

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

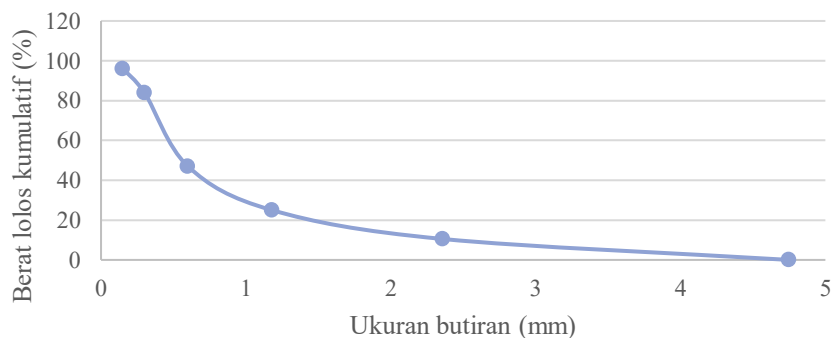
4.1. Hasil pengujian agregat halus

4.1.1. Pengujian gradasi butiran

Hasil pengujian analisis gradasi menggunakan saringan menunjukkan bahwa agregat halus memenuhi persyaratan standar agregat halus dari ASTM (2014). Dari data yang diperoleh dari pengujian nilai modulus halus butiran (MHB) sebesar 2,625. Hasil ini sesuai dengan persyaratan MHB yaitu sebesar 1,5 sampai 3,8. Tabel 4.1 menyajikan hasil pemeriksaan gradasi butiran untuk acuan dalam penentuan daerah gradasi. Gambar 4.1 menyajikan grafik dari pengujian gradasi butiran. Perhitungan gradasi butiran agregat halus selengkapnya dijabarkan pada Lampiran 1.

Tabel 4. 1 Hasil pemeriksaan gradasi

Ukuran	Lubang Ayakan (mm)	Berat tertahan (gram)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)	Berat lolos kumulatif (%)
No. 4	4,75	0	0	0	100
No. 8	2,36	105	10,5	10,5	89,5
No. 16	1,18	145	14,5	25	75
No. 30	0,6	220	22	47	53
No. 50	0,3	370	37	84	16
No. 100	0,15	120	12	96	4
Pan		40	4	100	0
Total		1000	100	362,5	



Gambar 4. 1 Hubungan antara ukuran butiran dan berat lolos kumulatif

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 gradasi butiran memiliki syarat-syarat tertentu yang dibagi dalam 4 jenis daerah atau zona dapat dilihat pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Lubang ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
10	100	100	100	100
4,8	90 - 100	90 - 100	90 - 100	95 - 100
2,4	60 - 95	75 - 100	85 - 100	95 - 100
1,2	30 - 70	55 - 90	75 - 100	90 - 100
0,6	15 - 34	35 - 59	60 - 79	80 - 100
0,3	5 - 20	8 - 30	12 - 40	15 - 50
0,15	0 - 10	0 - 10	0 - 10	0 - 15

Keterangan:

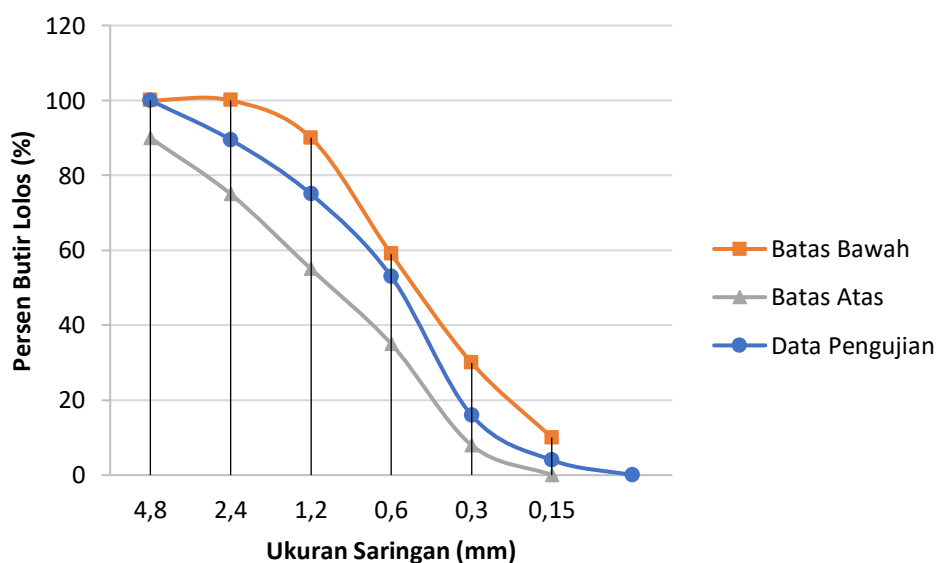
Daerah gradasi 1 = Pasir kasar

Daerah gradasi 3 = Pasir halus

Daerah gradasi 2 = Pasir agak kasar

Daerah gradasi 4 = Pasir agak halus

Dari hasil pengujian gradasi agregat halus yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa agregat halus yang digunakan tergolong pada daerah gradasi 2 yaitu pasir agak kasar, disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Gardasi butiran daerah 2 dan hasil pengujian

4.1.2. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus

Berat jenis dibagi menjadi tiga, yaitu berat jenis curah (*bulk specific grafitiy*), berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*), dan berat jenis tampak (*apparent specific grafitiy*). Hasil yang didapat pada pengujian berat jenis curah mendapat nilai rata-rata sebesar 2,280 %, berat jenis jenuh kering muka sebesar

2,468 %, dan berat jenis tampak sebesar 2,808 %. Hasil perhitungan pengujian berat jenis dan penyerapan air disajikan pada Lampiran 2.

4.1.3. Pemeriksaan kadar lumpur

Pemeriksaan kadar lumpur pada agregat halus penting untuk dilakukan guna mengetahui presentase lumpur yang terdapat pada agregat halus. Menurut BSN (1989) agregat halus yang digunakan tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %. Berdasarkan pemeriksaan kadar lumpur didapatkan hasil rata-rata dari tiga sampel pengujian sebesar 4,4 %. Hasil pemeriksaan kadar lumpur disajikan pada Lampiran 3.

4.2. Hasil pengujian agregat kasar

Jenis pengujian yang dilakukan terhadap agregat kasar adalah pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Pada penelitian ini menggunakan kerikil yang berasal dari Celereng. Hasil yang didapat pada pengujian berat jenis curah mendapat nilai rata-rata sebesar 2,820 %, berat jenis jenuh kering muka sebesar 2,924 %, dan berat jenis tampak sebesar 3,145 %. Hasil perhitungan berat jenis dan penyerapan air disajikan pada Lampiran 4.

4.3. Hasil pengujian beton

4.3.1. Pengujian *slump*

Pada dasarnya uji *slump* merupakan pengetesan sederhana untuk mengetahui *workabilty* beton segar sebelum digunakan dalam pekerjaan pengecoran. Pengujian *slump* beton dilakukan dengan cara pengujian menggunakan alat *abrams*. Analisis yang di hasilkan pada pengujian *slump* beton disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 3 Hasil uji *slump*

No	Volume campuran agregat ban bekas (%)	Nilai <i>slump</i> (cm)	
		$f'c$ 35 MPa	$f'c$ 17 MPa
1	0	8	10
2	5	8	11
3	10	10	11
4	15	10	11,5
5	20	11,5	12

Pada tabel 4.1 beton mutu 35 MPa dan mutu 17 MPa mendapatkan nilai *slump* yang berbeda-beda. Penggantian agregat halus menggunakan serutan ban sangat berpengaruh dalam nilai *slump*, salah satu faktornya karena masing-masing memiliki serutan karet ban yang bervariasi. Hasil pengujian *slump* pada beton $f'c$

35 MPa dengan variasi serutan ban 5 % mendapat nilai *slump* sebesar 8 cm dan pada beton f_c' 17 MPa mendapatkan nilai sebesar 11 cm, hal ini dapat disebabkan juga oleh perbedaan nilai FAS pada keduanya. Nilai FAS pada beton f_c' 35 MPa sebesar 0,33, sedangkan pada beton f_c' 17 MPa sebesar 0,58. Beton dengan nilai FAS lebih tinggi akan mengalami penurunan yang lebih banyak dibandingkan dengan beton dengan nilai FAS yang lebih rendah.

Semakin banyak air pada campuran, adukan semakin encer, dengan nilai faktor air semen tertentu maka semakin banyak semen yang digunakan berarti semakin mahal harga beton yang dihasilkan. Jika semakin sedikit air yang digunakan adukan akan menjadi lebih kental, maka akan sangat susah untuk dipadatkan, sebagai akibatnya mungkin beton menjadi tidak padat (porous/keropos) (Iskandar dkk. 2005). Dengan hasil nilai *slump* >5 cm dan <15 cm dapat digunakan pada pekerjaan beton seperti, pekerjaan dinding, pelat pondasi, pelat, balok, kolom, perkerasan jalan, pembetonan massal dan konstruksi bawah tanah (Pd T-07-2005-B).

4.3.2. Pengujian kuat lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan pada beton dengan kuat rencana f_c' 35 MPa dan f_c' 17 MPa dengan usia umur beton 28 hari. Beton menggunakan variasi campuran serutan karet ban sebanyak 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % dari berat agregat halus. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan beban terpusat pada tengah bentang secara bertahap hingga mencapai benda uji patah untuk mendapatkan nilai beban maksimum (P_{max}). Pada pengujian ini menggunakan metode uji lentur satu titik terpusat yang mempunyai kelemahan yaitu memungkinkan benda uji terbebani di tengah bentang juga mendapat gaya geser, yang kuat lenturnya menjadi tidak murni seperti pada Gambar 2.2, pengujian lentur disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengujian kuat lentur

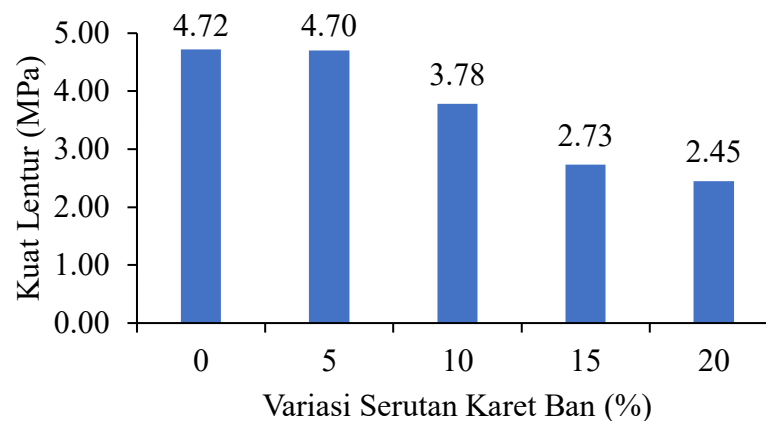
A. Beton f_c' 35 MPa

Hasil pengujian kuat lentur beton f_c' 35 MPa disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil uji lentur f_c' 35 MPa

Kode Benda Uji	Umur (hari)	P	L	Dimensi b x h	Kadar Serbuk Ban (%)	Kuat Lentur (MPa)
PG 35/1	28	2165,70	500	150×150	0 %	4,721
PG 35/2	28	2156,72	500	150×150	5 %	4,702
PG 35/3	28	1735,70	500	150×150	10 %	3,784
PG 35/4	28	1254,47	500	150×150	15 %	2,735
PG 35/5	28	1123,21	500	150×150	20 %	2,449

Beton dengan pengganti agregat halus menggunakan serutan ban dalam campuran beton sangat berpengaruh pada kuat lentur. Hasil pengujian kuat lentur beton f_c' 35 MPa pada umur ke 28 hari dengan variasi serutan ban 0 % memiliki kuat lentur tertinggi sebesar 4,721 MPa. Hubungan kuat lentur terhadap variasi pengganti agregat halus menggunakan serutan ban bekas dan pengaruh variasi serutan ban terhadap kuat lentur yang memiliki kadar presentase 0 %, 10 %, 15 %, dan 20 % akan disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hubungan dan pengaruh variasi serutan ban terhadap kuat lentur beton f_c' 35 MPa

Pada Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur mengalami penurunan pada beton yang menggunakan serutan karet ban. Nilai kuat lentur maksimum diperoleh pada variasi serutan karet ban 0 % sebesar 4,72 MPa pada umur 28 hari, sedangkan nilai kuat lentur minimum dihasilkan pada beton dengan variasi serbuk ban 20 % sebesar 2,449 MPa. Salah satu sifat yang dimiliki





oleh karet adalah tidak dapat menyerap air atau tidak tembus air, sehingga saat pencampuran beton serutan karet ban tidak dapat mengikat agregat lain dengan sempurna yang mengakibatkan porous/keropos didalam maupun diluar permukaan. Penurunan nilai kuat lentur seperti pada Gambar 4.5 disebabkan karena serutan karet ban berfungsi menggantikan terlalu banyak agregat halus pada campuran beton.



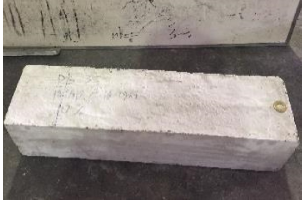



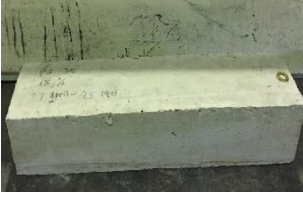

Gambar 4. 5 Beton yang mengalami porous/keropos setelah pengujian

Menurut Rahmi dkk. (2015) yang melakukan penelitian serupa, pada beton dengan penggantian agregat kasar menggunakan serat ampas tebu. Nilai kuat lentur pada beton dengan variasi serat ampas tebu 1 % sebesar 4,88 MPa. Sedangkan pada beton dengan variasi serat 1,5 % nilai kuat lenturnya berkurang menjadi 4,87 MPa. Hal ini terjadi karena semakin banyak serat yang digunakan dalam adukan beton akan mengurangi kelecakan dalam adukan beton secara drastis, dimana serat akan berkaitan dan membentuk bola yang sangat berongga yang dapat mengurangi kekuatan beton. Perbedaan fisik sebelum dan sesudah pengujian disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah

Variasi	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
0%			Benda uji patah ditengah bentang
5%			Benda uji patah ditengah bentang

Tabel 4. 6 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah (lanjutan)

Variasi	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
10%			Benda uji patah cenderung kearah kiri
15%			Benda uji patah ditengah bentang
20%			Benda uji patah cenderung kearah kanan

Berdasarkan pada Tabel 4.5 benda uji beton tanpa serutan karet ban mengalami patah pada bagian tengah bentang dan beton dengan variasi serutan karet ban 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % saat diuji kuat lentur beton ternyata mengalami retak terlebih dahulu pada bagian bawah benda uji sebelum akhirnya mengalami patah, hal ini karena beton tidak mempunyai daya ikat yang tinggi.

B. Beton f_c' 17 MPa

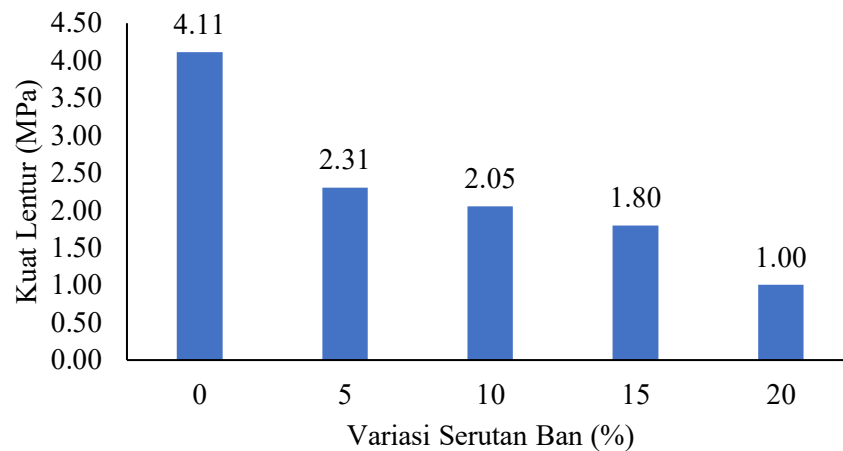
Hasil pengujian kuat lentur beton f_c' 17 MPa disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 7 Hasil uji lentur f_c' 17 MPa

Kode Benda Uji	Umur (hari)	P	L	Dimensi b x h	Kadar Serbuk Ban (%)	Kuat Lentur (MPa)
PG 17/1	28	1886,12	500	150×150	0 %	4,112
PG 17/2	28	1057,95	500	150×150	5 %	2,306
PG 17/3	28	942,13	500	150×150	10 %	2,054
PG 17/4	28	825,46	500	150×150	15 %	1,800
PG 17/5	28	460,32	500	150×150	20 %	1,003

Hasil pengujian kuat lentur beton f_c' 17 MPa pada umur ke 28 hari dengan variasi serutan karet ban 0 % memiliki kuat lentur tertinggi sebesar 4,112 MPa. Hubungan kuat lentur terhadap variasi pengganti agregat halus menggunakan serbuk ban bekas dan pengaruh variasi serbuk ban terhadap kuat lentur yang

memiliki kadar presentase 0 %, 10 %, 15 %, dan 20 % pada umur 28 hari akan disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hubungan dan pengaruh kuat lentur terhadap variasi serutan ban $f_c' 17 \text{ MPa}$

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur mengalami penurunan pada beton yang menggunakan serutan karet ban. Nilai kuat lentur maksimum diperoleh pada beton dengan variasi serutan 0 % sebesar 4,11 MPa. Menurut SNI kuat lentur dapat diperkirakan dari kuat tekan menggunakan persamaan 4.1.

$$f_y = 0,7 \sqrt{f_c'} \quad (4.1)$$

f_y = kuat lentur benda uji (MPa)

f_c' = kuat tekan benda uji (MPa)











Hasil yang didapat sebenarnya pada kuat lentur tanpa serutan ban berdasarkan kuat tekannya berkisar 2,88 MPa, hal ini bisa berbeda disebabkan benda uji untuk kuat lentur jauh lebih lama mendapat perawatan (*curing*) selama lebih dari 28 hari yang mengakibatkan kekuatan pada beton meningkat dan benda uji dibuat lebih awal. Sedangkan nilai kuat lentur minimum dihasilkan dari pengujian pada beton dengan variasi serutan ban 20 % sebesar 1,003 MPa.

Nilai kuat lentur beton seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 mulai mengalami penurunan pada beton variasi serutan karet ban 5 % sebesar 2,31 MPa. Disaat pembuatan benda uji pada mutu 17 MPa, beton terlalu banyak kehilangan air pada proses pencetakan benda uji yang disebabkan serutan karet ban tidak dapat menyerap air. Hal ini karena beton juga memiliki mutu yang rendah, dimana

agregat kasar jauh lebih sedikit dibandingkan dengan agregat halus dan agregat halus pasir yang di gantikan oleh serbuk ban terlalu banyak.

Pada penelitian yang serupa beton ringan dengan bahan tambahan *alumunium pasta* 2,5 % dan kapur 2,5 % kuat lentur rata-rata sebesar 1,728 MPa, pada beton ringan dengan bahan tambahan *alumunium pasta* 5 % dan kapur 5 % kuat lentur rata-rata sebesar 1,400 MPa (Nugroho, B, P. 2013). Beton dengan serutan karet ban memiliki kuat lentur yang lebih tinggi dibandingkan beton dengan *alumunium pasta* dan kapur. Perbedaan fisik sebelum dan sesudah pengujian disajikan pada Tabel 4.8.

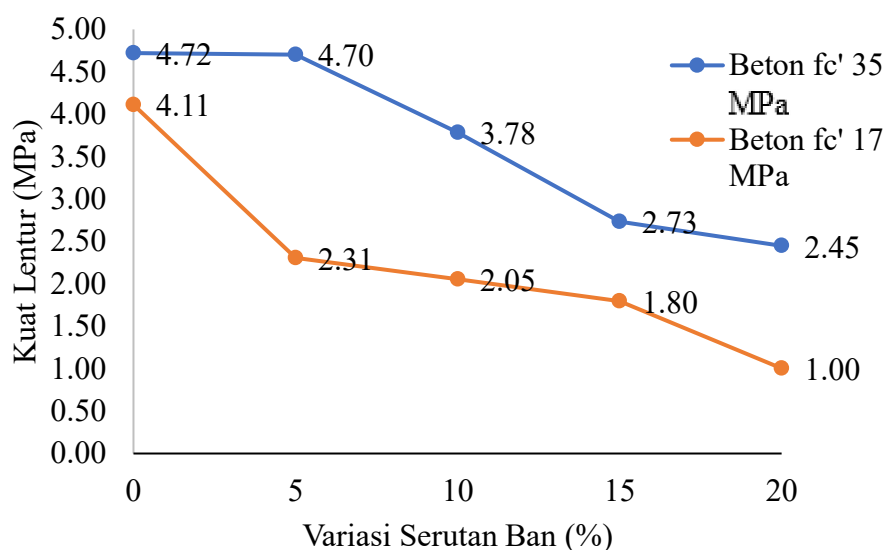
Tabel 4. 8 Perbedaan fisik benda uji sebelum dan sesudah

Variasi	Sebelum diuji	Sesudah diuji	Keterangan
0%			Benda uji patah cenderung kearah kanan
5%			Benda uji patah cenderung kearah kanan
10%			Benda uji patah di tengah bentang
15%			Benda uji patah cenderung kearah kanan
20%			Benda uji patah di tengah bentang

Berdasarkan pada Tabel 4.8 benda uji beton dengan variasi serutan karet ban 0 % saat diuji lentur langsung mengalami patahan ditengah bentang. Benda uji dengan variasi serutan karet ban 5 %, 10 %, 15 %, dan 20 % saat diuji kuat lentur beton ternyata mengalami retakan terlebih dahulu dibagian bawah benda uji sebelum akhirnya patah dengan sempurna pada bagian tengah bentang, hal ini karena beton tidak mempunyai daya ikat yang tinggi akibatnya beton mengalami patah.

C. Perbandingan Kuat Lentur Beton f_c' 35 MPa Dengan f_c' 17 MPa

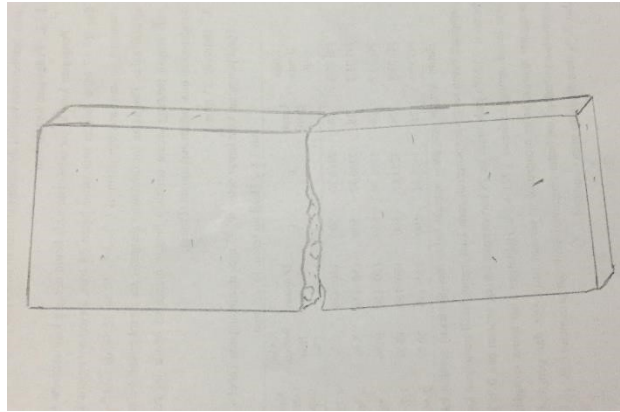
Hasil perbandingan kuat lentur pada beton disajikan pada Gambar 4.7.



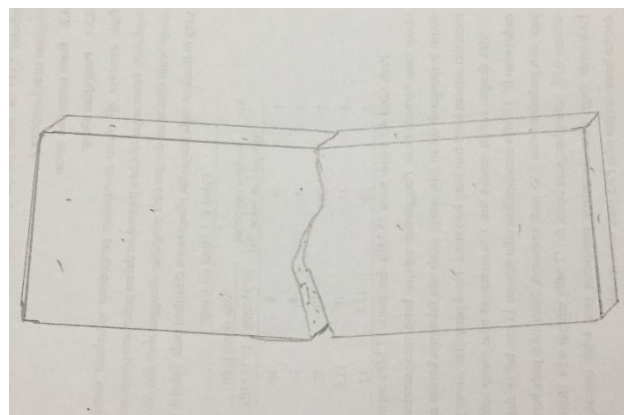
Gambar 4. 7 Perbandingan kuat lentur beton f_c' 35 MPa dengan beton f_c' 17 MPa

Dapat dilihat pada Gambar 4.7 berdasarkan pengujian yang dilakukan maka didapatkan hasil bahwa besarnya kuat lentur pada beton f_c' 35 MPa lebih besar dibanding hasil kuat lentur pada beton f_c' 17 MPa pada umur 28 hari. Nilai kuat lentur keduanya memiliki selisih untuk beton tanpa serutan sebesar 0,61 MPa. Pada beton 35 MPa dan 17 MPa memiliki penurunan yang berbeda, hal ini disebabkan karena beton 35 MPa memiliki berat agregat kasar sebesar 16.826 gram dan agregat halus lebih kecil 13.567 gram, sehingga pada penggantian agregat variasi 5 % belum berpengaruh banyak terhadap kuat lenturnya. Berbeda dengan beton 17 MPa yang memiliki berat agregat kasar sebesar 16.826 gram dan agregat halus lebih besar 20.231 gram, sehingga pada penggantian agregat halus menggunakan serutan karet ban sangat berpengaruh dengan kuat lenturnya. Pada penelitian yang lain menjelaskan serutan karet ban sebagai pengganti dalam mortar dapat mengurangi

kekuatan tekan, tarik, lentur dan modulus elastisitas dalam beton. Isi dan dimensi karet harus di pertimbangkan secara maksimal untuk mendapatkan kekuatan yang memadai (Faizah dkk. 2018). Pola retakan yang terjadi pada beton 35 MPa dan 17 MPa memiliki perbedaan yang disajikan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4. 8 Sketsa pola retakan lurus di tengah bentang



Gambar 4. 9 Sketsa pola retakan beton dengan arah yang berbeda-beda

Pada Gambar 4.8 Beton dengan memiliki pola retakan yang cenderung lurus ditengah bentang ini disebabkan karena agregat saling berikatan dengan baik, tidak banyak terjadi keropos didalam beton dan permukaan beton tidak berpori. Sedangkan pada Gambar 4.9 beton yang memiliki pola retakan cenderung kearah yang berbeda-beda disebabkan karena agregat pada beton tidak memiliki daya ikat yang baik, terdapat keropos didalam beton dan permukaan beton berpori.