

OPTIMALISASI PEMANFAATAN LIMBAH ABUTA (ABU SEKAM PADI, DAN SERBUK BATA) SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN BETON RAMAH LINGKUNGAN

Teguh Mulyo Wicaksono ^{1}, Muhammad Mukhlisin ¹, Leily Fatmawati ¹, Roselina Rahmawati ¹, Supriyadi ¹, Sukoyo ¹, Sudarmono ¹, Fajar Surya Herlambang ¹, Frida Anastasya ¹*

*¹ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Kota Semarang Jawa Tengah 50275
E-mail: teguh.mulyo@polines.ac.id

ABSTRACT

Construction prioritizes the strength of concrete without thinking about the negative impact on the environment. The cement industry is estimated to contribute 5-7% of CO₂ gas emissions in the world. On the other hand, Indonesia is also faced with environmental problems caused by various industrial waste. From this problem an innovation emerged, namely ABUTA (husk ash and brick ash). The aim of this innovation is to create a concrete innovation using Abuta Waste (Rice Husk Ash, and Brick Powder). For the manufacture of economical, environmentally friendly concrete to reduce the negative impacts caused by excessive use of cement and reduce industrial waste in Indonesia. In writing this proposal the author used the experimental writing method and data collection method. The concrete innovation applied is concrete with a mixture of variations in the composition of rice husk ash powder and red brick powder of 10% of the cement composition in conventional concrete so that it is more economical and environmentally friendly. In this study, the ACI (American Concrete Institute) mix design method was used with the required design quality of 30 MPa. It is hoped that this innovation can become an environmentally friendly concrete innovation to reduce the negative impacts of excessive cement use and reduce industrial waste in Indonesia. Based on the mix design, the proportion of ash mixture (rice husk ash and brick powder) is 1:1. Meanwhile, the ratio of the amount of ash mixture to cement is 10%: 90%. The compressive strength of concrete with a 0% Abuta mix variation (7 days old) was 19.5, while the concrete innovation with a 10% Abuta mix variation (7 days old) was 15.70 Mpa. This means that the 10% mixture reduces the compressive strength value by 46.28% below the 0% abuta mixture variation. Using a mixture of 10% ash (rice husk ash and brick powder) in innovative concrete can reduce production costs by IDR. 76,700/m³. Based on the materials obtained in this manufacture, it can be concluded that to obtain optimal compressive strength, better quality materials are needed. The application of concrete can be applied in casting work floors and non-structural construction work such as buildings that require general load power such as housing, sculpture, home interiors and others.

Keywords: *Structural Concrete, red brick powder, rice husk ash, environmentally friendly.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di Indonesia terus berkembang, sehingga kebutuhan akan beton sebagai bahan bangunan meningkat. Pembangunan konstruksi memprioritaskan kekuatan beton tanpa memikirkan dampak buruk bagi lingkungan yaitu mengakibatkan emisi udara terutama emisi CO₂ yang berpengaruh pada perubahan iklim

(Guereca et al. 2012; Stafford 2015). Industri semen diperkirakan menyumbang sebesar 5-7% emisi gas CO₂ di dunia (Hasanbeigi et al., 2012; Reza et al., 2013; Stafford et al., 2015). Saat ini, pemerintah Indonesia telah memiliki komitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 26% dengan usaha sendiri dan 41% dengan bantuan internasional yang telah tertulis dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi

Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (Setkab RI, 2011).

Di sisi lain, Indonesia dihadapkan pada permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh berbagai limbah industri. Sekam padi merupakan limbah dari industri penggilingan padi. Menurut Ismunadji (1988) bahwa industri penggilingan dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya hilang. Jika sekam padi tidak dimanfaatkan dengan baik maka menimbulkan pencemaran lingkungan. Namun dalam dunia teknologi, abu sekam padi belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Dengan melihat kandungan silika yang cukup tinggi, abu sekam padi dapat digunakan sebagai substitusi semen untuk campuran beton.

Penambahan limbah bata merah juga dipilih sebagai bahan inovasi untuk campuran beton karena memiliki komposisi senyawa yang mirip dengan semen yaitu SiO_2 , Al_2O_3 dan Fe_2O_3 lebih dari 70%, sehingga tergolong sebagai pozzolan aktif yang menyerupai sifat semen dan memiliki kandungan silika tinggi yang diharapkan dapat mengganti sebagian semen dan meningkatkan stabilitas campuran beton.

Dari uraian diatas muncul sebuah inovasi beton ramah lingkungan yang disebut Inovasi Beton. Inovasi Beton adalah beton dengan campuran variasi komposisi serbuk abu sekam padi dan serbuk bata merah sebesar 10% dari komposisi semen pada beton konvensional sehingga, menjadi beton ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi.

Inovasi beton diharapkan dapat menjadi inovasi beton ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi, guna mengurangi dampak buruk akibat penggunaan semen yang berlebihan serta mengurangi limbah industri di Indonesia.

Sehingga dapat mendukung program aksi pemerintah dalam menurunkan gas emisi rumah kaca.

Tujuan

Berdasarkan dari permasalahan tersebut, maka tujuan dari penulisan dan perancangan Beton adalah mengetahui desain campuran Beton dengan menggunakan pemanfaatan limbah pemanfaatan limbah abuta (abu sekam padi, dan serbuk batu bata) sehingga memenuhi standar kuat mutu beton;

Mengetahui dampak yang dihasilkan Beton dengan menggunakan pemanfaatan limbah ABUTA (Abu Sekam Padi, Dan Batu Bata) beton ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi; dan mengetahui pengujian apa saja yang dilakukan pada Beton sehingga menjadi inovasi beton yang ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Adapun tahap pelaksanaan penelitian sebagai berikut:

1. Tahap perencanaan, pengujian pendahuluan (uji fisis), pembuatan benda uji, pengujian tekan beton, analisis data.
2. Data yang diperlukan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu:
3. Data primer yang diperoleh dari hasil pengujian eksperimen dan pengamatan di laboratorium yaitu melalui pengujian diantaranya: Pengujian agregat halus yang berasal dari muntilan, Magelang. Pengujian agregat kasar yang berasal dari Mranggen, Demak. Pengujian kuat

tekan sampel beton umur 7 dan 14 hari.

4. Data sekunder didapat dari literature / referensi berupa buku-buku dan tesis yang berhubungan untuk menunjang penelitian.

Klasifikasi Beton

Menurut SNI 2847:2019, beton adalah campuran semen *Portland* atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*) yang membentuk massa yang padat. Kekuatan, keawetan, dan sifat beton sangat bergantung pada sifat bahan, rasio perbandingan bahan - bahannya, pengerjaan, pengadukan, pemasangan adukan, serta perawatan beton selama proses pengerasannya (Tjokrodinuljo, 1996). Kuat tekan beton adalah kemampuan beton menerima gaya tekan persatuan luas. Berdasarkan kuat tekannya, beton dikelompokkan ke dalam beberapa klasifikasi menurut SNI 2847-2019:

Tabel 1.
SNI 2847-2019

Kegunaan	Jenis beton	Nilai f_c' minimum (MPa)	Nilai f_c' maksimum (MPa)
Umum	Berat normal dan berat ringan	17	Tidak ada batasan
Sistem rangka pemikul momen khusus dan dinding struktural khusus	Berat normal	21	Tidak ada batasan
	Berat ringan	21	35 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Batasan diizinkan untuk dilewati bila bukti hasil eksperimental dari elemen struktur yang terbuat dari beton ringan menunjukkan kekuatan dan keteguhan (*foughness*) yang sama atau melebihi dari elemen yang dibuat dengan menggunakan beton normal dengan kekuatan yang sama.

Beton Ramah Lingkungan

Beton ramah lingkungan adalah beton yang menggunakan limbah

sebagai salah satu komponen penyusunnya dan proses produksinya tidak mengarah pada perusakan lingkungan (Kuchya, 2013). Menurut The Institution of Structural Engineers (1999), pembuatan material penyusun beton yang ramah lingkungan ini dapat dilakukan dengan mewujudkan 3 (tiga) usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yakni: 1) Pengurangan emisi gas rumah kaca; 2) Efisiensi energi dan material dasar; dan 3) Penggunaan material buangan (*wasted material*).

Pembuatan beton ramah lingkungan (*green concrete* dan *sustainability*) tentunya dapat dilakukan dengan langkah – langkah yang tepat diantaranya:

1. Membuat beton dengan mutu yang baik, hal ini dapat memberikan dampak masa layan yang baik dari material beton yang dipakai untuk konstruksi. Sehingga konstruksi tidak perlu sering melakukan rehabilitasi dan memproduksi beton berulang – ulang pada konstruksi yang sama.
2. Melakukan inovasi pada pengurangan semen, dalam produksi semen dan pada proses hidrasi beton semen mengeluarkan karbon yang menyumbang dalam pemanasan suhu global. Menurut penelitian yang dilakukan Syahwati dan Wahyuni (2018) melakukan substitusi semen dengan bubuk cangkang telur pada campuran mortar dimana jumlah seluruh kubus mortar 84 buah dengan dimensi 50 mm. Setiap variasi memiliki 8 buah kubus mortar untuk kuat tekan dan 4 buah kubus mortar untuk absorpsi. Rentang nilai initial *flow* yang digunakan yaitu 105% - 115%. Benda Uji mortar direndam selama 26 hari dan pengujian mortar

dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan mortar terbesar terjadi pada penambahan 12,5% bubuk cangkang telur sebesar 13,49 MPa dengan persentase kenaikan sebesar 22,04% dari mortar normal. Nilai absorpsi mortar terkecil terjadi pada penambahan 12,5% bubuk cangkang telur sebesar 8,76%.

3. Menggunakan material sisa atau limbah sebagai substitusi bahan penyusun beton baik semen, agregat halus, maupun agregat kasar yang dapat memberikan dampak efisiensi bagi limbah lingkungan dan biaya produksi beton.

Semen Portland

Semen *Portland* adalah suatu bahan yang mempunyai sifat kohesif dan adhesif apabila bahan ini dicampurkan dengan bahan yang lain maka memungkinkan menyatukan menjadi satu kesatuan yang padat seperti batu, sehingga didalam membangun bangunan / konstruksi banyak menggunakan semen *Portland* sebagai bahan pekerjaan beton.

Bahan utama pembentuk semen adalah Kapur (CaO) yang berasal dari batu kapur; Silika (SiO₂) yang berasal dari lempung; alumina (Al₂O₃) yang berasal dari lempung, sedikit magnesium (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisi ditambahkan oksida besi dan untuk mengatur waktu ikat semen ditambahkan gipsum (CaSO₄.2H₂O). Semen yang digunakan adalah semen PCC tipe 1.

Abu Sekam Padi

Sekam padi merupakan limbah dari industri penggilingan padi. Menurut Ismunadji (1988) bahwa industri penggilingan dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi, dan sisanya hilang. Jika sekam padi tidak

dimanfaatkan dengan baik maka menimbulkan pencemaran lingkungan. Namun dalam dunia teknologi, abu sekam padi belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Menurut Mittal (1997) sekam padi merupakan salah satu sumber penghasil silika terbesar setelah dilakukan pembakaran sempurna. Abu sekam padi hasil pembakaran yang terkontrol pada suhu tinggi (500-600°C) menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia (Laksono Putro, 2007). Menurut Mittal (1997) mengatakan abu sekam padi mengandung silika sebanyak 90-98% berat kering. Karena terdapat kandungan silika yang tinggi, abu sekam padi dapat digunakan sebagai bahan dasar industri seperti silica gel, gelas, keramik, semen, industri farmasi, kosmetik dan detergen. Abu sekam padi berasal dari pembakaran sekam padi selama 6 jam sehingga berwarna keabuan, lalu diayak menggunakan ayakan No.200.

Serbuk Batu-Bata

Limbah batu-bata merupakan limbah konstruksi dari hasil pembongkaran berbagai bangunan. Penggunaan limbah batu bata juga dapat berdampak positif terhadap ekonomi. Selama ini limbah bangunan hanya dibuang begitu saja. Bahkan untuk membuang dari lokasi konstruksi juga membutuhkan biaya yang tidak sedikit (Sulistiyana, 2014).

Batu-bata baru umumnya memiliki kandungan senyawa kimia silika oksida (SiO₂) berkisar 55%-65% dan alumina oksida (Al₂O₃) berkisar 10%-25% (Hendro Suseno, 2010). Berbeda dengan limbah batu bata, komposisi kimia dari limbah batu bata terdiri dari 54%-61% silika oksida (SiO₂) dan 22%-32% alumina oksida (Al₂O₃) (Fernando Castro et al. 2009) Bubuk batu bata

merah yang digunakan adalah yang lolos ayakan No.200.

Pengujian Pendahuluan

Pengujian air didapat dari air baku bengkel dan laboratorium Bahan Bangunan jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang.

Agregat terdiri dari agregat halus dan agregat kasar. Pengujian pasir mengacu pada SNI 03-1970-1990 mengenai berat jenis dan penyerapan agregat halus, SNI 03-1968-1990 mengenai pengujian saringan agregat halus dan kasar, SNI 03-2816-1992 mengenai pengujian kadar organik dalam pasir untuk campuran mortar dalam beton

Pengujian agregat kasar, bentuk fisik mengacu pada PBI 1971, kadar lumpur mengacu SII 0052-80, gradasi mengacu pada PBI 1971, modulus kehalusan mengacu SII – 0052-80, dan keausan maksimum mengacu pada PBI 1971.

Pembuatan Benda Uji

Berikut Teknik pembuatan beton:

Tahap 1: Persiapan Alat dan Material

Tahap persiapan yang meliputi persiapan alat cetakan silinder Ø10 cm x 20 cm serta menyediakan material penyusun beton berupa semen, pasir, kerikil, abu sekam padi, bubuk batu bata, air.

Tahap 2: Proses Treatment dan Pengujian Material

Pembakaran sekam padi lalu di ayak. Kemudian Bubuk batu bata merah yang dilakukan penghalusan dengan alu kemudian diayak. Selanjutnya melakukan pengujian pada pasir dan kerikil.

Tahap 3: Pembuatan Campuran Abuta (campuran abu sekam padi dan bubuk batu bata merah)

Membuat campuran Abuta dengan perbandingan volume sebesar 1:1 lalu dicampurkan hingga homogen.

Tahap 4: Perencanaan Mix design selanjutnya Pembuatan Benda Uji

Berdasarkan uji gradasi didapatkan perbandingan campuran 30 agregat halus: 70 agregat kasar. Pada grafik agregat campuran 2 dan 3 dengan butiran maksimal agregat kasar 10 mm dan Fas 0,3. Kami merencanakan campuran bahan dengan benda uji kontrol sebanyak 6 buah.

PERHITUNGAN MIX DESIGN		
Proyek	:-	
Nama	: Trial Beton Fc' 50	
Tanggal	: 21 Februari 2022	
DAFTAR ISI PERENCANAAN CAMPURAN BETON SK SNI T - 15 - 1991 - 03		
No	Uraian	Mutu
1	Kuat tekan yang di syarakan, pada 28 hari	fc = 40 Mpa
2	Defiasi Standar (s)	7 Mpa
3	Nilai tambah / margin (m) = 1.34 x (2)	9,38 Mpa
4	Kuat tekan yang ditargetkan (1) + (3)	49,38 Mpa
5	Jenis Semen (sudah ditetapkan)	ppc
6	Jenis Agregat kasar	Batu Pecah
	Jenis agregat halus	Pasir alami
7	Faktor air semen (gb 1.1)	0,3
8	Faktor air semen (Tabel 1.4)	0,28 - 0,55
9	Dipakai fas	0,3
10	Nilai slump (Tabel . 1.5)	50 mm - 125 mm
11	Ukuran maksimum butiran kerikil	20 mm
12	Kebutuhan air (Tabel .1.6)	220 liter
13	Kebutuhan semen(12) : (9)	767,00 kg
14	Kebutuhan Semen (Tabel. 1.7)	767 kg
15	Dipakai semen + substitusi	767,00 kg
16	Penyesuaian jumlah air (fas)	Tetap 162,5 liter dan 0,5
17	Golongan pasir	Gol II (agak kasar)
18	Persentase pasir terhadap campuran (*)	30 %
19	Berat jenis campuran(**)	2,60
20	Berat beton (Gb.1.2)	2400 kg/m ³
21	Kebutuhan agregat gabungan (20 - 12 - 13)	1413,00 kg
22	Kebutuhan pasir (18) x (21)	207,00 kg
23	Kebutuhan kerikil (21) - (22)	1173,00 kg
KEBUTUHAN BAHAN TOTAL 1 m ³		
24	Berat total	2400 kg/m ³
25	Air	220 liter
26	Semen	767,00 kg
27	Pasir	207,00 kg
28	Kerikil	1173,00 kg
POROSI UNTUK SATU KALI ADUKAN BETON		
29	Berat total	3,716 kg
30	Air	0,345 liter
31	Semen	1,445 kg
32	Pasir	0,390 kg
33	Kerikil	2,210 kg
34	Campuran Inovasi	0,000 kg
35	Admixtura Gula	1,619 %
36	Perbandingan berat semen : pasir : kerikil	1 : 0,27 : 1,53

Gambar 1. Perhitungan mix design

Tahap 5: Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji tidak hanya dimaksud untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang tinggi tapi juga dilakukan untuk memperbaiki mutu dari keawetan beton, kedekatan terhadap air,

ketahanan terhadap aus, serta stabilitas dari dimensi struktur. Dalam perawatan yang baik dimaksudkan agar beton matang, sehingga menghindari timbulnya retakan pada permukaan pada permukaan beton akibat terlalu cepatnya kehilangan air pada saat beton ini masih berada dalam keadaan plastis.

Tahap 6: Pengujian Beton

Pengujian ini dilakukan pada beton umur 7 hari dan 14 hari dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh inovasi campuran inovasi terhadap kuat tekan beton yang dibuat berdasarkan *mix design*.

Tahap 7: Analisa Data dan Kesimpulan

Melakukan analisa data dari pengujian yang dilakukan dan menarik kesimpulan dari pembuatan benda uji beton yang dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan terdiri dari pengujian air baku untuk campuran beton yang ada di laboratorium bahan bangunan ditinjau dari PH, warna dan bau.

Tabel 2.
Pengujian Air

Material	pH	Bau	Warna
Air	6.4	Tidak Berbau	Tidak Berwarna

Pengujian Agregat kasar, antara lain pengujian berat jenis, pengujian bobot isi, pengujian daya resapan air dan porositas serta pengujian kadar air.

Tabel 3.
Pengujian Agregat kasar

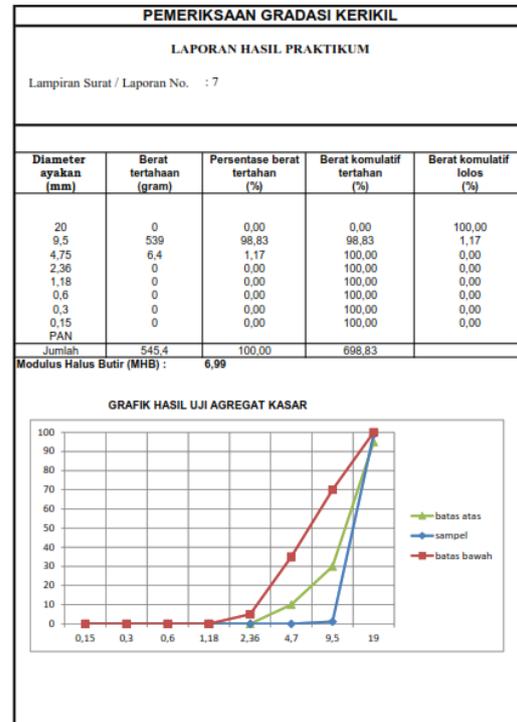
Material	Berat Jenis (t/m ³)	Berat Volume (t/m ³)	Absorpsi (%)	Kelembapan (%)
Batu Pecah	2.73	1.43	4.84	6.66

Pengujian Agregat halus, antara lain pengujian berat jenis, pengujian

bobot isi, pengujian daya resapan air dan porositas serta pengujian kadar air.

Tabel 4.
Pengujian Agregat halus

Material	Berat Jenis (t/m ³)	Berat Volume (t/m ³)	Absorpsi (%)	Kelembapan (%)
Pasir	2.74	1.76	5.00	5.00



Gambar 2. Gradasi agregat kasar

Semen *Portland* tipe PCC tipe 1 yang digunakan dalam pembuatan benda uji memiliki berat jenis dan kemampuan ikat serta kandungan kimiawi sebagai berikut:

Tabel 5.
Kandungan dan mutu semen tipe PCC

Material	Berat Jenis (t/m ³)	Compressive Strength (MPa)			Setting Time (hr:min)	
		3 hari	7 hari	28 hari	initial	final
PCC	3.15	22.6	31.6	38.7	1:58	2:30
Chemical Content (%)						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	others
21.7	5.7	3.2	63.1	2.8	2.2	1.3

Komposisi kandungan kimia sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya adalah sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO₂) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen

Portland, bahan isolasi, husk-board dan campuran pada industri bata merah.

Komposisi Abu Sekam Padi Komponen	% Berat
SiO ₂	86,90 - 97,30
K ₂ O	0,58 - 2,50
Na ₂ O	0,00 - 1,75
CaO	0,20 - 1,50
MgO	0,12 - 1,96
Fe ₂ O ₃	0,00 - 0,54
P ₂ O ₅	0,20 - 2,84
SO ₂	0,10 - 1,13
Cl	0,00 - 0,42

Gambar 3. Komposisi Kimiawi Sekam

Dengan komposisi kandungan kimia seperti diatas, sekam dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan diantaranya adalah sebagai bahan baku pada industri bahan bangunan, terutama kandungan silika (SiO₂) yang dapat digunakan untuk campuran pada pembuatan semen *Portland*, bahan isolasi, husk-board dan campuran pada industri bata merah

Bubuk bata merah berasal dari penggilingan limbah batu bata sehingga didapatkan butiran-butiran halus. Batu bata baru memiliki kandungan senyawa kimia silika oksida (SiO₂) berkisar 55%-65% dan alumina oksida (Al₂O₃) berkisar 10%-25% (Hendro Suseno. 2014). Berbeda dengan limbah batu bata. Komposisi kimia dari limbah batu bata terdiri dari 54%-61% silika oksida (SiO₂) dan 22%-32% alumina oksida (Al₂O₃) (Fernando Castro et all. 2009). Bubuk bata merah memiliki bentuk partikel yang *irregular* seperti yang terlihat dari hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada gambar 4, serta memiliki karakteristik kimia seperti yang tercantum pada tabel 6.

Tabel 6.

Spesifikasi dan karakteristik kimia bubuk bata merah yang digunakan

Material	Berat Jenis (t/m ³)	Compressive Strength (MPa)			Setting Time (hr:min)	
		3 hari	7 hari	28 hari	Initial	final
Bubuk Bata Merah	2.66	31.5	31.8	34.6	2:10	2:57
Chemical Content (%)						
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃	others
55.5	17	5.8	10.5	2.4	1.9	6.9

Menurut Badan Pembinaan Kontruksi Kementerian PU, dalam satu tahun Indonesia berhasil menghasilkan beton sebanyak 64,5 juta ton. Sementara tingkat konsumsi hanya sekitar 54,5 juta ton. Sementara tingkat konsumsi hanya sekitar 54,5 juta ton (sindonews, 2013). Hal ini merupakan sebuah peluang emas bagi sektor industri beton untuk terus melakukan inovasi beton untuk mendorong pertumbuhan ekonomi negara. Inovasi yang dapat dipilih karena sifat bahan penyusun beton yang ramah lingkungan dan ekonomis.

Beton dengan campuran variasi komposisi serbuk abu sekam padi, dan serbuk bata merah sebesar 10% dari komposisi semen pada beton konvensional sehingga, menjadi beton ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi.

Penggunaan limbah abuta sebagai komponen penyusun beton dalam mensubstitusi penggunaan semen memberikan efisiensi biaya produksi beton. Rancangan anggaran biaya untuk pembuatan beton inovasi per 1 m³ didapatkan sebesar Rp1.513.000 dibandingkan dengan beton normal sebesar Rp1.590.000 dengan efisiensi biaya sebesar Rp77.000 atau sebesar 4,82% untuk produksi m³. Efisiensi ini berbanding linear dengan volume pekerjaan yang dilakukan.

Kuat Tekan yang dihasilkan oleh inovasi beton adalah sebagai berikut:

Time	- 07:01:24
Serial Number	- 1890-1-1501
Sample Reference	- CHAKA SIFONDRA 1
Sample Type	- Cylinder Core
Sample Units	- SI
Sample Age	- 0
Maximum Load	- 123.30kN
Pace Rate	- 4.70kN/Sec
Stress	- 15.70N/mm ²
Sample Height	- 200.00mm
Weight in Air	- 10500.00g
Weight in Water	- 6000.00g
Sample Density	- 2333.33kg/m ³
Sample Diameter	- 100.00mm

Gambar 4. Uji kuat Tekan 7 Hari

Time	- 12:33:38
Serial Number	- 1890-1-1501
Sample Reference	- chaka 1
Sample Type	- Cylinder Core
Sample Units	- SI
Sample Age	- 0
Maximum Load	- 152.51kN
Pace Rate	- 4.70kN/Sec
Stress	- 19.42N/mm ²
Sample Height	- 200.00mm
Weight in Air	- 10500.00g
Weight in Water	- 6000.00g
Sample Density	- 2333.33kg/m ³
Sample Diameter	- 100.00mm

Gambar 5. Uji kuat Tekan 14 Hari

Pada usia beton 7 hari didapatkan kuat tekan beton 15.7 MPa, sedangkan pada usia 14 hari kuat tekan beton didapatkan 19.42 MPa jika di konversi berdasarkan umur beton beton 28 hari didapatkan mutu kuat tekan beton konversi sebesar 26.8 MPa. Mutu ini dapat dipakai pada sistem rangka pemikul rangka momen khusus (SPRMK) dan dinding struktural khusus sesuai SNI 2847-2019 dimana mensyaratkan mutu minimum pada SPRMK adalah 21 MPa. Sistem rangka pemikul momen khusus terdapat pada konstruksi portal yang terdiri dari elemen konstruksi balok, kolom, pelat dan dinding geser untuk menahan beban sendiri, beban mati tambahan, beban hidup, beban angin dan beban gempa. Hanya saja mutu beton yang didapat tidak cukup dalam persyaratan beton

untuk konstruksi yang terpapar alkali dan interusi air laut yang mana mensyaratkan mutu beton minimum 30 MPa.

Penggunaan limbah sekam padi dan batu bata pada inovasi beton sangat terbilang efektif. Hal ini dikarenakan selisih harganya yang terbilang cukup jauh namun memiliki kuat tekan yang terbilang tinggi. Maka, efektivitas reduksi semen dengan menggunakan limbah sekam padi dan limbah batu bata dapat digunakan untuk menciptakan inovasi beton beton ekonomis yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi.

Kemudian analisis berdasarkan *Life Cycle Assessment (LCA)* dari Inovasi Beton seperti table di bawah ini:

Tabel 7.
LCA Inovasi Beton

Material	Proses	Konsumsi Energi	Konsumsi energi untuk produksi semen
Abu sekam	<i>Dried, Combustion, mashed whit ball machine</i>	649,57 (1kg abu sekam)	1352,4 kJ (1kg semen)
Abu bata		66 kWh (50t serbuh bata)	110 kwh (1t semen)

Berdasarkan 3 Aspek di atas, Inovasi Beton dapat menjadi sebuah inovasi beton ramah lingkungan yang ekonomis serta bermutu tinggi. Berdasarkan Aspek Biaya, Inovasi Beton dapat menghemat biaya sebesar 4,82% .

Menurut Ahmad Basuki, tahun 2012 menjelaskan bahwa diantara upaya inovasi beton adalah dengan mereduksi penggunaan semen sebagai bahan pengikat beton, dengan melakukan pengkajian dan pemanfaatan material lain seperti *fly ash, hulk ash*, abu ampas tebu, metakaolin, *silica fume* sebagai pozzolan yang dapat mengurangi sebagian penggunaan semen. Mengembangkan rancang campur beton mutu tinggi, penggunaan material daur ulang, material buatan dan limbah industri seperti *tailing, bottom ash*,

feronikel dan gelas sebagai agregat. Menurut Rossavina, dkk (2016) telah menguji campuran B3 dan *fly ash* pada campuran beton dan mendapatkan Komposisi terbaik pada pembuatan beton campuran *fly ash* dan limbah karbit ini adalah pada komposisi *fly ash* 25% dan limbah karbit 10% dengan kuat tekan sebesar 18,59 MPa dengan kenaikan sebesar 13,14% dibanding beton normal. Sehingga pada prinsipnya substitusi bahan tambah pada beton dapat menambah atau mengurangi kekuatan namun dapat pula berkebalikan terhadap dampak lingkungan yang dapat disumbangkan, asalkan campuran beton tersebut masih masuk dalam klasifikasi dan syarat teknis yang diperlukan dalam konstruksi. Dalam hal ini dari segi kuat tekan, Inovasi beton dapat diaplikasikan di lapangan dalam pengecoran lantai kerja dan pekerjaan konstruksi nonstruktural seperti bangunan yang membutuhkan daya beban yang umum seperti perumahan, *sculpture*, *interior* rumah dan lainnya. Selain lebih hemat, dengan menggunakan Beton juga dapat membantu Indonesia mendukung adanya SDG (*Sustainable Development Goals*) yang ke 13 yaitu mengenai perubahan iklim dengan melakukan substitusi semen dalam rangka pengurangan jumlah penggunaan semen.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai inovasi beton inovasi menggunakan limbah abu sekam padi dan serbuk batu-bata sebagai bahan tambah pada semen sehingga dapat ditarik kesimpulan yaitu:

Berdasarkan *mix design*, diperoleh proporsi perbandingan campuran abuta(abu sekam padi dan serbuk batu-bata) yaitu 1:1. Sedangkan perbandingan

jumlah campuran abuta dengan semen yaitu 10%: 90%.

Kuat tekan beton dengan variasi campuran abuta 0% (usia 7 hari) sebesar 19,5, sedangkan inovasi beton dengan variasi campuran abuta sebanyak 10% (usia 7 hari) sebesar 15,70 Mpa. Hal ini pada campuran 10% menurunkan nilai kuat tekan 46,28 % dibawah variasi campuran abuta 0%.

Penggunaan campuran abuta (abu sekam padi, dan serbuk batu-bata) sebanyak 10% pada beton inovasi inovasi dapat menekan biaya produksi sebesar Rp. 76.700/m³

Berdasarkan material yang didapatkan dalam pembuatan ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih optimal diperlukan material yang lebih bagus kualitasnya.

Penerapan inovasi beton dapat diaplikasikan dalam pengecoran lantai kerja dan pekerjaan konstruksi nonstruktural seperti bangunan yang membutuhkan daya beban yang umum seperti perumahan, *sculpture*, *interior* rumah dan lainnya.

Saran

Proses pengolahan limbah sampai menjadi material yang siap untuk digunakan relatif lama sehingga diperlukan tenaga tambahan jika inovasi tersebut benar-benar diaplikasikan. Namun, tidak menutup kemungkinan biaya produksi tetap lebih murah. Disisi lain diperlukan penelitian lebih lanjut untuk melihat efektifitas campuran abuta pada beton.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. Apabila terdapat pendapat, temuan, dan kesimpulan atau rekomendasi dalam

tulisan ini adalah dari penulis dan tidak berkaitan dengan substansi yang bersifat institusional.

DAFTAR PUSTAKA

- Guereca L.P., N. Torres, C.R.J. Lopez, 2015. *The CoProcessing of Municipal Waste in a Cement Kiln in Mexico, A Life-cycle Assesment Approach*. Journal of Cleaner Production. 107, pp. 1-8
- Stafford, F.N., M.D. Viquez, J. Labrincha, D. Hotza, 2015. *Advances and Challenge for the Co-Processing in Lati American Cement Industry*. Procedia Material Science. 9, pp.571-577.
- Hasanbeigi A., H. Lu, C. Williams, L. Price, 2012. *International Best Practice for Pre-Processing and Orlando Co-Processing Municipal Solid Waste and Sewage Sludge in Cement Industry*. Ernest Lawrence Berkeley National Laboratory, California.
- Manurung, S.O. dan Ismunadji. 1988. *Morfologi dan Fisiologi Padi. Dalam Padi Buku I*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. Hal 55 – 102.
- Syahwati, M., & Wahyuni, A. S. 2018. *Pengaruh Variasi Presentase Bubuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Penambah Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Absorpsi Mortar*. 1-8.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. *“Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2019”*. Jakarta: BSN
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton, Jurusan Teknik Sipil*. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Achmad Basuki. 2012. *Beton Ramah Lingkungan*.
<http://sipil.ft.uns.ac.id/web/?p=868>
diakses tanggal 20/12/2021. Dimuat di Harian SUARA MERDEKA, Senin 1 Oktober 2012
- Mittal. Davinder, 1997. *Silica from Ash: A Valuable Product from Waste Material*. Resonance. Vol. 2(7), hal. 64-66.
- Laksono Putro, A dan Prasetyo,D. 2007. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*. Jurusan Kimia. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Rossavina, D; Dermawan D;, Ashari, L. 2016. *Studi pemanfaatan limbah b3 karbit dan fly ash sebagai bahan campuran beton siap pakai (bsp) (studi kasus : PT. Varia usaha beton)*. Jurnal PRESIPITASI. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Vol. 13 No.1 Maret 2016, ISSN 1907-187X
- Sulistiyana, P; J.H. Mulyo; Jamhari. 2014. *Konsumsi Beras Organik pada Tingkat Rumah Tangga di Kota Yogyakarta*. Jurnal Agro ekonomi. XXIV (1): 25-34.