

## PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK BETON DAN LIMBAH SERBUK CANGKANG KERANG UNTUK PENGAPLIKASIAN BETON MEMADAT SENDIRI RAMAH LINGKUNGAN KUAT TEKAN AWAL TINGGI DENGAN PERENCANAAN 25 MPA

\* Dian Arumningsih DP, Gatot Nursetyo, Satrio Agung Pratama  
Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta  
\*)Email : dian.arumningsih @ lecture.utp.ac.id

### ABSTRACT

*Currently self-compacting concrete is one of the most effective methods of making concrete to be made into concrete with fast drying. Cement contributes to the largest carbon dioxide contribution in the world after waste. Self-compacting concrete is one of the biggest innovations in the field of construction and infrastructure, where this concrete has a high workability but, the ability to flow without tools also does not ignore the compressive strength. The concept of development with sustainable goals is the main program that will be launched by the President of the Republic of Indonesia based on Presidential Regulation No. 59 of 2017 concerning the Implementation of Achieving Sustainable Goals, Therefore, new sustainable materials are needed to replace cement production and new fine aggregate substitution, but these materials are also required for the workability required to make self-compacting concrete. The concept of environmentally friendly initial high-strength concrete, utilizing waste concrete powder, can be a solution to partially replace cement and shellfish powder waste as well as for the substitution of fine aggregate. This research replaces waste shells powder as a substitute for 10% fine aggregate and waste concrete powder as a substitute for 10% cement. According to PD T-04-2004-C Regarding Procedures for Making and Implementing High Strength Concrete, this innovation material can reach a high value at the age of 1 day reaching 25 MPa based on the design of the concrete mix that can be used in the construction of building structures, columns, piles, and bores. pile and workability for self-compacting concrete also meet the required requirements. So that it can be concluded that it can be used as a reference source by utilizing waste in Indonesia which is easy to obtain, effective and economical.*

**Keyword:** *Self-compacting Concrete, Shell Powder Waste, Concrete Powder Waste..*

### ABSTRAK

Saat ini beton memadat sendiri adalah salah satu metode pembuatan beton yang efektif untuk dijadikan beton dengan pengertasan yang cepat, Semen berkontribusi menyumbang karbondioksida terbesar didunia setelah sampah. Beton memadat dengan sendiri merupakan salah satu inovasi terbesar yang terjadi di bidang konstruksi serta infrastruktur, dimana beton ini mempunyai daya kerja yang tinggi tetapi, kemampuan untuk mengalir tanpa alat bantu juga tidak mengabaikan kuat tekan. Dengan konsep pembangunan dengan tujuan berkelanjutan adalah program utama yang akan digantikan Presiden Republik Indonesia berdasarkan Perpres No. 59 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Pencapaian Tujuan Berkelanjutan, Maka, diperlukan material baru yang berkelanjutan untuk menggantikan produksi semen dan substitusi agregat halus baru, tetapi material ini juga diperlukan untuk kemampuan kerja yang diperlukan untuk membuat beton pemadatan sendiri. Konsep beton mutu tinggi awal ramah lingkungan, memanfaatkan limbah serbuk beton, dapat menjadi solusi untuk menggantikan sebagian semen dan limbah serbuk cangkang kerang juga untuk substitusi agregat halus. Penelitian ini menggantikan limbah serbuk cangkang kerang sebagai pengganti 10% agregat halus serta limbah serbuk beton sebagai pengganti 10% semen. Menurut PD T-04-2004-C Tentang Tata Cara Pembuatan Dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi bahan inovasi ini dapat mencapai nilai yang tinggi di umur 1 hari mencapai 25 MPa berdasarkan perencanaan campuran pembuatan beton dapat digunakan dalam konstruksi struktur gedung, kolom, pile, dan bore pile serta kemampuan kerja untuk beton memadat sendiri ini juga memenuhi persyaratan yang dibutuhkan. Sehingga mendapatkan kesimpulan dapat menjadikan sumber referensi dengan memanfaatkan limbah di Indonesia yang mudah didapat, efektif dan ekonomis.

**Kata kunci:** Beton Memadat Sendiri, Limbah Serbuk Cangkang Kerang, Limbah Serbuk Beton.

## 1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan infrastruktur di Indonesia terus mengalami perkembangan, sehingga banyak dilakukan penelitian dan pengembangan material konstruksi khususnya beton. Pada decade terakhir banyak dilakukan inovasi terhadap beton agar memiliki kekuatan yang tinggi, awet, murah dan ramah lingkungan serta mudah diaplikasikan di lapangan. Sehubungan dengan SNI-2847-2013 mengenai persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, kebutuhan tulangan yang diperlukan untuk beton bertulang meningkat dibandingkan dengan persyaratan SNI sebelumnya (Paramita, Soebandono, & Faizah, 2016). Dalam praktik di lapangan, semakin meningkatnya jumlah tulangan yang ada maka akan mempersulit campuran beton konvensional melewati tulangan-tulangan tersebut, meningkatkan resiko beton tidak mengalami pemadatan yang sempurna,

dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Beton saat ini merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling banyak digunakan di dunia sehingga menjadi peluang untuk membuat aplikasi yang inovatif, *Self compacting concrete* merupakan salah satu aplikasi inovatif dibandingkan beton biasa. Dengan meminimalisir semen, *Self compacting concrete* bisa lebih murah dan mengurangi dampak lingkungan dibandingkan beton biasa. Mengingat delapan hingga 10 persen dari total emisi CO<sub>2</sub> dunia berasal dari pembuatan semen (Suhendro, 2014). Gas pemanasan global berkurang dengan mengganti semen yang menggunakan bahan kandungan dan bahan limbah serupa. Serbuk limbah bata dan limbah beton dalam jumlah besar yang dihasilkan dari lokasi konstruksi dan pembongkaran sebagian besar dikirim ke tempat pembuangan sampah atau lokasi reklamasi untuk dibuang, dan juga diperlukan sebagai substitusi agregat halus. Serbuk beton bekas merupakan akselerator yang menjanjikan untuk hidrasi semen. Itu bisa meningkatkan kuat tekan dalam 24 jam (Wang, Yao, dan Stephan, 2019). (Muntohar AS, 2008) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton dengan hasil meningkatkan kuat tekan, menurunkan porositas. Dalam praktik di lapangan, semakin meningkatnya jumlah tulangan yang ada maka akan 2 mempersulit campuran beton melewati tulangan-tulangan tersebut, meningkatkan resiko beton tidak mengalami pemadatan yang sempurna, dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi masalah tersebut inovasi dapat dianggap unsur pembangunan berkelanjutan karena ramah lingkungan dan sedang banyak digunakan dalam praktek green building. Beton dengan pemanfaatan limbah serbuk cangkang kerang (*shellfish waste powder*), untuk menggantikan sebagian pasir dan limbah serbuk beton (*concrete waste powder*) tidak hanya digunakan sebagai bahan tambahan ataupun pengganti sebagian agregat dan semen, tetapi juga mengurangi dampak dari limbah terhadap lingkungan.

Rumusan dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah limbah serbuk beton dapat dijadikan sebagai substitusi semen ?
2. Apakah limbah serbuk cangkang kerang dapat dijadikan sebagai substitusi agregat halus ?

Agar penelitian skripsi ini terarah, maka perlu dilakukan batasan masalah :

1. Untuk mengetahui apakah limbah serbuk cangkang kerang dapat dijadikan sebagai substitusi agregat halus menggunakan pengujian *X-ray fluorescence*.
2. Untuk mengetahui kandungan kimia limbah serbuk beton dapat dijadikan sebagai substitusi semen dengan menggunakan pengujian *X-ray fluorescence*.
3. Pengujian *X-ray fluorescence* dilakukan di Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk beton dapat menggantikan kandungan semen.
2. Untuk mengetahui pengaruh limbah serbuk cangkang kerang, dapat digunakan sebagai substitusi agregat halus.
3. Meneliti dan menganalisis pengaruh limbah serbuk cangkang kerang, dan limbah serbuk beton terhadap beton inovasi.

## **Beton**

Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 (Pd – 18 – 19999 – 03) didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa. Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah mineral *additive* ataupun *chemical additive*.

## **Beton Ramah Lingkungan**

Menurut *The Institution of Structural Engineers/ISE*, 1999, 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 CO<sub>2</sub>).
2. Efisiensi energi dan material dasar.
3. Penggunaan material buangan/wast
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*).

## **Self Compacting Concrete**

*Self Compacting Concrete* adalah beton yang dapat memadat dengan sendirinya tanpa adanya segregasi pada beton. Beton ini sudah sejak lama diteliti di Jepang, penelitian ini berhasil di selesaikan dan untuk pertama kalinya diperkenalkan oleh Okamura pada sekitaran tahun 1990-an di Jepang.

## Bahan Campuran Beton

### a. Semen

SNI 15-2049-2004 Semen merupakan bahan yang bersifat hirolis yang bila dicampur air akan berubah menjadi bahan yang mempunyai sifat perekat. Penggunaannya antara lain meliputi beton, adukan mortar, plesteran, bahan penambal, adukan encer (grout) dan sebagainya. Pada umumnya terdapat beberapa jenis semen dan tipe semen yang berada dipasaran.

### b. Agregat Halus

Berdasarkan SNI 03-6820- 2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

### c. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci). Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm.

### d. Air

Air yang digunakan dalam pembuatan beton pra-tekan dan beton yang akan ditanami logam almunium (termasuk air bebas yang terkandung dalam agregat) tidak boleh mengandung ion klorida dalam jumlah yang membahayakan (ACI 318-89:2-2)

### e. Superplaticizer CONSOL P102 HE

CONSOL P102 HE adalah superplasticizer berbasis polikarboksilat eter (PCE) inovatif yang cocok untuk industri pracetak. Formulasi yang dirancang khusus dengan bahan aktif, CONSOL P102 HE menawarkan dispersi semen yang sangat baik dengan rasio pengikat air yang rendah dan pengembangan kekuatan awal yang luar biasa.

### f. Concrete Waste Powder

Dalam penelitian ini, hasil kesimpulan limbah serbuk beton ini dapat difungsikan sebagai substitusi semen karena kandungan SiO (silika oksida) yang tinggi dan memiliki sifat pengikatan seperti halnya dalam semen.

### g. Shellfish Waste Powder

Menurut Hidayat (2015) dalam penelitiannya ini dimulai dari perencanaan campuran beton dengan mutu 22,5 MPa. Dibuat sampel beton campuran cangkang kerang dengan variasi persentase terhadap berat agregat halus (pasir) yaitu 0%, 10%, 25%, 35%, dan 50%. Dari hasil pengujian kenaikan kuat tekan secara maksimum terjadi pada campuran 10% Dari sini dapat diketahui perbandingan kuat tekan rata-rata beton campuran pada umur 1 hari meningkat dari kuat tekan rata-rata beton tanpa Cangkang Kerang. Dari beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit kerang sebagai pengganti agregat halus mampu menghasilkan densitas yang melebihi densitas beton normal. Melihat hal tersebut maka dilakukan pemanfaatan limbah serbuk kulit kerang sebagai bahan pengganti agregat halus ditinjau dari kuat tekan dan absorbsinya.

**Tabel 1.** Mix design beton inovasi *self compacting concrete*

Material	Kg/m <sup>3</sup>
Semen	549
Agregat halus	695,848
Agregat kasar	795,255
Air	164,7
Superplasticizer (Consol P102 HE)	10,98
Limbah serbuk beton	61
Limbah serbuk cangkang kerang	165,678

Sumber : Analisis penulis

**Tabel 2.** Mix design beton normal *self compacting concrete*

Material	Kg/m <sup>3</sup>
Semen	610
Agregat halus	885,055
Agregat kasar	816,974
Air	164,7
Superplasticizer (Consol P102 HE)	10,98

Sumber : Analisa penulis

## 2. METODE

### Pengumpulan data

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

### Waktu Dan Tempat Pelaksanaan

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

### Alat-alat Yang Digunakan

Adapun alat-alat yang digunakan, antara lain:

1. Alat timbang
2. Oven
3. Kerucut Abrams
4. Satu set saringan
5. Piknometer
6. Bekisting
7. Mixer
8. Mesin Kuat Tekan
9. Alat Bantu

### Pemilihan Material

Pemilihan material yang dilakukan, antara lain:

1. Semen PCC Tiga Roda
2. Agregat Halus
3. Agregat Kasar
4. Air
5. Konsol P102 HE

### Pengujian Material

Pengujian material yang dilakukan, antara lain:

1. Agregat Halus
  - Kadar lumpur
  - Penyerapan dan berat jenis
2. Agregat Kasar
  - Modulus halus butir
  - Penyerapan atau Absorbtion dan Berat Jenis
  - Pengujian kadar air
  - Pengujian kadar lumpur
  - Pengujian Abrasi

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mix Design

Perhitungan *mix design self-compacting concrete* menggunakan Limbah serbuk cangkang kerang (*shellfish waste powder*) berdasarkan ACI (*American Concrete Institute*) 211.4R-93 1998.

### Proses Pembuatan Beton

Dalam proses pembuatan beton ada beberapa urutan sebagai berikut :

1. Siapkan agregat halus dan agregat kasar pada kondisi kering permukaan jenuh
2. Menimbang dan mengukur material yang akan digunakan, seperti agregat halus, agregat kasar, semen, limbah serbuk cangkang kerang, limbah serbuk beton, air dan superplasticizer.
3. Menyiapkan dan membersihkan peralatan-peralatan yang akan digunakan pada proses, seperti, pengaduk beton, papan dan cone slump.

4. Masukkan agregat kasar ke dalam alat pencampur, kemudian disusul dengan agregat halus, kedua bahan tersebut diaduk hingga rata.
5. Memasukkan semen, limbah serbuk cangkang kerang, limbah serbuk beton ke dalam mixer kemudian dicampur dengan agregat hingga rata.
6. Tuang air dan superplasticizer yang telah dicampur sebelumnya,
7. Kemudian campuran beton tersebut diuji slump untuk melihat apakah workability dari campuran tersebut sudah memenuhi persyaratan self compacting concrete atau belum.
8. Campuran beton tersebut kemudian diumpankan ke dalam bekisting yang telah disiapkan sebelumnya

### Rancangan Anggaran Biaya

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya *Self Compating Concrete* sebagai berikut.

**Tabel 3.** Rencana Anggaran Biaya *Self Compating Concrete*

Material	Vol (Kg/m <sup>3</sup> )	Unit	Harga	Total
Semen	610	Kg	Rp 1,500,00	Rp 915.000,00
Agregat Halus	885,055	Kg	Rp 1,000,00	Rp 885.055,00
Agregat Kasar	816,974	Kg	Rp 100,00	Rp 81.697,00
Air	164,7	L	Rp 6,00	Rp 988,200
Superplasticizer	10,98	L	Rp 25,000,00	Rp 274,500,00
Concrete waste powder	-	-	-	-
Shellfish waste powder	-	-	-	-
Total				Rp 2,157,250,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan *Self Compating Concrete* menggunakan *concrete waste powder* dan *Shellfish waste powder* sebagai berikut.

**Tabel 4.** *Self Compating Concrete* menggunakan *concrete waste powder* dan *Shellfish waste powder*

Agregat Kasar	795,255	Kg	Rp 100,00	Rp 79.525,00
Air	164,7	L	Rp 6,00	Rp 988,200
Superplasticizer	10,98	L	Rp 25,000,00	Rp 274,500,00
Concrete waste powder	61	Kg	Rp 20,00	Rp 1.220,00
Shellfish waste powder	165,678	Kg	Rp 25,00	Rp 4.141,00
Total				Rp 1,879,700,00

Sumber : Hasil Perhitungan

### Hasil Slump Flow

Hasil Slump Flow.

### Hasil Kuat Tekan

Hasil Kuat Tekan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *shellfish waste powder* dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus sedangkan *concrete waste powder*, sebagai substitusi semen. Pengaruh limbah serbuk cangkang kerang yaitu tidak terjadi penurunan kekuatan dan dapat meningkatkan *workability* jika dibandingkan dengan beton tanpa limbah serbuk cangkang kerang. Pemakaian dalam jumlah besar mengurangi produksi semen, sehingga mengurangi gas rumah kaca yang dihasilkan dari produksi semen. Rencana Anggaran Biaya *Self Compacting Concrete* per meter kubik yaitu Rp.2.157.250,00. Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* menggunakan *concrete waste powder* adalah Rp.2.060.859,00. Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* menggunakan *shellfish waste powder* adalah Rp.1.987.344,00 dan untuk Rencana Anggaran Biaya beton *Self Compacting Concrete* dengan menggunakan inovasi *Concrete waste powder* dan *Shellfish waste powder* adalah Rp.1,879,700,00. Pemanfaatan limbah serbuk beton dan limbah serbuk cangkang kerang untuk beton inovasi akan menghemat pembuatan beton sebesar Rp.277.550,00/m<sup>3</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute, ACI 318-89 Building Code Requirements for Reinforce Concrete, Part I, General Requirements, Fitsh Edition, Skokie, Illinois, USA:PCA, 1990.5pp.
- American Concrete Institute. (1998). Standard Practice for Selecting Proportions for Structural Lightweight Concrete. United States: ACI 211.2-98.
- Antoni., dkk. (2007). Kompatibilitas antara superplasticizer tipe polycarboxylate dan naphthalene dengan semen lokal. Yogyakarta.
- Bamigboye, G. O., Nworgu, A. T., Odetoyan, A. O., Kareem,M., Enabulele, D. O., & Bassey, D. E. (2020). Sustainable Use of Seashells as Binder in Concrete production: Prospect and challenges. *Journal of Building Engineerin* 101864.doi:10.1016/j.jobe.2020.101864
- Demirel, B. (2010). The effect of the using waste marble dust as fine sand on the mechanical properties of the concrete, Turkey: Firat University Ergün, A.
- Effects of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete, Turkey: Afyon Kocatepe University. EFNARC.2002.
- Specification and Guidelines for Self- Compacting Concrete. Surrey GU9 7EN, UK Ge, Z., Gao, Z., Sun, R., & Zheng, L. (2012). *Jurnal Rekayasa Sipil*, ISSN Naceri, A., & Hamina, M. C. (2009). Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar. *Waste Management*, 29(8), 2378–2384. doi:10.1016/j.wasman.2009.03.026
- Poon, C.S., & Chan, D. (2016). Penggunaan agregat beton daur ulang yang layak dan bata yang dihancurkan sebagai dasar jalan yang tidak terikat. *Constr. Build. Mater.* 20, 578e585.
- 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.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan. (2004). Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton. Pd T-04-2004-C. Indonesia.
- Suhendro, B. (2014). Menuju Green Concrete untuk lingkungan berkelanjutan yang lebih baik. *Procedia Engineering*, 95, 305-3
- Standar Nasional Indonesia. (2013). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Indonesia: SNI 2847-2013.
- Türker P, Erdogan B, Erdogdu K. (2012). Influence of marble powder on microstructure and hydration of cements. *Cem. Conc. World*, 7(38): 50-62.