

Inspeksi Flexural Beton Dengan Serbuk Kulit Rajungan Sebagai Alternatif Agregat Halus Dengan Balok Sederhana (Studi Penelitian)

Miftah Hidayat

¹Program Studi Teknik Sipil, ²Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Medan
Jl. Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

miftahidayat@gmail.com

Abstrak

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Banyak penelitian yang telah mencoba mengganti material yang ada dengan material yang lain untuk mendapatkan beton yang kuat dan ekonomis, Salah satunya adalah serbuk kulit rajungan merupakan limbah yang memberikan peluang usaha yang dapat meningkatkan kualitas dan nilai ekonomis dari limbah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari nilai kuat lentur balok beton terhadap penambahan serbuk kulit rajungan. Variasi serbuk kulit rajungan dalam campuran beton dimulai dari 0%, 5%, 7%, dan 8%. Sampel pengujian dipakai pada balok beton dengan ukuran 10 x 10 x 60 cm³ sebanyak 8 benda uji. Untuk mengetahui nilai kuat lentur beton dilakukan pengujian selama 28 hari. Nilai kuat lentur berdasarkan variasi adalah sebesar Normal (0%) = 39 Mpa; Variasi I (5%) = 43,6 Mpa; Variasi II (7%) = 47,263 Mpa; Variasi III (8%) = 46,116 Mpa.

Kata Kunci : Kuat lentur, beton normal, kulit rajungan.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar, air serta bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Campuran bahan-bahan pembentukan beton ditetapkan sedemikian rupa, sehingga menghasilkan beton segar yang mudah dikerjakan dan memenuhi kekuatan tekan rencana setelah mengeras dan cukup ekonomis. Oleh karena itu, beton banyak menjadi pilihan dan digunakan dalam konstruksi.

Beton merupakan material bangunan yang paling banyak diminati dalam dunia konstruksi karena memiliki berbagai kelebihan. Namun disisi lain beton mempunyai kekurangan salah satunya adalah berat jenisnya yang tinggi yang tentu berpengaruh pada perhitungan beban sendiri suatu bangunan. Untuk mengatasi hal tersebut dilakukan berbagai penelitian terhadap sifat dan kualitas beton hingga ditemukan berbagai macam beton baru hasil modifikasi salah satunya adalah beton ringan.

Perkembangan teknologi sekarang ini sangat pesat seiring dengan perkembangan zaman. Teknologi dibidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi beton, hampir pada setiap aspek kehidupan manusia selalu terkait dengan beton baik secara langsung maupun tidak langsung. Semen merupakan salah satu bahan penyusun beton yang bersifat sebagai pengikat agregat pada campuran beton. Besarnya kuat beton dipengaruhi beberapa hal antara lain faktor air semen, jenis semen, gradasi agregat, sifat agregat, dan pengerjaan (pencampuran, pemadatan, perawatan), umur beton, serta bahan kimia tambahan.

Kuat lentur adalah nilai tegangan tarik yang dihasilkan dari momen lentur dibagi dengan momen penahan penampang balok uji. Kuat tarik lentur adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji, yang diberikan padanya, sampai benda uji patah yang dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas (SNI 03-4431-1997). Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu. Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.

Banyak penelitian yang telah mencoba mengganti material yang ada dengan material yang lain untuk mendapatkan beton yang kuat dan ekonomis, Salah satunya adalah serbuk kulit rajungan merupakan limbah yang memberikan peluang usaha yang dapat meningkatkan kualitas dan nilai ekonomis dari limbah tersebut.

Rajungan merupakan salah satu komoditas ekspor andalan Indonesia, umumnya daging rajungan diekspor dalam bentuk segar, beku ataupun kaleng. Menurut data DKP (Dinas Kelautan dan Perikanan, ekspor rajungan tahun 2000 sebesar 3498 ton tanpa kulit. Pemanfaatan rajungan tersebut hanya pada bagian yang dapat dikonsumsi yaitu dagingnya. Salah satu limbah padat dari pengolahan rajungan yaitu cangkang rajungan. Multazam (2002) menyatakan bahwa bobot tubuh rajungan yang berkisar antara 100-350 gram, terdapat cangkang sebesar

51-177 gram. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan.

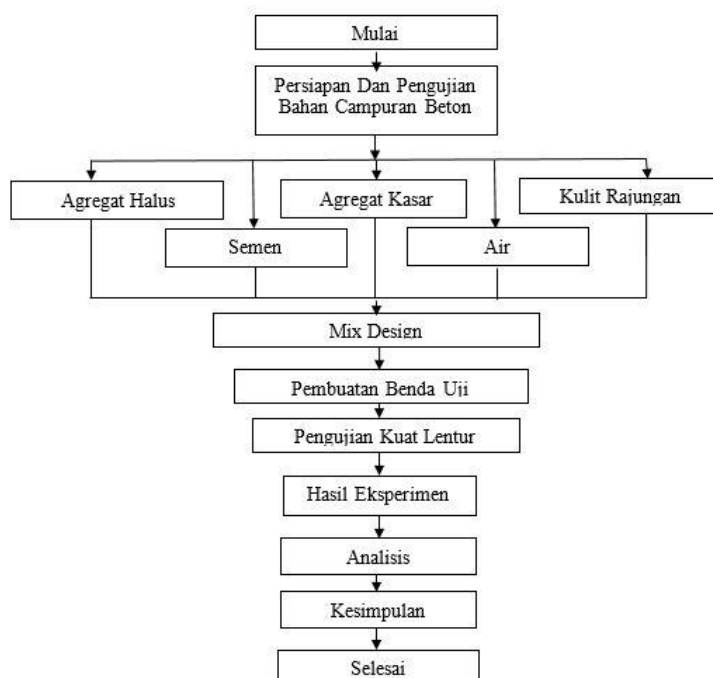
Maulana (2017), didalam penelitiannya menggunakan bahan tambah alami berupa kulit kerang. Bahan penyusun kulit kerang mengandung senyawa kimia yang bersifat pozzolan yang sebagian besar terdiri dari kandungan zat kapur (CaO), alumina dan juga terdapat kandungan silka. Sama halnya dengan semen bahan penyusun semen Portland adalah 60% sampai 70% terdiri atas kapur atau CaO, dan 17% sampai 25% terdiri dari SiO₂ (SNI-15- 2049-2004). Atas dasar ini gagasan awal penulisan ini berpedoman pada pemikiran bahwa unsur-unsur kimia yang ada pada kulit rajungan sama dengan kandungan yang ada pada kulit kerang. Sebagian diantaranya sama seperti yang ada pada semen seperti kalsium (Ca), fosfor (P), magnesium (Mg), tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan mangan (Mn), sehingga apabila kulit rajungan dihancurkan menjadi serbuk dengan ukuran tertentu maka dapat diasumsikan sebagai bahan ganti untuk meningkatkan kekuatan tarik beton.

Suhartono (2000) menyatakan Rajungan mengandung 25% bahan padat, 20–25% daging yang dapat dimakan, dan sekitar 50–60% berupa hasil buangan. Hal ini menunjukkan bahwa bobot cangkang rajungan kurang lebih 50% atau setengah dari bobot tubuh rajungan.

Tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah Untuk mengetahui hasil dan kehadiran serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus mempengaruhi kekuatan beton. Selain itu Untuk mengetahui kekuatan lentur beton dengan serbuk kulit rajungan pada kadar 0%, 5%, 7%, dan 8%. Dengan penelitian ini diharapkan khalayak umum dapat mengetahui fungsi dari limbah kulit rajungan, apabila penelitian ini berhasil, diharapkan limbah kulit rajungan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton dapat menjadi bahan pertimbangan untuk tahap selanjutnya, baik itu penggunaan untuk pelaksanaan di lapangan maupun dilakukan penelitian lebih lanjut kedepannya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam 3 tahapan. Tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap pembahasan/analisis. Pada tahapan pembuatan benda uji ini menggunakan 1 FAS, dimana telah terbukti pada penelitian yang sudah dilakukan bahwa nilai kekuatan maksimal yang dapat digunakan yaitu FAS 0,4%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Singkat Penelitian yang dilaksanakan

3. HASIL

Hasil Perhitungan

Dalam hal ini penulis ingin menganalisis dari data-data yang telah diperoleh saat penelitian berlangsung sehingga didapat campuran beton yang diinginkan. Tabel 4.1. menunjukkan data-data hasil penelitian.

Tabel 4.1: Data-data hasil penelitian.

1	Berat jenis agregat kasar	2,723 gr/cm ³
2	Berat jenis agregat halus	2,53 gr/cm ³
3	Kadar lumpur agregat kasar	0,67 %
4	Kadar lumpur agregat halus	3,67 %
5	Berat isi agregat kasar	1,31 gr/cm ³
6	Berat isi agregat halus	1,15 gr/cm ³
7	FM agregat kasar	7,20
8	FM agregat halus	2,49
9	Kadar air agregat kasar	0,67 %
10	Kadar air agregat halus	2,25 %
11	Penyerapan agregat kasar	0,76 %
12	Penyerapan agregat halus	1,83 %
13	Nilai slump rencana	30-60 mm
14	Ukuran agregat maksimum	40 mm

Setelah melakukan pengujian dasar maka nilai-nilai diatas tersebut dapat digunakan untuk perencanaan campuran beton (*Mix Design*) dengan kuat rencana disyaratkan sebesar 25 MPa yang terlampir pada Tabel 4.1 berdasarkan SNI 03-2834 (1993).

Tabel 4.2: Perhitungan campuran beton (SNI 03-2834-1993).

PERENCANAAN CAMPURAN BETON SNI 03-2834-1993			
No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan	Nilai
1	Kuat rencana yang disyaratkan (benda uji balok)	Ditetapkan	25 MPa
2	Deviasi Standar	Tabel 1	12 MPa
3	Nilai tambah (margin)		5,6 MPa
4	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	1+2+3	42,6 MPa
5	Jenis semen		Tipe I
6	Jenis agregat : - kasar - halus	Ditetapkan Ditetapkan	Batu pecah Binjai Pasir alami Binjai
7	Faktor air-semen bebas		0,40
8	Faktor air-semen maksimum	Ditetapkan	0,60
9	Slump	Ditetapkan	30-60 mm
10	Ukuran agregat maksimum	Ditetapkan	40 mm
11	Kadar air bebas	Tabel 2	170 kg/m ³
12	Jumlah semen	11:7	425 kg/m ³
13	Jumlah semen maksimum	Ditetapkan	425 kg/m ³
14	Jumlah semen minimum	Ditetapkan	275 kg/m ³
15	Faktor air-semen yang disesuaikan	-	0,40
16	Susunan besar butir agregat halus	Grafik 3 s/d 6	Daerah gradasi zona 4
17	Susunan agregat kasar atau gabungan	Grafik 7,8,9	Gradasi maksimum 40 mm
18	Persen agregat halus	Grafik 13 s/d 15	22%
19	Berat jenis relatif, agregat (kering permukaan)	Ditetapkan	2.68
20	Berat isi beton	Grafik 16	2445,15 kg/m ³
21	Kadar agregat gabungan	20-12-11	1850,15 kg/m ³
22	Kadar agregat halus	18 x 21	407,033 kg/m ³
23	Kadar agregat kasar	21-22	1443,117 kg/m ³

No.	Uraian	Tabel/Gambar Perhitungan		Nilai	
24	Proporsi campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi jenuh kering permukaan (kg)	
				Halus	Kasar
	- Tiap m ³	425	170	407,033	1443,117
24	- Tiap campuran uji m ³	1	0,40	0,958	3,396
	- Tiap campuran uji 0,006m ³ (1 balok)	1	1,02	2,442	8,65
25	Koreksi proporsi campuran				
	- Tiap m ³	425	166,992	408,743	1444,416
	- Tiap campuran uji m ³	1	0,393	0,961	3,399
	- Tiap campuran uji 0,006 m ³ (1 balok)	1	1,002	2,452	8,667

Maka, dari hasil perencanaan beton diatas didapat perbandingan campuran akhir untuk set iap m³ adalah:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air

425 : 408,743 : 1444,416 : 166,992
 1 : 0,961 : 3,399 : 0,393

Komposisi Untuk 1 Benda Uji

Menggunakan cetakan balok dengan ukuran:

Panjang = 60 cm
 Lebar = 10 cm
 Tinggi = 10 cm
 Volume Silinder = $p \times l \times t$
 = $60 \times 10 \times 10$
 = 6000 cm^3
 = $0,006 \text{ m}^3$

Maka:

- Semen yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak semen x Volume 1 benda uji
 = $425 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 2,55 kg
- Pasir yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak pasir x Volume 1 benda uji
 = $408,743 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 2,452 kg
- Kerikil yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak kerikil x Volume 1 benda uji
 = $1444,416 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 8,667 kg
- Air yang dibutuhkan untuk 1 benda uji
 = Banyak air x Volume 1 benda uji
 = $166,992 \text{ kg/m}^3 \times 0,006 \text{ m}^3$
 = 1,002 kg

Perbandingan untuk 1 benda uji:

Semen : Pasir : Batu pecah : Air
 2,55 : 2,452 : 8,667 : 1,002

Berdasarkan analisa saringan maka didapat berat untuk masing-masing saringan pada Tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3: Banyak agregat halus untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100}$	x berat pasir	
No. 4	0,52	$\frac{0,52}{100}$	x 2,452	0,012
No. 8	0,61	$\frac{0,61}{100}$	x 2,452	0,015
No. 16	1,21	$\frac{1,21}{100}$	x 2,452	0,029
No. 30	3,89	$\frac{3,89}{100}$	x 2,452	0,098
No. 50	44,94	$\frac{44,94}{100}$	x 2,452	1,102
No. 100	37,26	$\frac{37,26}{100}$	x 2,452	0,913
Pan	11,57	$\frac{11,57}{100}$	x 2,452	0,283
Total				2,452

Berdasarkan Tabel 4.3 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat halus yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji ialah saringan no 4 sebesar 0,012 kg, saringan no 8 sebesar 0,015 kg, saringan no 16 sebesar 0,029 kg, saringan no 30 sebesar 0,098 kg, saringan no 50 sebesar 1,102 kg, saringan no 100 sebesar 0,913 kg, dan pan sebesar 0,283 kg . Total keseluruhan agregat halus yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 2,452 kg.

Setelah mendapatkan berat tertahan pada masing-masing saringan maka dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan serbuk kulit rajungan dengan variasi 5%, 7%, dan 8%, . Dimana serbuk kulit rajungan akan digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus.

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 5% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{5}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{5}{100} \times 2,452 \text{ kg}$$

$$= 0,122 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah

$$= 0,974 - 0,122$$

$$= 0,852 \text{ kg}$$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 7% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{7}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{7}{100} \times 2,452 \text{ kg}$$

$$= 0,171 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah

$$= 0,974 - 0,171$$

$$= 0,803 \text{ kg}$$

- Serbuk kulit rajungan yang dibutuhkan sebanyak 8% untuk 1 benda uji.

$$= \frac{8}{100} \times \text{Berat pasir}$$

$$= \frac{8}{100} \times 2,452 \text{ kg}$$

$$= 0,196 \text{ kg}$$

Maka, agregat halus tertahan saringan nomor 50 yang digunakan adalah

$$= 0,974 - 0,196$$

$$= 0,778 \text{ kg}$$

Tabel 4.4: Banyak serbuk kulit rajungan dan agregat halus No.50 untuk 1 benda uji

Penggunaan Bahan Ganti	Berat Serbuk Kulit Rajungan (kg)	Berat Agregat Halus No.50 (kg)
5%	0,122	0,852
7%	0,171	0,803
8%	0,196	0,778

Berdasarkan Tabel 4.4 menjelaskan jumlah penggunaan bahan ganti dan agregat halus No.50 sebesar 5% adalah 0,122 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,852 kg untuk berat agregat halus, jumlah bahan ganti dan agregat halus No.50 sebesar 7% adalah 0,171 kg untuk berat serbuk kulit rajungan dan 0,803 kg untuk berat agregat halus, dan jumlah bahan ganti serta agregat halus No.50 sebesar 8% adalah 0,196 kg dan 0,778 kg untuk agregat halus.

Tabel 4.5: Banyak agregat kasar untuk tiap saringan dalam 1 benda uji.

Nomor saringan	% berat tertahan	Rumus		Berat tertahan (kg)
		$\frac{\% \text{ berat tertahan}}{100} \times$	berat kerikil	
1,5	3,42	$\frac{3,42}{100} \times$	8,667	0,296
¾	33,82	$\frac{33,82}{100} \times$	8,667	2,931
3/8	42,35	$\frac{42,35}{100} \times$	8,667	3,670
No. 4	20,41	$\frac{20,41}{100} \times$	8,667	1,77
Total				8,667

Berdasarkan Tabel 4.5 menjelaskan jumlah berat tertahan untuk agregat kasar yang dibutuhkan untuk tiap saringan dalam 1 benda uji adalah saringan 1,5 sebesar 0,296 kg, saringan ¾ sebesar 2,931 kg, saringan 3/8 sebesar 3,670 kg dan saringan no 4 sebesar 1,77 kg. Total keseluruhan agregat kasar yang tertahan untuk 1 benda uji sebesar 8,667 kg.

4. PEMBAHASAN

Pembuatan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan balok sebagai benda uji dengan ukuran panjang 60 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm, jumlah benda uji yang dibuat adalah sebanyak 8 benda uji.

Ada beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan benda uji:

Pengadukan beton

Beton diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*mixer*). Mula – mula sebagian air (kira-kira 75 % dari jumlah air yang ditetapkan) dimasukkan ke dalam mesin pengaduk, lalu agregat kasar, agregat halus, dan semen. Setelah diaduk rata, kemudian dimasukkan sisa air yang ada ke dalam mesin pengaduk. Pengadukan dilanjutkan sampai warna adukan tampak rata, dan campuran juga tampak homogen. Setelah beton tercampur merata kemudian adukan beton tersebut dituang ke dalam pan.

Pencetakan

Sebelum beton dimasukkan ke dalam cetakan, terlebih dahulu dilakukan pengukuran kelecakan adonan beton (*slump test*). Setelah itu kemudian adukan beton dimasukkan ke dalam cetakan yang telah disediakan, masukkan adukan beton ke dalam cetakan dengan menggunakan sekop. Setiap pengambilan dari pan harus dapat mewakili dari adukan tersebut, isi 1/3 cetakan dengan adukan lalu dilakukan pemadatan dengan cara di rojok/tusuk dengan batang besi yang berdiameter 16 mm, dengan jumlah tusukan 25 kali. Hal ini terus dilakukan untuk 2/3 dan 3/3 atau sampai cetakan penuh kemudian pukul-pukul bagian luar cetakan dengan menggunakan palu karet agar udara yang terperangkap di dalam adukan dapat keluar, setelah itu ratakan permukaan cetakan dan di tutup dengan keramik untuk menjaga penguapan air dari beton segar. Lepaskan cetakan setelah 20 jam dan jangan lebih dari 48 jam setelah pencetakan.

Pemeliharaan beton

Setelah cetakan dibuka kemudian beton tersebut ditimbang lalu direndam di dalam air (terendam keseluruhan) hingga umur yang telah ditetapkan.

Slump Test

Pengujian *slump* dilakukan dengan menggunakan kerucut abrams dengan cara mengisi kerucut abrams dengan beton segar (setiap pengambilan bahan harus dapat mewakili adukan tersebut) sebanyak 3 lapis, tiap lapis kira – kira 1/3 dari isi kerucut pada tiap lapisan dilakukan penusukan sebanyak 25 kali, tongkat penusuk harus masuk sampai bagian bawah tiap–tiap lapisan setelah pengisian selesai ratakan permukaan kerucut lalu angkat cetakan dengan jarak 300 mm dalam waktu 5 ± 2 detik tanpa gerakan lateral atau torsional. Selesaikan seluruh pekerjaan pengujian dari awal pengisian hingga pelepasan cetakan tanpa gangguan dalam waktu tidak lebih 2 1/2 menit, ukur tinggi adukan selisih tinggi kerucut dengan adukan adalah nilai dari *slump*.

Tabel 4.8: Hasil pengujian nilai *slump*.

	Beton Normal		Beton dan Variasi Serbuk Kulit Rajungan 5%		Beton dan Variasi Serbuk Kulit Rajungan 7%		Beton dan Variasi Serbuk Kulit Rajungan 9%	
	<i>Slump</i> (cm)	3	3,4	4,2	3,8	3,2	3,7	4,9

Berdasarkan Tabel 4.8, hasil *slump test* beton normal, beton dengan variasi serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 8% adalah sebesar 3 s/d 4,9 cm.

Kuat Lentur Beton

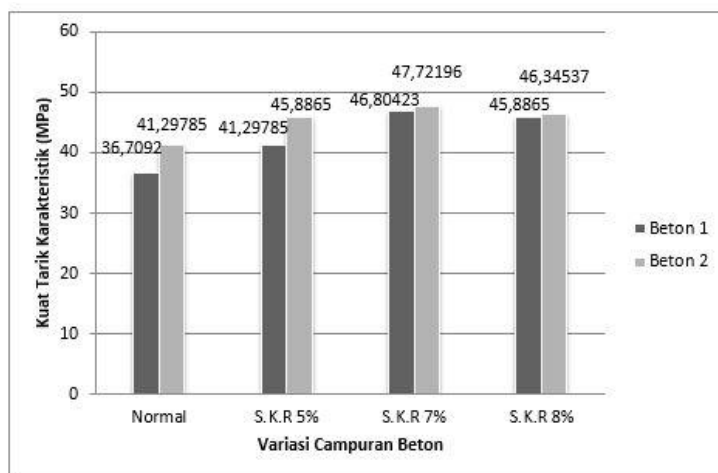
Pengujian kuat tarik beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari dengan menggunakan mesin kuat tarik beton. Benda uji yang akan diuji adalah berupa balok dengan panjang 60 cm, lebar 10 cm tinggi 10 cm sebanyak 8 benda uji

Tabel 4.9: Hasil pengujian kuat lentur beton

Variasi	Beban (P)		$\sigma_l = \frac{P.L}{b.h^2}$		Fch rata-rata		
0%	815.76	917.73	36.7092	41.29785	42.67445	45.31292	43.99368
5%	917.73	1019.7	41.29785	45.8865			
7%	1040.094	1060.488	46.80423	47.72196			
8%	1019.7	1029.897	45.8865	46.34537			

Pengujian beton dilakukan pada saat beton berumur 28 hari seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.9, dari 8 benda uji yang diuji kuat lenturnya, maka diperoleh nilai kuat lentur karakteristik rata-rata sebesar 43,99368 MPa pada umur beton 28 hari.

Maka, berdasarkan data yang telah dikumpulkan mengenai kenaikan dan penurunan kuat lentur beton dapat digambarkan pada Gambar 4.1.



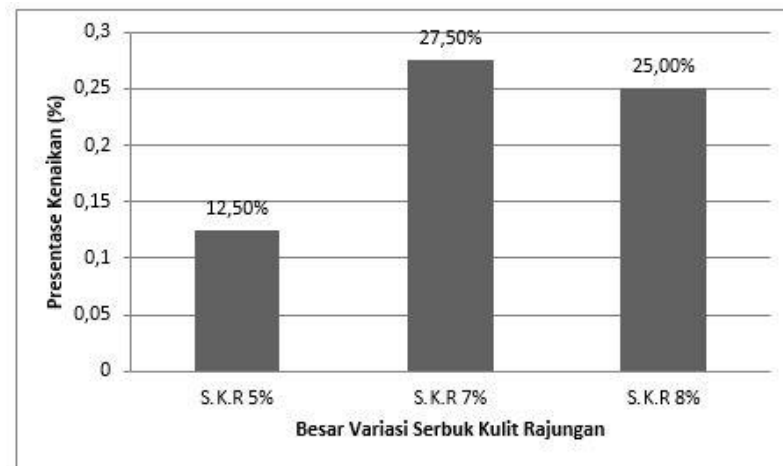
Gambar 4.1: Grafik kuat lentur beton pada umur 28 hari.

Pada Gambar 4.1. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat pada variasi beton normal nilai kuat lentur rata-rata dengan nilai 39 MPa kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 5% dan SKR 7% dengan kuat lentur rata-rata 43,6 MPa dan 47, 26 MPa. Begitu juga pada variasi SKR 8% dengan kuat lentur rata-rata 46,12 MPa mengalami penurunan.

Persentase Kuat Lentur

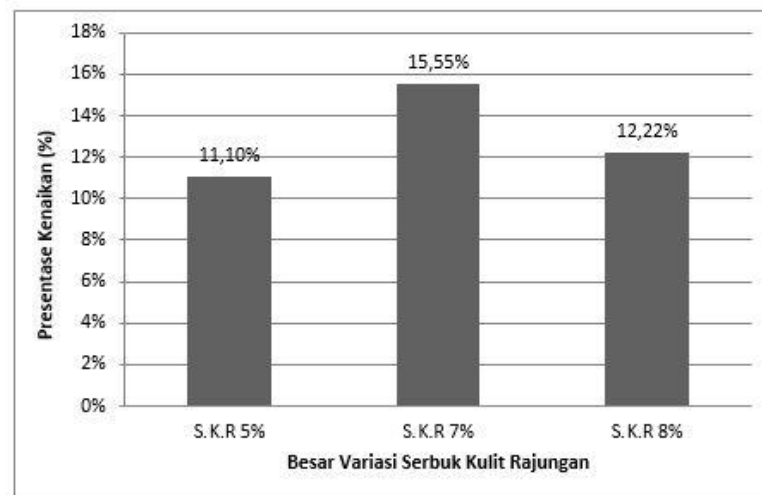
Bila dibandingkan kuat lentur beton normal dengan beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan, maka dapat dilihat pada beton yang menggunakan serbuk kulit rajungan sebanyak 5%, 7%, dan 8% mengalami penurunan. Persentase kuat lentur dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini:

- Pengisian serbuk kulit rajungan 0% (normal)
 - Besar beton 1 = 36.7092 Mpa
 - Besar beton 2 = 41.29785 Mpa
- Pengisian serbuk kulit rajungan 5%
 - Besar nilai kenaikan beton 1 = $\frac{41.29785 - 36.7092}{36.7092} \times 100\%$
= 12,5% (Naik)
 - Besar nilai kenaikan beton 2 = $\frac{45.8865 - 41.29785}{41.29785} \times 100\%$
= 11.1% (Naik)
- Pengisian serbuk kulit rajungan 7%
 - Besar nilai kenaikan beton 1 = $\frac{46.80423 - 36.7092}{36.7092} \times 100\%$
= 27,5% (Naik)
 - Besar nilai kenaikan beton 2 = $\frac{47.72196 - 41.29785}{41.29785} \times 100\%$
= 15,55% (Naik)
- Pengisian serbuk kulit rajungan 8%
 - Besar nilai kenaikan beton 1 = $\frac{45.8865 - 36.7092}{36.7092} \times 100\%$
= 25% (Naik)
 - Besar nilai kenaikan beton 2 = $\frac{46.34537 - 41.29785}{41.29785} \times 100\%$
= 12,22% (Naik)



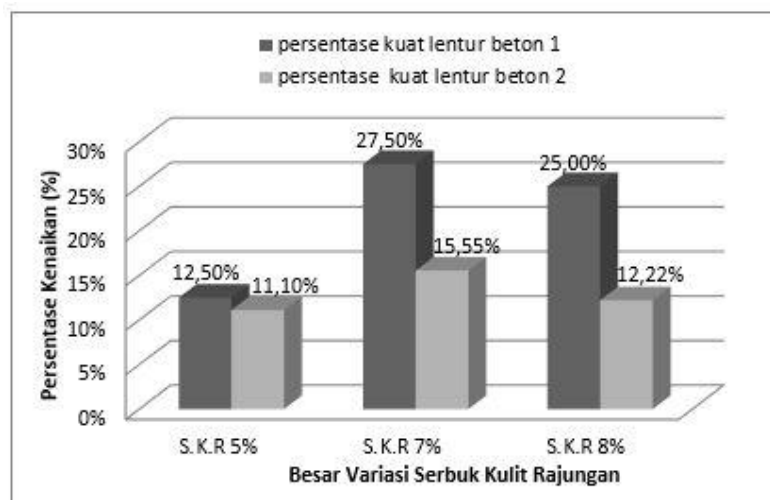
Gambar 4.2: Grafik besar persentase kuat lentur beton 1.

Pada Gambar 4.2. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat dari variasi SKR 5% kuat lentur dengan persentase 12,50%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 7% dengan persentase 27,50%, mengalami penurunan kembali pada variasi SKR 8% dengan persentase 25%.



Gambar 4.3: Grafik besar persentase kuat tarik beton 2

Pada Gambar 4.3. dapat dilihat naik turunnya setiap penambahan variasi serbuk kulit rajungan, dilihat dari variasi SKR 5% kuat lentur dengan persentase 11,10%, kemudian mengalami kenaikan pada penambahan variasi SKR 7% dengan persentase 15,55%, mengalami penurunan kembali pada variasi SKR 8% dengan persentase 12,22%.



Gambar 4.4: Perbandingan grafik persentase kenaikan kuat lentur beton 1 dan 2.

Pada Gambar 4.4 gabungan dari dua grafik persentase kenaikan beton 1 dan 2 sehingga mudah untuk menyimpulkan dari hasil pengujian kuat lentur yang dilakukan pada 3 variasi serbuk kulit rajungan 5%, 7%, dan 8% bahwa terlihat kenaikan drastis pada variasi SKR 7% dikarenakan pada campuran beton terjadinya kenaikan kuat lentur akibat penambahan serbuk kulit rajungan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit rajungan mengakibatkan bertambahnya daya ikat beton. dengan kandungan kalsium(Ca), kandungan besi (Fe) dan magnesium (Mg) yang terdapat pada kulit rajungan dapat menjadi pengganti agregat halus dan dapat menambah kekuatan beton, terutama pada pengujian kuat lentur beton.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rio Herdianto Rahamudin Hieryco Manalip, dan Mielke Mondoringin, 2016) menggunakan abu sekam padi, dapat diketahui bahwa kadar optimum substitusi ASP yang dipakai adalah 15% dengan peningkatan kuat tarik lentur sebesar 0,87% dibandingkan dengan yang tidak menggunakan ASP. Tetapi pada penambahan ASP sebanyak 20% mengakibatkan penurunan kuat tarik lentur sebesar 44,40% dari substitusi penambahan optimum yaitu pada 15% penambahan ASP. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya penambahan substitusi ASP mengakibatkan penggunaan semen semakin sedikit, karena ASP materialnya sangat menyerap air, sehingga workabilitas campuran menjadi kurang baik. Penyebab lain karena batu apung juga sangat menyerap air, akibatnya menyebabkan kekuatan beton menjadi menurun. Pada penelitian ini diambil kekuatan tarik lentur beton sebagai kekuatan desain tarik beton, karena pada pengujian kuat tarik lentur menghasilkan kekuatan tarik lebih besar dari hasil kuat tarik belah, dan juga kekuatan tarik lentur dipilih karena kondisi tarik lentur hampir menyerupai pada keadaan struktur yang sebenarnya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Giri dkk, 2008), hubungan nonlinier antara kuat tarik lentur terhadap penambahan butiran *styrofoam*. Dari persamaan garis diperoleh bahwa kuat tarik lentur beton pada saat:

- 10% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,759 MPa, kekuatan ini berkurang 22,67% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam*.

- 20% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,421 MPa, kekuatan ini berkurang 29,62% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam*.
- 30% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,463 MPa, kekuatan ini berkurang 28,76% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam* dan meningkat 1,21% dari kuat tarik lentur beton dengan 20% penambahan *styrofoam*.
- 40% penambahan *styrofoam* kuat tarik lentur beton adalah 3,500 MPa, kekuatan ini berkurang 27,98% dari kuat tarik lentur beton tanpa penambahan *styrofoam* dan meningkat 1,06% dari kuat tarik lentur beton dengan 30% penambahan *styrofoam*.

Dari uraian di atas dapat dilihat bahwa penambahan *styrofoam* tidak akan menyebabkan kuat tarik lentur menjadi nol, karena *styrofoam* sendiri mempunyai kekuatan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil Pengujian dan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Adanya serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus. Dapat membantu fungsi dari semen yaitu membantu mengikat agregat kasar dan halus menjadi satu kesatuan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa penggunaan serbuk kulit rajungan sebagai bahan pengganti agregat halus bisa digunakan untuk kekuatan lentur beton.
2. Berdasarkan data dari kuat lentur beton yang didapat, bahwa dari variasi SKR 5%, 7%, dan 8% terlihat kenaikan drastis pada variasi SKR 7% dari beton normal dikarenakan pada campuran beton terjadinya kenaikan kuat lentur akibat penambahan serbuk kulit rajungan, hal ini menunjukkan bahwa penambahan serbuk kulit rajungan mengakibatkan bertambahnya daya ikat beton pada variasi SKR 7%, akan tetapi di variasi SKR 8% mengalami penurunan kembali dikarenakan adanya pengaruh kadar air pada campuran beton.

REFERENSI

- Astm C 127. (2001). *Standard Test Method For Density, Relative Density (Specific Gravity), And Absorption Of Coarse Aggregate*1.
- Astm C 128. (2001). *Standard Test Method For Density, Relative Density (Specific Gravity), And Absorption Of Fine Aggregate*.
- Astm C 29. (2003). *Standard Test Method For Bulk Density ("Unit Weight") And Voids In Aggregate*1.
- Astm C 33. (2003). *Standard Specification For Concrete Aggregates*1.
- Astm C 556. (1997). *Standard Test Method For Total Evaporable Moisture Content Of Aggregate By Drying*1.
- Dary, R. W., Frapanti, S., & Utami, C. (2019). Evaluasi Kekakuan Batu Bata Lubuk Pakam Pada Bangunan Bertingkat Dengan Analisis Pushover. *Portal: Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 11-15.
- Diphohusodo Istimawan. (1996). *Struktur Beton Bertulang Berdasarkan Sk Sni T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum Ri. Jurnal Beton Bertulang*. 15(1), 520-525
- D. K. Purnamasari, K.G. Wiryawan, Erwan, & L.A. Paozan (2015). Potensi Limbah Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Sebagai Pakan Itik Petelur. *Jurnal Peternakan Sriwijaya*, 4(1). 11-19.

- Dosen, F. Z. J., & Dosen, M. Z. S. J. (2016). The Innovative Performance of Polymer Modified Cement Systems for Use in Infrastructure Applications. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 1(1).
- Fahrizal Zulkarnain, S. T., Suleiman, M. Z., & Serri, E. (2016). The Effect of Mix Design on Mechanical and Thermal Properties Oil Palm Shell (OPS) Lightweight Concrete. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 1(3).
- Faisal, A. (2019). Studi parametrik kinerja dinding pengisi bata merah pada struktur beton bertulang akibat beban gempa. *KUMPULAN JURNAL DOSEN UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA*, 9(2).
- Frapanti, S., Asfiati, S., & Hadipramana, J. (2020). Pendampingan Legalitas Mutu Berstandart SNI Guna Meningkatkan Pendapatan Home Industri Batu Bata Di Desa Sido Urip Kecamatan Beringin Kabupaten Deli Serdang. *JURNAL PRODIKMAS Hasil Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(1), 41-46.
- Ginting Arusmalem., (2015). Pengaruh Rasio Agregat Semen Dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous. *Jurnal Teknik*, 5(1), 1-9.
- Hadipramana, J., & Syahputra, J. (2021). PERBANDINGAN SIMULASI GAYA AKSIAL DAN LATERAL PLAIN WALL BETON RINGAN ANTARA CAMPURAN STYROFOAM DENGAN LAPISAN COATING DAN ABU SEKAM PADI DENGAN FLY ASH. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Mokhatar, S. N., Riza, F. V., Mohamad, N., & Wahab, M. Y. M. (2017). An investigation of Crater Diameter on Plain Slab Foamed Concrete Rice Husk Ash (FCRHA) Exposed to Low Impact Loading. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 103, p. 02025). EDP Sciences.
- Hastuti Sri, Arifin Syamsul, Hidayati Darimiyya. (2012) Pemanfaatan Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Sebagai Perisa Makanan Alami. Universitas Trunojoyo Madura. *Agrointek*. 6(2), 88-96.
- Herdianto Rahamudin Rio., Manalip Hieryco., & Mondoringin Mielke., (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.
- Indrayurmansyah. (2001). Pentingnya Perawatan Beton Untuk Mencapai Nilai Kekuatan. *Jurnal R & B*. 2(1), 1-7
- Maulana, S. (2017). Pengaruh Substitusi Semen Dengan Abu Cangkang Kerang Lokan (Galolnia Expansa) Dan Penambahan Serat Sabut Kelapa Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 108–124.
- Made Jaya., Made Suardana Kader., Wayan Suasira & Putu Indra Yuda. (2017). Perbandingan Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Antara Beton Normal Dan Beton *Integral Waterproofing*. *Jurnal Logic*. 17(3), 142-147.
- Mohamad, N., Zulaika, M. S., Samad, A. A. A., Goh, W. I., Hadipramana, J., & Wirdawati, A. (2016). Fresh State and Mechanical Properties of Self Compacting Concrete Incorporating High Volume Fly Ash. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 47, p. 01001). EDP Sciences
- Multazam. (2000). *Prospek Pemanfaatan Cangkang Rajungan (Portunus Sp.) Sebagai Suplemen Pakan Ikan*.
- Nawy, E. G. (1998). *Beton Bertulang (Suatu Pendekatan Dasar)*.
- Pardomuan Pane Fanto., Tanudjaja H., R. S. Windah. (2015). Pengujian Kuat Tarik Lentur Beton Dengan Variasi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Sipil Statik*. 3(5). 313-321
- Pbi. (1917). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*.
- Pramana, J. H., Samad, A. A., Zaidi, A. M. A., & Riza, F. V. (2010). Preliminary study on lightweight concrete under ballistic loading. *European Journal of Scientific Research*, 44(2), 285-299.

- Rhini, W. D., & Sri, F. (2019, November). The flexural buckling comparison between open and close cross sections in high column structure. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 674, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- Riza, F. V., Lubis, D. S., & Manurung, F. V. B. (2021). ANALISIS MEKANIS BETON BUSA DENGAN KOMBINASI SERAT SABUT KELAPA SERTA BAHAN TAMBAHAN ABU SEKAM PADI DAN SERBUK CANGKANG TELUR. *PROGRESS IN CIVIL ENGINEERING JOURNAL*, 1(2).
- Samad, A. A. A., Hadipramana, J., Ahmad Mujahid, A. Z., & Mohamad, N. (2014). Investigation on energy absorption of slab foamed concrete reinforced by polypropylene fibre subjected to impact loading. In *Advanced Materials Research* (Vol. 831, pp. 67-72). Trans Tech Publications Ltd.
- Sni-15- 2049. (2004). *Semen Portland*.
- Sni 03-2834. (1993). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*.
- Sni 03 - 2847. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*.
- Sutrisno Aris., Widodo Slamet., M.T. Analisis Variasi Kandungan Sementehadap Kuat Tekan Beton Ringan Struktural Agregat *Pumice*. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Sri¹, F., Zulkarnain¹, F., & Asfiati¹, S. (2020). *The Comparison of Brick as a Load and a Structure with Non-Linear Analysis of Soft Storey Behaviour in Multi-storey Buildings* (No. 4387). *EasyChair*.
- Tjokromulyo, K. (2012). *Teknologi Beton*.
- Yanuar Vita., Santoso Joko., Salamah Ella. (2009). Pemanfaatan Cangkang Rajungan (*Portunus Pelagicus*) Sebagai Sumber Kalsium Dan Fosfor Dalam Pembuatan Produk *Crackers*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan*. 12(1), 59-72
- Zulkarnain, F. (2021, August). Pengembangan dan Analisis Campuran Beton Mutu Tinggi untuk Struktur Dermaga di Indonesia. In *Seminar Nasional Teknologi Edukasi Sosial dan Humaniora* (Vol. 1, No. 1, pp. 54-58).
- Zulkarnain, F., Suleiman, M. Z., & Fadila, R. (2016). The Potential Usgae Paper Fiber Reinforced Foam Concrete (Pfrfc) Wall Paneling System As An Idea Building Material. *Kumpul. J. Dosen Univ. Muhammadiyah Sumat. Utara*, 4, 139-148.