



KAJIAN CAMPURAN BETON MUTU TINGGI DENGAN TAMBAHAN SERBUK SLAG TERHADAP METODE *CURING*

Teguh Widayat¹, Nina Restina², Yusak Sabdono Mulyo³, Kiki Maria⁴

¹Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno, Jakarta

²Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno, Jakarta

³Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno, Jakarta

⁴Fakultas Teknik, Universitas Bung Karno, Jakarta

E-mail: yusak.s.mulyo@gmail.com

Article History:

Received: 10-11-2022

Revised: 28-11-2022

Accepted: 07-12-2022

Keywords:

powder slag, curing method, compressive strength

Abstract: *In line with the growing of construction technology, various studies have been carried out related to concrete construction materials. One of main material in concrete is portland cement. Usage of slag powder is one of the innovation in concrete material technology. This research was intended to determine the increase in compressive strength of concrete with added material substitution of slag powder against groundwater, seawater and non curing curing methods. Substitution of slag powder with a proportion of 10%, 20%, and 30% by weight of cement. The concrete test results with varying levels of slag powder substitution mixture as described previously, obtained the highest compressive strength value of 49.89 MPa, which occurred in the concrete mixture with 10% slag powder substitution. The compressive strength test which meet the high quality concrete criteria (f_c 50 concrete) is a freshwater-cured concrete with a compressive strength value of 50.65 MPa at the age of 28 days and a seawater-cured concrete with a compressive strength value of 51.31 MPa in the concrete age of 56 days. While the concrete sample without curing treatment has a compressive strength value below 50 MPa.*

© 2022 SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah

PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi perkembangan teknologi material konstruksi sangat inovatif dan mengikuti perkembangan zaman. Salah satu material konstruksi bangunan yang umum digunakan adalah beton dengan bahan dasar semen portland. Produksi semen menyebabkan hampir satu ton CO₂ (karbon dioksida) emisi (Aldea et al., 2000; Hajek, 2017). Perusahaan produksi semen memberikan kontribusi 5% dari emisi pemanasan global (Colin and Sanjaya, 2002). Beton sebagai bahan konstruksi untuk pembangunan social-ekonomi masyarakat disuatu negara. Kebutuhan bahan material yang digunakan terbesar kedua didunia setelah air adalah kebutuhan beton didunia pada 2 ton per kapita per tahun (Samat et al., 2017). Bahan semen tambahan telah banyak digunakan dalam pengembangan beton mutu tinggi seperti: fly ash, silica, abu sekam padi dan serbuk slag. Salah satu cara yang efektif untuk mengurangi dampak lingkungan adalah

dengan serbuk slag/Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS), sebagai substitusi bahan tambahan semen parsial (Aldea et al., 2000).

Dalam pembangunan gedung bertingkat tinggi serta infrastruktur lainnya yang bersifat masal dibutuhkan beton dengan kekuatan tinggi, mendefinisikan sebagai beton mutu tinggi yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 Mpa. (Usrina et al.2018). Beton mutu tinggi (High Performance Concrete) sekarang banyak digunakan di seluruh dunia karena kemampuan kerja yang tinggi, kepadatan tinggi dengan modulus elastisitas tinggi, stabilitas dimensi tinggi dengan ketahanan abrasi yang baik, dampak benturan, dan kekuatan tinggi.

PT. Krakatau Semen Indonesia (Persero) Tbk. Adalah salah satu produsen serbuk slag di Indonesia yang merupakan perusahaan BUMN yang didirikan oleh PT.Krakatau Steel Tbk dengan Semen Indonesia Tbk. Di Indonesia pemakaian bahan ini belum tersosialisasi dengan baik. Khususnya serbuk slag masih dikategorikan sebagai Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun).

Tempat pembangunan suatu konstruksi tidak selamanya di darat, tetapi bisa di dalam air tawar dan air laut, oleh sebab itu penelitian ini mengkaji sifat mekanis beton mutu tinggi terhadap metode *curing* air tawar, *curing* air laut, dan *non curing* (dengan suhu ruangan). Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk slag (GGBFS) sebagai bahan tambahan dalam pembuatan beton yang bervariasi yaitu dengan presentase 10%, 20%, 30% dari berat semen dengan metode perawatan menggunakan air tawar, air laut dan *non curing* ditinjau dari kuat tekan pada beton mutu tinggi.

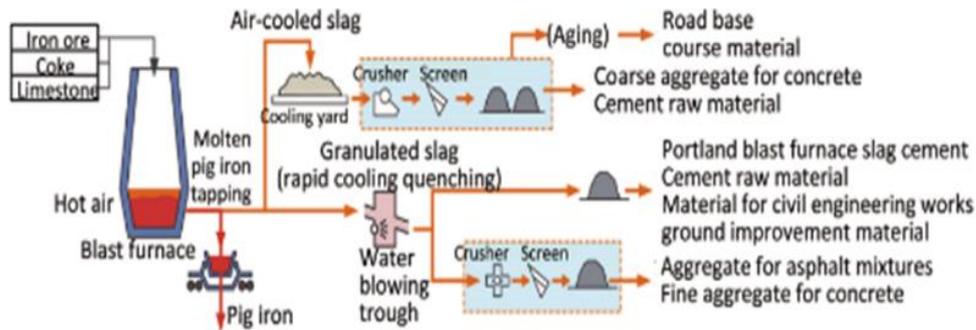
LANDASAN TEORI

Beton merupakan suatu bahan bangunan yang material penyusunnya terdiri dari semen (Portland Cement), air, aggregate kasar (split), aggregate halus (pasir), dengan atau tanpa bahan semen tambahan yang menghasilkan membentuk massa padat (SNI 03-2847-2013). Beberapa faktor yang memengaruhi mutu beton, diantaranya adalah menentukan nilai perbandingan campuran bahan penyusun beton dan kualitas bahan penyusunnya, cara saat pelaksanaan pengecorannya, waktu pelaksanaan finishing, temperature (suhu), dan perawatan beton saat proses pengerasannya. Dalam pembuatan untuk menghasilkan beton diharapkan akan memberikan kemudahan saat pengerjaannya (*workability*) dan konsistensi dalam pengerjaan beton, ketahanan terhadap korosi kondisi lingkungan khusus (kedap air, pinggir pantai, dll) dan dapat tercapai uji kuat tekan yang direncanakan.

Penggunaan dan definisi beton kekuatan tinggi (HSC) telah melihat perkembangan bertahap dan terus menerus selama bertahun-tahun. Pada tahun 1950, beton kuat tekannya 5000 psi (34 MPa) dianggap berkekuatan tinggi. Pada tahun 1960, beton dengan kekuatan tekan 6000 dan 7500 psi (41 dan 52 MPa) yang diproduksi secara komersial. Menurut SNI Pd-T-04 2004-C menerangkan beton mutu tinggi adalah beton dengan kekuatan kuat tekan yang disyaratkan f_c 40 Mpa sampai dengan 80Mpa, dengan benda uji berupa silinder berukuran standar diameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada test kuat tekan pada umur 56 hari ataupun 90 hari atau tergantung waktu yang di tentukan.

Serbuk slag adalah hasil kerak dalam produksi dari blast furnace yang di gunakan untuk membuat besi. Bahan baku pembuatan besi yakni bijih besi, besi bekas, kokas dan batu kapur dimasukkan ke dalam tungku dapur tanur tinggi kemudian dipanaskan hingga mencapai 1500°C. Bijih besi direduksi menjadi besi dan bahan tersisa dari terak mengapung di atas besi. Cairan yang berupa terak tadi jika akan digunakan untuk pembuatan serbuk slag harus cepat di padamkan dengan volume air yang banyak. Pendinginan yang menghasilkan butiran dengan mirip pasir kasar, pasir kasar ini kemudian dikeringkan dan di giling menjadi bubuk halus atau serbuk slag (Suresh dan

Nagaraju, 2015). Butiran pasir kerak dapat juga dipakai sebagai pengganti agregate. Slag didapat dari buitrn Kristal slag digiling halus akan memiliki sifat sangat reaktif yang dapat dipakai sebagai bahan pengganti semen. Proses pabrikasi semen slag/(GGBFS) di ilustrasikan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Proses Produksi Serbuk Slag
 Sumber : (Miyamoyo et al. 2015)

METODE PENELITIAN

Metodologi dan tempat penelitian yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini ialah dengan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Independent (Plant Readymix Adhimix Cibubur).

Persiapan dan pengadaan bahan diambil dari quari *Batching Plant Readymix Adhimix Cibubur*. Agregate kasar (Split) berasal dari rumpin, pasir berasal dari cimilaka, semen menggunakan semen tiga roda, dan serbuk slag berasal dari PT Krakatau Semen Indonesia.

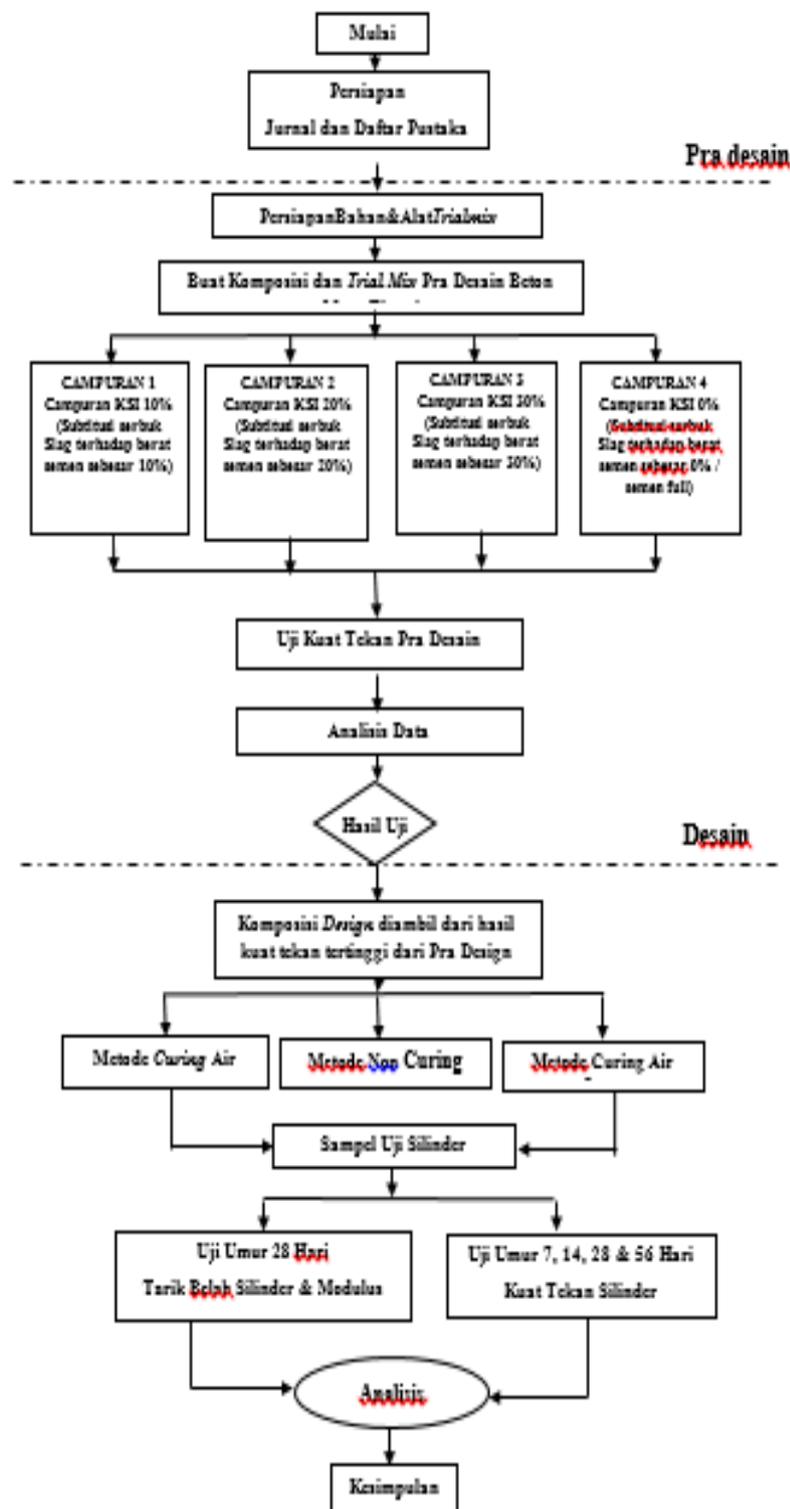
Komposisi Pra Desain: Semen: Agregat halus (Pasir): Agregat kasar (Split) perbandingan campuran 1PC: 0,72Ps:1,34 Pk. Variasi substitusi serbuk slag terhadap berat semen 0%, 10%, 20%, dan 30%. Kode sample SP (substitusi 0%), SL10 (substitusi 10%), SP20 (substitusi 20%), SP30 (substitusi 30%). Benda uji tahapan pra desain menggunakan silinder Ø 15cm dan tinggi 30cm berjumlah 12 buah pengujian kuat tekan pada umur 28 hari.

Komposisi Desain digunakan dari mengambil hasil pengujian pra desain yang variasi substitusi serbuk slag terhadap berat semen yang 10%, 20%, dan 30% selanjutnya untuk pembeda pengujianya kita bedakan dengan metode *curing* yaitu *curing* air tawar (CRB), *curing* air laut (CAL) dan *non curing* (NC). Benda uji tahapan pada desain menggunakan silinder Ø 15cm dan tinggi 30cm yang berjumlah 45 buah dan balok ukuran 15x 15x60 cm yang berjumlah 9 buah. Komposisi pra desain dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Pra Desain per m³

Kode Benda Uji	Semen OPC (kg/m ³)	Serbuk slag (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Pasir (kg/m ³)	Split (kg/m ³)
SP	703	0	201.40	533.17	937.42
SP10	632.70	70.30	201.40	533.17	937.42
SP20	562.40	140.60	201.40	533.17	937.42
SP30	492.10	210.90	201.40	533.17	937.42

Dalam tahapan penelitian meliputi material, komposisi serta pengujian tahap pra desain dan desain. Metode penelitian dan aliran penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Tahapan Penelitian
 Adapun tahapan pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:
 1. Pengambilan material dari quari *Plant Readymix* Adimix Cibubur.

2. Pengujian Material
3. Penimbangan material sesuai komposisi desain
4. Proses pencampuran (pengadukan) material
5. Test Slump
6. Pencetakan sampel Benda Uji
7. Perawatan

Secara visual dapat dilihat pada gambar 3.

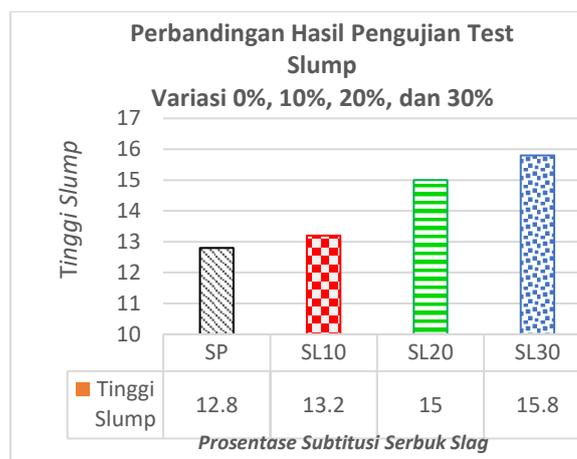


Gambar 3. Alur Tahapan Pembuatan Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian nilai slump bertujuan untuk mengetahui tingkat kekentalan dari sebuah adukan beton. Sebuah beton yang kental memiliki slump yang rendah sedangkan slump yang tinggi berarti sebuah adukan semakin encer dan mudah dikerjakan.

Hasil pengujian slump cukup memenuhi syarat, yaitu bervariasi antara 12,8 cm sampai dengan 15,8 cm sebagaimana terlihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Hasil Pengujian Nilai Slump Pra Desain.

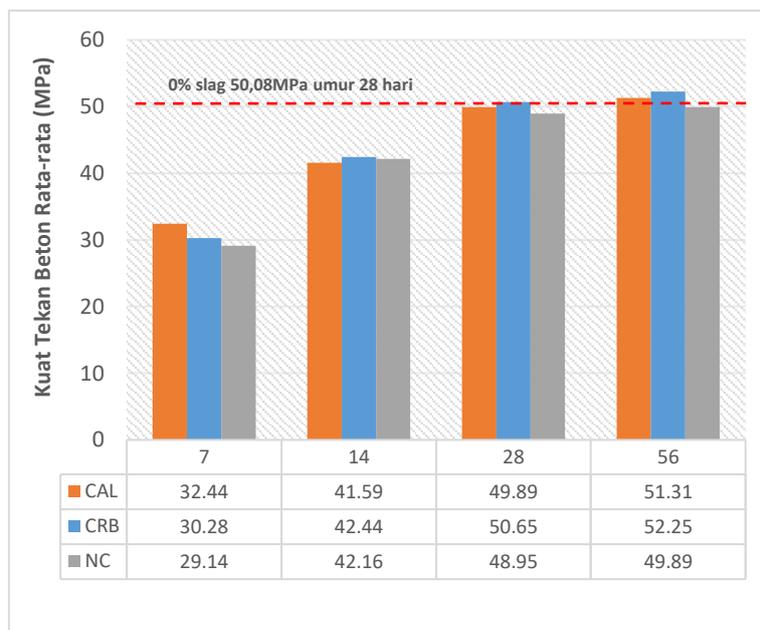
Hasil pengujian beton mutu tinggi dengan substitusi serbuk slag terhadap berat semen persentase 0%, 10%, 20%, dan 30% perbandingan campuran 1PC: 0,72Ps:1,34 Pk, pada umur 28 hari, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Pengujian Kuat Tekan Pra Desain.

Dari hasil pengujian kuat tekan di peroleh hasil tertinggi substitusi serbuk slag terhadap berat semen (SL10) dengan nilai 49,89 Mpa dan SP sebagai pembanding acuan pada desain.

Hasil pengujian kuat tekan beton pra desain yang tertinggi dari perbandingan penggunaan serbuk slag sebagai substitusi semen yang 10%, 20%, dan 30% dijadikan sampel desain untuk berikutnya diuji dengan kuat tekan umur beton 7, 14, 28, dan 56 hari dengan pembeda pada perawatan yaitu *curing* air tanah (CRB), *curing* air laut (CAL), dan *non curing* (NC). Grafik perbandingan hasil uji kuat tekan seperti ditampilkan pada Gambar 6 di bawah ini :



Gambar 6. Perbandingan Hasil Pengujian Kuat Tekan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ekspeimen pada kuat tekan beton mutu tinggi substitusi serbuk slag terhadap berat semen dengan metode *curing*, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian pra design beton dengan variasi kadar campuran substitusi serbuk slag 10%, 20%, dan 30% terhadap berat semen didapatkan nilai kuat tekan tertinggi adalah beton dengan campuran substitusi serbuk slag 10% yaitu mencapai kuat tekan sebesar 49.89 MPa, mendekati kuat tekan rencana beton mutu tinggi f_c 50 MPa.
- b. Beton substitusi serbuk slag dengan prosentasi lebih besar waktu pengerasannya lebih lama, sehingga beton substitusi serbuk slag dengan persentase 20% dan 30 % nilai kuat tekannya di bawah beton yang bersubstitusi serbuk slag 10%.
- c. Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa dengan persentase serbuk slag 10% yang masuk kriteria beton mutu tinggi (f_c 50) adalah beton yang dirawat dengan air tawar dengan nilai kuat tekan 50.65 MPa pada umur 28 hari dan beton yang dirawat dengan air laut dengan nilai kuat tekan 51.31 MPa pada umur beton 56 hari. Sedangkan beton yang tidak dilakukan *curing* nilai kuat tekannya di bawah 50 MPa.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Dengan terlaksananya penelitian ini kami sangat mengapresiasi dukungan dan kerjasama berbagai pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu; sehingga hasilnya dapat kami susun menjadi jurnal ilmiah ini. Oleh sebab itu kami mengucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Yayasan dan institusi serta segenap civitas akademika Universitas Bung Karno.
2. Manajemen *Batching Plant* Adhimix Cibubur.

Semoga paparan dan kajian ilmiah ini bermanfaat untuk diterapkan maupun dapat menginspirasi dan menunjang arah pengembangan dalam penelitian-penelitian material beton selanjutnya.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Anonim ASTM C 469-94." Standard Test Method For Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression". Annual book of ASTM Standards, 2002.
- [2] Badan Standarisasi Nasional, SNI 15-2049-2004. "Sement Portland". Badan Standarisasi Nasional, 2004.
- [3] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1972:2008. "Cara Uji Slump Beton". Badan Standarisasi Nasional, 2008.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1974:2011. "Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder". Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, SNI 6385:2016. "Spesifikasi Semen Slag Untuk Digunakan Dalam Beton dan Mortars". Badan Standarisasi Nasional, 2016.
- [6] Collins F and Sanjayan JG. "The challenge of the cement industry towards the reduction of greenhouse emissions". In: Proceedings of the International Association of Bridge and Structural Engineers (IABSE) conference September, Melbourne, 2002.
- [7] D. Suresh and K. Nagaraju. "Ground Granulated Blast Slag (GGBS) In Concrete – A Review", IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 12, Issue 4 Ver. VI, DOI: 10.9790/1684-12467682, Civil Engineering Department, Kuppam Engineering

- College, Kuppam. Chittoor district, Andhra Pradesh, India, 2015.
- [8] Petr Hajek. "Concrete structures for sustainability in a changing world". *Procedia Engineering* 171 (2017) 207 – 214, Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials (SCESCM). Science direct, 2017.
- [9] Shahab Samad, Attaulah Shah and Mukesh C Limbachiya. "Strength development characteristics of concrete produced with blended cement using ground granulated blast furnace slag (GGBS) under various curing conditions". India Academy of science DOI 10.1007/s12046-017-0667-z. School of Civil Engineering and Construction, Kingston University, London, UK, 2017.
- [10] Takayuki Miyamoyo, Kenich Akahane, Koichi Torii, and Sachiko Hayashiguchi. "Production and use of blast furnace slag agregat for concrete". Technical report UDC 669.162.275.2: 66.972.12, 2015.
- [11] V.S. Sethuraman dan K. Suguna. "Computation of Modulus of Elasticity of High Strength Concrete using Silica Fume". *Asian Journal of Applied Sciences* (ISSN: 2321–0893) Volume 04–Issue01. Department of Civil & Structural Engineering, Annamalai University, Annamalainagar, Tamilnadu, 2016.