

Eco Friendly Magnumcrete Innovation With Rice Husk Waste And Clam Shell Waste For Right Quality Structure Concrete

Niken Indriyani¹, Muhtar²

¹Universitas Muhammadiyah Jember ; nikenindriyani345@gmail.com

¹Universitas Muhammadiyah Jember; muhtar.barra@gmail.com

*Correspondensi: Niken Indriyani

Email: nikenindriyani345@gmail.com

Published: februari, 2024



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstrak: Penelitian ini membahas tentang proporsi yang tepat untuk menghasilkan beton tepat mutu dengan menjadikan limbah abu sekam padi dan limbah cangkang kerang sebagai pengganti sebagian semen pada beton. Pada penelitian ini limbah abu sekam padi dan cangkang kerang diberikan perlakuan sebagai pengganti semen. Terdapat 4 variasi yang digunakan yaitu V1 (10% ASP dan 2,5% CK), V2 (12,5% ASP dan 2,5% CK), V3 (10% ASP, 2,5% CK dan 0,25% Sika VZ), dan V4 (12,5%, 2,5% CK dan 0,25% Sika VZ). Dari penelitian yang dilakukan diperoleh variasi 1 (10% ASP dan 2,5% CK) dapat menghasilkan beton tepat mutu dengan kuat tekan sebesar 35,141 MPa dan *slump* yang dihasilkan sebesar 12 cm.

Keywords: : beton tepat mutu, limbah abu sekam padi, limbah cangkang kerang, ramah lingkungan

PENDAHULUAN

Beton merupakan material konstruksi yang tersusun atas agregat halus, agregat kasar, semen dan air yang membentuk sebuah massa padat (SNI 03 2847, 2019). Di negara berkembang seperti Indonesia beton banyak ditemui pada proyek konstruksi, mutu beton yang dapat direncanakan sesuai kebutuhan menjadikan beton dapat diminati hingga saat ini. Kebutuhan yang terus meningkat setiap tahunnya menjadikan ketersediaan material penyusun beton semakin menipis. Untuk menjaga keseimbangan kedepannya, perlu adanya *improvement* dalam bidang teknologi yaitu salah satunya adalah dengan cara menciptakan material pengganti dari material penyusun beton sendiri.

Indonesia merupakan negara penghasil padi dengan total panen setiap tahunnya mencapai 55,67 juta Ton GKG (Media Indonesia, 2021). Limbah dari proses padi menjadi beras disebut sekam padi. Sekam padi sendiri sudah dimanfaatkan untuk bahan bakar pengganti kayu pada pabrik-pabrik tahu. Sekam padi yang digunakan sebagai bahan bakar dengan suhu tertentu akan menjadi abu sekam padi yang memiliki sifat pozzolanic (Hendrawati, 2021). Sifat tersebut merupakan sifat material pozzolan pada semen, sehingga abu sekam padi mampu menggantikan sifat semen dengan *threatment* tertentu.

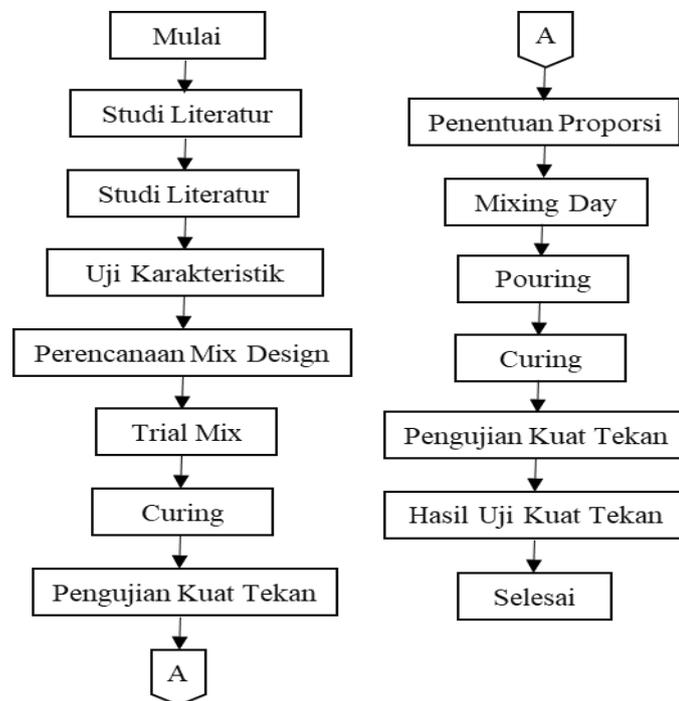
Selain penghasil padi, Indonesia merupakan negara maritim yang memiliki banyak hasil laut didalamnya. Salah satu dari panen laut tersebut adalah kerang dara, selain dagingnya yang dapat dikonsumsi limbah dari cangkang kerang dara sudah mulai digunakan untuk kerajinan. Berdasarkan penelitian terdahulu menyebutkan bahwa cangkang kerang dara memiliki zat kapur. Zat kapur sendiri merupakan salah satu zat penyusun semen selain silika dan alumina (Rahmadi, 2017). Dengan proporsi yang tepat maka kedua limbah tersebut dapat menggantikan sebagian dari kebutuhan semen pada beton tepat mutu.

Penelitian-penelitian sebelumnya memiliki fokus pada limbah pengganti semen dengan adanya *threatment* khusus pada pembakarannya sehingga apabila pembaruan tersebut diterapkan dalam skala besar maka akan timbul *cost* untuk pembakaran tersebut. Penelitian ini memiliki fokus berbeda dari penelitian sebelumnya yaitu memanfaatkan limbah asli tanpa adanya *threatment* khusus pada pembakarannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan proporsi yang tepat untuk menciptakan beton tepat mutu dengan menggunakan limbah abu sekam padi dan limbah cangkang kerang sebagai pengganti sebagian semen.

METODE

Persentase Campuran Dan Perhitungan Mix Design

Persentase campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah 10% ASP + 2,5 CK (Variasi 1), 12,5% ASP + 2,5% CK (Variasi 2), 10% ASP + 2,5% CK + 0,25% Sika VZ (Variasi 3) dan 12,5% ASP + 2,5% CK + 0,25% Sika VZ (Variasi 4). ASP (Abu Sekam Padi) yang digunakan merupakan abu sekam padi yang lolos ayakan No.200 dan CK (Cangkang Kerang) yang digunakan merupakan serbuk cangkang yang lolos ayakan No.200. Sedangkan untuk aditif yang digunakan pada variasi 3 dan variasi 4 adalah aditif dengan merk dagang Sika VZ yang merupakan jenis aditif tipe D (*water reducer*). Untuk mempermudah pemahaman dan pelaksanaan dapat dilihat *flowchart* penelitian pada **Gambar 1** dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Material-material yang digunakan seperti batu pecah dan pasir dilakukan uji karakteristik seperti berat jenis, kadar air resapan, kadar lumpur, dan analisa saringan. Tujuan dari analisa karakteristik tersebut adalah untuk memastikan bahwa material yang digunakan sudah sesuai standar perencanaan beton. Sedangkan untuk abu sekam padi dan cangkang kerang hanya dilakukan uji berat jenis dan kadar air resapan. Selain untuk mengetahui karakteristik material, hasil dari uji tersebut berpengaruh terhadap *mix design* beton karena menjadi variabel input saat perencanaannya campurannya. Perencanaan campuran beton pada penelitian ini menggunakan Metode DOE (Departmen Of Environment) dengan kuat tekan rencana sebesar 35 MPa. Mix Design Penelitian dapat dilihat pada **Tabel 1** dibawah ini.

Tabel 1. Mix Design Metode DOE (Department Of Environment)

	URAIAN	Tabel/Grafik	Nilai
1.	<i>Kuat tekan karakteristik</i>	Ditetapkan	35 MPa
2.	Deviasi standar	Ditetapkan	0 MPa
3.	Nilai tambah (margin)	1,64 x SD	0 MPa
4.	Kekuatan rata-rata yang ditargetkan	(1+3)	35 MPa
5.	Jenis semen	Ditetapkan	Tipe 1
6.	Jenis agregat : kasar dan halus	Dipilih	b.pecah,p.alami
7.	<i>Faktor air semen bebas</i>	Grafik (terlampir)	0,39
8.	Faktor air semen maximum	PBI	0,55
9.	Slump	Ditetapkan	10 cm
10.	Ukuran agregat max	Ditetapkan	2 cm
11.	Kadar air bebas	Tabel (terlampir)	204,9 liter
12.	Kadar semen	11 : 8	525,38 kg
13.	Kadar semen minimum	Ditetapkan	325 kg
14.	Kadar semen penyesuaian	PBI	525,38 kg
15.	Faktor air yang disesuaikan	–	–
16.	Susunan besar butir agregat halus	Grafik (terlampir)	Zona 1
17.	Persen agregat halus	Grafik (terlampir)	49%
18.	Berat jenis relatif, agregat	Dihitung	2,72319 kg/m ³
19.	Berat jenis beton	Grafik (terlampir)	2425 kg/m ³
20.	Kadar agregat gabungan	19-12-11	1694,72 kg
21.	Kadar agregat halus	17x20	830,41 kg
22.	Kadar agregat kasar	20-21	864,30 kg

Per m³ : Ag.kasar 864,30 kg, ag.halus 830,41 kg, semen 525,38 kg, air 204,9 liter

Dari perhitungan *mix design* diatas dapat diketahui untuk proporsi normal tanpa limbah didapatkan berat per m³ yaitu agregat kasar 864, 30 kg, agregat halus 830,41 kg, semen 525,38 kg dan air 204,9 liter. Sedangkan untuk variasi uji coba maka untuk kebutuhan semen disesuaikan sesuai dengan persentase limbah yang digunakan. Kebutuhan semen tiap variasi dapat dilihat pada **Tabel 2** dibawah ini.

Tabel 2. Proporsi Campuran Dan Kebutuhan Semen Tiap Variasi

Kode	Proporsi Campuran	Semen (kg)	Aditif (liter)
V1 (Variasi 1)	10% ASP + 2,5% CK	459,7	0
V2 (Variasi 2)	12,5% ASP + 2,5% CK	446,6	0
V3 (Variasi 3)	10% ASP + 2,5% CK + 0,25% Sika VZ	459,7	1,31
V4 (Variasi 4)	12,5% ASP + 2,5% CK + 0,25% Sika VZ	446,6	1,31

Ket : Abu Sekam Padi (ASP)
Cangkang Kerang (CK)

Threatment Limbah Abu Sekam Padi Dan Cangkang Kerang

Cetakan yang digunakan pada penelitian ini adalah silinder baja dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Pembuatan benda uji menggunakan *concrete mixer* dengan pengujian *slump test* untuk memberikan kontrol *workability* untuk beton segar. Slump yang direncanakan sebesar 10 cm dengan toleransi minimal dan maksimal 2 cm. Pada beton tepat mutu standar deviasi direncanakan sebesar 0 MPa sehingga perlu adanya pelaksanaan yang teliti, terkontrol dengan baik, dan memenuhi standar-standar yang berlaku. Untuk memastikan bahwa material limbah sesuai dengan yang disyaratkan maka sebelum limbah digunakan sebagai pengganti semen, limbah-limbah tersebut diberikan *threatment*. Untuk limbah sekam padi, sebelum material tersebut digunakan sebagai pengganti semen, limbah tersebut dilakukan lolos analisa saringan No.200. Sedangkan untuk limbah cangkang kerang dilakukan beberapa *threatment* sebagai berikut :

- Limbah cangkang kerang dilakukan perendaman selama 1 x 24 jam, kemudian cangkang kerang dicuci dibawah air mengalir untuk membersihkan kotoran dan menghilangkan kadar garam.
- Setelah dipastikan bersih, selanjutnya keran-kerang dioven dengan suhu 100°C dalam kurun waktu 1 x 24 jam.
- Cangkang kemudian dikeluarkan, dan didiamkan pada suhu ruang sebelum dihancurkan. Pada penelitian ini cangkang kerang dihancurkan dengan bantuan mesin los angeles.
- Serbuk-serbuk dari hasil pecahan kerang tersebut kemudia diayak menggunakan saringan No.200.
- Serbuk cangkang kerang yang digunakan adalah serbuk dengan butiran lolos ayakan No.200.

Metode Pelaksanaan Pembuatan Benda Uji

Limbah abu sekam padi dan cangkang kerang yang telah dilakukan *threatment* dan sudah teruji analisa saringan No.200 siap digunakan sebagai bahan campuran penyusun beton. Untuk menghasilkan beton tepat mutu selain material yang digunakan harus sesuai standar, perlu adanya metode pelaksanaan yang terkontrol. Metode pelaksanaan yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

- Material ditimbang sesuai dengan proporsi dari hasil perhitungan *mix design* baik untuk beton normal ataupun beton variasi.

- b. Memastikan alat-alat dapat bekerja secara baik dan normal. Dan memastikan bahwa mold baja sudah terolesi dengan pelumas agar saat pelepasan beton tidak terjadi retakan.
- c. Seluruh material yang sudah ditimbang, dimasukkan kedalam concrete mixer satu per satu.
- d. Selama *concrete mixer* berputar, lakukan kontrol terhadap campuran apakah ada yang menggumpal, jika terdapat gumpalan lakukan rojokan agar tercampur rata.
- e. Waktu aduk yang digunakan adalah 10 menit terhitung sejak air ditambahkan.
- f. Jika beton segar sudah homogen selanjutnya dilakukan kontrol *workability* dengan uji slump.
- g. Jika hasil *slump* sudah sesuai rencana maka selanjutnya beton segar dimasukkan kedalam *mold*.
- h. Lakukan rojokan setiap sepertiga dari tingginya sebanyak 15 kali rojokan.
- i. Lakukan penggetaran dari sisi samping mold dengan palu karet.
- j. Ratakan sisi atas beton pada cetakan dan berikan kode pengecoran.
- k. Setelah beton *setting* buka cetakan dan lakukan *curing* pada suhu ruang.

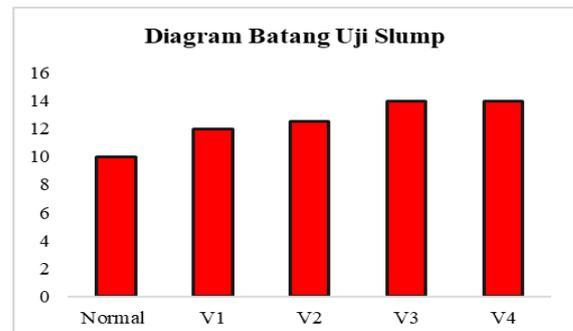
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Slump

Pengujian slump bertujuan untuk mengetahui *workability* beton. Sebelum campuran dicetak menjadi benda uji, beton segar dilakukan uji slump. *Slump* yang direncanakan pada penelitian ini sebesar 10 cm. Aktual *slump* dapat dilihat pada **Tabel 3** dibawah ini.

Tabel 3. Slump Setiap Variasi Benda Uji

No	Kode Variasi	Slump (cm)
1	Normal	10
2	V1	12
3	V2	12,5
4	V3	14
5	V4	14



Gambar 2. Diagram Batang Uji Slump

Dari **Tabel 3** dan **Gambar 2** dapat diketahui beton dengan variasi normal memiliki nilai slump sebesar 10 cm sesuai dengan yang direncanakan, sedangkan untuk variasi limbah hanya variasi 1 yang memenuhi standar slump rencana yaitu 10 cm, ketiga variasi lainnya melebihi standar slump dan toleransi yang direncanakan.

Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari *Trial Mix 1*

Pada penelitian ini, *trial mix* dilakukan dua kali. *Trial mix* pertama adalah untuk mendapatkan waktu aduk yang tepat untuk menciptakan beton tepat mutu. Campuran yang digunakan pada *trial mix* pertama adalah campuran normal. Pengujian kuat tekan beton pada *trial mix 1* dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan adalah silinder diameter 10 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 2 buah. Sedangkan untuk *trial mix 2* adalah percobaan untuk mendapatkan proporsi yang tepat untuk menciptakan beton tepat mutu. Waktu aduk yang digunakan pada *trial mix* kedua adalah hasil waktu aduk optimum yang didapatkan pada *trial mix 1*.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 hari *Trial Mix 1*

Durasi Aduk (Menit)	Slump (cm)	Bacaan (N)	Luas (mm ²)	Fc 7 Hari (MPa)	Konversi	Fc 28 Hari (MPa)
7	8	176.800	7853,982	22,511	0,65	34,632
		174.700	7853,982	22,243	0,65	34,221
		<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>		22,377	-	34,426
10	10	178.800	7853,982	22,766	0,65	35,024
		178.700	7853,982	22,753	0,65	35,004
		<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>		22,759	-	35,014

Dari hasil perhitungan serta olah data pada **Tabel 4.14** diatas dapat diketahui kuat tekan yang dihasilkan dengan waktu aduk 7 menit berturut-turut 22,511 MPa dan 22,243 MPa. Hasil kuat tekan tersebut kemudian dikonversikan ke umur 28 hari dengan hasil berturut-turut 34,221 MPa dan 34,426 MPa, dengan kuat tekan rata-rata 34,426 MPa. Sedangkan variasi normal dengan waktu aduk 10 menit mendapatkan nilai kuat tekan pada umur 7 hari berturut-turut 22,776 MPa dan 22,753 MPa. Hasil kuat tekan tersebut kemudian juga dikonversikan ke umur 28 hari dengan hasil berturut-turut 35,024 MPa dan 35,004 MPa dan mendapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 35,014 MPa. Dari olah data tersebut dapat diketahui bahwa variasi normal dengan waktu aduk 10 menit lebih maksimal untuk mencapai kuat tekan rencana dan tepat mutu. Data kuat tekan beton umur 7 hari tersebut dapat digunakan sebagai acuan bahwa *mix design* yang direncanakan sudah sesuai dan layak untuk digunakan pada *mixing* selanjutnya. Sedangkan untuk memperkuat analisa kedepannya, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian kuat tekan beton umur 28 hari variasi normal.

Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari *Trial Mix 1*

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton Umur 28 hari *Trial Mix 1*

Durasi Aduk (Menit)	Slump (cm)	Bacaan (N)	Luas (mm ²)	Fc 28 Hari (MPa)
7	8	263.400	7853,982	33,537
		266.800	7853,982	33,970
		<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>		33,754
10	10	275.800	7853,982	35,116
		275.500	7853,982	35,078
		<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>		35,097

Dari hasil pengolahan dan olah data pada **Tabel 5** dapat diketahui hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan waktu aduk 7 menit mendapatkan nilai kuat tekan berturut-turut 33,537 MPa dan 33,970 MPa dengan hasil rata-rata kuat tekan sebesar 33,754 MPa. Dari rata-rata kuat tekan yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa kuat tekan tidak memenuhi dari syarat kuat tekan yang direncanakan yaitu sebesar 35 MPa. Sedangkan hasil kuat tekan beton umur 28 hari dengan waktu 10 menit mendapatkan nilai kuat tekan berturut-turut 35,116 MPa dan 35,078 MPa dengan hasil rata-rata kuat tekan sebesar 33,754 MPa. Dari rata-rata kuat tekan menunjukkan kuat tekan yang dihasilkan memenuhi syarat dari yang direncanakan.

Dari hasil kuat tekan 28 hari tersebut dapat diberikan sebuah kesimpulan bahwa hasil kuat tekan umur 7 hari dan 28 hari memiliki linierisasi, yaitu waktu aduk 10 menit lebih maksimal dalam menciptakan beton tepat mutu. Kuat tekan 28 hari pada tahap ini hanya digunakan sebagai data penguat dari data kuat tekan umur 7 hari sebelumnya. Sehingga dapat dipastikan lebih lanjut *mix design* yang dihitung dan direncanakan telah terbukti layak dan dapat digunakan untuk pembuatan benda uji selanjutnya.

Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari *Trial Mix 2*

Dari *trial mix* tahap 1 dapat diketahui bahwa waktu aduk 10 menit lebih efisien dan maksimal sehingga pada *trial mix* tahap 2 metode yang digunakan pada *trial mix* tahap 1 diterapkan. Pada tahap 2 dibuat campuran uji coba dengan tujuan untuk mengetahui proporsi yang tepat untuk menghasilkan beton tepat rencana. Hasil kuat tekan beton umur 7 hari dengan variasi limbah dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton Umur 7 hari *Trial Mix 2*

Kode Variasi	Slump (cm)	Bacaan (N)	Luas (mm ²)	Fc 7 Hari (MPa)	Konversi	Fc 28 Hari (MPa)
V1	11	178.700	7853,982	22,753	0,65	35,004
		178.700	7853,982	22,753	0,65	35,004
	<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>			22,753	-	35,004
V2	12	169.200	7853,982	21,543	0,65	33,143
		170.000	7853,982	21,645	0,65	33,300
	<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>			21,594	-	33,222
V3	14	200.000	7853,982	25,465	0,65	39,177
		190.000	7853,982	24,192	0,65	37,218
	<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>			24,828	-	38,197
V4	14	185.000	7853,982	23,555	0,65	36,238
		175.000	7853,982	22,222	0,65	34,280
	<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>			24,918	-	35,259

Dari perhitungan dan olah data diatas dapat diketahui bahwa beton dengan variasi limbah memiliki kuat tekan rata-rata berturut-turut 35,004 MPa, 33,222 MPa, 38,197 MPa dan 35,259 MPa. Dari rata-rata kuat tekan tersebut variasi 1 yaitu 10% ASP + 2,5% CK memiliki kuat tekan yang memenuhi rencana dan mendekati tepat mutu dengan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 35,004 MPa. Sehingga untuk pembuatan benda uji dan penelitian lebih lanjut digunakan variasi 1 atau 10% ASP dan 2,5% CK sebagai inovasinya.

Hasil Kuat Tekan Umur 7 Hari Proporsi Terpilih

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Terpilih Umur 7 Hari

Slump (cm)	Bacaan (N)	Luas (mm ²)	Fc	Konversi	Fc
			7 Hari (MPa)		28 Hari (MPa)
12	179.200	7853,982	22,753	0,65	35,102
	178.600	7853,982	22,753	0,65	34,985
<i>Kuat tekan rata-rata Fc (MPa)</i>			22,778	-	35,043

Dari tabel diatas dapat diketahui hasil kuat tekan beton variasi terpilih umur 7 hari berturut-turut 35,102 MPa dan 34,985 MPa. Adapun rata-rata yang dihasilkan sebesar 35, 043 MPa, dari rata-rata tersebut dapat diketahui bahwa hasil kuat tekan memenuhi dari standar rencana dan mendekati tepat mutu. Sedangkan untuk nilai slump sendiri masuk dalam standar rencana yaitu 10 ± 2 cm atau dapat diartikan bahwa *workability* dari beton tersebut baik.

Hasil Kuat Tekan Umur 28 Hari Proporsi Terpilih

Tabel 8. Hasil Kuat Tekan Beton Variasi Terpilih Umur 7 Hari

Benda Uji Ke-	Slump (cm)	Bacaan (N)	Luas (mm ²)	Fc 28 Hari (MPa)
1	12	276000	7853,982	35,141
2	12	258000	7853,982	32,850
3	12	221000	7853,982	28,139
4	12	298000	7853,982	37,943

Dari hasil pengujian diatas dapat dilihat hasil kuat tekan berturut-turut yaitu 35,141 MPa, 32,850 MPa, 28,139 MPa, dan 37, 943 MPa. Nilai kuat tekan yang dihasilkan memiliki keseragaman yang berbeda-beda. Dari nilai kuat tekan yang dihasilkan maka benda uji pertama yang dianggap untuk mewakili sampel lainnya. Nilai tersebut mendekati dari kuat tekan rencana 35 MPa. Nilai kuat tekan benda uji pertama tidak dilakukan olah data atau perhitungan karakteristik, karena dalam beton tepan mutu hasil kuat tekan yang dihasilkan pada display otomatis menjadi nilai karakteristik beton tersebut. Selain itu pada perencanaannya standar deviasi direncanakan sebesar 0 MPa sehingga untuk hasil akhir kuat tekan tidak perlu dilakukan perhitungan standar deviasi dan pembagian terhadap jumlah benda uji. Dalam pengertian lain satu benda uji sudah dapat mewakili dari karakteristik beton tersebut.

SIMPULAN

Setelah dilakukan penelitian dan dilakukan kajian serta analisa ilmiah terhadap hasilnya dapat ditarik sebuah kesimpulan yaitu Variasi 1 (10 % ASP dan 2,5% CK) menjadi variasi terpilih yang dapat menciptakan beton tepat mutu. Kuat tekan yang dihasilkan pada umur 7 hari yaitu sebesar 35,043 MPa dan pada umur 28 hari sebesar 35, 141 MPa, Abu sekam padi dan serbuk cangkang kerang dapat menggantikan sifat semen dengan proporsi tertentu, dan nilai slump terbesar dihasilkan pada variasi 3 dan 4. Untuk menyempurkan penelitian kedepannya diberikan saran antara lain : Perbandingan proporsi limbah dilakukan dengan *sampel* lebih banyak dan dengan range lebih kecil, tujuan dari hal tersebut adalah agar dapat diketahui karakteristik pengaruh dari limbah secara maksimal. Pengujian kuat tekan saat *trial mix* untuk penentuan variasi agar dilakukan pada standar umur betony aitu 7, 14, 21 dan 28 hari untuk mengetahui peningkatan kuat tekan beton setiap pertambahan umurnya. Untuk menciptakan beton selain tepat mutu, perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap proporsi limbah yang digunakan. Dan untuk penelitian selanjutnya disarankan dilakukan pengujian XRD agar dapat diketahui mikrostruktur setiap variasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hendrawati, A. S. (2021). Beton Ramah Lingkungan Dengan Abu Sekam Padi Sebagai Pengganti Sebagian Semen Pada Era New Normal. *Riset Rekayasa Sipil*, 1-5.
- Media Indonesia. (2021, Maret 25). *Media Indonesia*. Retrieved from Media Indonesia: <https://mediaindonesia.com/ekonomi/393247/indonesia-peringkat-ketiga-penghasil-beras-terbesar-di-dunia>
- Rahmadi, S. d. (2017). Pengaruh Serbuk Cangkang Kerang Terhadap Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Palu Dan Agregat Halus Pasir Mahakam. *Jurnal Teknik Universitas Mulawarman*, 1-9.
- SNI 03 2847. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : BSN.
- Sri Raharja, d. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi . *Matrik Teknik Sipil* , 1-8.
- Suhirkam, D. (2019). Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Abu Sekam Padi Terhadap Kekuatan Beton K- 400. *Jurnal Teknik Sipil*, 1-6.
- Syahrani, D. (2015). Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang (Kepah) Dan Limbah Kaca Sebagai Bahan Alternatif Substitusi Parsial Semen Untuk Campuran Beton . *Rekayasa Teknik Sipil* , 1-13.