

ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR

Fetra Venny Riza, Deni Sapriandi Lubis, Fira Vidia Br. Manurung,
M. Rizky Rizaldi Nst

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Email : fetra@umsu.ac.id

Article Info	Abstrak.
Article history:	<p>Dengan pemanfaatan limbah industri pangan seperti abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan serat sabut kelapa dapat diolah menjadi bahan substitusi seperti semen dalam membuat beton yang diharapkan mampu menghasilkan suatu beton dengan kekuatan yang baik, ramah lingkungan, dan dapat dilihat penggunaannya pada bangunan yang tepat dari jenis beton ini. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai tegangan kuat lentur balok beton busa terhadap penambahan serat sabut kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi. Variasi abu sekam padi, serbuk cangkang telur, dan bahan tambahan serat sabut kelapa dalam campuran beton diambil mulai dari 0%, 10%, 15%, dan 20% sebanyak 12 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat tekan, kuat lentur, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat tekan berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 8,04 Mpa; Variasi I (10%) = 6,68 Mpa; Variasi II (15%) = 2,81 Mpa; Variasi III (20%) = 2,26 Mpa. Sedangkan buat nilai kuat lentur berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 2,7 Mpa; Variasi I (10%) = 1,5 Mpa; Variasi II (15%) = 1,5 Mpa; Variasi III (20%) = 1,35 Mpa. Hasil nilai kuat tarik berdasarkan variasinya adalah beton normal (0,66 Mpa); variasi I (0,42 Mpa); variasi II (0,47 Mpa); variasi III (0,42 Mpa). Dan untuk Nilai modulus elastisitas berdasarkan variasi adalah sebesar (0%) = 13117,33; (10%) = 8644,44 Mpa; (15%) = 8401,26 Mpa; (20%) = 7972,22 Mpa.</p>
Received :	
Accepted :	
Publisheed :	
Keywords:	
Foam Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength, Tensile Strength, Modulus of Elasticity	

Kata Kunci: Beton Busa, Kuat Tekan, Kuat Lentur, Kuat Tarik, Modulus Elastisitas

Abstract : With the use of food industry waste such as rice husk ash, eggshell powder, and coconut fiber, it can be processed into substitution materials such as cement in making concrete which is expected to be able to produce concrete with good strength, environmentally friendly, and its use can be seen in the right building of this type of concrete. This study aims to study the flexural strength value of foam concrete blocks against the addition of

coconut fiber with eggshell powder and rice husk ash. Variations of rice husk ash, eggshell powder, and coconut fiber additives in the concrete mixture were taken from 0%, 10%, 15%, and 20% as many as 12 specimens. To determine the value of compressive strength, flexural strength, tensile strength, and modulus of elasticity of concrete tested for 28 days. The compressive strength value based on variation is Normal (0%) = 8.04 Mpa; Variation I (10%) = 6.68 Mpa; Variation II (15%) = 2.81 Mpa; Variation III (20%) = 2.26 Mpa. Meanwhile, for the flexural strength value based on variation is Normal (0%) = 2.7 Mpa; Variation I (10%) = 1.5 Mpa; Variation II (15%) = 1.5 Mpa; Variation III (20%) = 1.35 Mpa. The results of the tensile strength value based on the variation are normal concrete (0.66 Mpa); variation I (0.42 Mpa); variation II (0.47 Mpa); variation III (0.42 Mpa). And for the modulus of elasticity based on variation is (0%) = 13117.33; (10%) = 8644.44 Mpa; (15%) = 8401.26 Mpa; (20%) = 7972.22 Mpa.

1. PENDAHULUAN

Menurut (Rommel et al., 2017) beton busa merupakan salah satu kategori beton ringan yang diperoleh dengan cara memasukkan gelembung-gelembung udara ke dalam adukan mortar. Gelembung udara tersebut berasal dari bahan dasar *foam agent* yang diolah dengan air. Selain beratnya yang ringan, beton busa juga memiliki kelebihan yang digunakan untuk bahan alternatif yang berfungsi sebagai insulator panas dan suara. Penggunaan beton busa biasanya dapat diaplikasikan sebagai panel dinding, bata beton ringan, *ready mix*, dan bentuk khusus.

Penggunaan beton ringan dalam berbagai konstruksi modern berkembang dengan cepat karena terdapat keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan teknologi beton ringan tersebut diantaranya, berat jenis beton yang lebih kecil sehingga dapat mengurangi berat sendiri elemen struktur yang mengakibatkan kebutuhan dimensi tampang melintang menjadi lebih kecil. Berat jenis yang lebih ringan ini berpengaruh terhadap beban mati struktural yang lebih kecil pula dan juga dapat memberikan keuntungan dalam pengurangan ukuran pondasi yang diperlukan. (Rahamudin et al., 2016)

Dengan semakin pesatnya pertumbuhan pengetahuan dan teknologi di bidang teknologi beton yang mendorong kita lebih memperhatikan standar mutu serta produktivitas kerja yang lebih berkualitas. Pemakaian bahan khususnya beton sebagai bahan bangunan mulai menjadi pilihan masyarakat. Hal ini dikarenakan keunggulannya, seperti beton mempunyai kesesuaian material struktural dan arsitektur, ekonomis, perawatan yang mudah, tahan panas dan bahan penyusunnya mudah didapat. Bahan dasar dan perbandingan campuran dari adukan yang akan digunakan untuk suatu bangunan akan mempengaruhi kekuatan dan keawetan beton itu sendiri. Teknologi beton memunculkan penggunaan beton busa, juga dikenal sebagai beton berbuisa, *foam concrete*, beton ringan selular atau dikurangi beton kepadatan. Beton busa atau *foam concrete* terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), air, pasir, dan *foam agent*. Namun beton tersebut biasanya digunakan pada beton non struktural dan dapat dipakai sebagai pengganti bata, ini dikarenakan bahwa beton *foamconcrete* mempunyai kuat tekan yang relatif rendah (Karimah, 2017).

Produksi dan konsumsi telur ayam menghasilkan limbah berupa cangkang telur dan jumlah yang banyak. Dari banyaknya jumlah cangkang telur ayam yang tersedia tidak dimanfaatkan

dengan baik, tidak optimalnya pemanfaatan limbah cangkang telur tersebut memicu pencemaran lingkungan yang semakin parah. Hal tersebut diperparah dengan tingginya produksi dan penggunaan telur ayam diseluruh dunia pada tingkat industri atau domestik yang menyebabkan jumlah cangkang telur cukup banyak yang dianggap sebagai limbah. Limbah cangkang telur ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambah penguatan semen pada pembuatan beton (Mahdi & Hadi, 2019)

Di Indonesia produksi kulit telur akan terus berlimpah selama telur diproduksi di bidang perternakan serta digunakan di restoran, pabrik roti, dan mie sebagai bahan baku pembuatan makanan. Produksi telur di Indonesia tahun 2009 sekitar 1.013.543 ton. Kulit telur kering mengandung 95% kalsium karbonat dan berat 5,5 gram, kandungan kalsium yang cukup besar berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan tambah pembuatan semen (Fitriani. 2017)

Penggunaan limbah-limbah tersebut dalam pembuatan beton ini juga berguna untuk mengurangi permasalahan lingkungan hidup karena biasanya material tersebut hanya dibuang begitu saja. Dengan penggunaan material itu, beton akan menjadi lebih ringan tetapi tetap memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibanding beton konvensional.

2. METODOLOGI

2.1 Material

Bahan yang digunakan untuk menjadi beton busa (*foam concrete*) yang dimodifikasi adalah agregat halus (pasir), semen, air, *foam agent*, *chemical admixture*, abu sekam padi, serbuk cangkang telur, serat sabut kelapa. Materi dibahas secara singkat sebagai berikut:

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir yang diperoleh dari Binjai. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam hasil disintegrasi alami dari batu-batuan (*natural sand*) atau berupa pasir buatan yang dihasilkan dari alat-alat pemecah batuan (*artificial sand*) dengan ukuran kecil (0,15 mm - 5 mm). (SK SNI T-15-1991-03).

Semen yang direncanakan dalam penelitian ini adalah Semen Andalas PPC (*Portland Pozzolan Cement*) sesuai SNI 15-0302-2004. Semen *portland* ialah semen hidrolis yang dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis, dan gips sebagai bahan pembantu.

Chemical admixture yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari toko bahan kimia kota Medan. Standart yang digunakan pada *admixture* adalah ASTM C 494 "Spesifikasi *Chemical Admixture* Untuk Beton". Digunakan sikament NN.

Abu sekam padi diambil dari Kilang Padi Tanjung Selamat, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara. Abu sekam padi yang digunakan adalah abu yang diambil dari sisa pembakaran sekam padi. Saat diayak, abu sekam padi yang lolos saringan No.100.

Cangkang telur yang digunakan adalah cangkang telur ayam hasil dari limbah pangan di sekitaran medan. Cangkang telur akan dibersihkan terlebih dahulu, lalu di jemur sampai

cangkang telur benar-benar mengering. Setelah dijemur, cangkang telur dihaluskan sampai menjadi serbuk yang lolos saringan No.50.

Serat kelapa yang digunakan diambil dari produksi rumahan di daerah Rambung Barat, Binjai. Serat kelapa diolah menjadi ukuran sekitaran 3 atau 4 cm. Sebelum digunakan serat kelapa direndam terlebih dahulu menggunakan air bersih selama ± 24 jam agar serat lebih lentur dan tidak patah saat digunakan. Pada penelitian ini, serat kelapa yang digunakan adalah konstan.

2.2 Metode

Metode penelitian yang dilakukan merupakan jenis metode eksperimen di laboratorium, campuran semen dan pasir 1:2, nilai FAS 0,55, (FA/Water) 1:40, *chemical admixtures* 0,2% dari berat semen.

a. Variasi 0% (Normal)

Variasi pengontrol terhadap variasi lainnya.

b. Variasi 10%

Semen dikurangi sebesar 10% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 5% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.

c. Variasi 15%

Semen dikurangi sebesar 15% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 10% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.

d. Variasi 20%

Semen dikurangi sebesar 20% dari *filler* pengganti sebagian semen. Sebagai penggantinya, ASP sebesar 15% dari semen, serbuk cangkang telur sebanyak 5% dari semen, dan serat sebanyak 2% dari pasir.

Penelitian dilakukan dengan memperlakukan sampel benda uji dalam kondisi terkontrol dengan urutan kegiatan sistematis sehingga diperoleh data yang valid.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji *Slump Flow*

ASTM C 1611 “*Standard Test Method for Slump Flow of Self Consolidating Concrete*”. Pengujian *slump flow* dengan nilai minimum 660 mm sedangkan nilai maksimum 750 mm. Pengujian *slump flow* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UMSU.

Tabel 1 Pengujian *slump flow*

No	Tes Uji	Pengujian <i>Slump Flow</i> (mm)				Rata-Rata
		Normal	Variasi I	Variasi II	Variasi III	
1	Kuat Tekan	690	655	620	710	668,75
2	Kuat Tarik	710	655	610	630	651,25
3	Kuat Lentur	710	660	620	650	660
4	Modulus Elastisitas	700	640	660	670	667,5

3.2 Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan

Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada Tabel 2, sebagai berikut :

Tabel 2 Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan

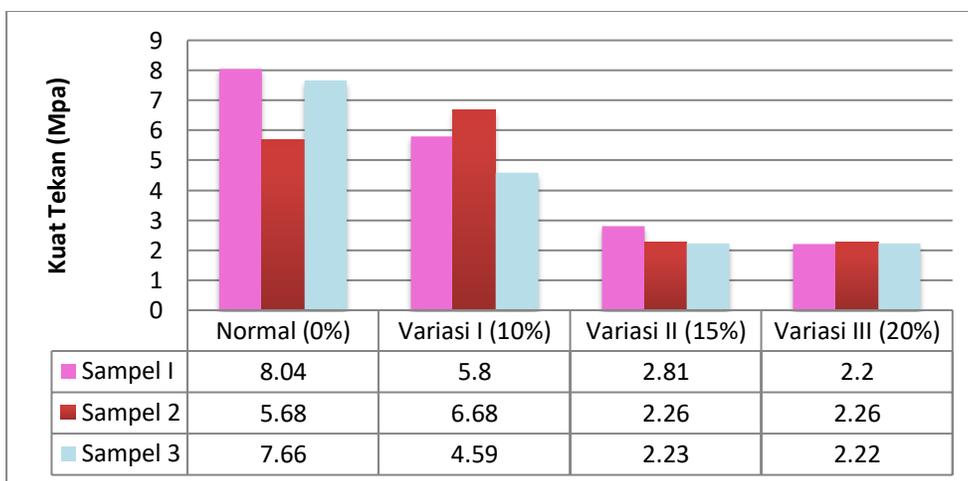
Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		umur Rencana	Tekan Beton f_c' (KN)
				Perendaman	Perendaman		
1	Normal (0%)			8,772	8,691	28 Hari	142,2
2	0%	0%	0%	8,370	8,350		100,5
3				8,606	8,712		135,4
1	Variasi I (10%)			8,454	8,328	28 Hari	102,6
2	5%	5%	2%	8,134	8,045		82,8
3				8,822	8,691		81,2
1	Variasi II (15%)			7,695	7,261	28 Hari	49,8
2	10%	5%	2%	6,932	6,834		40,1
3				6,908	6,752		39,5
1	Variasi III (20%)			7,130	6,911	28 Hari	39,0
2	15%	5%	2%	7,102	6,823		40,1
3				7,190	7,146		39,4

Tabel 3 Hasil pengujian kuat tekan beton ringan

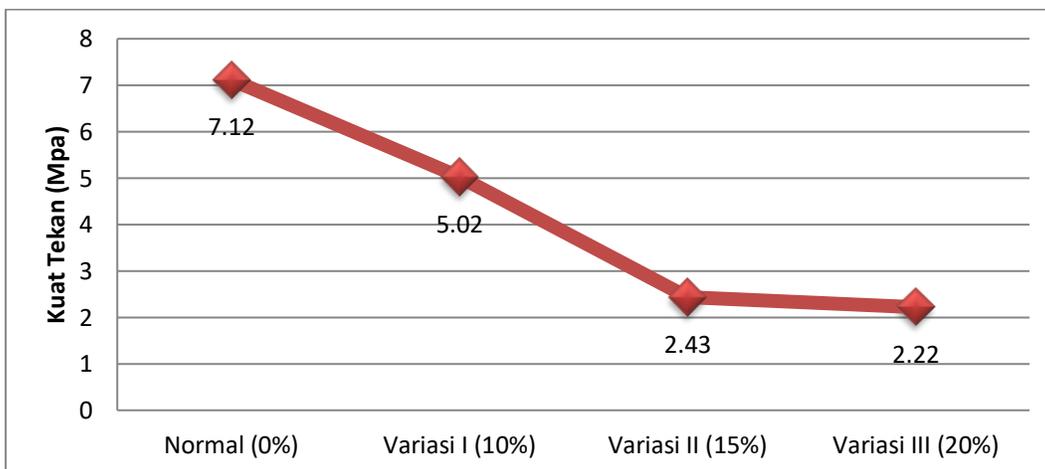
Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Tekan Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	0%	8,04
2	0%	0%	0%	5,68
3	0%	0%	0%	7,66
Rata-Rata				7,12
1	5%	5%	2%	5,80
2	5%	5%	2%	4,68
3				4,59
Rata-Rata				5,02
1	10%	5%	2%	2,81
2				2,26

3				2,23
Rata-Rata				2,43
1	15%	5%	2%	2,20
2				2,26
3				2,22
Rata-Rata				2,22

Terdapat perbandingan hasil pengujian kuat tekan beton ringan yang dibuat dalam bentuk grafik kedalam Gambar 1 dan nilai rata-rata kuat tekan beton ringan dibuat dalam bentuk grafik kedalam Gambar 2



Gambar 1. Grafik perbandingan hasil nilai kuat tekan beton ringan



Gambar 2. Grafik nilai rata-rata kuat tekan beton ringan

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat tekan tertinggi setiap variasinya, yaitu 6,68 Mpa pada variasi I (10%), sedangkan nilai kuat tekan terendah pada variasi III (20%), yaitu 2,2 Mpa pada umur 28 hari.

3.3 Hasil Uji Kuat Lentur Beton Ringan

Maka hasil pengujian kuat tekan tersebut dituangkan pada Tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4 Data berat benda uji dan hasil beban tekan beton ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Berat Beton		Waktu Perendaman	Tekan Beton f_c' (KN)
				Umur Perendaman	Perendaman		
1	Normal (0%)			10,491	10,100	8 Hari	5
2	0%	0%	0%	10,040	9,900		6
3				9,357	9,300		4
1	Variasi I (10%)			9,474	9,000	8 Hari	3
2	5%	5%	2%	8,537	8,200		4
3				8,466	8,000		3
1	Variasi II (15%)			8,163	8,000	8 Hari	3
2	10%	5%	2%	7,906	7,800		4
3				7,789	7,500		3
1	Variasi III (20%)			6,576	6,000	8 Hari	3
2	15%	5%	2%	7,801	7,800		2
3				7,618	7,600		2

Berdasarkan Tabel 4 maka didapatkan hasil pengujian kuat lentur yang dirincikan kedalam Tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Hasil pengujian kuat lentur beton ringan

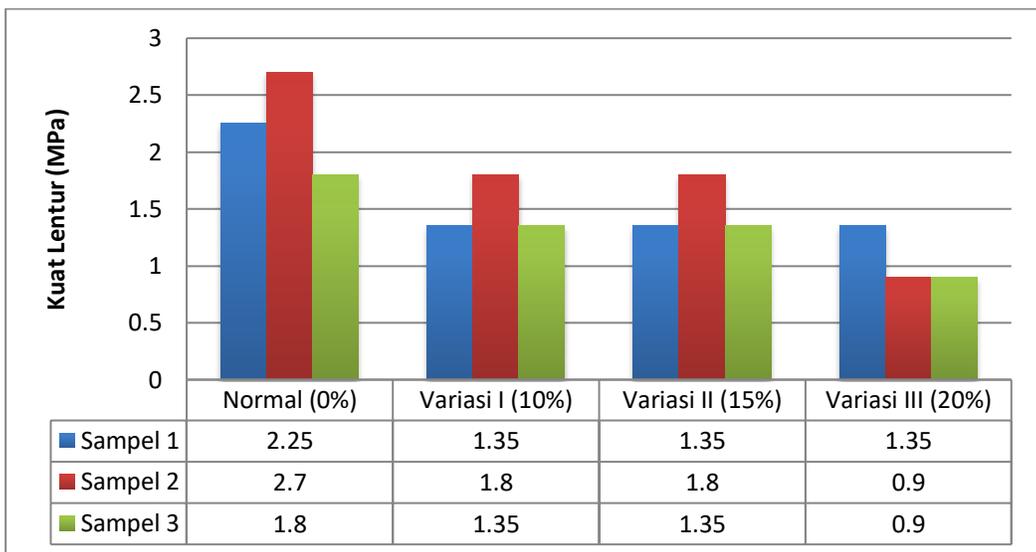
Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Lentur Beton f_c' (Mpa)
1	0%	0%	0%	2,25
2				2,7
3				1,8
Rata-Rata				2,25
1	5%	5%	2%	1,35
2				1,8
3				1,35
Rata-Rata				1,5
1	10%	5%	2%	1,35
2				1,8
3				1,35
Rata-Rata				1,5

PCEJ

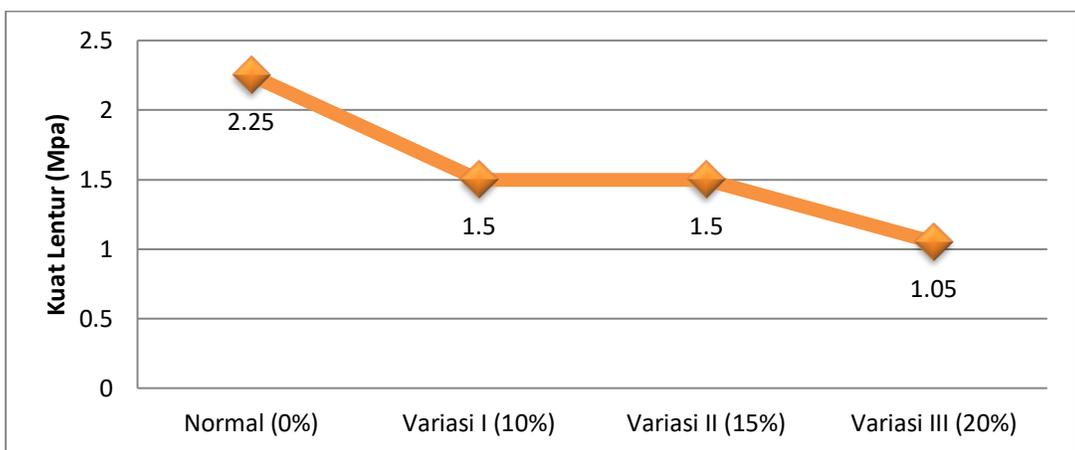
Progress in Civil Engineering Journal
 Available at jurnal.umsu.ac.id/index.php/PCEJ
 ISSN 2686-0457

1	15%	5%	2%	1,35
2				0,9
3				0,9
Rata-Rata				1,05

Terdapat perbandingan hasil pengujian kuat lentur beton ringan yang dibuat dalam bentuk grafik kedalam Gambar 3 dan nilai kuat lentur beton ringan dibuat dalam bentuk grafik kedalam Gambar 4.



Gambar 3 Grafik perbandingan hasil nilai kuat lentur



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata kuat lentur beton ringan

Dari grafik diatas dilihat bahwa nilai kuat lentur tertinggi, yaitu 2,7 Mpa pada normal (0%) dan nilai kuat lentur terendah pada variasi III (20%), yaitu 0,9 Mpa pada umur 28 hari.

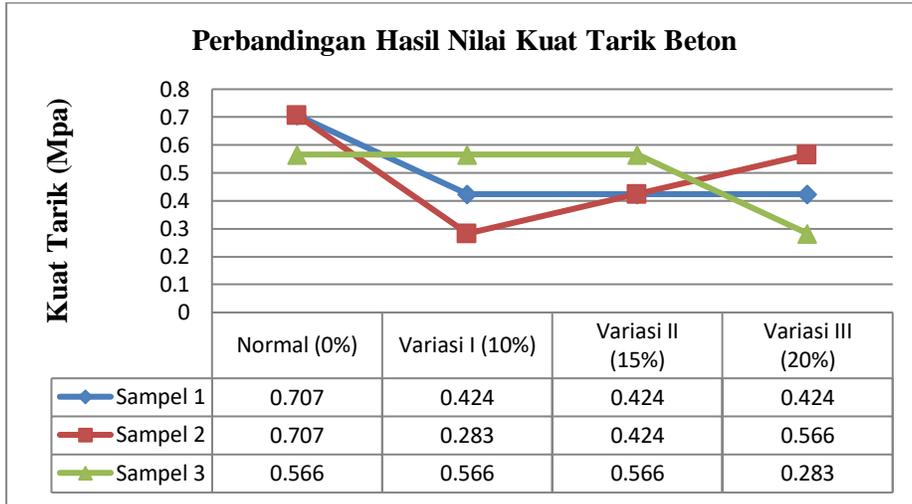
Berdasarkan nilai berat isi beton dengan nilai kuat lentur disetiap variasi terjadi penurunan, nilai tertinggi pada campuran variasi terdapat pada variasi I (10%) dengan nilai 1,5 Mpa dan nilai berat isi betonnya sebesar 1399,99 kg/m³.

3.4 Hasil Uji Kuat Tarik Beton

Tabel 6 data berat benda uji dan hasil beban tarik

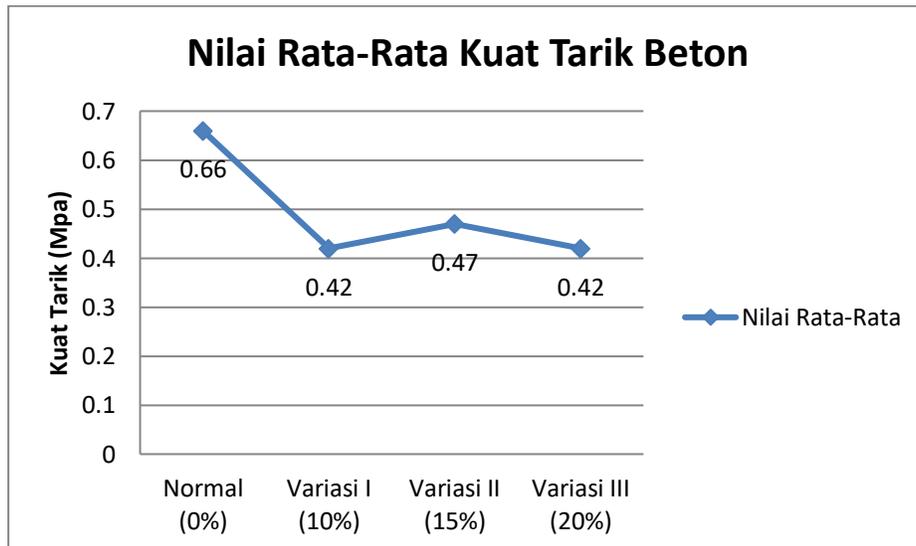
Variasi	ampel	L	D	P	Kuat tarik		Kuat tarik rata-rata
		mm	mm	N	N/mm ²	Mpa	
Normal	1	00	50	50.000	0,707	0,707	0,66
	2	00	50	50.000	0,707	0,707	
	3	00	50	40.000	0,566	0,566	
10 %	1	00	50	30.000	0,424	0,424	0,42
	2	00	50	20.000	0,283	0,283	
	3	00	50	40.000	0,566	0,566	
15 %	1	00	50	30.000	0,424	0,424	0,47
	2	00	50	30.000	0,424	0,424	
	3	00	50	40.000	0,566	0,566	
20 %	1	00	50	30.000	0,424	0,424	0,42
	2	00	50	40.000	0,566	0,566	
	3	00	50	20.000	0,283	0,283	

Dari hasil pengujian kuat tarik yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan nilai kuat tekan yang dituangkan pada Tabel 6 perbandingan hasil nilai kuat tarik beton dalam bentuk Grafik 5 berikut :



Gambar 5 Perbandingan Hasil Nilai Kuat Tarik Beton

Dari hasil yang didapatkan setelah pengujian ini, dituangkan perbandingan rata-rata nilai kuat tekan beton yang dimasukkan dalam bentuk diagram batang seperti Gambar 6 berikut :



Gambar 6 Perbandingan Hasil Nilai Kuat Tarik Beton

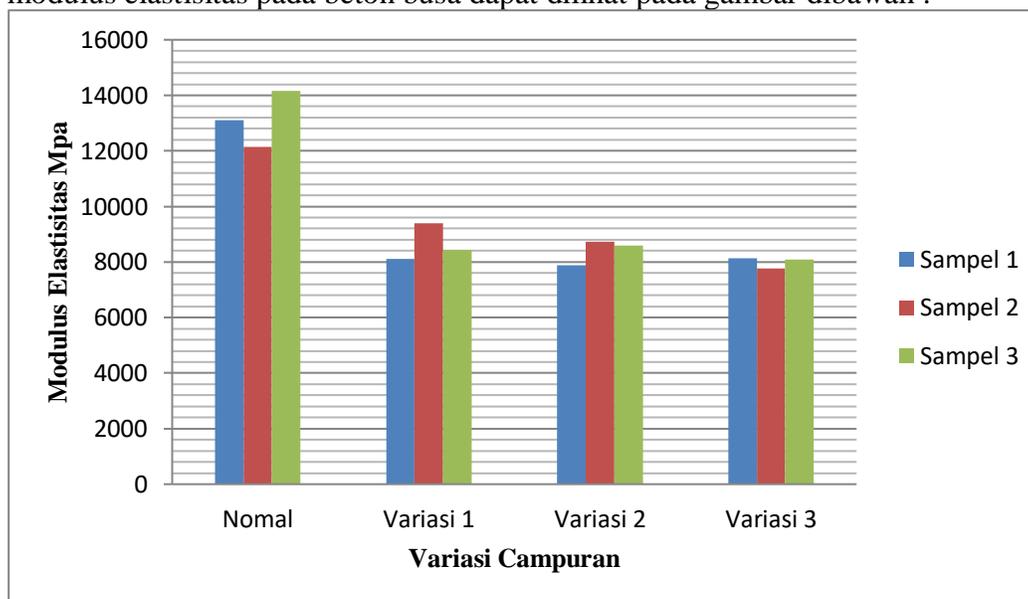
Dari hasil pengujian kuat tarik yang dihasilkan dalam melakukan penelitian ini maka dapat dilihat hasil rata-rata pengujian nilai kuat tarik tertinggi terdapat pada variasi II dengan proporsi campuran Abu Sekam Padi 10%, Serbuk Cangkang Telur 5%, Serat Sabut Kelapa 2% dengan nilai 0,47 Mpa.

3.5 Hasil Uji Modulus Elastisitas

Tabel 7 Data Hasil Pengerjaan Modulus Elastisitas Beton Ringan

Sampel			%ASP	%SCT	SSK	Berat Beton		Rencana	i Modulus Elastisitas (Mpa)
						m perendaman	h perendaman		
1			Normal (0%)			8,113	8100	hari	13065,49
2			0%	0%	0%	8,331	8,375		12132,24
3						8,715	8,830		14154,28
1						Variasi I (10%)			6,740
2			5%	5%	2%	7,140	6,890	9400	
3						7,602	7,384	8433,33	
1						Variasi (15%)			6,159
2			10%	5%	2%	7,320	7,004	8733,34	
3						7,646	7,482	8589,33	
1						Variasi (20%)			6,384
2			15%	5%	2%	7,011	6,674	7766,66	
3						7,752	7,398	8085,36	

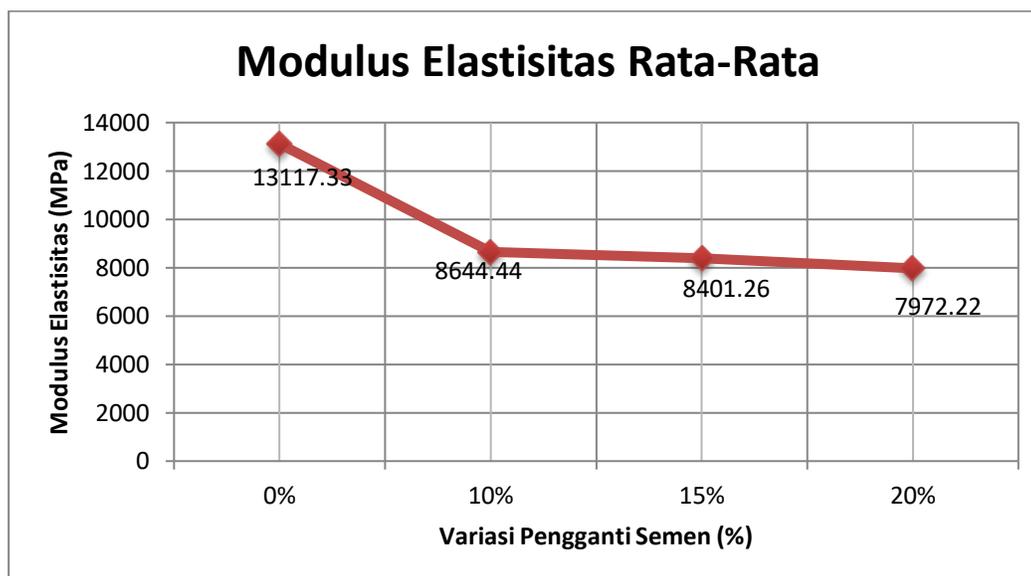
Grafik modulus elastisitas pada beton busa dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 8. Nilai Modulus Elastisitas Beton Busa

Berdasarkan Tabel 7 maka dihasilkan nilai rata-rata dari modulus elastisitas yang dirincikan pada Tabel 8. Dari Gambar 9. di atas dilihat bahwa nilai modulus tertinggi pada variasi normal (0%), yaitu 13117,33 Mpa dan nilai modulus elastisitas terendah pada variasi II (20%), yaitu

7972,22 Mpa pada umur beton 28 hari. Dalam penelitian ini modulus elastisitas beton mengalami peningkatan di variasi normal dan mulai menurun ketika di variasi 1, kemudian menurun nilai kuat tekan sampai ke variasi 3.



Gambar 9. Grafik Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas

Tabel 8. Nilai Rata-Rata Modulus Elastisitas Beton Ringan

Sampel	%ASP	%SCT	%SSK	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	0%	0%	0%	13065,49
2				12132,24
3				14154,28
Rata-rata				13117,33
1	5%	5%	2%	8100
2				9400
3				8433,33
Rata-rata				8644,44
1	10%	5%	2%	7881,10
2				8733,34
3				8589,33

Rata-rata				8401,26
1	15%	5%	2%	8125
2				7766,66
3				8085,36
Rata-rata				7972,22

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Berdasarkan eksperimen diketahui pengaruh penambahan serbuk cangkang telur, abu sekam padi, serta bahan tambahan serat sabut kelapa di variasi 10% dengan variasi 15% terjadi kesamaan pada nilai kuat lentur sebesar 1,5 Mpa sedangkan di variasi 20% terjadi penurunan sebesar 1,35 Mpa.
2. Berdasarkan data pengujian kuat lentur beton busa dengan variasi 0%, 10%, 15%, dan 20% dengan campuran abu sekam padi, serbuk cangkang telur dan bahan tambahan serat sabut kelapa untuk umur 28 hari maka didapatkan kuat lentur maksimum sebesar 2,7 Mpa pada normal (0%) dan untuk variasinya sebesar 1,5 Mpa pada variasi 10% dan 15%.
3. Pengaruh penambahan serat kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi memberikan pengaruh terhadap karakteristiknya berupa :
 - a. Karakteristik kuat tekan beton ringan dengan campuran serat kelapa dengan serbuk cangkang telur dan abu sekam padi pada variasi 10%, 15% dan 20% di umur 28 hari mengalami penurunan 0,21 Mpa - 3,26 Mpa.
 - b. Pada pengujian kuat tarik belah juga terjadi penurunan nilai kuat tarik sebesar 0,05 Mpa. Dari nilai kuat tarik tertinggi dan berbanding lurus terhadap kuat tekan.
4. Nilai modulus elastisitas dengan penambahan abu sekam padi dan serbuk cangkang telur serta serat kelapa. Peningkatan maksimum terjadi pada beton dengan variasi 0% yaitu sebesar 13117,33 Mpa. Dan nilai modulus elastisitas paling minimum terjadi pada beton variasi 20% yaitu sebesar 7972,22 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Fitriani, S., Fathul, W. M., & Farida, I. (2017). Penggunaan Limbah Cangkang Telur, Abu Sekam, dan Copper Slag Sebagai Material Tambahan Pengganti Semen. *Jurnal Konstruksi*, 15(1), 46–56. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.15-1.46>
- Hadipramana, J., & Riza, F. V. (2016). Pozzolan Characterization Of Waste Rice Husk Ash (RHA) From Muar, Malaysia. *International Engineering Research and Innovation Symposium (IRIS)*, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/160/1/012066>

Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (Fly Ash). *Jurnal Sipil Statik*, 2(6), 277–282.

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., Rusdianto, Y., Utari, R. P., & Riyanto, A. S. (2017). Pengaruh Pemakaian Fly-Ash Terhadap Karakteristik Beton Busa (Tinjauan Pada Konduktivitas Termal Dan Sound Absorption Beton). *Seminar Nasional Teknologi Dan Rekayasa (SENTRA) 2017*, 1–8.

Sahrudin, S., & Nadia, N. (2016). Pengaruh Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Konstruksia*, 7(2), 13–20.

Syahwati, M., & Wahyuni, A. S. (2019). Pengaruh Variasi Persentase Bubuk Cangkang Telur (BCT) Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 11(1), 27–32. <https://doi.org/10.33369/ijts.11.1.27-32>