dan bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2002, Pasal 5.4).

1.5.5 Kuat Tekan Beton

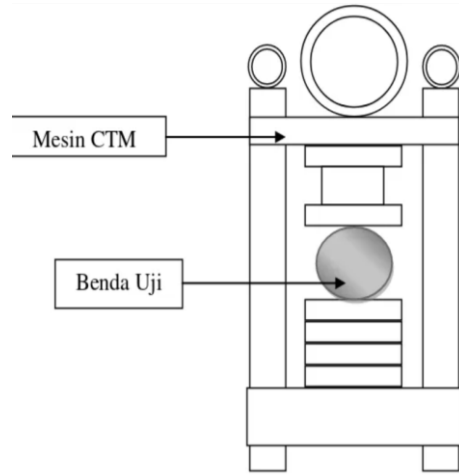
Kuat tekan beton merupakan kemampuan beton untuk menerima beban persatuan luas (Mulyono, 2003). Menurut SNI 03-1974-1990 pengertian kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.



Gambar 2. Pengujian kuat tekan beton (Antony, 2007:256)

1.5.6 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton merupakan salah satu parameter penting dalam kekuatan beton. Pengujian kuat tarik belah bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan geser dari komponen struktur yang terbuat dari beton yang menggunakan agregat ringan (SNI 03-2491-2002).



Gambar 3. Kuat tarik belah beton (Deny Pratama, 2014)

1.6 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Bahar, 2020) yang membahas mengenai hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton busa dengan menggunakan semen PCC, menggunakan jumlah volume busa yang berbeda-beda yaitu 15,7 liter, 25,15 liter dan 37,68 liter dan menggunakan silinder 10 cm x 20 cm. persentase dari nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari adalah 0,115% dan 0,181%. Semakin banyak volume busa yang digunakan maka semakin rendah pula nilai kuat tekan dan kuat tarik beton busa tersebut.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Taufik Hidayat, 2016) yaitu pengaruh penambahan zat *admixture accelerator* beton mix terhadap sifat-sifat mekanis mortar busa. Persentase zat *accelerator* adalah 3% dan perbandingan air dan *foam agent* adalah 0,010 : 0,060 kg untuk satu benda uji (silinder). Dari hasil penelitian dengan komposisi campuran semen : agregat halus 1 : 1,25 dan *foam agent* 6,4 kg tanpa zat *accelerator* rata-rata kuat tekan yang didapat adalah 6,16 MPa, dan yang menambahkan zat *accelerator* rata-rata kuat tekannya adalah 3,14 MPa.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun beberapa metode yang digunakan dalam pengumpulan data-data yang berkaitan untuk melengkapi penelitian, yaitu adalah :

1. Studi Literatur

Metode ini dilakukan dengan cara menggabungkan materi-materi yang bersumber dari jurnal, buku, skripsi, artikel-artikel di internet yang berkaitan dengan penelitian tetapi tetap berdasar pada ketentuan SNI.

2. Uji Laboratorium

Metode ini dilakukan dengan cara pengujian secara langsung di laboratorium untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian seperti pengujian densitas, kuat tekan dan kuat tarik belah beton.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini digunakan pasir Bangka-Belitung yang didapat dari Laboratorium Adhimix

Tabel 1. Hasil tes agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil
1.	Material lolos ayakan no.200	3,72%
2.	Berat volume:	
	a. Kondisi gembur	1,438
	b. Kondisi Padat	1,547
3.	Penyerapan	3,47%
4.	Berat jenis:	
	a. SSD	2,57
	b. Curah	2,49
	c. Semu	2,72
5.	Kandungan organik	1

3.2 Komposisi Campuran Beton

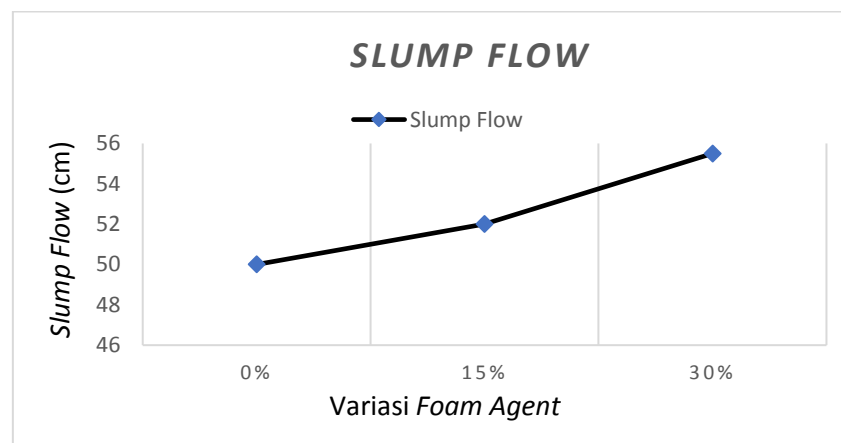
Penelitian ini berdasarkan surat dari Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia yaitu Surat Edaran Nomor: 44/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan Dengan Mortar Busa Untuk Konstruksi Jalan dengan mengacu pada SNI 03-2834-2000.

Tabel 2. Campuran beton 1 m³

No	Material (kg)	Foam Agent 0%	Foam Agent 15%	Foam Agent 30%
1.	Semen	345	345	345
2.	Agregat Halus	288	288	288
3.	Foam Agent	0	51,75	103,5
4.	Air	135	135	135

3.4 Hasil Pengujian *Slump Flow*

Setiap mortar ditambahkan *foam agent* maka nilai *slump flow* semakin meningkat dikarenakan mortar di campur *foam agent* lebih encer dibandingkan mortar yang tidak dicampur dengan *foam agent*. Pengujian *slump flow* dilakukan untuk mengetahui kekentalan campuran adukan beton.



Gambar 4. Grafik hasil pengujian *slump flow*

Untuk mendapatkan material mortar busa sesuai spesifikasi yang tercantum dalam Surat Kementrian No: 44/SE/M/2015 tentang Pedoman Perancangan Campuran Material Ringan dengan Mortar Busa untuk Konstruksi Jalan, nilai slump yang harus dihasilkan adalah $180 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$. Pada penelitian ini nilai slump yang didapatkan melebihi dari spesifikasi yang ditentukan diatas. Pada gambar diatas dijelaskan bahwa beton tanpa *foam agent* menghasilkan *slump flow* 50 cm dan pada persentase *foam agent* 15% dan 30% *slump flow* yang dihasilkan semakin meningkat seiring bertambahnya *foam agent* yang dicampurkan.

3.5 Hasil Uji Berat Volume Beton

Berdasarkan data yang diperoleh dari praktikum semakin banyak persentase *foam agent* yang digunakan maka semakin berkurang berat volume beton. Rata-rata berat volume beton busa dengan pencampuran *foam agent* yang dalam kategori beton ringan menurut SNI 03-3449-2002 adalah beton busa dengan variasi persentase foam agent 15% dan 30% karena berat volume beton busa tersebut di bawah 1850 kg/m^3 .

Tabel 3. Hasil berat volume beton

Variasi Foam Agent	Berat Volume (kg/m^3)
0%	2051,89
15%	1716,98
30%	1292,46

Berdasarkan hasil penelitian, rata-rata berat volume beton tanpa foam agent mencapai 2051.89 kg/m^3 dan beton yang mengandung busa sebanyak 15% mencapai berat volume 1716.98 kg/m^3 , beton yang mengandung busa sebanyak 30% mencapai berat volume 1292.46 kg/m^3 . Seperti yang dikatakan dan dibuktikan (Rofikatul Karimah, Yunan Rusdianto & Dhimas Y. Hamdany) pada penelitian yang sudah dilakukan bahwa berat volume beton akan berkurang setiap ditambah *foam agent*.

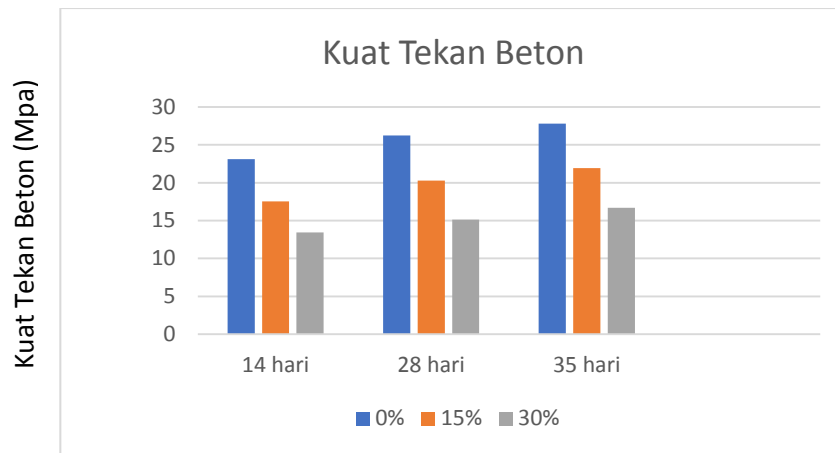
3.6 Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton diuji pada umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari. Berikut ini merupakan hasil data yang diperoleh dari Laboratorium :

Tabel 4. Hasil uji kuat tekan (MPa)

Variasi Foam Agent	Hari Pengujian		
	14 Hari	28 hari	35 hari
0%	23,13	26,25	27,78
15%	17,54	20,29	21,91
30%	13,44	15,11	16,69

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, hasil kuat tekan pada beton tanpa *foam agent* sebesar $23,13 \text{ MPa}$ untuk umur beton 14 hari dan mengalami kenaikan pada umur beton 28 hari menjadi 26.25 Mpa pada umur 35 hari masih mengalami kenaikan kuat tekannya mencapai $27,78 \text{ Mpa}$. Dapat dilihat pada grafik kuat tekan di bawah ini :



Gambar 5. Grafik uji kuat tekan

Beton dengan campuran *foam agent* 15% mengalami penurunan kuat tekan beton pada umur 14 hari yaitu menjadi 17,54 MPa dan pada umur beton 28 hari menjadi 20,29 MPa umur beton 35 hari kuat tekannya menjadi 21,91 MPa. Semakin banyak campuran *foam agent* pada mortar maka kuat tekan pada beton akan mengalami penurunan. Pada persentase *foam agent* 30% kuat tekannya menjadi 13,44 MPa pada umur beton 14 hari, 15, 11 MPa pada umur beton 28 hari dan pada umur beton 35 hari kuat tekannya mencapai 16,69 MPa.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Bahar, 2020) yang membahas mengenai hubungan kuat tekan dan kuat tarik belah beton busa dengan menggunakan semen PCC, menggunakan jumlah volume busa yang berbeda-beda yaitu 15,7 liter, 25,15 liter dan 37,68 liter dan menggunakan silinder 10 cm x 20 cm. Persentase dari nilai kuat tarik belah pada umur 28 hari adalah 0,115% dan 0,181%. Semakin banyak volume busa yang digunakan maka semakin rendah pula nilai kuat tekan dan kuat tarik beton busa tersebut.

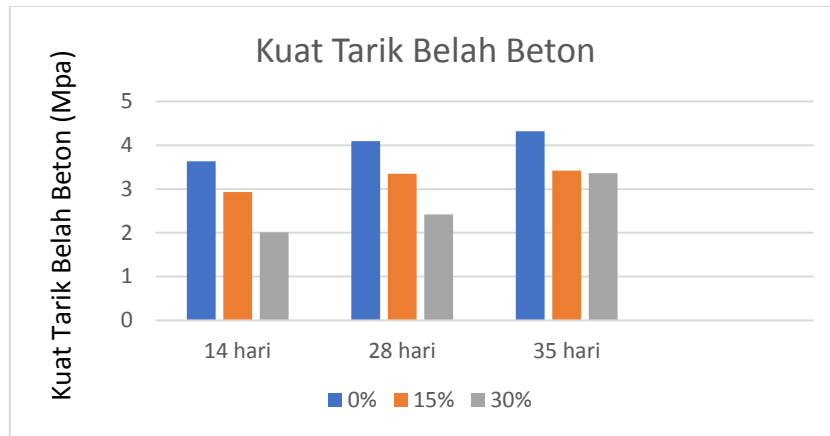
3.7 Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah beton diuji pada umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari. Berikut ini merupakan hasil data yang diperoleh dari Laboratorium :

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tarik Belah Beton (Mpa)

Variasi Foam Agent	Hari Pengujian		
	14 Hari	28 hari	35 hari
0%	3,63	4,09	4,32
15%	2,93	3,35	3,42
30%	2,01	2,42	3,36

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, hasil kuat tarik belah pada beton tanpa *foam agent* sebesar 3,63 MPa untuk umur beton 14 hari dan mengalami kenaikan pada umur beton 28 hari menjadi 4,09 MPa pada umur 35 hari masih mengalami kenaikan kuat tarik belahnya mencapai 4,32 MPa. Dapat dilihat pada grafik kuat tekan di bawah ini :



Gambar 6. Grafik uji kuat tarik belah beton

Beton dengan campuran *foam agent* 15% mengalami penurunan kuat tarik belah beton pada umur 14 hari yaitu menjadi 2,93 MPa dan pada umur beton 28 hari menjadi 3,35 MPa umur beton 35 hari kuat tarik belahnya menjadi 3,42 MPa. Semakin banyak campuran *foam agent* pada mortar maka kuat tarik belah pada beton akan mengalami penurunan. Pada persentase *foam agent* 30% kuat tarik belahnya menjadi 2,01 MPa pada umur beton 14 hari, 2,42 MPa pada umur beton 28 hari dan pada umur beton 35 hari kuat tarik belahnya mencapai 3,36 MPa.

Menurut (Mulyono,2003) kuat tarik belah beton memiliki rasio berkisar antara 9% sampai 15% dari kuat tekan beton itu sendiri. Menurut Dipohusodo,1999 nilai kuat tarik belah beton adalah $0,57\sqrt{f'c}$.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dan pembahasan maka penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Variasi *foam agent* yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kuat tekan pada beton. Semakin banyak persentase *foam agent* yang digunakan dalam campuran mortar maka semakin rendah juga kuat tekan dari beton busa tersebut dan berat volume betonnya juga semakin menurun. Rata – rata kuat tekan berturut – turut menurut umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari adalah : 23.13 MPa, 26.25 MPa, dan 27.78 MPa (tanpa *foam agent*), 17.54 MPa, 20.29 MPa, dan 21.91 MPa (*foam agent* 15%), 13.44 MPa, 15.11 MPa dan 16.69 MPa (*foam agent* 30%).
2. Pada kuat tarik belah variasi persentase *foam agent* juga sangat berpengaruh, karena kuat tarik belah beton akan semakin menurun jika mengandung persentase busa yang lebih banyak. Rata – rata kuat tarik belah berturut – turut menurut umur beton 14 hari, 28 hari dan 35 hari adalah : 3.63 MPa, 4.09 MPa, dan 4.32 MPa (tanpa *foam agent*), 2.93 MPa, 3.34 MPa, dan 3.42 MPa (*foam agent* 15%), 2.82 MPa, 2.29 MPa dan 3.36 MPa (*foam agent* 30%).
3. Beton tanpa campuran *foam agent* dan yang menggunakan *foam agent* sebanyak 15% dapat digunakan dalam konstruksi struktural karena kuat tekannya diatas 17 MPa yang termasuk ke dalam Beton Ringan Struktural menurut (ASTM C 330-82a) dapat digunakan untuk struktur penahan tanah, balok dan kolom (Tjokrodimulyo, 1995). Beton busa dengan campuran busa sebanyak 30% dapat digunakan untuk struktur ringan misalnya dinding yang memikul beban karena termasuk dalam beton ringan dengan kekuatan menengah sebab memiliki kuat tekan antara 7 - 17 MPa (ASTM C 331-81).

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan *trial mixing pra design* untuk lebih mengoptimalkan *mix design* yang akan digunakan.

2. Untuk penelitian selanjutnya *workability* selama pengerjaan beton perlu diperhatikan agar menghasilkan kuat tekan yang maksimal sesuai mutu rencana.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu di tambahkan variasi *foam agent* yang digunakan.
4. Untuk penelitian selanjutnya perlu di tambahkan bahan serat untuk memaksimalkan atau meningkatkan kuat tarik belah beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Afif, A. (2019). *Pengaruh Abu Batu Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Penambahan Superplasticizer Terhadap Karakteristik Beton Mutu Tinggi (Abu Batu Effect As Substitution Of Fine Aggregate And Addition Of Superplasticizer Characteristics On High Quality Concrete)* (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Bahar, A. T. (2020). *Studi Laboratorium Hubungan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton Busa Dengan Menggunakan Semen PCC* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Dewita, H., & Narto, H. (2020). *Kajian Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Pada Beton Mutu Fc'35 Ditambah Fly Ash Dan Abu Sekam Padi Rice Husk Ash. E-Journal Widya Eksakta*, 2(1), 7-11.
- Hidayat, D., Purwana, Y. M., & Pramesti, F. P. (2016). *Analisis Material Ringan Dengan Mortar Busa Pada Konstruksi Timbunan Jalan*. Prosiding Semnastek
- Manurung, F. V. B. *Analisis Kuat Tarik Belah Beton Busa (Foam Concrete) Dengan Kombinasi Bahan Tambah Serat Sabut Kelapa, Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Semen Sebagian Menggunakan Metode Eksperimen Laboratorium*.
- Mulyono, T. (2007). *Kapur Sebagai Bahan Tambah Untuk Beton Normal*. Menara: Jurnal Teknik Sipil, 2(1), 11-11.
- Munir, A. (2017). *Penggunaan Beton Ringan Sebagai Bahan Bangunan Alternatif Untuk Daerah Beriklim Tropis. Jurnal Koridor*, 8(1), 59-64.
- Nst, I. A. *Pengaruh Tegangan Dan Regangan Pada Beton Ringan Yang Di Perkuat Oleh Serbuk Cangkang Telur Dan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Tambahan Semen*.
- Nudia, N., & Beladin, S. (2019). *Pengaruh Kadar Air Terhadap Kuat Tekan Mortar Busa Sebagai Material Konstruksi Jalan* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Nur Aisyah Jalali, K. (2015). *Pengaruh Variasi Pasir Dan Abu Batu Pada Beton Beragregat Kasar Pellet Polypropylene Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur*. Prokons: Jurusan Teknik Sipil, 9(1), 55-61.
- Putra, D. M., & Widjaja, D. (2015). *Hubungan Kuat Tarik Belah dengan Kuat Tekan Beton Ringan dengan Crumb Rubber dan Pecahan Genteng*. Rekayasa Sipil, 4(2), 76-88.
- Rahamudin, R. H., Manalip, H., & Mondoringin, M. (2016). *Pengujian Kuat Tarik Belah Dan Kuat Tarik Lentur Beton Ringan Beragregat Kasar (Batu Apung) Dan Abu Sekam Padi Sebagai Substitusi Parsial Semen*. Jurnal Sipil Statik, 4(3), 225–231.
- Rommel, E., Karimah, R., & WIDYANINGSIH, P. A. (2019, January). *Pengaruh Pemakaian Serat Ijuk dan Foam-Agent terhadap Sifat Mekanik Beton Busa*. In Prosiding SENTRA (Seminar Teknologi dan Rekayasa) (No. 4, pp. 97-103).
- Salu, Y. L., Parung, H., Tjaronge, M. W., & Irmawaty, R. (2020). *Karakteristik Beton Busa Yang Mengalami Beban Tarik*. In Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil (pp. 87-94).
- Santoso, H. T. (2020). *Penggunaan CSS-Mortar Busa Sebagai Alternatif Pemilihan Tipe Konstruksi Jalan Layang terhadap Biaya Konstruksi*. BENTANG: Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, 8(2), 87-98.
- Siagian, D. P. (2016). *Analisa Penggunaan Foam Agent sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bata Ringan*. Standar Nasional Indonesia 03-2491-2002. "Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton". Badan Standarisasi Nasional Indonesia (1990)

- Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000. “*Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*”. Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2000)
- Standar Nasional Indonesia 03-3449-2002. “*Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*”. Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2002)
- Standar Nasional Indonesia SNI 03-2461- 2002. “*Spesifikasi agregat ringan untuk beton ringan struktural*”. Badan Standarisasi Nasional Indonesia (2002)
- Susanto, M. R. A. (2016). *Pengaruh Penambahan Foam Agent pada Pembuatan Beton Busa (Tinjauan Terhadap Densitas, Kuat Tekan dan Water Absorption)* (Doctoral dissertation, University of Muhammadiyah Malang).
- Sutarno. 2007. *Pemanfaatan Abu Batu Limbah Stone Crusher untuk Bahan Paving Block*. Jurnal Wahana Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. (Online), (diakses 2 Juni 2013).
- Tiyani, L., Satyarno, I., & Saputra, A. (2019). *Kuat Lentur Panel Dinding Beton Busa Dengan Lapis Grc Dan Wiremesh*. Teknisia, 24(2), 72-82.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 2007. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit KMTS Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Trapsilo, F. S. (2015). *Analisis Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Kuat Lentur Beton Menggunakan Bahan Tambah Sika Viscocrete-10 Dan Fly Ash (Tinjauan Analisis Pada Umur Delapan Jam Sampai Dengan Dua Puluh Empat Jam)* (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Triaswati, M. N., Harijanto, D., & Ismoyo, W. (2019). *Penggunaan Abu Batu untuk Mengurangi Agregat Pasir Alami pada Campuran Beton dengan Penambahan Zat Additive Type D*. Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas, 3.
- Untu, G. E., Kumaat, E. J., & Windah, R. S. (2015). *Pengujian Kuat Tarik Belah dengan Variasi Kuat Tekan Beton*. Jurnal Sipil Statik, 3(10).
- Wirani, P. E. S. (2020). *Pengaruh Penggunaan Resin Epoxy Dan Additive Cement Terhadap Kuat Tekan rer n Beton*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Sipil, 1(1).