

PENGARUH KUAT TEKAN BETON DENGAN LIMBAH BIJI SALAK KERING SEBAGAI PENGANTI SEBAGIAN AGREGAT KASAR

Ma'mum Riyono¹⁾, Wiji Lestarini, S.T., M.T.²⁾, Agus Juara, S.T., M.T.³⁾

Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Sains Al Quran Wonosobo

Email: nkaru3@gmail.com¹⁾, lestariniw@yahoo.co.id²⁾, agusjuara@unsiq.ac.id³⁾

ABSTRAK

Pembangunan dibidang konstruksi yang terus berjalan membutuhkan berbagai macam kebutuhan diantaranya adalah kebutuhan beton, demikian pula kebutuhan material pembentuknya. Untuk mengurangi jumlah kebutuhan pembentuk beton berupa bebatuan perlu dicari alternatif lain sebagai bahan pengisi beton.

Fungsi dari bahan pembentuk beton selain bebatuan adalah untuk memodifikasi sifat dan karakteristik beton misalnya untuk meningkatkan workability, kuat tekan, penghematan biaya, atau untuk tujuan lain seperti mengurangi kerusakan lingkungan akibat penambangan yang dilakukan secara terus menerus.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton dengan bahan tambah limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan mutu beton K250, dengan menggunakan variasi persentase 0,5%, 1,0%, 1,5%, dan 2,0%.

Setelah dilakukan penelitian dan pengujian terhadap sampel beton, maka didapatkan hasil bahwa penggantian sebagian agregat kasar dengan limbah biji salak kering dengan mutu beton K250 menimbulkan penurunan pada kuat tekan beton umur 28 hari.

Untuk penelitian yang akan datang disarankan agar limbah biji salak kering yang dipakai adalah bijih salak kering yang sudah dalam kondisi kering tetap, sehingga apabila bercampur dengan bahan lain tidak kembali ke bentuk awal terutama bila bercampur dengan air.

Kata kunci : Konstruksi, kuat tekan beton, limbah biji salak kering.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan material utama yang digunakan dalam pembuatan bangunan. Beton sendiri terdiri dari semen, agregat (agregat kasar, agregat halus) dan air. Dalam pembuatan beton dengan mutu tertentu perlu ditentukan jumlah semen dan agregat serta air yang sesuai. Pencampuran air dan semen akan menjadi pasta yang berfungsi untuk merekatkan agregat - agregat dalam beton. Jumlah pasta pada pembuatan beton sekitar 30-40% dari volume dan berat total beton. Sedangkan jumlah agregat sebesar 60-70%.

Pembangunan dibidang konstruksi yang terus berjalan membutuhkan berbagai macam kebutuhan diantaranya adalah kebutuhan beton, demikian pula kebutuhan material pembentuknya. Dalam usaha untuk mengurangi tingkat kerusakan lingkungan akibat penambangan batu kali secara terus menerus, perlu dicari bahan alternatif pengisi beton dari sisi material terutama dari limbah industri maupun limbah hasil pertanian yang telah banyak dilakukan sebagai pengganti atau pengganti sebagian agregat kasar untuk mengurangi jumlah agregat kasar berupa pecahan batu kali tanpa mengurangi kuat tekan beton.

Salah satunya adalah limbah biji salak yang banyak dijumpai di tempat-tempat penghasil salak. Saat ini pengolahan limbah biji salak masih belum bisa di olah secara maksimal, ada juga sebagian kecil orang yang memanfaatkan biji salak ini sebagai bahan pembuat minuman atau lebih dikenal dengan kopi biji salak, akan tetapi itu belum sebanding dengan limbah biji salak yang tersedia sehingga masih banyak biji salak yang dibuang.

Guna meningkatkan nilai ekonomis dari limbah tersebut, maka perlu difikirkan dan penelitian cara pemanfaatan lainnya, salah satunya adalah pemanfaatan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada pembuatan beton. Permasalahannya, seberapa besar pengaruh penggunaan biji salak sebagai pengganti sebagian agregat kasar bila dibandingkan dengan pecahan batu kali secara keseluruhan dalam pembuatan beton.

Diharapkan dari penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat serta dengan mengkombinasikan campuran beton dengan mengganti sebagian agregat kasar dengan biji salak kering dapat menciptakan atau menghasilkan beton dengan mutu yang baik dan ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan dalam upaya mencari alternatif pengganti bahan dasar beton yang berupa batu pecah, diganti sebagian dengan biji salak. Penelitian ini memfokuskan pada penentuan optimasi pengaruh penggunaan biji salak sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar terhadap kuat tekan beton dengan variasi campuran 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0%. Permasalahan yang akan dibahas yaitu:

- Berapa besar nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan penambahan limbah biji salak kering untuk mengganti sebagian agregat kasar?
- Seberapa besar pengaruh penambahan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi campuran 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0%?

1.3 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian yang dilakukan adalah:

- Untuk mengetahui nilai kuat tekan beton yang dihasilkan dengan menggunakan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar.
- Untuk mengetahui pengaruh penggantian limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar dengan variasi persentase 0,5%, 1,0%, 1,5% dan 2,0%.

1.4 Batasan Masalah

Agar dapat terarah sesuai dengan tujuan yang diharapkan mengenai penelitian tentang pengaruh limbah biji salak kering terhadap campuran beton, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut:

- Kuat tekan yang akan diuji beton K-250.
- Semen portland yang digunakan adalah semen Tiga Roda.
- Agregat halus berupa pasir Kalisapi, dari Desa Merden, Banjarnegara.
- Agregat kasar berupa batu pecah dari Desa Banjarmangu. Agregat kasar berupa biji salak kering berasal dari Desa Kesenet, Banjarmangu, Banjarnegara.
- Air yang digunakan adalah air yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Sains Al-Qur'an Wonosobo Jawa Tengah.
- Jenis benda uji berupa :

Silinder beton dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk uji tekan beton sebanyak 2 buah, kubus beton dengan ukuran 15 cm x 15 cm x 15 cm untuk uji tekan beton sebanyak 1 buah.

- Umur pengujian 28 hari.
- Tidak mempelajari reaksi, sifat, dan kandungan kimia yang terjadi pada pembetonan (beton normal dan beton modifikasi).
- Penelitian ini hanya meninjau terhadap kuat tekan beton.
- Biji salak kering adalah biji salak jenis salak pondoh yang diambil dari Desa Kesenet Kecamatan Banjarmangu Kabupaten Banjarnegara.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu. Untuk mengetahui dan mempelajari perilaku elemen gabungan (bahan-bahan penyusun beton), diperlukan pengetahuan mengenai karakteristik masing-masing komponen. Pemilihan material yang layak komposisinya akan diperoleh beton yang efisien, memenuhi kekuatan batas yang disyaratkan dan memenuhi persyaratan yang dapat diartikan juga sebagai pelayanan yang handal dengan memenuhi kriteria ekonomi (Mulyono, 2004). Karena beton merupakan komposit, maka kualitas beton sangat tergantung dari kualitas masing-masing material pembentuk (Kardiyono Tjokrodimulyo, 2007).

2.2 Penelitian Terdahulu

Dewi Sri Rahayu (2018) dalam penelitiannya yaitu Pengaruh penambahan serbuk biji salak sebagai filler semen terhadap kuat tekan beton. Hasil dari pengujian belum dapat mencapai nilai kuat tekan yang ditargetkan yaitu dapat melebihi nilai kuat tekan beton normal, akan tetapi pada beton variasi 2% di peroleh hasil yang memenuhi persyaratan kuat tekan. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan limbah biji salak kering sebagai agregat kasar. Peneliti terdahulu menggunakan benda uji silinder ukuran diameter (d) 15 cm, tinggi 30 cm dengan umur pengujian 7 dan 28 hari untuk menguji kuat tekan beton.

Sabrian Rizky Fernanda (2020), meneliti tentang Pemanfaatan limbah biji salak dan tongkol jagung sebagai campuran beton yang menghasilkan kuat tekan dan kuat tarik mutu tinggi ramah lingkungan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan kuat tekan dan kuat tarik total rata – rata pencampuran abu tongkol jagung dan biji salak masih berada dibawah rata – rata beton normal namun masih bisa dijadikan beton konvensional.

2.3 Penelitian yang Dilakukan

Dari hasil referensi beberapa sumber, akan dilakukan penelitian yang dimaksudkan untuk mengetahui perbandingan nilai kuat tekan beton normal dan nilai kuat tekan beton pembanding dengan judul “Pengaruh kuat tekan beton dengan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar” bertujuan untuk mengurangi jumlah agregat kasar berupa batu pecah atau kerikil dengan memanfaatkan limbah biji salak kering tanpa mengurangi mutu beton yang direncanakan. Dalam penelitian sebelumnya adalah penambahan serbuk biji salak sebagai filler semen.

Penelitian akan dilakukan dengan mengganti sebagian agregat kasar dengan limbah bijih salak kering pada beton normal dengan persentase campuran 0,5%, 1,0%,

1,5% dan 2,0%. Diharapkan dengan perbandingan tersebut diketahui persentase yang masih sesuai dengan mutu beton K-250. Agar hasil akhir yang diperoleh sesuai dengan ketentuan, dibutuhkan penelitian yang mendalam mengenai sifat-sifat yang berkaitan dengan suatu bahan yakni bahan-bahan penyusun beton tersebut.

3. METODOLOGI

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen pada penelitian ini dilakukan dengan cara membandingkan beton rencana K-250 sebagai kontrol dengan beton yang akan di eksperimen. Kedua beton tersebut akan diuji dengan pengujian kuat tekan beton. Dari hasil pengamatan penelitian terhadap beton yang dieksperimenkan, diharapkan dapat mengetahui pengaruh penggantian sebagian agregat kasar dengan biji salak kering terhadap kuat tekan beton.

3.2 Bahan Baku dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan untuk sampel beton pada penelitian ini adalah:

- Agregat halus (pasir Kalisapi)
- Agregat kasar (batu pecah dari Banjarmasin)
- Semen (merek Tiga Roda)
- Air (Lab. Unsiq)
- Biji salak kering (dari Desa Kesenet Kec. Banjarmasin Banjarnegara).

Peralatan-peralatan yang digunakan antara lain:

- Timbangan digital (weight balance digital) dengan ketelitian 0,1 gr.
- Gelas ukur,berkapasitas 500 cc, 2 buah.
- Cawan.
- Oven.
- Talam.
- Kerucut Abrams.
- Alat pengaduk beton.
- Cetakan beton (mould steel).
- Compression Testing Machine.

3.3 Variabel dan Parameter

Variabel adalah atribut dari sekelompok objek yang mempunyai variasi antara satu objek dengan objek lainnya dalam kelompok tersebut sebagaimana yang dikemukakan oleh Sugiyono (2002).

Tabel 3.1 Jenis varian, kode, dan jumlah benda uji

Varian	Pengujian tekan beton	
	Kode benda uji	Jumlah benda uji
Beton normal	MR N	3
Biji salak 0,5%	MR 0,5%	3
Biji salak 1%	MR 1%	3
Biji salak 1,5%	MR 1,5%	3
Biji salak 2%	MR 2%	3
Total benda uji		15

Sumber Uji Laboratorium

3.4 Tahapan Pengujian Material

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sains Al-Qur'an Jawa Tengah Di Wonosobo. Tahapan penelitian ini meliputi:

- Persiapan.
- Pengujian bahan.
- Perancangan beton mutu K-250.
- Pembuatan benda uji.
- Pengujian.
- Pengambilan kesimpulan.

4. HASIL DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Pengujian

Data yang diperoleh setelah melakukan penelitian di Laboratorium Teknologi Bahan Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, UNSIQ. Hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :

- Pengujian kadar air.

Dari hasil pengamatan dan pengujian kadar air berdasarkan volume, didapat data sebagai berikut:

- Berat awal = 1000 gr
- Berat setelah di oven = 966,4 gr

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\left(\frac{A-B}{B}\right) \times 100\% &= \left(\frac{1000-966,4}{966,4}\right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{33,6}{966,4}\right) \times 100\% \\ &= 3,47\%\end{aligned}$$

Jadi, nilai dari pengujian kadar air yang dilakukan terhadap pasir didapat sebesar 3,47%. Nilai ini masih lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan oleh ASTM yaitu senilai 4% dan masuk dalam persyaratan yang ditetapkan.

- Pengujian kadar lumpur

Dari hasil pengamatan dan pengujian kadar lumpur berdasarkan volume, didapat data sebagai berikut:

- Tinggi pasir + lumpur = 615 mm
- Tinggi pasir = 585 mm

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\left(\frac{A-B}{A}\right) \times 100\% &= \left(\frac{615-585}{615}\right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{3}{615}\right) \times 100\% \\ &= 4,88\%\end{aligned}$$

Jadi, nilai dari pengujian kadar lumpur yang dilakukan terhadap pasir didapat sebesar 4,88%. Nilai ini masih lebih kecil dari persyaratan yang ditetapkan oleh SK SNI S-04-1998-F (1998) yaitu senilai 5% dan masuk dalam persyaratan yang ditetapkan.

- Uji gradasi

Tabel 4.2 Menentukan gradasi halus

Lubang Ayakan (mm)	Persen Tembus Komulatif	Masuk	Daerah I
10	100		100
4,8	97,7		90-100
2,4	74,5		60-95
1,2	39,5		30-70
0,6	16,9		15-34
0,3	8,0		5-20
0,15	1,0		0-10

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Tabel 4.4 Menentukan gradasi kasar

Lubang ayakan (mm)	Persen tembus kumulatif	Masuk	Persen maks 40
40	100		95-100
20	36,4		30-70
10	10,1		10-35
4,8	0		0-5

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

- Perhitungan *mix design*

Tabel 4.11 *Mix design*

No	Uraian	Jumlah
1.	Kuat tekan rencana benda uji ($f'c$)	20,75 Mpa
2.	Deviasi standar (S)	-
3.	Nilai tambah (M)	7,0MPa
4.	Kuat tekan rata-rata yang direncanakan ($f'cr$)	27,75 MPa
5.	Jenis semen	Semen tipe I
6.	Jenis agregat halus	Alami, Kalisapi
	Jenis agregat kasar	Batu pecah Ø 40 mm
7.	Faktor air semen	0,54
8.	Faktor air semen maksimum (ditetapkan)	0,54 (nilai terendah)
9.	Nilai slump	100 ± 20 mm
10.	Ukuran maksimum agregat Kasar	40 mm
11.	Jumlah kebutuhan air	218,4 liter
12.	Jumlah semen	404,44 Kg

No	Uraian	Jumlah
13.	Jumlah semen minimum	280 Kg
14.	Jumlah Semen yang dipakai	404,44 Kg (Yang Terbesar)
15.	Penyesuaian FAS	-
16.	Daerah gradasi agregat halus	Masuk Zona I
17.	Persen agregat halus	52,4%
18.	Berat jenis agregat campuran	2,7 Kg/m ³
19.	Berat jenis beton	2385 Kg/m ³
20.	Kebutuhan agregat	1762,16 Kg/m ³
21.	Kebutuhan agregat halus	923,37 Kg/m ³
22.	Kebutuhan agregat kasar	838,79 Kg/m ³

Sumber :Uji Laboratorium

- Pengujian *slump*

Tabel 4.12 Nilai slump tiap variasi benda uji

No	Limbah biji salak kering (%)	Jumlah sampel		h (cm)	hs (cm)	h-hs (cm)
		Silinder	Kubus			
1	Normal	2	1	20	8	12
2	0,50	2	1	20	8,5	11,5
3	1,00	2	1	20	9	11
4	1,50	2	1	20	9	11
5	2,00	2	1	20	9,5	10,5

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

- Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari. Berikut merupakan data hasil uji kuat tekan dari benda uji beton yang dimodifikasi:

Tabel 4.13 Data Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

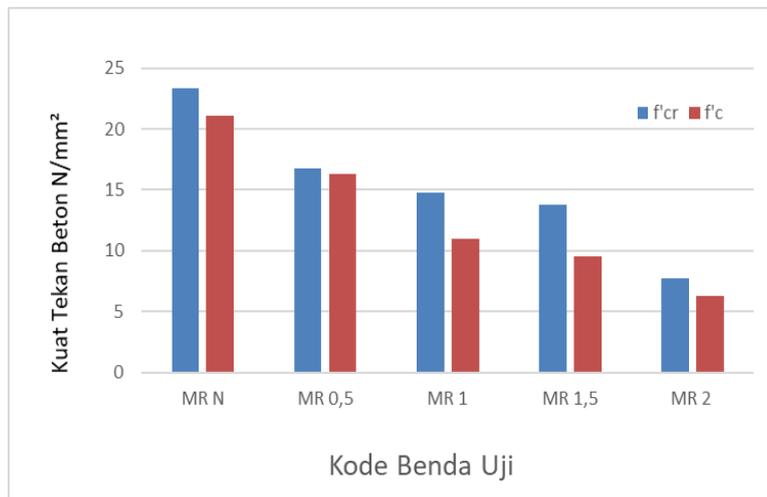
no	limbah biji salak	tekanan			kode
		silinder 1	silinder 2	kubus	
1	beton normal	340000	370000	490000	MR N
2	0,5%	250000	240000	380000	MR 0,5%
3	1%	170000	250000	350000	MR 1%
4	1,5%	240000	150000	330000	MR 1,5%
5	2%	110000	100000	200000	MR 2%

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Tabel 4.14 Data Kuat Tekan Beton Konversi Umur 28 Hari dengan Deviasi Standar

No	Kode Benda Uji	Benda Uji	A	P	f _{cr} 28 hari (N/mm)	Konversi f _c ke kubus	f _c 28 hari (N/mm ²)	f _{cr}	(f _c - f _{cr})	(f _c - f _{cr}) ²	Σ(f _c - f _{cr}) ²	s	f _c
			(mm ²)	(N)									
1	MR N	silinder	17671,46	360000	20,37	24,54	24,54	23,85	0,69	0,48	6,67	1,83	20,85
2		silinder	17671,46	370000	20,94	25,23	25,23		1,83	1,90			
3		kubus	22500	490000	21,78	21,78	21,78		-2,07	4,29			
4	MR 0,5 %	silinder	17671,46	250000	14,15	17,04	17,04	16,77	0,28	0,08	0,26	0,36	16,18
5		silinder	17671,46	240000	13,58	16,36	16,36		-0,40	0,16			
6		kubus	22500	380000	16,98	16,89	16,89		0,12	0,02			
7	MR 1,0%	silinder	17671,46	170000	9,62	11,59	11,59	14,73	-3,14	9,86	15,90	2,82	10,11
8		silinder	17671,46	250000	14,15	17,04	17,04		2,31	5,36			
9		kubus	22500	350000	15,56	15,56	15,56		0,83	0,68			
10	MR 1,5 %	silinder	17671,46	240000	13,58	16,36	16,36	13,75	2,61	6,82	20,08	3,17	8,56
11		silinder	17671,46	150000	8,49	10,23	10,23		-3,53	12,43			
12		kubus	22500	330000	14,67	14,67	14,67		0,91	0,84			
13	MR 2,0 %	silinder	17671,46	110000	6,22	7,50	7,50	7,74	-0,24	0,06	2,23	1,06	6,00
14		silinder	17671,46	100000	5,66	6,82	6,82		-0,92	0,84			
15		kubus	22500	200000	8,89	8,89	8,89		1,15	1,33			

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

*) $f_c = f_{cr} - (1,64 \times S)$ 

Gambar 4.9 Grafik Pengujian Hasil Kuat Tekan

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

4.2 Pembahasan

Dari hasil pengujian kuat tekan beton yang dihasilkan membuktikan bahwa penggunaan limbah biji salak kering berpengaruh pada nilai kuat tekan beton. Pada kuat tekan beton dengan tambahan limbah biji salak kering mengurangi kuat tekan dari kuat tekan normal. Untuk benda uji pembandingan menggunakan beton normal (N) dengan kuat tekan beton 20,85 MPa, lebih tinggi dari standar kuat tekan K-250 yaitu 20,75 MPa. Pada percobaan pertama dengan varian limbah biji salak kering 0,5% dengan kode benda uji (MR 0,5%) menghasilkan kuat tekan beton 16,18 MPa nilai ini lebih rendah

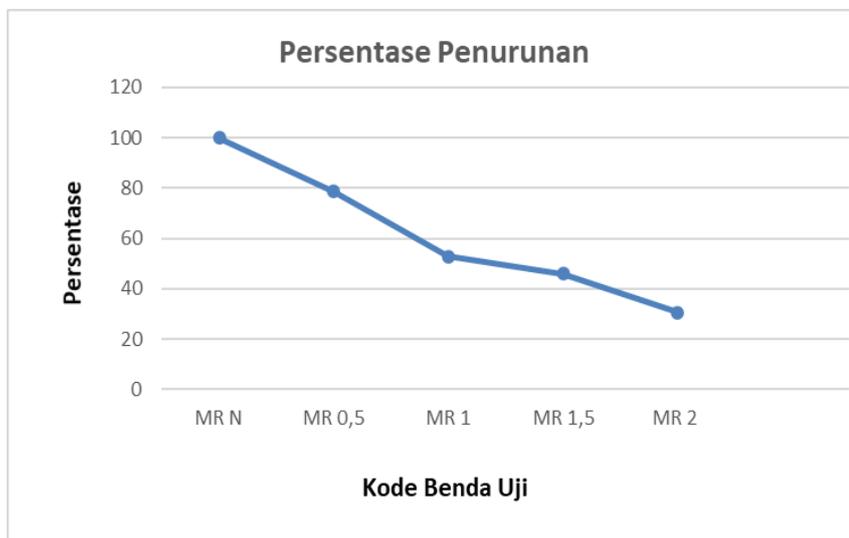
dari nilai beton normal yang digunakan sebagai pembanding. Pada percobaan kedua (MR 1%) dengan menggunakan limbah biji salak kering 1% terjadi penurunan kuat tekan dari standar beton normal dan benda uji (MR 0,5%) yaitu 10,11 MPa. Percobaan ketiga (MR 1,5%) yaitu menggunakan limbah biji salak kering 1,5% menghasilkan kuat tekan 8,56 MPa, terjadi penurunan lagi dari benda uji (MR 0,5%, MR 1%). Pada percobaan keempat atau terakhir (MR 2%) yaitu menggunakan limbah biji salak kering 2% menghasilkan kuat tekan 6,00 MPa, terjadi penurunan lagi dari benda uji (MR 0,5%, MR 1%, MR 1,5%).

Dari hasil uji kuat tekan semua benda uji yang menggunakan bahan biji salak kering dari 0,5% hingga 2% menunjukkan bahwa nilai mutu betonnya dibawah beton normal, dan belum sesuai dengan referensi penelitian terdahulu. Jadi secara umum bahan biji salak tidak bisa digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar. Berikut data hasil yang disajikan dalam tabel dan grafik di bawah ini.

Tabel 4.16 Persentase Penurunan Nilai Kuat Tekan Benda Uji.

No	Kode benda uji	f'c	Persentase
1	MR N	20,85	100,00
2	MR 0,5%	16,18	77,98
3	MR 1%	10,11	48,72
4	MR 1,5%	8,56	41,25
5	MR 2%	6,00	28,92

Sumber : Hasil penelitian



Gambar 4.10 Grafik Presentase Penurunan.

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Dari hasil kuat tekan masing-masing komposisi, membuktikan bahwa semakin banyak jumlah yang digunakan maka semakin besar penurunan kuat tekan yang dihasilkan dan dengan variasi campuran. Terjadi penurunan pada sampel beton

normal terhadap beton campuran, sehingga beton tidak layak digunakan dalam pembangunan.

- Adanya penurunan kuat tekan beton dengan penambahan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Tidak diperoleh nilai kuat tekan beton yang direncanakan, dimana nilai standar beton mutu K250 yaitu 20,75 MPa.
- Semakin besar persentase penambahan limbah biji salak kering sebagai pengganti sebagian agregat kasar semakin besar pula angka penurunan hasil uji kuat tekan beton

5.2 Saran

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang perlu menjadi perhatian dalam melaksanakan penelitian, yaitu sebagai berikut:

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penggunaan limbah biji salak kering sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada kuat tekan beton.
- Perlu mencari cara agar biji salak kering tetap dalam bentuk semula pada saat bercampur dengan bahan pembuat beton, sehingga beton tidak retak atau pecah.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Fathoni, Abdurrahman, *Metodologi Penelitian dan Teknik Penyusunan Skripsi*, Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2006.
<https://respiratory.umsu.ac.id>
<https://ejournal2.undip.ac.id>
- L.J. Murdock dan K.M. Brook. (1986). *Bahan dan Praktek Beton* (edisi keempat) Jl. Kramat IV No. 11, JAKARTA: ERLANGGA.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Neville, Adam. (1981). *Properties of Concrete 3rd edition*. Michigan: Pitman Pub. Nugraha,
- Paul & Antoni. (2007). *TEKNOLOGI BETON* dari Material, Pembuatan, ke beton Kinerja Tinggi. Yogyakarta: C.V. Andi Offset (Penerbit ANDI).
- Sutami. *Konstruksi Beton Indonesia*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta 1971.
- SNI 1971:2011, *Metode pengujian kadar air agregat*.
- SNI 03-1972-1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Departemen Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2493-1991. *Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton* di Laboratorium. Pusjatan-Balitbang Pekerjaan Umum.
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Permukaan, Jakarta.
- SNI 03-1974-1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K. 1992. *Teknologi Beton*, Biro Penerbit, Yogyakarta.