

# Limbah Mortar Sebagai Material Baru Beton

**Budiman<sup>1,a</sup>, Ramli Kotabanda<sup>2,b</sup>**

<sup>1</sup> Dosen Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak, Papua Barat, Indonesia

<sup>2</sup> Mahasiswa Teknik Sipil, Politeknik Negeri Fakfak, Papua Barat, Indonesia

<sup>a</sup> budiman@polinef.id, <sup>b</sup> ramlikotabanda@gmail.com

**Abstract** - Production of concrete waste from building construction every year has increased. Old buildings that are not used are demolished because they need to be refurbished, damaged or not suitable to be occupied. The results of demolition of buildings consisting of concrete material cause concrete waste. Concrete waste which is left without handling will cause new problems for the environment. The research objective was to determine the value of aggregate characteristics and the value of concrete compressive strength from the utilization of mortar waste as fine aggregate substitution by using the DOE (department of environment) method and referring to SNI standards. This study used 50% and 60% waste mortar substitution on sand. The results showed that the characteristics of fine aggregate and coarse aggregate met the characteristic requirements for fineness modulus sand of 2.65 (Zone 2) while the aggregate was roughly 6.44 (Zone 3). For the value of compressive strength of concrete with 50% mortar waste substitution and 60% each obtained the value of characteristic compressive strength of 57.24 kg / cm<sup>2</sup> and 101.03 kg / cm<sup>2</sup>. From this value the use of mortar waste as fine aggregate substitution gives a positive value to the quality of concrete. This is evidenced by an increase in the value of 14.89% for mortar waste substitution 60%.

**Keywords:** Aggregate Characteristics, Mortar Waste and Characteristics Compressive Strength

**Abstrak**-Produksi limbah beton dari konstruksi bangunan setiap tahun mengalami peningkatan. Bangunan tua yang tidak digunakan dibongkar karena perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak untuk dihuni. Hasil pembongkaran bangunan yang terdiri dari material beton menimbulkan limbah beton. Limbah beton yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan baru bagi lingkungan. Tujuan penelitian untuk menentukan nilai karakteristik agregat dan nilai kuat tekan beton dari pemanfaatan limbah mortar sebagai substitusi agregat halus dengan menggunakan metode DOE (department Of Environment) dan mengacu pada standar SNI. Penelitian ini menggunakan substitusi limbah mortal 50% dan 60% terhadap pasir. Hasil penelitian diperoleh nilai karakteristik agregat halus dan agregat kasar memenuhi syarat karakteristik untuk pasir modulus kehalusannya 2,65 (Zone 2) sedangkan agregat agregat kasar 6,44 (Zone 3). Untuk nilai kuat tekan beton dengan substitusi limbah mortal 50% dan 60% masing-masing di peroleh nilai kuat tekan karakteristik 57,24 kg/cm<sup>2</sup> dan 101,03 kg/cm<sup>2</sup>. Dari nilai tersebut penggunaan limbah mortar sebagai substitusi agregat halus memberikan nilai positif terhadap mutu beton. Hal ini dibuktikan dengan

adanya peningkatan nilai sebesar 14,89% pada substitusi limbah mortal 60%.

**Kata kunci-** Karakteristik Agregat, Limbah Mortar dan Kuat Tekan Karakteristik

## I. Pendahuluan

Keterbatasan sumber daya alam dalam menyediakan material pembentuk beton merupakan sebuah persoalan yang penting. Keberadaan beberapa bangunan tua yang tidak digunakan lagi terpaksa dibongkar karena bangunan tersebut perlu diperbaharui, mengalami kerusakan, atau tidak layak lagi dihuni. Disisi lain, pembongkaran bangunan dan infrastruktur sipil yang terdiri dari material beton menimbulkan limbah beton. Limbah beton yang dibiarkan tanpa ada penanganan akan menimbulkan permasalahan tersendiri bagi lingkungan. Pembuangan limbah memerlukan biaya dan tempat pembuangan. Saat ini beton siap pakai (ready mix) sedang marak digunakan untuk pembuatan konstruksi bangunan, namun pada penerapannya sering terjadi kelebihan supply dan sisanya terkadang dibuang di sembarang tempat, sehingga dapat menimbulkan permasalahan baru [1].

Penggunaan limbah konstruksi sebagai pengganti agregat kasar yang umum digunakan yaitu kerikil untuk pembuatan beton normal. Beton campuran agregat kerikil dan pecahan batu alam andesit mencapai kuat tekan karakteristik yang diisyaratkan yaitu 225 kg/ cm<sup>2</sup> [2].

Penggunaan beton sebagai bahan bangunan telah lama dikenal. Beton merupakan material komposit yang tersusun dari agregat dan terbungkus oleh matrik semen yang mengisi ruang di antara partikel-partikel sehingga membentuk satu kesatuan. Berdasarkan kekuatan tekannya beton dibagi menjadi tiga klasifikasi, yaitu beton normal,

kinerja tinggi, dan kinerja sangat tinggi. Beton memiliki beberapa kelebihan antara lain: kuat desaknya relatif tinggi, mudah dibentuk sesuai keinginan, perawatannya murah dan dapat dikombinasikan dengan bahan lain [3].

SNI 03-2847-2002 [4], menjelaskan beton sebagai bahan konstruksi yang terdiri dari campuran antara semen *portland* atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat.

Berdasarkan permasalahan diatas dan penjelasan kajian peneliti sebelumnya dengan memanfaatkan limbah bangunan konstruksi sebagai material baru, maka peneliti memiliki pemikiran bagaimana penggunaan limbah bangunan konstruksi dengan mengambil agregat halus dari bongkahan bangunan yang ditumbuk lalu dipisahkan antara agregat kasar dan agregat halus untuk dijadikan material substitusi untuk campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai karakteristik agregat dan nilai kuat tekan beton dari limbah mortar (bangunan).

## II. Metode Penelitian

### A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian eksperimental ini dilakukan di Laboratorium Uji Bahan Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Fakfak Provinsi Papua Barat. Pelaksanaan Penelitian selama 6 (enam) dengan tahapan terdiri dari pengujian kadar lumpur, kadar air, berat volume, absorpsi, berat jenis, modulus kehalusan dan kekasaran. Rancangan *mix design* beton dengan persentase limbah mortar 50% dan 60% terhadap berat pasir [5]. Perawatan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari [6].

### B. Rancangan Sampel Penelitian

Pembuatan sampel benda uji dalam penelitian ini menggunakan silinder ukuran 15 x 30 cm. Adapun jumlah sampel yang digunakan dalam penelitian seperti pada tabel 1.

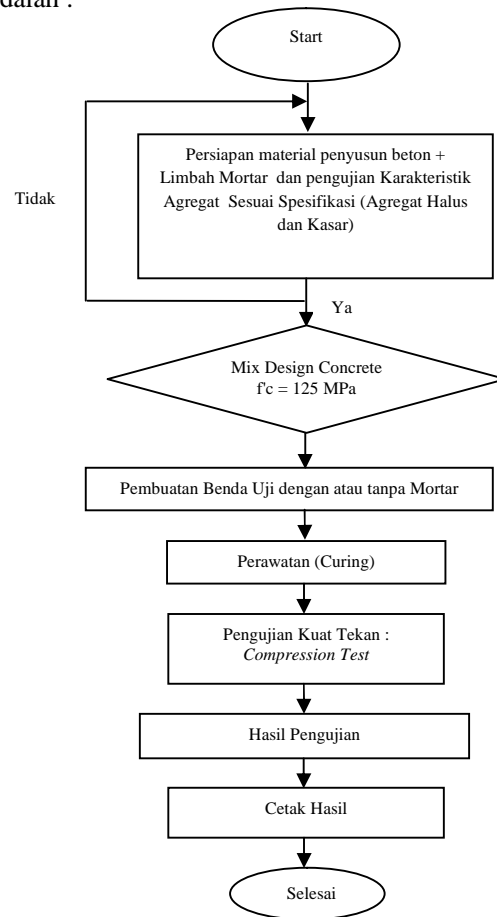
Tabel 1 Sampel penelitian

No.	Sampel Benda Uji Beton	Persentase Limbah Mortar %	Pengujian (hari)
1	9 Sampel	0	3, 7, 28
2	9 Sampel	50	3, 7, 28
3	9 Sampel	60	3, 7, 28
	<b>27 Sampel</b>	-	-

Rancangan sampel beton normal dengan persentase limbah mortar 0% direncanakan 9 sampel dengan waktu perawatan beton pada umur 3, 7 dan 28 hari. Sampel beton dengan campuran substitusi limbah mortar 50% dan 60% dengan jumlah sampel dan perawatan beton pada umur yang sama dengan beton normal.

### C. Tahapan Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah :



Gambar 1. Bagan Alir Tahapan Penelitian

D. Pengujian Karakteristik Agregat

Tabel 2 Metode pengujian agregat [7], [8], [9], [10] dan [11]

No.	Jenis Pengujian	Metode
1.	AnalisaSaringan	SNI 03-1968-1990
2.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1970-1990
3.	Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990
5.	Berat Volume	SNI 03-4804-1998

E. Pengujian Kuat Tekan

SK SNI 03-1974-1990 [12], hasil uji kuat tekan beton menggunakan compression machine test dianalisis menggunakan persamaan kuat tekan :

$$f_c = \frac{P}{A} \tag{1}$$

Dimana:

fc = Kuat tekan (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban yang dipikul (kg)

A= Luas penampang yang dibebani (cm<sup>2</sup>)

iii. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir) seperti pada Tabel 3 Sedangkan untuk hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) seperti pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus (pasir) sampel berasal dari Quarry PT. Sari Wagon

No	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kadar lumpur	Maks. 5%	3.26 %	Memenuhi
2.	Kadar air	0.5 - 5%	3.68 %	Memenuhi
3.	Berat volume	1.4 - 1.9 kg/liter	1.53	Memenuhi
4.	Absorpsi	0.2 – 2%	1.01 %	Memenuhi
5.	Berat jenis spesifik			
	Bj. Nyata	1.6 - 3.3	1.737	Memenuhi
	Bj. dasar kering	1.6	1.768	Memenuhi
	Bj. kering permukaan	1.6	1.754	Memenuhi
6.	Modulus kehalusan	1.50 – 3.80	2.656	Memenuhi

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar (batu pecah) sampel berasal dari Quarry PT. Sari Wagon

No.	Karakteristik Agregat	Interval	Hasil Pengujian	Keterangan
1.	Kadar lumpur	Maks. 1%	1.04 %	Tidak Memenuhi
2.	Kadar air	0.5 - 2%	1.23 %	Memenuhi
3.	Berat volume	1.4 - 1.9 kg/liter	1.80	Memenuhi
4.	Absorpsi	0.2 – 2%	1.04 %	Memenuhi
5.	Berat jenis spesifik			
	Bj. dasar kering	1.6	1.114	Memenuhi
	Bj. kering permukaan	1.6	1.140	Memenuhi
6.	Modulus kekasaran	5.5 – 8.5	6.46	Memenuhi

Hasil pemeriksaan karakteristik bahan agregat sebagai persyaratan untuk membuat campuran beton seperti yang di perlihatkan pada tabel 11 untuk agregat halus dan tabel 12 untuk agregat kasar dari hasil tersebut memperlihatkan hasil karakteristik secara umum memenuhi spesifikasi. Untuk agregat halus modulus kehalusannya di peroleh 2,65 masuk batasan Zone 2 dari range (2,20-3,10) sedangkan agregat kasar diperoleh 6,44 masuk Zone 3 (5,5-8,5). Jika dibandingkan dengan batasan gradasi menurut Brtisth Standart (BS) yang juga di pakai di Indonesia, pasir yang masuk dalam batasan zone 2 yang merupakan pasir yang paling baik untuk campuran beton.

Dalam membuat rancangan campuran beton kadar air dan penyerapan yang di peroleh dari hasil pengujian labolatorium berdasarkan spesifikasi sudah memenuhi syarat akan tetapi pada saat *mix design* harus di koteksi dan juga pada saat pembuatan benda uji ketepatan penggunaan air tetap di control dengan melakukan pengujian slump test. Hal ini perlu di lakukan karena agregat yang di gunakan untuk campuran beton selalu akan mengikuti keadaan pada saat pembuatan benda uji/pelaksanaan pengecoran di lapangan. Jika pada saat pembuatan benda uji air yang diperoleh pada perhitungan *mix design* bertambah maka semen juga harus di tambah supaya faktor air semen (W/C) yang di peroleh tetap sama.

Untuk mengetahui kekuatan mutu beton yang akan dihasilkan dengan menggunakan agregat halus (pasir) dan agregat kasar (batu pecah) digunakan mutu beton f’c 125 Mpa. Perhitungan

penggabungan agregat diperoleh 30% pasir dan 70% batu pecah pada campuran beton (*mix design*) dengan factor air semen (W/C) = 0,75 seperti tabel 5 sedangkan untuk penambahan limbah mortar dengan variasi 50% dan 60% terhadap pasir normal seperti pada Tabel 6 dan 7.

Tabel 5. Hasil rancangan campuran beton normal dari Quarry PT. Sari Wagom

Bahan Beton	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Jumlah Semen (Kg)	Berat untuk 1 sampel (Kg)	Berat untuk 9 sampel (Kg)
Air	228,6838	0,7351	1,4548	13,0934
Semen	311,1111	1,0000	1,9792	17,8128
Pasir	495,0690	1,5913	3,1495	28,3454
Batu Pecah	1.115,1361	3,5844	7,0942	63,8477
<b>Jumlah</b>	<b>2.150,000</b>		<b>13,678</b>	<b>123,099</b>

Tabel 6. Hasil rancangan campuran beton dengan substitusi limbah mortar 50% dari pasir normal

Bahan Beton	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Jumlah Semen (Kg)	Berat untuk 1 sampel (Kg)	Berat untuk 9 sampel (Kg)
Air	228,6838	0,7351	1,4548	13,0934
Semen	311,1111	1,0000	1,9792	17,8128
Pasir	495,0690	1,5913	3,1495	28,3454
Batu Pecah	1.115,1361	3,5844	7,0942	63,8477
Limbah M	9,3333	0,7956	1,5747	14,1727
<b>Jumlah</b>	<b>2.159,333</b>		<b>13,993</b>	<b>125,934</b>

Tabel 7. Hasil rancangan campuran beton dengan substitusi limbah mortar 60% dari pasir normal

Bahan Beton	Berat (Kg/m <sup>3</sup> )	Rasio Terhadap Jumlah Semen (Kg)	Berat untuk 1 sampel (Kg)	Berat untuk 1 sampel (Kg)
Air	228,6838	0,7351	1,4548	13,0934
Semen	311,1111	1,0000	1,9792	17,8128
Pasir	495,0690	1,5913	3,1495	28,3454
Batu Pecah	1.115,1361	3,5844	7,0942	63,8477
Limbah M	18,6667	0,7956	1,5747	14,1727
<b>Jumlah</b>	<b>2.168,667</b>		<b>13,993</b>	<b>125,934</b>

Berdasarkan Tabel 5, 6 dan 7 berat beton normal dan berat beton dengan substitusi limbah mortar 50% dan 60% mengalami peningkatan yaitu masing-masing 2,150 (kg/m<sup>3</sup>), 2.159 (kg/m<sup>3</sup>) dan 2.168 (kg/m<sup>3</sup>). Hal ini menunjukkan bahwa material limbah mortar berpengaruh terhadap berat beton segar dan nilai kuat tekan karakteristik beton.

Dari hasil hasil perhitungan *mix design* campuran beton normal dan beton dengan penambahan limbah mortar selanjutnya dilakukan analisa berat volume beton segar dengan cara berat

beton segar rata-rata dibagi dengan volume benda uji selinder seperti pada Tabel 8.

Tabel 7. Berat beton segar yang dihasilkan

No.	Sampel	Berat volume beton segar
1	Beton limbah 0%	1.977,3
2	Beton limbah 50%	2.356,6
3	Beton limbah 60%	2.345,3

Berdasarkan Tabel 8, berat beton normal sebelum mengalami substitusi limbah mortar diperoleh sebesar 1.977,3 kg/m<sup>3</sup>, jika dibandingkan dengan berat beton setelah substitusi limbah mortar 50% dan 60% diperoleh 2.3456,6 kg/m<sup>3</sup> dan 2.345,3 kg/m<sup>3</sup> mengalami peningkatan sebesar 1,6% dan 1,5%. Hal ini menunjukkan semakin tinggi persentase limbah mortar yang dimasukkan kedalam adukan beton maka akan mengurangi volume beton segar tersebut.

Apabila di bandingkan dengan asumsi perkiraan berat beton normal dalam perhitungan struktur beton 1.977 kg/m<sup>3</sup> ternyata dengan menggunakan agregat halus (pasir) Quarry PT. Sari Wagom menunjukan hasil lebih berat dari beton normal yaitu sebesar 2.356 kg/m<sup>3</sup> dan 2.345 kg/m<sup>3</sup>. Persentase kenaikan berat yang diperoleh di banding dengan *mix design* dan beton normal perhitungan struktur masing-masing lebih berat 1,6% dan 1,5%.

Hasil analisa data kuat tekan dari benda uji silinder kuat tekan yang di jadikan dasar adalah silinder 15 x 30 cm silinder faktor 0,83 di peroleh kekuatan tekan karakteristik 86,14 kg/cm<sup>2</sup> lebih rendah dengan hasil *mix design* dimana di rencanakan kekuatan tekan karakteristiknya 175 kg/cm<sup>2</sup> ini berarti kekuatan tekan karakteristiknya belum mencapai yang di rencanakan atau dengan kata lain kekuatan tekan karakteristik persentasenya turun 50,7% atau hanya tercapai 49,3%.

Jika dibandingkan dengan rancangan beton dengan limbah mortal 50% dan 60% masing-masing di peroleh kuat tekan karakteristik 57,24 kg/cm<sup>2</sup> dan 101,03 kg/cm<sup>2</sup> atau turun sebesar 67,29% dan 42,2%. Sedangkan jika dibandingkan dengan nilai kuat tekan beton tanpa limbah mortal sebesar 86,14 kg/cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan sebesar 14,89 kg/cm<sup>2</sup> atau 14,73% pada beton dengan substitusi limbah mortal 60% seperti pada Tabel 8,9 dan 10.

Tabel 8. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Limbah Mortal 0%

No	Tanggal		Camar	Besar	Stimp	Luas (A)		Bahan (P)		Faktor Koreksi		f <sub>c</sub> = P/A	kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub>	(f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
	Cor	Tm				(Bakar)	(kg)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(A <sub>1</sub> )	(kg)				
1	07-Aug-17	7	12,00	2,00	170,625	102,20	10418	0,83	0,65	71,08	109,23	-19,37	267,89		
2	07-Aug-17	7	12,06	2,00	170,625	115,80	11004	0,83	0,65	60,52	123,88	-1,82	3,31		
3	07-Aug-17	7	12,59	2,00	170,625	132,50	13537	0,83	0,65	52,34	142,06	16,37	267,89		
4	07-Aug-17	7	12,85	2,00	170,625	144,70	14750	0,83	0,65	100,62	154,79	29,10	846,67		
5	07-Aug-17	7	12,83	2,00	170,625	134,70	12712	0,83	0,65	86,71	133,40	7,70	59,33		
6	07-Aug-17	7	12,76	2,00	170,625	124,00	12071	0,83	0,65	66,84	133,29	7,60	57,69		
7	07-Aug-17	7	12,20	2,00	170,625	95,30	9715	0,83	0,65	66,27	101,95	-23,75	964,00		
8	07-Aug-17	7	12,53	2,00	170,625	97,90	9909	0,83	0,65	68,00	104,62	-21,07	444,13		
9	07-Aug-17	7	12,76	2,00	170,625	119,60	12192	0,83	0,65	83,16	127,94	2,25	5,05		
<b>Jumlah</b>												<b>1.131,274</b>	<b>2.618,96</b>		

$f_{cr} = \frac{f_c}{n} = 126,70 \text{ kg/cm}^2$   
 $S = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n-1}} = 17,734 \text{ kg/cm}^2$   
 Koreksi S = 24,118 kg/cm<sup>2</sup>  
 $f_c = f_{cr} - 1,64 \times S = 86,14 \text{ kg/cm}^2$

dengan limbah mortar (0%) sebesar 86,40 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan beton dengan substitusi limbah mortar 50% sebesar 57,24 kg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan nilai kuat tekan sedangkan pada sampel dengan substitusi limbah mortar 60% sebesar 101,03 kg/cm<sup>2</sup> mengalami peningkatan.

Peningkatan ini terjadi karena dari limbah mortar tersebut masih memiliki kandungan semen, sehingga menambah kekentalan adonan beton. Nilai kuat tekan yang dihasilkan cukup signifikan, dimana semakin besar persentase limbah mortar yang dimasukkan kedalam adukan beton, maka nilai kuat tekan meningkat pula. Dari hasil ini limbah mortar dari bongkahan bangunan memberikan nilai positif terhadap mutu beton dan menjadi solusi dalam mengatasi keterbatasan ketersediaan material konstruksi dan menjadi alternatif penanganan limbah konstruksi beton di Indonesia pada umumnya di Fakfak pada khususnya.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Limbah Mortal 50%

No	Tanggal		Camar	Besar	Stimp	Luas (A)		Bahan (P)		Faktor Koreksi		f <sub>c</sub> = P/A	kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub>	(f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
	Cor	Tm				(Bakar)	(kg)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(A <sub>1</sub> )	(kg)				
1	09-Aug-17	7	12,46	2,00	170,625	76,40	7776	0,83	0,65	48,95	79,21	-13,24	175,29		
2	09-Aug-17	7	12,59	2,00	170,625	90,90	9266	0,83	0,65	62,21	97,24	8,29	70,42		
3	09-Aug-17	7	12,46	2,00	170,625	90,80	9240	0,83	0,65	53,14	97,11	8,23	68,04		
4	09-Aug-17	7	12,66	2,00	170,625	71,70	7309	0,83	0,65	49,86	76,70	-12,15	147,57		
5	09-Aug-17	7	12,52	2,00	170,625	75,80	7696	0,83	0,65	52,80	85,77	-8,68	65,33		
6	09-Aug-17	7	12,54	2,00	170,625	86,40	8827	0,83	0,65	67,00	103,13	14,28	203,79		
7	09-Aug-17	7	12,41	2,00	170,625	108,60	10765	0,83	0,65	73,43	112,97	24,12	581,64		
8	09-Aug-17	7	12,24	2,00	170,625	68,00	6932	0,83	0,65	47,28	72,74	-16,11	259,40		
9	09-Aug-17	7	12,64	2,00	170,625	76,20	7871	0,83	0,65	54,38	83,66	-8,59	26,98		
<b>Jumlah</b>												<b>796,647</b>	<b>1.607,05</b>		

$f_{cr} = \frac{f_c}{n} = 88,85 \text{ kg/cm}^2$   
 $S = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n-1}} = 14,173 \text{ kg/cm}^2$   
 Koreksi S = 19,276 kg/cm<sup>2</sup>  
 $f_c = f_{cr} - 1,64 \times S = 57,24 \text{ kg/cm}^2$

iv. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakteristik agregat halus dan agregat kasar memenuhi syarat karakteristik untuk campuran beton dan nilai kuat tekan beton dengan substitusi limbah mortar 50% dan 60% masing-masing di peroleh kuat tekan karakteristik 57,24 kg/cm<sup>2</sup> dan 101,03 kg/cm<sup>2</sup>.
2. Nilai kuat tekan tanpa limbah mortar diperoleh 86,14 kg/cm<sup>2</sup> mengalami penurunan sebesar 33,55%, dengan substitusi limbah mortar 50% dan meningkat sebesar 14,89% dengan substitusi limbah mortar 60%.

Tabel 9. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dengan Substitusi Limbah Mortal 60%

No	Tanggal		Camar	Besar	Stimp	Luas (A)		Bahan (P)		Faktor Koreksi		f <sub>c</sub> = P/A	kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub>	(f <sub>c</sub> - f <sub>cr</sub> ) <sup>2</sup>
	Cor	Tm				(Bakar)	(kg)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(A <sub>1</sub> )	(kg)				
1	09-Aug-17	7	12,33	2,00	170,625	96,90	10062	0,83	0,65	68,77	105,80	-10,20	104,01		
2	09-Aug-17	7	12,38	2,00	170,625	114,60	11682	0,83	0,65	79,69	122,59	6,40	41,52		
3	09-Aug-17	7	12,40	2,00	170,625	108,50	11080	0,83	0,65	74,48	116,07	0,07	0,01		
4	09-Aug-17	7	12,48	2,00	170,625	112,00	11417	0,83	0,65	77,88	119,91	3,82	14,56		
5	09-Aug-17	7	12,40	2,00	170,625	112,50	11468	0,83	0,65	76,23	120,35	4,35	18,93		
6	09-Aug-17	7	12,56	2,00	170,625	114,10	11631	0,83	0,65	79,34	122,06	6,96	36,74		
7	09-Aug-17	7	12,41	2,00	170,625	112,60	11478	0,83	0,65	78,30	120,46	4,46	19,87		
8	09-Aug-17	7	12,51	2,00	170,625	101,20	10520	0,83	0,65	71,76	110,40	-5,80	33,64		
9	09-Aug-17	7	12,63	2,00	170,625	99,90	10140	0,83	0,65	69,19	106,44	-6,96	97,31		
<b>Jumlah</b>												<b>1.043,981</b>	<b>2.460,30</b>		

$f_{cr} = \frac{f_c}{n} = 116,00 \text{ kg/cm}^2$   
 $S = \sqrt{\frac{\sum (f_c - f_{cr})^2}{n-1}} = 6,711 \text{ kg/cm}^2$   
 Koreksi S = 9,127 kg/cm<sup>2</sup>  
 $f_c = f_{cr} - 1,64 \times S = 101,03 \text{ kg/cm}^2$

Rekapitulasi hasil pengujian kuat tekan beton normal dan beton dengan substitusi mortar 50% dan 60% pada umur 28 hari seperti Tabel 11.

Tabel 11. Nilai kuat tekan karakteristik beton

No.	Sampel	Nilai f'c (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Beton limbah 0%	86,40
2	Beton limbah 50%	57,24
3	Beton limbah 60%	101,03

Berdasarkan Tabel 11, nilai hasil pengujian kuat tekan beton normal hingga umur 28 hari

Saran dan rekomendasi penelitian sebagai berikut :

1. Nilai persentase substitusi limbah mortar belum diketahui sampai batas maksimum nilai kuat tekannya meningkat, sehingga masih dibutuhkan penelitian lanjutan dengan persentase yang lebih besar.
2. Sebaiknya saat pemadatan adukan beton pada cetakan selinder hendaknya menggunakan mesin getar agar menghasilkan pemadatan yang baik dan beton tidak porous.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Negeri Fakfak dan Jurusan Teknik Sipil atas dukungan prasarana Laboratorium Uji Bahan pada saat pengujian agregat, pembuatan, serta pengujian kuat tekan benda uji.

## Daftar Pustaka

- [1] Fuad Izzatur Rahman, Adventus Kristian Tambunan, DKK. "Kajian Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Material *Cement Treated Base* (CTB)". Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.
- [2] Hendy Febriyatno, (2005) "Pemanfaatan Limbah Bahan Padat Sebagai Agregat Kasar Pada Pembuatan Beton Normal" Universitas Gunadarma.
- [3] Mulyono, T. (2005). Teknologi Beton. Yogyakarta : Andi Offset.
- [4] SK SNI 03-2847-2002. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung, Panitia Teknik Standarisasi Bidang Konstruksi dan Bangunan, Bandung.
- [5] SK SNI 03-2834-1993. Mix Design Beton. Badan Standardisasi Nasional. 1993.
- [6] SK SNI 03-2493-1991. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji . Badan Standardisasi Nasional. 1991.
- [7] SK SNI 03-1968-1990. Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar. Badan Standardisasi Nasional. 1990.
- [8] SK SNI 03-1970-1990. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus. Badan Standardisasi Nasional. 1990.
- [9] SK SNI 03-1969-1990. Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar . Badan Standardisasi Nasional. 1990.
- [10] SK SNI 03-1971-1990. Kadar Air . Badan Standardisasi Nasional. 1990.
- [11] SK SNI 03-4804-1998. Berat Isi Beton. Badan Standardisasi Nasional. 1998.
- [12] SK SNI 03-1974-1990. Kuat Tekan Beton. Badan Standardisasi Nasional. 1990.