

**BETON SELF COMPACTING CONCRETE RAMAH LINGKUNGAN YANG
BERKELANJUTAN DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH ABU MARMER,
ABU SEKAM PADI DAN ABU BATU**

Fatin Nurhidayah

NIM.A0118029

fatiannoer@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan beton pada dunia konstruksi sudah lama dikenal dan semakin luas penggunaannya. Seiring dengan laju pembangunan yang semakin pesat, beton telah banyak dipakai sebagai bahan utama yang digunakan dalam struktur. Salah satunya beton *Self Compacting Concrete*, yaitu beton yang dapat mengalir, mengisi celah tulangan dan sudut cetakan tanpa perlu alat getaran (*vibrator*) serta pemadatan selama proses penuangan. Pada penelitian beton *Self Compacting Concrete* kali ini yaitu, dengan memanfaatkan limbah abu sekam padi, sebagai bahan pengganti semen karena memiliki kandungan *silika* yang tinggi yang cocok sebagai *pozzolan* yang dapat digunakan sebagai material pengganti sebagian semen, limbah abu marmer merupakan limbah dari hasil pemotongan marmer dan abu batu merupakan limbah hasil gerusan pemecahan batu pada *stone crusher* (mesin penghancur/pemecah), limbah abu marmer dan limbah abu batu digunakan sebagai *filler* dalam agregat halus, dari pemanfaatan limbah tersebut dapat terciptanya beton *Self Compacting Concrete* yang ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah abu sekam padi, serbuk marmer dan abu batu dalam campuran beton dan kandungan kimia dari limbah tersebut. Metode yang digunakan dalam pembuatan beton adalah metode ACI. Setelah melakukan penelitian, diketahui *presentase optimum* abu sekam padi 10% dari berat semen, abu marmer 30% dan abu batu 5% dari berat pasir, dari *presentase* penggunaan limbah tersebut memperoleh kuat tekan 40 MPa umur 28 hari, dengan benda uji silinder berdiameter 15 x 30 cm.

Kata Kunci : *Self Compacting Concrete, Pozzolan, Filler.*

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Penggunaan beton pada dunia konstruksi sudah lama dikenal dan semakin luas penggunaannya. Seiring dengan laju pembangunan yang semakin pesat, beton telah banyak dipakai sebagai bahan utama yang digunakan dalam struktur. Dengan menggunakan beton *Self Compacting Concrete* (SCC), beton dapat mengalir dan mengisi celah tulangan dan sudut cetakan tanpa perlu alat getaran (*vibrator*) dan pemadatan selama proses penuangan. Untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, perlu dilakukan substitusi semen dengan material abu sekam padi serta pengganti pasir atau substitusi agregat halus pasir dengan material limbah abu marmer dan abu batu. Upaya pemanfaatan material limbah ini adalah sebagai alternatif pengganti agregat halus dan substitusi semen pada beton. Hal ini juga bertujuan agar terciptanya pembangunan infrastruktur yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

Rumusan Masalah

1. Apakah limbah abu marmer dan abu batu dapat dijadikan *filler* pada beton *self compacting concrete*?
2. Apakah abu sekam padi dapat menjadi bahan alternatif pengganti semen ?
3. Bagaimana pengaruh pemakaian limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu pada beton *self compacting concrete* ?
4. Apa sajakah kandungan kimia yang terdapat dalam limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu ?

Batasan Masalah

1. Penelitian ini menggunakan material limbah abu marmer yang berasal dari PT. Solo Marmer, abu sekam padi yang berasal dari Sragen, Jawa Tengah dan abu batu yang didapat di provinsi Jawa Tengah.
2. Pengujian penelitian ini diuji *Slump Flow* dengan diameter *slump* 65 cm.
3. Penelitian Ini dilakukan untuk benda uji silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
4. Faktor air semen yang digunakan adalah sebesar 0,32.
5. Pembuatan benda uji (*sample*) sebanyak 12 buah, dimana 3 buah benda uji beton *self compacting concrete* murni/tanpa menggunakan inovasi, 3 buah benda uji beton *self compacting concrete* menggunakan inovasi (abu sekam padi sebagai substitusi semen, limbah abu marmer

dan abu batu sebagai substitusi agregat halus), 3 buah benda uji beton *self compacting concrete* dengan menggunakan inovasi abu sekam padi sebagai substitusi semen, 3 buah benda uji beton *self compacting concrete* dengan menggunakan inovasi limbah abu marmer dan abu batu sebagai substitusi agregat halus.

6. Melakukan pengujian kuat tekan beton umur 28 hari.
7. Pengujian Kimia yang dilakukan hanya dengan pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*)
8. Ketetapan Berat Jenis
 - a) Abu Sekam Padi = 2.300
 - b) Abu Batu = 2.675
 - c) Limbah abu marmer = 2.67
9. Penggunaan Material Inovasi Abu Sekam Padi sebesar 10 % dari *Cement Titious*, Abu Batu sebesar 5% dan Limbah Abu Marmer sebesar 30% dari agregat halus.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui apakah limbah abu marmer dan abu batu dapat dijadikan *filler* pada beton *self compacting concrete*.
2. Mengetahui apakah abu sekam padi dapat menjadi bahan alternatif pengganti semen.

3. Dapat mengetahui bagaimana pengaruh pemakaian limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu pada beton *self compacting concrete*.

4. Mengetahui apa sajakah kandungan kimia yang terdapat dalam limbah abu marmer, abu sekam padi dan abu batu.

II. LANDASAN TEORI

Self Compacting Concrete

Self compacting concrete (SCC) adalah beton segar yang sangat plastis dan mudah mengalir karena berat sendirinya, mengisi keseluruhan cetakan karena beton tersebut memiliki sifat-sifat untuk memadatkan sendiri tanpa adanya bantuan alat penggetar (*vibrator*) untuk pemadatan.

Beton Ramah Lingkungan

Menurut The Institution of Structural Engineers/ISE, material penyusun beton yang ramah lingkungan ini dapat dilakukan dengan mewujudkan 3 (tiga) usaha kelangsungan dan konservasi lingkungan, yaitu:

1. Pengurangan emisi gas rumah kaca (terbesar adalah CO₂).
2. Efisiensi energi dan material dasar.
3. Penggunaan material buangan/waste.
4. Pengurangan efek yang mengganggu kesehatan/keselamatan pada

pengguna konstruksi, baik yang timbul selama proses konstruksi ataupun yang timbul selama operasi bangunan, dengan menggunakan Konsep 4R (*Reduce, Refurbish, Reuse and Recycle*).

Agregat Kasar

Berdasarkan ASTM C-33 dalam SNI 03-2847-2013 syarat dari agregat kasar adalah sebagai berikut

1. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% terhadap berat kering.
2. Agregat kasar berasal dari butiran-butiran yang keras dan tajam dan tidak berpori serta berbentuk mendekati kubus.
3. Menggunakan agregat kasar kecil (10-20 mm) agar tidak terdapat banyak rongga pada beton.
4. Besar butiran agregat maksimum tidak boleh lebih dari 1/5 jarak terkecil antara bidang-bidang samping dari cetakan, 1/3 dari tebal plat, atau 3/4 dari jarak bersih minimum antara batang-batang atau tulangan.

Agregat Halus

Agregat halus sering disebut dengan istilah pasir. Pasir adalah sebagian hasil dari batuan besar menjadi butiran batuan yang berukuran kecil. Pasir berfungsi

sebagai bahan pengisi yang berasal dari pasir alam. Ukuran butiran pasir umumnya berkisar antara 0,15 mm sampai 4,8 mm. Pasir yang baik adalah pasir yang memiliki butiran-butirannya kasar dan tajam.

Abu Sekam Padi

Abu sekam dipilih karena selain bersifat limbah dalam abu sekam padi terdapat kandungan silika yang tinggi. Abu sekam padi ini melewati proses pembakaran agar menghilangkan zat-zat organik dan menyisakan zat-zat yang mengandung silika. Silika inilah yang akan digunakan sebagai *pozzolan* dalam beton untuk menggantikan sebagian semen. Penambahan abu sekam padi dapat meningkatkan kuat tekan ketika 10% abu sekam padi digunakan untuk menggantikan semen *portland* (Bie, et al, 2015, hal. 168)..

Limbah Abu Marmer

Limbah pemotongan marmer memiliki banyak keuntungan seperti menurunkan porositas, menambah *workability* dan meningkatkan kekuatan umur awal (Demirel B, 2010). Menurut Bahar Demirel menggantikan pasir dengan limbah pemotongan marmer dapat meningkatkan kekuatan awal beton, hal tersebut dikarenakan efek *filler* limbah pemotongan marmer

Abu Batu

Abu batu saat ini merupakan bahan hasil sampingan dalam industri pemecahan batu (*stone crusher*) yang jumlahnya tidak sedikit.

Sika vixconcrete 1003

Superplasticizer yang digunakan adalah Sika Visconcrete 1003. Sika Visconcrete 1003 adalah *superplasticizer* generasi ketiga untuk beton dan mortar.

Air

Air merupakan bahan dasar yang penting untuk pembuatan beton. Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan sebagai pelumas antar butir agregat agar mudah dikerjakan dan dipadatkan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Penelitian Tugas Akhir ini akan menganalisis secara langsung dan objektif dengan tujuan menghasilkan suatu analisa mengenai *high early strength self compacting concrete* berbahan dasar campuran limbah serbuk pemotongan marmer dan limbah serbuk batu bata. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan studi pustaka dan penelitian secara langsung di laboratorium.

Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

Waktu pelaksanaan penelitian, pengujian, pelaksanaan, uji coba trial serta penyusunan tugas akhir dimulai pada tanggal 1 Oktober 2021 berlokasi di Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.

Pengujian Material

a) Abu Sekam Padi

Pengujian abu sekam padi mengacu pada SNI 15-2049-2004 mengenai standar kualitas arang aktif, seperti lolos mesh 200 minimal 90% dan kadar air 4,5% sedangkan untuk serbuk maksimal 15%.

b) Agregat Halus

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.

c) Limbah Abu Marmer dan abu batu

Pengujian limbah marmer mengacu SNI 03-1970-1990 mengenai berat jenis dan penyerapan agregat halus, SNI 03-2816-1992 mengenai pengujian kadar organik dalam pasir untuk campuran mortar dalam beton.

d) Agregat Kasar

Pengujian agregat mengacu SNI 03-1968-1990 mengenai analisa saringan agregat, SNI 03-1969-1990 mengenai berat jenis agregat kasar dan penyerapan, SNI 03-2417-1991 mengenai keausan agregat kasar. Kualitas agregat kasar ditentukan dimana hasil pengujian ini tidak boleh lebih dari 50% berat semula. Agregat kasar mempunyai syarat-syarat tertentu agar dapat digunakan dalam campuran beton. Berdasarkan ASTM C-33 dalam SNI 03-2847-2013

e) Tes XRF (*X-Ray Fluorescence*)

Tujuan dari tes XRF (*X-Ray Fluorescence*) adalah mengetahui kandungan kimia pada material inovasi yang akan dibuat *sample* uji. Dilakukan di Laboratorium *Research* Universitas Sebelas Maret Surakarta, dan di Balai Pelestarian Manusia Purba Sangiran.

Metode Pembuatan Beton

- a. Mempersiapkan Bahan-Bahan
 - Membersihkan Pasir dan Kerikil
 - Membuat Pasir dan Kerikil dalam Keadaan *Saturated Surface Dry*
 - Mengukur dan menimbang setiap material yang dipakai (Pasir, kerikil, semen, *waste marble dust*, air dan *superplasticizer*)
 - Menyiapkan dan membersihkan Peralatan (*Concrete Mixer*, Papan dan *Cone Slump Test*)

- b. Memasukan agregat kasar ke dalam mixer, lalu di ikuti dengan pasir dan limbah abu marmer. Material tersebut diaduk di *mixer* terlebih dahulu sampai merata.
- c. Memasukan semen dan diaduk secara merata.
- d. Memasukan campuran air dan *superplasticizer*, air dimasukkan dimana 70% dan *superplasticizer* dari total *Water Content* dimasukkan terlebih dahulu dan diaduk sampai merata lalu 30% sisa air dimasukkan.
- e. Campuran beton di *slump flow test* untuk mengetahui apakah kemampuan kerja sudah terpenuhi.
- f. *Slump flow test* campuran beton sudah memenuhi standar EFNARC. Kemudian di cetak ke dalam bekisting.

Perhitungan Mix Design

Metode yang digunakan adalah ACI (*American Concrete Institute*)

Perencanaan Kadar Campuran Beton Inovasi

Tabel 3. 5 Perencanaan Kadar Campuran Beton

No	Jenis	Semen (Kg)	Pasir (Kg)	A.Kasar (Split) (Kg)	Sika (%)	ASP (Kg)	AM (Kg)	AB (Kg)	Slump (cm)
1.	Beton SCC Normal	500	1064,8	709,867	2	-	-	-	65
2.	Beton SCC Inovasi	450	255,339	680,904	2	50	510,678	255,339	65
3.	Beton SCC Inovasi Sekam Padi	450	1056,53	704,355	2	50	-	-	65
4.	Beton SCC Inovasi Abu Marmer dan Abu Batu	500	257,337	686,232	2	-	514,674	257,337	65

(Sumber: Hasil Penelitian, 2022)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mix Design

a) Beton SCC normal

MIX DESIGN BETON SELF COMPACTING CONCRETE NORMAL		
Mutu	Berat jenis	Satuan
Semen Tiga Roda	3150	Kg/m ³
Pasir	2156	Kg/m ³
Split	2694	Kg/m ³
Fc'	41 Mpa Umur 28 hari	
Water Binder w/b (Fas)	0,32	
Slum Test	650 mm	
Material	Volume 1 m ³ (Kg)	Volume Silinder (0,0052) Kg
Kadar Udara	1%	1%
Kadar Air	160	0.083
Semen Tiga Roda	500	0.260
Sika Visconcrete 1003	10.00	0.005
Agregat Halus (Pasir)	968.97	0.504
Agregat Kasar (Split)	645.98	0.336

b) Mix design Beton SCC dengan 3 inovasi

MIX DESIGN BETON SELF COMPACTING CONCRETE 3 INOVASI		
Mutu	Berat jenis	Satuan
Semen Tiga Roda	3150	Kg/m ³
Pasir	2156	Kg/m ³
Split	2694	Kg/m ³
Abu Sekam Padi (10%)	2300	Kg/m ³
Limbah Abu Marmer (30%)	2670	Kg/m ³
Abu Batu (5%)	2675	Kg/m ³
Fc'	41 Mpa Umur 28 hari	
Water Binder w/b (Fas)	0,32	
Slum Test	650 mm	
Material	Volume 1 m ³ (Kg)	Volume Silinder (0,0052) Kg
Kadar Udara	1%	1%
Kadar Air	160	0.083
Semen Tiga Roda	450	0.234
Sika Visconcrete 1003	10	0.005
Abu Sekam Padi (10%)	50	0.026
Agregat Halus (Pasir)	431.604	0.224
Agregat Halus (Limbah Abu Marmer)	517.925	0.269
Agregat Halus (Abu Batu)	86.321	0.045
Agregat Kasar (Split)	690.567	0.359

c) Perencanaan *mix design* beton SCC dengan pemanfaatan limbah abu sekam padi sebagai alternatif pengganti semen.

MIX DESIGN BETON SELF COMPACTING CONCRETE 2 INOVASI		
Mutu	Berat jenis	Satuan
Semen Tiga Roda	3150	Kg/m ³
Pasir	2156	Kg/m ³
Split	2694	Kg/m ³
Limbah Abu Marmer (30%)	2670	Kg/m ³
Abu Batu (5%)	2675	Kg/m ³
Fc'	41 Mpa Umur 28 hari	
Water Binder w/b (Fas)	0,32	
Slum Test	650 mm	
Material	Volume 1 m ³ (Kg)	Volume Silinder (0,0052) Kg
Kadar Udara	1%	1%
Kadar Air	160	0.083
Semen Tiga Roda	500	0.260
Sika Visconcrete 1003	10	0.005
Agregat Halus (Pasir)	434.412	0.226
Agregat Halus (Limbah Abu Marmer)	521.294	0.271
Agregat Halus (Abu Batu)	86.882	0.045
Agregat Kasar (Split)	695.059	0.361

d) Perencanaan *mix design* Beton SCC dengan limbah abu marmer dan abu batu sebagai filler pada agregat halus

MIX DESIGN BETON SELF COMPACTING CONCRETE 1 INOVASI		
Mutu	Berat jenis	Satuan
Semen Tiga Roda	3150	Kg/m ³
Pasir	2156	Kg/m ³
Split	2694	Kg/m ³
Abu Sekam Padi (10%)	2300	Kg/m ³
Fc'	41 Mpa Umur 28 hari	
Water Binder w/b (Fas)	0,32	
Slum Test	650 mm	
Material	Volume 1 m ³ (Kg)	Volume Silinder (0,0052) Kg
Kadar Udara	1%	1%
Kadar Air	160	0.083
Semen Tiga Roda	450	0.234
Sika Visconcrete 1003	10	0.005
Abu Sekam Padi	50	0.026
Agregat Halus (Pasir)	962.709	0.501
Agregat Kasar (Split)	641.806	0.334

Data Hasil Pengujian

No	Jenis	Hasil Uji (MPa)			Rata-Rata
		Beton 1	Beton 2	Beton 3	
1.	Beton SCC Normal	28.31	30.57	31.71	30.20
2.	Beton SCC Inovasi	45.29	43.03	44.16	44.16
3.	Beton SCC Inovasi Sekam Padi	39.63	43.03	42.46	41.71
4.	Beton SCC Inovasi Abu Marmer dan Abu Batu	39.63	31.14	36.23	35.67

Rencana Anggaran Biaya

Material	Tim	BETON SCC INOVASI		BETON SCC NORMAL	
	Mutu	40 MPa		40 Mpa	
	Harga Satuan (Kg)	Kebutuhan per m ³	Harga	Kebutuhan per m ³	Harga
Air	Rp 50	160.0	Rp 8.000	160	Rp 8.000
Semen Tiga Roda	Rp 1.375	450.0	Rp 618.750	500.00	Rp 687.500
Sika Visconcrete 1003	Rp 80.000	10.0	Rp 800.000	10.00	Rp 800.000
Abu Sekam Padi	Rp 700	50.0	Rp 35.000	-	-
Agregat Halus (pasir)	Rp 300	431.6	Rp 129.481	968.97	Rp 290.692
Agregat Halus (Limbah Abu Marmer)	Rp 100	517.9	Rp 51.792	-	-
Agregat Halus (Abu Batu)	Rp 115	86.3	Rp 9.927	-	-
Agregat Kasar (Split)	Rp 250	690.6	Rp 172.642	645.98	Rp 161.495
Total			Rp 1.825.592	Total	Rp 1.947.687
				Save	Rp 122.094

V. Penutup

Kesimpulan

1. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Abu Sekam Padi dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen, Abu Marmer dan Abu Batu dapat digunakan sebagai substitusi Agregat Halus
2. Kandungan Terbesar dalam Abu Sekam Padi adalah SiO₂ (*Silica Oksida*) sebesar 71%

3. Pengaruh Abu Sekam Padi dapat digunakan sebagai pengganti semen, Abu Marmer dan Abu Batu dapat digunakan sebagai substitusi Agregat Halus meningkatkan kekuatan beton disbanding dengan beton *self compacting concrete* tanpa inovasi.

4. Kadar optimal yang dapat digantikan oleh abu sekam padi adalah 10% dari volume *cementitious*. Kadar optimal yang dapat digantikan oleh limbah abu marmer adalah 30% dari volume agregat halus. Kadar optimal yang dapat digantikan oleh abu batu adalah 5% dari volume agregat halus.

5. Hasil Kuat tekan yang diperoleh menyebutkan bahwa kuat tekan tertinggi adalah beton *self compacting concrete* dengan menggunakan limbah abu sekam padi sebagai alternatif pengganti semen, limbah abu marmer dan abu batu sebagai *filler* dalam agregat halus, dimana kuat tekan yang diperoleh adalah sebesar 44.16 MPa (hasil diambil dari rata-rata sampel uji beton sebanyak 3 buah sampel).

5.1 Saran

1. Diharapkan penelitian lebih lanjut agar dapat mengetahui lebih jelas

mengenai kandungan aktif dari abu sekam padi.

2. Penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh abu sekam padi dapat digunakan sebagai alternatif pengganti semen, abu marmer dan abu batu dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus namun menggunakan variasi rasio *factor* air semen yang berbeda.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Ru-Shan Bie , X.-F. S.-Q.-Y. (2015). *Studies on effects of burning conditions and rice husk ash (RHA). School of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, PR China.*
- Ergün, A., (2010). *Effects of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete*, Turkey : AfyonKocatepe University.
- Demirel, B., (2010). *The effect of the using waste marble dust as fine sand on the mechanical properties of the concrete*, Turkey: Firat University.
- Okamura, H., Ouchi, M., (2003), *Self Compacting Concrete, Journal of advanced concrete technology*
- Paramita, A., Soebandono, B., Faizah, R., (2016). STUDI KOMPARASI PERANCANGAN STRUKTUR GEDUNG BERDASARKAN SNI 03 – 2847 – 2002 DAN SNI 2847 : 2013 DENGAN SNI 03 – 1726 – 2012, Yogyakarta : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Reni, Y.C., Hastuti, R., Darmawan, A., *Kajian Pengaruh Penambahan Kalsium Oksida (CaO) terhadap Suhu Reaksi dan Kuat Tekan Semen Portland*, Semarang : Universitas Diponegoro
- Topçu, I.B, Bilir, T., Uygunođlu, T., (2008). *Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete*, Turkey : Eskisehir Osmangazi University & AfyonKocatepe University.
- Standar Nasional Indonesia, SNI-2847-2013, *Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*
- Standar Nasional Indonesia, SNI S-04-1989-F, *Spesifikasi Bahan Bangunan bagian A (Bahan Bangunan Buku Logam)*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1970-1990, *Spesifikasi Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus*
- Standar Nasional Indonesia, SNI 03-1968-1990, *Analisis Saringan Agregat Halus Dan Kasar*