

INOVASI *HIGH EARLY STRENGTH CONCRETE* DENGAN PEMANFAATAN LIMBAH BATU GRANIT, CANGKANG KERANG DAN *FLY ASH*

Wahyu Hudha Prasetya-1^a, Seno Darma Setyawan-2^b, Claudia Stefani Santosa-3^c

SS-02 ADYATMA, Surakarta, Indonesia

Corresponding Author:

SS-02 ADYATMA

Email:

hudhaprasetya2@gmail.com

Keywords:

Concrete, granite waste, conch shells, fly ash

Abstract: *Environmentally friendly concrete is concrete composed of materials that do not damage the environment. The need for the use of environmentally friendly materials in the manufacture of high quality concrete that is environmentally friendly needs to be continuously developed. To realize the concept of environmentally friendly and high-quality concrete in the concrete experiment this time used granite broken waste as a partial aggregate of coarse aggregate, as well as shell and powder ash shells as a partial cement substituent. Using waste that is not appropriate and is converted into an appropriate substitute material is expected to produce high quality concrete and environmentally friendly concept, because the use of unused waste is expected to reduce the amount of waste that is around the Surakarta area. With the use of granite fragments, shells and fly ash, the compressive strength is targeted at 1 day of age is 22 MPa and 28 days is 47 MPa. The mix design method used is the SNI method (Indonesian National Standard). Mix design in the manufacture of environmentally friendly concrete refers to the use of granite broken rock waste as a partial substituent of coarse aggregate, the use of shell shell waste of 7.5% of the total cement weight, and the use of fly ash by 25% of the total cement weight. With FAS of 0.3%, and the use of admixture in the form of Superplasticizer of 0.6% to accelerate the achievement of quality earlier in the first week.*

Copyright © 2018 POTENSI-UNDIP

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Beton adalah material konstruksi yang sangat sering digunakan oleh masyarakat untuk melakukan pembangunan. Seiring dengan kebutuhan akan beton yang kuat, penelitian di bidang teknologi beton terus dilakukan. Salah satunya mengenai beton ramah lingkungan bermutu tinggi serta ekonomis. Unsur terpenting dalam pembuatan beton mutu tinggi adalah komposisi bahan dan inovasi pada materialnya sehingga diperoleh beton sesuai dengan kriteria yang telah direncanakan. Disamping itu dalam pemilihan inovasi material harus mempertimbangkan aspek lingkungan dan aspek ekonomis serta material yang dipilih harus memiliki ketahanan dan kekuatan yang tinggi sehingga inovasi beton kuat tekan awal tinggi dan ekonomis dapat tercapai.

Dalam hal ini inovasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan limbah pecahan batu granit untuk substituen parsial agregat kasar. Hal ini di dukung dengan banyaknya industri produk granit di daerah Surakarta yang menghasilkan banyak bongkahan limbah pecahan granit. Salah satunya dari CV. Solo Marmer daerah Banjarsari, Kota Surakarta.

Inovasi Selanjutnya adalah dengan penambahan limbah cangkang kerang sebagai substituen parsial semen yang diolah menjadi bentuk serbuk. Sebagaimana diketahui serbuk cangkang kerang memiliki senyawa CaCO_3 95.69 % (Sirigar, 2009) seperti yang terkandung dalam semen, maka serbuk cangkang kerang dapat digunakan sebagai bahan substitusi parsial semen.

Selain itu, penggunaan *fly ash* sebagai substituen parsial semen dilakukan guna meningkatkan kemampuan kerja beton. Telah umum diketahui bahwa *fly ash* sebagai sisa pembakaran batu bara banyak dipakai sebagai material pengganti semen pada produksi beton karena memiliki kadar silika cukup tinggi yang dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi keberadaan limbah batu granit, cangkang kerang dan *fly ash* khususnya di wilayah Surakarta, karena apabila dibiarkan akan mencemari lingkungan dan masalah kesehatan. Diharapkan dengan mengurangi keberadaan limbah tersebut, lingkungan akan terbebas dari pencemaran lingkungan sehingga tercipta lingkungan yang bersih dan sehat. Potensi inilah yang kemudian menjadi bahan penelitian pengolahan limbah menjadi beton ramah lingkungan bermutu tinggi. Penelitian ini juga untuk mengkaji pengaruh penggunaan limbah pecahan batu granit, serbuk cangkang kerang dan *fly ash* sebagai bahan tambah pembuatan beton ramah lingkungan bermutu tinggi

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penulisan dalam proposal ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah batu granit sebagai substituen parsial kerikil dan cangkang kerang serta *fly ash* sebagai substituen parsial semen dalam inovasi beton terhadap lingkungan.
2. Mengetahui perbandingan biaya produksi antara beton inovasi dengan beton normal.
3. Mengetahui pengaplikasian beton inovasi mutu tinggi dengan limbah granit, serbuk cangkang kerang, serta *fly ash* di lapangan.

2. DATA DAN METODE

2.1 Konsep Beton dengan Material Limbah Berkelanjutan

Penggunaan material agregat kerikil dan pasir, yang merupakan bahan penyusun utama beton, sekitar 80%, apabila penambangannya tidak terkendali dan serampangan, tentu akan menimbulkan degradasi lingkungan yang cukup besar. Oleh karena itu, saat ini perlu dipikirkan penggunaan material penyusun beton yang dibuat dengan konsep ramah lingkungan. Atau diupayakan material lain yang mempunyai karakteristik, performa dan kekuatan yang menyamai material beton tapi juga ramah lingkungan.

Menurut (Mallick dan Severn, (1967) pembuatan 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, dan, 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*).

2.2 Superplasticizer

Menurut ASTM C494 dan British Standard 5075, *Superplasticizer* adalah bahan kimia tambahan pengurang air yang sangat efektif. Penambahan *Superplasticizer* diperoleh adukan dengan faktor air semen lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh adukan dengan kekentalan lebih encer dengan faktor air semen yang sama, sehingga kuat tekan beton lebih tinggi. *Superplasticizer* Tipe F (*High Range Water Reducer*) merupakan bahan kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12 % atau bahkan lebih.

2.3 Inovasi Limbah Granit

Granit merupakan jenis batuan beku yang berasal dari dalam perut bumi (muntahan magma) yang terdiri dari elemen *kuarsa* dan *feldspar*, sedangkan mineral lainnya dalam jumlah kecil seperti *biotit*, *muskovit*, *hornblende*, dan *piroksen*. Dalam bidang industri, pemanfaatan batuan Granit banyak dipakai dalam pembuatan keramik (Bayrak dan Yilmaz, 2014) dan bahan beku pembuatan batu hias, lantai ataupun ornamen dinding. Penyebaran batu granit di Indonesia cukup luas, terutama di daerah Indonesia bagian barat (Buku Ensiklopedia pelajar dan umum).

Granit dengan karakteristik memiliki butiran yang kasar dan mempunyai kepadatan yang lebih keras dari marmer. Kepadatan tersebut memungkinkan granit untuk tahan terhadap erosi dan abrasi, mampu menahan beban yang berat, menjadikan beton lebih kedap dan awet, serta tahan terhadap pelapukan batuan (*Ilmu Geografi.com*). Inovasi dari limbah pecahan granit ini adalah untuk memanfaatkan limbah pecahan granit sebagai substituen parsial kerikil sehingga memberi nilai tambah terhadap limbah pecahan granit tersebut, kelebihan penggunaannya adalah selain mendapat kuat tekan yang besar juga dapat memanfaatkan limbah untuk mengurangi penggunaan bahan segar serta lebih ekonomis. Limbah granit memiliki tingkat abrasi yang rendah sehingga limbah granit dapat

digunakan sebagai substituen parsial agregat kasar. Limbah granit memiliki daya dukung untuk kuat tekan beton sehingga beton dapat memiliki kuat tekan yang tinggi.



Gambar 1 Limbah Pecahan Batu Granit (dokumentasi 2019)

2.4 Limbah Cangkang Kerang

Kerang adalah hewan air yang termasuk hewan bertubuh lunak (*moluska*) dengan sepasang cangkang (*bivalvia*). Mengacu pada data statistik Kementerian Kelautan dan Perikanan tahun 2012, Indonesia menghasilkan 50.460 ton per tahun. Dari hasil analisa senyawa yang terkandung pada serbuk cangkang kerang juga terdapat pada senyawa semen (Siregar, 2009).

Dari hasil analisa senyawa yang terkandung pada serbuk cangkang kerang juga terdapat senyawa semen (Siregar, 2009). Limbah cangkang kerang mengandung CaCO_3 sebesar 95,69% sehingga cangkang kerang dapat digunakan sebagai substitusi parsial semen. Selain itu, di Surakarta menghasilkan limbah cangkang kerang yang belum dimanfaatkan secara maksimal.



Gambar 2 Limbah Cangkang Kerang (dokumentasi 2019)

Tabel 1. Kandungan Senyawa Kimia Serbuk Cangkang Kerang (Sumber: Shinta Marito, 2012)

Senyawa Kimia	Kandungan (%)
CaCO_3	95,69
SiO_2	0,22
Fe_2O_3	1,00
MgO	3,08
Al_2O_3	0,01

2.5 Fly Ash

Fly ash / Abu terbang merupakan salah satu jenis pozzolan yaitu bahan alam atau buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif (Kardiyono, 2007). Produksi abu terbang batu bara (*fly ash*) di dunia pada tahun 2000 diperkirakan berjumlah 349 milyar ton. Penyumbang produksi abu terbang batu bara terbesar adalah pada sektor pembangkit listrik. Produksi abu terbang jenis ini di Indonesia terus meningkat, pada tahun 2000 jumlahnya mencapai 1,66 milyar ton dan diperkirakan mencapai 2 milyar ton pada tahun 2006 (Marinda Putri, 2012).

Fly ash batu bara mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan karbon. Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *fly ash* adalah tipe batu bara, kemurnian batu bara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan (Wardani, 2008). *Fly ash* yang digunakan pada percobaan kali ini merupakan *fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran *lignite* dan *subbituminous*. *Fly ash* mengandung CaO di atas 10% dan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$.



Gambar 3 *Fly Ash* (dokumentasi 2019)

2.6 Metode Pengujian Material

Pengujian agregat halus 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. Sedangkan pengujian agregat kasar mengacu pada SNI 03-1968-1990 mengenai analisis saringan agregat halus dan kasar, SNI-03-1969-1990 mengenai berat jenis agregat kasar dan penyerapan, SNI-03-2417-1991 mengenai keausan agregat kasar.

2.7 Metode Perhitungan *Mix Design*

Dengan penggunaan limbah pecahan granit sebagai substituen parsial kerikil dan serbuk cangkang kerang serta *fly ash* sebagai substituen parsial semen ditargetkan kuat tekan umur 1 hari sebesar ≥ 22 MPa dan 28 hari sebesar ≥ 47 MPa. Metode *mix design* yang digunakan pada penelitian kali ini mengacu pada SNI 03-6468-2000.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Uji Material yang Digunakan

a. Kerikil

Tabel 2. Data Pengujian Kerikil

No.	Pengujian Agregat	Hasil pengujian
1.	Kadar lumpur	0,4%
2.	Berat jenis	2,67 gr/cm ³
3.	Berat jenis SSD	2,71 gr/cm ³
4.	Resapan (absorpsi)	1,28%
5.	Ukuran maksimal	25 mm
6.	Modulus kehalusan	6,54
7.	Nilai abrasi	21,18%

b. Limbah Batu Granit

Tabel 3. Data Pengujian Limbah Batu Granit

No.	Pengujian Agregat	Hasil Pengujian
1.	Kadar lumpur	0%
2.	Berat jenis	3,017 gr/cm ³
3.	Berat jenis SSD	3,027 gr/cm ³
4.	Resapan (absorpsi)	0,33%
5.	Ukuran maksimal	25 mm
6.	Modulus kehalusan	6,21
7.	Nilai abrasi	19,68%

c. Agregat Halus

Tabel 4. Data Pengujian Agregat Halus / Pasir

No.	Pengujian Agregat	Hasil Pengujian
1.	Kadar lumpur	1%
2.	Persentase zat organik Organic	0-10%
3.	Berat jenis	2,51 gr/cm ³
4.	Berat jenis SSD	2,55 gr/cm ³
5.	Resapan (absorpsi)	1,62%
6.	Ukuran maksimal	2,36 mm
7.	Modulus kehalusan	2,68

3.2. Proporsi Bahan Tambah pada Campuran Beton

Berdasarkan *trial and test* yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta dihasilkan inovasi beton mutu tinggi dengan mutu $f'c \geq 47$ MPa pada umur 28 hari dengan pemanfaatan limbah batu granit, serbuk cangkang kerang dan *Fly Ash*. Penggunaan optimum serbuk cangkang kerang dan *Fly Ash* sebagai substituen parsial semen pada beton inovasi sebesar 32,5% dan penggunaan semen yang dibatasi yaitu sebesar 300 Kg/m³. Selain itu penggunaan optimum pecahan batu granit sebagai substituen parsial agregat kasar sebesar 60%. Kadar campuran optimum dari material-material inovasi untuk beton inovasi yang dibuat tercantum pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kadar Optimum Campuran Beton Inovasi

Kode	Proporsi Agregat Kasar	Proporsi Semen	Kuat Tekan 1 hari (Mpa)
B1	Kerikil 100 %	Semen 100%	15,67
B2	Kerikil 30% + Granit 70%	Kerang 5% + <i>Fly ash</i> 10%	16,56
B3	Kerikil 30% + Granit 70%	Kerang 10% + <i>Fly ash</i> 15%	16,80
B4	Kerikil 25% + Granit 75%	Kerang 7,5% + <i>Fly ash</i> 15%	20,55
B5	Kerikil 25% + Granit 75%	Kerang 10% + <i>Fly ash</i> 15%	17,98
B6	Kerikil 40% + Granit 60%	Kerang 7,5% + <i>Fly ash</i> 25%	23,40
B7	Kerikil 40% + Granit 60%	Kerang 10% + <i>Fly ash</i> 25%	22,03
B8	Kerikil 70% + Granit 30%	Kerang 10% + <i>Fly ash</i> 15%	14,77
B9	Kerikil 50% + Granit 50%	Kerang 15% + <i>Fly ash</i> 25%	16,89

3.3. Rancangan Anggaran Biaya Pembuatan Beton per m³

Adapun rencana anggaran biaya dalam pembuatan 1 m³ beton inovasi dengan menggunakan limbah granit, serbuk cangkang kerang, dan *fly ash* sebagai material tambahan seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 6. Rencana Anggaran Biaya Pembuatan Beton

Nama Bahan	Satuan	Harga Satuan	Proporsi		Jumlah Harga	
			Inovasi	Normal	Inovasi	Normal
Semen	Kg	Rp 1.200	300,00	445	Rp 360.000	Rp 533.400
Pasir	m ³	Rp 250.000	0,564	0,571	Rp 140.887	Rp 142.756
Kerikil	m ³	Rp 260.000	0,263	0,666	Rp 68.389	Rp 173.241
Serbuk Cangkang Kerang	Kg	Rp 300	33,34	-	Rp 10.002	-
<i>Fly Ash</i>	Kg	Rp 300	111,13	-	Rp 33.339	-
Granit	Kg	Rp 75.000	0,430	-	Rp 32.275	-
Air SPAM	Liter	Rp 50	133,35	133,35	Rp 6.668	Rp 6.668
SP	Liter	Rp 75.000	2,67	2,67	Rp 200.025	Rp 200.025
Total Harga / m ³					Rp 851.585	Rp 1.056.090

Data di atas didapatkan biaya pada pembuatan beton inovasi serbuk cangkang kerang, *Fly ash*, dan Granit yaitu dengan total biaya Rp 851.585/m³. Apabila dibandingkan dengan biaya pembuatan beton normal yang pada umumnya digunakan yaitu dengan total pengeluaran sebesar Rp 1.056.090/m³ sehingga dari beton inovasi bisa menghemat pengeluaran sebesar Rp 204.505/m³

3.4. Pengaplikasian dan Keunggulan Beton di Lapangan

Kekuatan beton yang direncanakan adalah ≥ 47 Mpa dengan Slump 8 \pm 2 cm yang dapat diaplikasikan dalam pekerjaan konstruksi untuk membangun struktur bagian atas dari jembatan, fondasi gedung, beton pracetak dan prategang seperti tiang pancang dan girder.

Beton mutu tinggi yang diaplikasikan pada komponen struktur bangunan gedung bertingkat tinggi yang memiliki lebih dari 30 lantai tidak hanya berfungsi untuk menahan beban besar saja, melainkan juga dapat memperkecil dimensi kolom dan balok yang direncanakan. Dimensi kolom dan balok yang lebih kecil membuat beban mati dari struktur utama (*dead load*) juga semakin kecil. Selain itu semakin kecilnya kolom dan balok juga memberikan keuntungan pada aspek ekonomi.

Adapun keunggulan dari beton inovasi ini antara lain:

1. Abu cangkang kerang mengandung kalsium karbonat yang dapat meningkatkan ikatan antara agregat halus dan agregat kasar sehingga berpengaruh terhadap bertambahnya kuat tekan beton.
2. Penggunaan *fly ash* pada beton memberikan kekuatan yang lebih tinggi.
3. Granit memiliki tingkat abrasi yang rendah sehingga dapat mendukung kuat tekan beton.
4. Bahan inovasi yang digunakan merupakan limbah yang mudah didapatkan, dengan digunakan limbah cangkang kerang, *fly ash*, dan pecahan granit sebagai bahan pembuatan beton, akan menambah nilai ekonomi limbah tersebut sekaligus membantu mengurangi pencemaran lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dipaparkan dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Beton inovasi lebih ramah lingkungan karena menggunakan bahan limbah yang tidak terpakai, sehingga dapat mengurangi limbah daerah yang mengganggu keberlangsungan lingkungan.

2. Dari perhitungan anggaran biaya yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah granit sebagai substituen parsial agregat kasar, serta limbah cangkang kerang dan *fly ash* sebagai penambah semen dapat menghemat biaya pengeluaran sebesar Rp 204.505/m³.
3. Kekuatan beton 28 hari yang direncanakan adalah ≥ 47 Mpa dengan slump 8 ± 2 cm dapat diaplikasikan dalam pekerjaan konstruksi untuk membangun struktur bagian atas dari jembatan, fondasi gedung, beton pracetak dan prategang seperti tiang pancang dan girder.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Allah SWT,
2. Teman-teman Semar Solid,
3. Teman-teman HMDS Fondasi UNS,
4. Panitia DISCO UNDIP 2019.

6. REFERENSI

- Tjokrodinuljo, K. (2007). Teknologi beton. Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- Mallick, D.V. dan Severn, R.T., (1967), "The Behaviour of Infilled Frames Under Static Loading", Institution of Civil Engineering, Vol. 38.
- ASTM C494/C494M-04 (2004). Standard and Specification for chemical admixtures for concrete, Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.02.2004.
- Bayrak, G., & Yilmaz, S. (2014). Granite based glass-ceramic materials. Acta Phys. Pol. A, 125(2), 623-625.
- BSI (1985) BS EN 5075-3, Concrete admixture, Part 3: Specifications for superplasticizer admixture, British Standards Institution, London, 1-16.
- Siregar, S. M. (2009). Pemanfaatan kulit kerang dan resin epoksi terhadap karakteristik beton polimer (Master's thesis).
- SNI 03-2816, (1992). Metode Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar Atau Beton, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI 03-2417 (1991). Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles., Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI 03-1969 (1990). 1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat kasar, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- SNI 03-6468 (2000). Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Mutu Tinggi., Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.