

Inovasi Pemanfaatan Limbah Marmer sebagai Substitusi Agregat Kasar Untuk Beton yang Ramah Lingkungan

Daffa Nabhan¹, Anisah², Lenggogeni³

^{1,2,3} Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Universitas Negeri Jakarta

e-mail: : Daffanabhan_1506520010@mhs.unj.ac.id¹, anisah_mt@unj.ac.id²
lenggogeni@unj.ac.id³

Abstrak

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang akan banyak dipakai dalam proses pembangunan tersebut, kita tahu bahwa beton merupakan bahan bangunan yang terbuat dari pencampuran antara agregat kasar (kerikil), agregat halus (pasir), bahan ikat (semen), dan air. Material-material beton tersebut banyak diambil secara langsung dari alam, sehingga akan mengeskploitaasi alam secara langsung dan terus menerus. Banyaknya penggunaan material tersebut dapat mengakibtakan keseimbangan lingkungan terganggu, sehingga dibutuhkan inovasi material penyusun beton yang ramah lingkungan dan menghasilkan beton dengan mutu tinggi. Dari hasil penelitian menunjukkan substitusi limbah marmer pada variasi 30% kuat tekan beton yaitu 33,88 MPa. Variasi 50% kuat tekan beton yaitu 32,01 MPa. Dan untuk variasi 0% kuat tekan beton 30.82 MPa. Sehingga variasi dengan limbah marmer paling optimal adalah 30% dari volume agregat kasar. Berdasarkan material yang didapatkan dalam pembuatan beton ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih optimal diperlukan material yang lebih bagus kualitasnya. Rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pembuatan 1 m material beton inovasi sebesar Rp 1.296.250,- sedangkan untuk satu silinder 10 x 20 cm hanya Rp 3.324,835,-

Kata kunci: *Inovasi Pemanfaatan Limbah Marmer, Agregat Kasar, Beton, Ramah Lingkungan.*

Abstract

Concrete is one of the building materials that will be widely used in the construction process. We know that concrete is a building material made from a mixture of coarse aggregate (gravel), fine aggregate (sand), binding material (cement), and water. Many of these concrete materials are taken directly from nature, so they will exploit nature directly and continuously. The large use of these materials can result in the environmental balance being disturbed, so innovation in concrete materials that are environmentally friendly and produce high quality concrete is needed. The research results show that the substitution of marble waste for a 30% variation in concrete compressive strength is 33.88 MPa. The 50% variation in concrete compressive strength is 32.01 MPa. And for the 0% variation, the compressive strength of the concrete is 30.82 MPa. So the optimal variation with marble waste is 30% of the coarse aggregate volume. Based on the materials obtained in making this concrete, it can be concluded that to get more optimal compressive strength, materials of better quality are needed. The planned cost budget (RAB) required for making 1 m of innovative concrete material is Rp. 1,296,250,- while for one cylinder 10 x 20 cm only IDR 3,324,835,-

Keywords : *Innovative Use Of Marble Waste, Coarse Aggregate, Concrete, Environmentally Friendly.*

PENDAHULUAN

Pembuatan beton ramah lingkungan ini diharapkan dapat menjadi inovasi beton sustainable, mudah, cepat, efisien, ramah lingkungan serta ekonomis namun juga bermutu tinggi. Beton sebagai material bangunan paling populer, tersusun dari komposisi utama agregat kasar, agregat halus, air, dan Semen Portland menjadi material yang sangat penting dan banyak digunakan untuk membangun berbagai infrastruktur seperti gedung, jembatan, jalan raya, dibawah tanah seperti pondasi. Dengan adanya pembangunan infrastruktur yang semakin hari semakin meningkat mengakibatkan produksi semen yang meningkat pula. Menurut (Malhotra, 1999) produksi semen dunia akan terus meningkat dari 1,5 milyar ton pada tahun 1995 menjadi 2,2 milyar ton pada tahun 2010. Akan tetapi, pada saat proses produksi semen terjadi pelepasan gas karbondioksida (CO_2) ke udara yang besarnya sebanding dengan jumlah semen yang diproduksi (Davidovits, 1994), yang dapat merusak lingkungan hidup kita diantaranya pemanasan global. Maka diperlukan bahan alternatif lain yang bisa menggantikan semen dalam campuran beton untuk mendapatkan beton yang ramah lingkungan.

METODE

Data Material

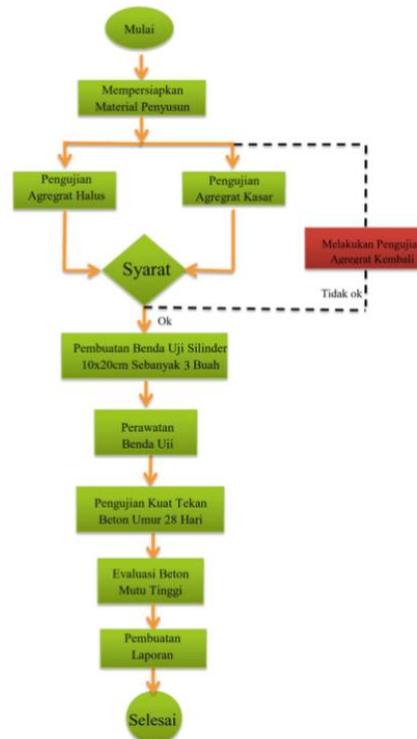
Material yang di gunakan dalam pembuatan beton ini adalah sebagai berikut :

1. Semen Portland (PC) merk Gresik tipe PCC
2. Limbah Marmer (sebagai bahan substitusi Agregat Kasar)
3. Agregat Kasar /Split Malingping.
4. Agregat Halus merupakan pasir Pasir Cimalaka
5. Air.
6. Superplasticizer Sika Visconcrete 1003 (sebagai bahan tambah/aditif)
7. Superplasticizer Napthalene (sebagai bahan tambah/ aditif) Max Lab Kab. Tangerang, Banten

Persiapan dan Pengolahan Material Beton Inovasi

Persiapan penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yakni :

1. Pengadaan material, material yang digunakan pada beton inovasi adalah :
 - a. Semen Merah Putih jenis Portland Composit Cement (PCC).
 - b. Agregat halus berupa pasir Cimalaka
 - c. Agregat kasar berupa batu pecah Malingping
 - d. Limbah Marmer yang berasal dari sisa-sisa konstruksi yang menggunakan marmer.
 - e. Superplasticizer Sika Visconcrete 1003 yang berasal dari Laboratorium Teknik Sipil, via Rawamangun
 - f. Superplasticizer Napthalene yang berasal dari Max Lab Kab.Tangerang, Banten
2. Pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
3. Pembuatan rancang campuran (Mix Beton), benda uji silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm, perawatan benda uji dan pengujian kuat tekan beton di laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Pengolahan Material Beton Inovasi ini dengan cara mensubstitusi agregat dengan limbah marmer secara bervariasi dan menambahkan bahan tambah berupa Superplasticizer Sika Visconcrete 1003 dan Superplasticizer Napthalene ke dalam adukan beton di dalam molen sebanyak 2% dari volume air.



Gambar 1. 1 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

Perhitungan Mix Desain

Benda uji merupakan silinder berdimensi 10 x 20 cm yang berjumlah 3 buah. Metode mix design yang digunakan berdasarkan Perencanaan Mix Design Beton Mutu 30 Mpa (SNI 7656-2012)

1. Tahap 1 : Penentuan nilai slump dan kekuatan yang diinginkan. Berdasarkan (SNI 7656-2012), karena dalam pembuatan beton ini menggunakan superplasticizer sebagai HRWR, maka slump yang dipilih adalah 25 mm - 50 mm. Kuat tekan yang ditargetkan adalah $f'c = 30$ MPa.

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$
$$f'cr = (30+9,66)/0,9 = 44,06 \text{ MPa}$$

2. Tahap 2 : Menentukan ukuran maksimum agregat. Berdasarkan (SNI 7656-2012), untuk kekuatan tekan 44,06 MPa, ukuran agregat maksimum yang digunakan adalah 12,5 mm. dan kadar agregrat pada kering oven = 1600 kg/m³.
3. Tahap 3 : Menentukan kadar air dan kadar udara. (SNI 7656-2012), untuk slump 25 mm – 50 mm kadar air yang digunakan adalah 189 (lt/m³) atau 189 kg/m³. Kadar udara sebesar 2%.
4. Tahap 4 : Penentuan rasio w/c+p. Berdasarkan (SNI 7656-2012), untuk beton 30 Mpa adalah 0,54.
5. Tahap 5 : Menghitung kadar bahan bersifat semen. Dimana Kadar air = $w/(c+p)$ 189 = 350 kg/m³ beton. 0,54
6. Tahap 6 : Proporsi campuran dasar dengan semen Portland. Perhitungan Mix Design volume semua bahan per m³ campuran beton adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Total Perhitungan Mix Design

Material	Berat
Air (Yang ditambahkan)	165,3 kg
Semen Portland	350,00 kg
Ag. Kasar (Basah)	953,44 kg
Ag. Halus (Basah)	851,81 kg
2% Superplasticizer Sika Visconcrete 1003	3,3 Lt

Variasi Agregat Kasar menggunakan Limbah Marmer

1. 100% Sampel 1 Agregat Kasar dengan Marmer = 953,44
2. 50% Sampel 2 Agregat Kasar dengan Marmer = 476,72
3. 100% Sampel 3 Agregat Kasar dengan Split = 53,44

Metode Pembuatan Beton

1. Persiapan Pembuatan Benda Uji
 - a. Siapkan material dan peralatan pengerjaan penunjang.
 - b. Oleskan cetakan benda uji silinder 10 cm x 20 cm dengan pelumas agar material tidak sulit dilepas ketika melepas cetakan.
2. Pembuatan Campuran Beton
 - a. Aduk campuran pasir, semen, dan air.
 - b. Tuang 80% bagian air ke dalam campuran beton.
 - c. Campurkan Superplasticizer Naphthalene ke dalam bagian air sisa, kemudian campurkan ke dalam adukan beton di dalam molen.
 - d. Campurkan split ke dalam campuran beton hingga merata.
 - e. Campurkan Superplasticizer Sika Visconcrete 1003 ke dalam adukan beton di dalam molen
3. Pengujian Slump Beton
 - a. Tuang beton segar ke dalam kerucut Abram untuk tes slump flow hingga enuh, kemudian angkat kerucut sehingga campuran dapat mengalir. Untuk perencanaan slump yaitu 25 mm – 50 mm
 - b. Catat lebar beton menyebar.
4. Pembuatan dan Perawatan Benda Uji
 - a. Tuangkan beton segar ke dalam 3 cetakan benda uji silinder 10 cm x 20 cm hingga setengah penuh, lalu dirojak atau diketuk sampai beton memadat.
 - a. Tandai permukaan beton dengan menuliskan nama tim dan tanggal pembuatan beton.
 - b. Lepaskan benda uji dari cetakan setelah berumur dua hari dan merendamnya ke dalam air.
 - c. Angkat benda uji setelah berumur dua puluh delapan hari dari rendaman air dan jemur selama kira-kira enam jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian material (SNI 03-1970-2008)

Pengujian material adalah pengujian dari bahan-bahan penyusun beton selain aditif. Material yang diuji yaitu agregat halus maupun kasar yang terdiri dari:

Pengujian Agregat Halus meliputi:

1. Kadar lumpur : Untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam pasir.
2. Kadar zat organik : Untuk menentukan banyak sedikitnya kandungan zat organik pada dalam pasir.
3. Specific gravity : Untuk menentukan berat jenis, berat jenis SSD, dan penyerapan air agregat halus.

4. Gradasi : Untuk menentukan nilai modulus kehalusan agregat halus.

Pengujian Agregat Kasar meliputi:

1. Kadar lumpur : Untuk mengetahui besarnya kandungan lumpur dalam kerikil.
2. Specific gravity : Untuk menentukan berat jenis, berat jenis SSD, dan penyerapan air agregat kasar.
3. Gradasi : Untuk menentukan nilai modulus kehalusan agregat kasar.
4. Abrasi

Pasir (Agregat Halus)

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil Lab
Berat Jenis (SSD)	2,64 gr/cm ³
Berat Volume	1,6 gr/cm ³
Modulus Kehalusan	2,8
Kandungan Lumpur	11%
Penyerapan (Absorpsi)	0,70%
Kandungan Organik	1-10%

Pasir Agregat Kasar

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Lab
Berat Jenis	2,68 gr/cm ³
Berat Volume	1,603 gr/cm ³
Modulus Kehalusan	7,61
Kandungan Lumpur	0,41%
Tingkat Abrasi	21%
Absorpsi	0,50%
Ukuran Maksimum Agregat	20 mm

Data Hasil Pengujian Kuat Tekan Benda Uji.

Alat yang digunakan adalah Universal Testing Machine (UTM) dengan cara meletakkan silinder beton tegak lurus (vertikal). Khusus untuk pengujian kuat tekan, sebelum dilakukan pengujian permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

No	Tanggal	Umur Beton (Hari)	Subtitusi Limbah Marmer	Nilai Kuat Tekan (Mpa)
1	08/02/23	28	30%	33,88
2	08/02/23	28	50%	32,01
3	08/02/23	28	0% (non substitusi)	30,82

Perhitungan RAB

Tabel 5. Perhitungan RAB

Proporsi Campuran Dasar (Berat Kering)		
Proporsi bahan	Harga Material Satuan	
Air	166,3 Liter	
Semen Portland (merk Gresik)	350 Kg	Rp. 58.000 / sak
Agregat Kasar	953,44 Kg	Rp. 175.000 / m ³
Agregat Halus	851,81 Kg	Rp. 140.000 / m ³
<i>Superplasticizer Sika Visconcrete 1003</i>	3,3 Liter	Rp. 71.250 / l
Superplasticizer Naphtalane	3,3 Gram	Rp. 330.000 / l
Udara	20	Rp. 0
Total	2347,1	Rp. 1.296.250

SIMPULAN

Perkiraan Dari penelitian yang di lakukan maka diperoleh kesimpulan, bahwa :

1. Dari hasil penelitian menunjukkan substitusi limbah marmer pada variasi 30% kuat tekan beton yaitu 33,88 MPa. Variasi 50% kuat tekan beton yaitu 32,01 MPa. Dan untuk variasi 0% kuat tekan beton 30.82 MPa. Sehingga variasi dengan limbah marmer paling optimal adalah 30% dari volume agregat kasar.
2. Penelitian yang telah dilakukan limbah marmer terdapat kandungan kimia Kalsium Oksida (CaO) adalah unsur kimia terbesar dalam kandungan marmer, yaitu 54,02%.
3. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat halus dan agregat kasar didapatkan bahwa untuk pengujian analisa saringan, berat jenis spesifik, dan kadar air semua memenuhi spesifikasi SNI sehingga agregat dapat digunakan.
4. Dari pengujian kuat tekan beton dapat disimpulkan bahwa agregat substitusi dengan material limbah marmer dapat dimanfaatkan untuk pengerjaan konstruksi struktural ataupun nonstruktural seperti bangunan yang membutuhkan daya beban yang umum seperti perumahan, kantor, interior rumah dan lainnya.

5. Berdasarkan material yang didapatkan dalam pembuatan beton ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih optimal diperlukan material yang lebih bagus kualitasnya
6. Rencana anggaran biaya (RAB) yang dibutuhkan dalam pembuatan 1 m material beton inovasi sebesar Rp 1.296.250,- sedangkan untuk satu silinder 10 x 20 cm hanya Rp 3.324,835,-

DAFTAR PUSTAKA

- Susanto, A., Sayekti, S. P., Arifin, M. Z., & Bowoputro, H. (2016). Pengaruh Limbah Beton Dan Marmer Pada Campuran Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Gilsonite. Malang: Universitas Brawijaya.
- Almindo, O., Carlo, N., & Hasan, M. W. (2019). PENGARUH PEMANFAATAN LIMBAH MARMER SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT KASAR PADA CAMPURAN BETON TERHADAP NILAI KUAT TEKAN. Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University, 1(1).
- Lestari, A. D. (2021). Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Limbah Marmer Sebagai Substitusi Agregat Kasar. Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia, 6(1), 61-69.
- Utama, L. A., Candra, A. I., & Ridwan, A. (2020). Pengujian Kuat Tekan Pada Beton Dengan Penambahan Limbah Marmer Dan Serat Batang Pisang. J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil, 3(2), 304.
- Perkasa, E. E., Bachtiar, G., & Chrisnawati, Y. (2020). PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK MARMER DAERAH TRENGGALEK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA PEMBUATAN PAVING BLOCK. Jurnal Pendidikan Teknik dan Vokasional, 3(2), 149-158.
- Handayani, A. F., Soehardjono, A., & Zacoeb, A. (2015). Pemanfaatan Limbah Serbuk Marmer pada Beton sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen dengan Variasi Penggunaan Silica Fume. Teknologi dan Kejuruan: Jurnal teknologi, Kejuruan dan Pengajarannya, 37(2).
- Aditya, C., Halim, A., & Silviana, S. (2016). Pemanfaatan Limbah Marmer dan Serbuk Silika pada Industri Bata Beton Pejal dan Berlubang. Prosiding SENIATI, 2(2), 16-A.
- Prasetya, A. R., Arifatunnisa, F., & Milleda, R. Y. T. (2021). BESARI (BETON SISA INDUSTRI) FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. BANGUNAN, 26(2), 47-62.
- Saputro, M. Y. E., Hasanuddin, A., & Nurtanto, D. (2022). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer sebagai Agregat Kasar pada Campuran Beton Perkerasan Kaku yang Menggunakan Bahan Tambah Abu Sekam Padi.
- Badan Standardisasi Nasional 2012. SNI 7656:2012. Tata Cara Perhitungan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat, Beton Massa, Jakarta
- Dinas Pekerjaan Umum. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970:2008). Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum. 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. (SNI 1969:2008). Indonesia.
- Dinas Pekerjaan Umum. 2008. Cara Uji Slump Beton (SNI 1972:2008). Indonesia. 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. Paul Nugroho, Antoni. 2007. Teknologi Beton. CV. Andi Offset, Yogyakarta.
- Dzikri, M., & Firmansyah, M. (2018). Pengaruh Penambahan Superplasticizer Pada Beton Dengan Limbah. 9.
- Sitorus, L. R. (2018). Analisis Kuat Tekan Terhadap Umur Beton dengan Menggunakan Admixture Superplasticizer Viscocrete- 3115 N.