

# JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

P-ISSN NO. 2598-9758 E-ISSN NO. 2598-8581

VOL. 6, NO. 2, DESEMBER 2022



Diterbitkan oleh  
Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Politeknik Negeri Banjarmasin  
bekerjasama dengan  
Jurusan Teknik Sipil - Politeknik Negeri Banjarmasin

# **JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL POLITEKNIK NEGERI BANJARMASIN**

Jurnal Gradasi Teknik Sipil diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Banjarmasin. Ruang lingkup makalah meliputi Bidang Teknik dan Manajemen dengan konsentrasi Bidang Transportasi, Geoteknik, Struktur, Keairan dan Manajemen Konstruksi. Isi makalah dapat berupa penyajian isu aktual di bidang Teknik Sipil, review terhadap perkembangan penelitian, pemaparan hasil penelitian, dan pengembangan metode, aplikasi, dan prosedur di bidang Teknik Sipil. Makalah ditulis mengikuti panduan penulisan.

## **Penanggung Jawab**

Nurmahaludin, ST, MT.

## **Dewan Redaksi**

Ketua : Dr. Fitriani Hayati, ST, M.Si.  
Anggota : Riska Hawinuti, ST, MT.  
Nurfitriah, S.Pd, MA.  
Kartini, S.T, M.T  
Mitra Yadiannur, M.Pd

## **Reviewer**

Dr. Ir. Yanuar Jarwadi Purwanto, MS. (Institut Pertanian Bogor)  
Dr. Ir. M. Azhar, M. Sc. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)  
Dr. Ir. Endang Widjajanti, MT. (Institut Sains dan Teknologi Nasional)  
Joni Irawan, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)  
Yusti Yudiawati, ST, MT. (Politeknik Negeri Banjarmasin)  
Dr. Astuti Masdar, ST, MT. (Sekolah Tinggi Teknologi Payukumbuh)

## **Editing dan Tata Bahasa**

Nurfitriah, S.Pd., MA.

## **Desain dan Tata Letak**

Mitra Yadiannur, M.Pd

## **Alamat Redaksi**

Jurusan Gradasi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basri 70123  
Banjarmasin Telp/Fax 0511-3307757; Email: gradasi.tekniksipil@poliban.ac.id

## JURNAL GRADASI TEKNIK SIPIL

### DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
PENGARUH PENAMBAHAN ABU SERABUT KELAPA DAN <i>SIKACIM</i> <i>CONCRETE ADDITIVE TERHADAP KUAT TEKAN BETON</i> <i>Ana Maria Febriana, Sartika Nisumanti, Utasi Sriwijaya Minaka</i>	<b>74-81</b>
ANALISIS KEKUATAN GEDUNG TENGAH RUMAH SAKIT PENDIDIKAN UNIVERSITAS JAMBI <i>M. Nuklirullah, Dila Oktarise Dwina, Siti Inayah Natasya</i>	<b>82-92</b>
PENGARUH ANGKUTAN UMUM ONLINE TERHADAP ANGKUTAN UMUM KONVENSIONAL (STUDI KASUS ANGKUTAN ADL DAN <i>MAXIM</i> DI KOTA MALANG) <i>M.Sadillah, Andi Kristafi, Gualbertus jandu</i>	<b>93-101</b>
ANALISIS KECELAKAAN LALU LINTAS DAN PENANGANAN DAERAH RAWAN KECELAKAAN JALAN AHMAD YANI (RUAS KM 37 – KM 82) KABUPATEN BANJAR <i>Utami Sylvia Lestari, Yasruddin, Rabiatul Adawiyah</i>	<b>102-117</b>
KARAKTERISTIK TANAH GAMBUT TROPIS PADA LAHAN PERKEBUNAN SAWIT SERTA HUBUNGAN ANTARA PARAMETER <i>Melly Deslina, Haiki Mart Yupi, Raden Haryo Saputra</i>	<b>118-128</b>
RASIO PENAMBAHAN BIAYA TERHADAP PENINGKATAN KEKUATAN BETON PADA METODE CARBON FIBER REINFORCED POLYMER <i>Dedit P. Sektianto, Bernathius Julison, Antas H. Sinaga</i>	<b>129-134</b>
ANALISIS BEBAN KENDARAAN TERHADAP UMUR RENCANA PERKERASAN JALAN <i>Julindra Aidi, Sjelley Haniza, Alfian Saleh</i>	<b>135-141</b>
ANALISIS PENGGUNAAN SLAG UNTUK MEREDUKSI SEMEN PADA CAMPURAN BETON <i>Akbar Irawan, Moh Azhar</i>	<b>142-149</b>

STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENGGUNAAN ZAT ADITIF  
TERHADAP NILAI KUAT TEKAN MORTAR

*Irianto, R. Rochmawati*

**150-156**

# ANALISIS PENGGUNAAN SLAG UNTUK MEREDUKSI SEMEN PADA CAMPURAN BETON

Akbar Irawan<sup>1</sup>, Moh Azhar<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Praktisi Bidang Konstruksi, Institut Sains & Teknologi Nasional Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa Jakarta, Indonesia

e-mail: \*<sup>2</sup> [mohazhar62@gmail.com](mailto:mohazhar62@gmail.com)

## Abstrak

*Penelitian penggunaan slag semen pada campuran beton sebagai cementitious telah dimulai sejak tahun 1774. Saat ini di negara-negara maju slag semen telah dimanfaatkan pada setiap campuran beton, bahkan persentasenya mencapai 30% dari cementitious, hal ini dapat dilihat dari produksi slag semen yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Pembuatan beton dengan menggunakan slag sement sebagai campuran agregat halus untuk substitusi terhadap semen yang selanjutnya dilakukan pengujian terhadap benda uji beton untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan pada beton, serta bertujuan juga untuk mendapatkan campuran bahan beton dengan biaya yang lebih efisien dibandingkan beton non-slag. Kuat tekan Beton akan mengidentifikasi mutu dari sebuah konstruksi, semakin tinggi kekuatan struktur yang direncanakan, maka semakin tinggi pula mutu beton yang harus dihasilkan. Beberapa faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu faktor air semen (w/c), jumlah air, jumlah dan kualitas semen, kualitas agregat, umur beton, serta perawatan beton. Apabila w/c tidak sesuai dengan beton yang direncanakan maka beton akan mengalami perubahan kekuatan. Hubungan antara kuat tekan beton dengan nilai w/c berbanding terbalik, kuat tekan akan menjadi tinggi apabila angka w/c kecil dan sebaliknya kuat tekan akan rendah apabila w/c makin besar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Slag Semen memberikan kontribusi terhadap kuat tekan lebih besar dibandingkan dengan Beton Nonslag yaitu sebesar 4.3%. Untuk mutu yang sama (K-300) terjadi penambahan air 7 liter/m<sup>3</sup> dibandingkan Nonslag dan mengurangi sementitious sebesar 2 kg/m<sup>3</sup>. Sedangkan dari efisiensi biaya, beton slag lebih murah dibandingkan beton Non-slag, yaitu sebesar Rp 15.354,00/m<sup>3</sup>*

**Kata Kunci :** Beton, Slag Semen, Non-slag, Kuat Tekan

## Abstract

*Research on application of cement slag in concrete mixtures as cementitious has been started since 1774. Currently in developed countries cement slag has been used in every concrete mixture, even the percentage reaches 30% of cementitious, this can be seen from the production of cement slag which continues to increase from year to year. Making concrete using cement slag as a mixture of fine aggregate for substitution of cement which is then tested on concrete specimens to find out how much influence it has on the compressive strength of concrete, and also aims to get a mixture of concrete materials with a more efficient cost than non-slag concrete. The compressive strength of concrete will identify the quality of a construction, if the strength of the planned structure is higher, then the quality of the concrete that must be produced will be higher. Several factors affect the compressive strength of concrete, namely the water-cement factor (w/c), the amount of water, the quantity and quality of cement, the quality of the aggregate, the age of the concrete, and the treatment of the concrete. If the w/c is not in*

History of article:

Received: 01 September 2022 Revised: 19 Desember 2022, Published: 30 Desember 2022

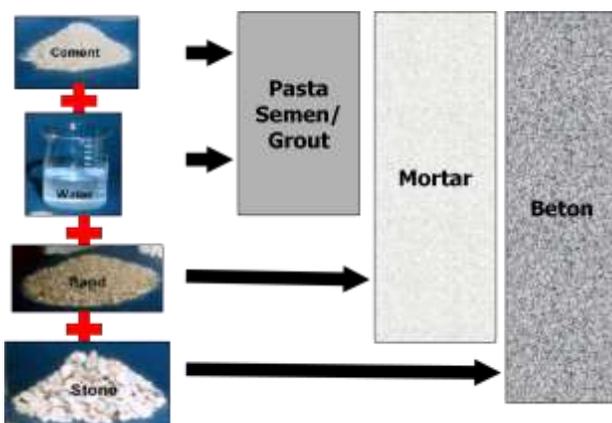
*accordance with the planned concrete, the concrete will experience a change in strength. The relationship between the compressive strength of concrete and the w/c value is inversely proportional, the compressive strength will be high if the w/c number is low and conversely the compressive strength will be low if the w/c is high. The results of this study indicate that cement slag contributes to compressive strength greater than non-slag concrete by 4.3%, to achieve that, concrete slag needs more water. Based on cost efficiency, compared to non-slag concrete, cement slag can reduce costs by Rp. 15,354.00/m<sup>3</sup>.*

*Keywords: Concrete, Cement Slag, Non-slag, Compressive Strength*

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan, dan lain lain. Sejalan dengan makin pesatnya pembangunan di Indonesia, maka bahan-bahan bangunan yang digunakan dalam pembuatan beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolis (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambah (*admixture atau additive*). Sedangkan bahan-bahan tersebut merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui yang akan habis jika diambil secara terus menerus. Maka dari itu, dibutuhkan alternatif sebagai bahan pengganti agregat pada campuran beton. Adapun unsur-unsur penyusun beton seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Unsur-Unsur Penyusun Beton (PT Adhimix Precast Indonesia)

Beton baik dalam menahan tegangan tekan daripada jenis tegangan yang lain dan pada umumnya pada perencanaan struktur beton

memanfaatkan sifat ini. Faktor- factor yang mempengaruhi kekuatan beton ada 4 yaitu : material masing-masing, cara pembuatan, cara perawatan dan kondisi pengetesan. Adapun factor yang mempengaruhi beton dari material penyusunnya, yakni factor air semen, porositas dan factor intrinsik lainnya.

Kuat tekan beton merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Walaupun didalam beton terdapat tegangan tarik yang kecil, diasumsikan bahwa semua tegangan tekan didukung oleh beton tersebut.

Pesatnya perkembangan teknologi beton menyebabkan terminologi beton mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Pada tahun 1950-an beton dengan kuat tekan 30 MPa sudah dikategorikan sebagai beton mutu tinggi. Pada Tahun 1960-1970 , kuat tekan beton mutu tinggi mengalami pergeseran menjadi 40 MPa. Dan pada saat ini, beton mutu tinggi pada umumnya merupakan beton yang kuat tekannya lebih dari 50 MPa, dibawah itu dikategorikan beton normal. Bahan penyusun beton mutu tinggi umumnya sama dengan beton normal, yaitu semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Semakin tinggi mutu beton, maka kandungan air dalam beton akan semakin sedikit, mengakibatkan beton mutu tinggi memiliki kinerja yang kurang baik. Maka dari itu beton mutu tinggi didalam pengerjaannya harus di campur bahan tambahan (*admixture*), dalam penelitian ini material yang digunakan ialah slag.

*Slag Semen* yang termasuk dalam GGBFS (*ground granulated blast-furnace slag*) menurut ACI 233R-95 adalah merupakan terak tanur tinggi pembakaran dari logam atau besi dengan temperature sekitar 1500 °C.

History of article:

Received: 01 September 2022 Revised: 19 Desember 2022, Published: 30 Desember 2022

Penggunaan *slag cement* pada campuran beton sebagai *cementitious* telah dimulai sejak tahun 1774. Yang ketika itu *slag cement* dicampur kapur padam (*slaked lime*). Penggunaan *slag cement* secara komersil pada tahun 1865 di Jerman, disusul Perancis pada awal tahun 1889.

Kombinasi *slag cement* dengan semen portland pertama kali diproduksi di Jerman pada tahun 1892 dan pada tahun 1980 pemakaian *slag cement* mencapai 20% dari *cementitious*.

Saat ini di negara-negara maju *slag cement* telah dimanfaatkan pada setiap campuran beton bahkan prosentasenya mencapai 30% dari *cementitious*, hal ini dapat dilihat dari produksi *slag cement* yang terus meningkat dari tahun ke tahun.

Melihat perkembangan yang begitu besar di luar negeri dalam penggunaan *slag cement* yang saat ini sampai dengan 30% dari *cementitious* dan bahkan sampai dikombinasikan dengan *fly ash* sampai dengan 20%, artinya pemakaian *Portland Cement type I (OPC)* hanya 50%. Ini berarti begitu besar efisiensi yang dapat dilakukan dengan penggunaan *slag*. Untuk itu perlu adanya suatu percobaan laboratorium untuk uji coba penggunaan *slag* guna mengetahui sifat-sifat dari beton dan sejauh mana efisiensi yang didapatkan apabila *slag* digunakan.

Menurut Paul. N, Antoni (2007) Slag merupakan bahan sisa dari pengecoran besi (piq iron), dimana prosesnya memakai dapur (furnance) yang bahan bakarnya dari udara yang ditiupkan (blast). Pada peleburan Baja, biji besi atau besi bekas dicairkan dengan kombinasi batu gamping, delomite atau kapur, pembuatan baja dimulai dari dengan menghilangkan ion – ion pengotor baja, diantaranya alumonium, silicon dan phosphor. Untuk menghilangkan ion – ion pengotor tersebut, diperlukan kalsium yang terdapat pada batu kapur. Campuran kalsium, alumonium, silicon dan phosphor membentuk (slag) yang bereaksi pada temperature 1600 °C dan membentuk cairan, bila cairan ini didinginkan maka akan terjadi kristal, dapat digunakan sabagai campuran semen dan dapat juga sebagai pengganti agregat.

Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi. Definisi slag Menurut ASTM C.989 “*standard specification for ground granulated Blast Furnance slag for use in concrete and mortar*” adalah produk non metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya ke dalam air.

Menurut Lewis (2003) Keuntungan penggunaan slag dalam campuran beton adalah sebagai berikut:

- Mempertinggi kekuatan beton, karena kecenderungan lambatnya kenaikan kuat tekan
- Menaikkan ratio antara kelenturan dan kuat tekan
- Mengurangi variasi kuat tekan
- Mempertinggi ketahanan terhadap sulfat dalam air laut
- Mengurangi serangan alkali silica
- Mengurangi panas hidrasi dan menurunkan suhu
- Memperbaiki penyelesaian akhir dan memberi warna cerah pada beton
- Mengurangi porositas dan serangan klorida

*Slag cement* yang termasuk dalam GGBFS (*ground granulated blast-furnace slag*) menurut ACI 233R-95, adalah merupakan terak tanur tinggi pembakaran dari logam atau besi dengan temperature sekitar 1500 °C.

Penggunaan *slag cement* diharapkan bisa mereduksi jumlah penggunaan semen dalam campuran beton tanpa mengurangi kuat tekan beton serta memberikan konstribusi untuk menekan biaya produksi beton.

**B. Tinjauan Pustaka**

**Persamaan untuk kuat tekan hancur Individu (fci)**

$$Fci = \frac{\text{pembacaan dial} \times 100}{A \times \text{koreksi hari}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : fci = kuat tekan hancur individu

A = luas penampang benda uji

Koreksi hari = 1 untuk umur 28 hari

**Persamaan untuk kuat tekan rata-rata (fcr)** untuk nilai rata-rata kuat tekan beton dari sejumlah beton yang sama jenisnya

$$f_{cr}' = \frac{\sum f_{ci}}{n} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:  $f_{cr}'$  = kuat tekan rata-rata

$\sum f_{ci}$  = Jumlah kuat tekan hancur individu

$n$  = Jumlah benda uji untuk satu perlakuan

**Kuat tekan karakteristik beton (fc'k)** dimana dari sejumlah pemeriksaan terdapat kemungkinan kuat tekan yang kurang dari kuat tekan yang disyaratkan terbatas sampai 5% (artinya 5% dari beton yang dibuat boleh mempunyai kuat tekan kurang dari kuat tekan karakteristik)

$$F_c'k = f_{cr} - (1,34x S) \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:  $f_c'k$  = kuat tekan karakteristik

$F_c'r$  = kuat tekan rata-rata

**Persamaan untuk standart deviasi (s)**

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_{cr} - f_{ci})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :  $s$  = standar deviasi

$f_{cr}$  = kuat tekan rata-rata

$f_{ci}$  = kuat tekan individu

$n$  = jumlah benda uji

**C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik beton dari penggunaan *slag cement* pada campuran beton, untuk mereduksi penggunaan semen apabila dalam campuran beton ditambahkan

admixture berupa slag dengan cara membandingkan w/c, dan untuk mendapatkan campuran bahan beton dengan biaya yang lebih efisien dibandingkan beton nonslag.

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium PT Adhimix Precast Indonesia. Objek penelitian adalah benda uji berbentuk silinder 15cm x 30cm untuk pembuatan benda uji beton dengan mixer kecil, dan membandingkan beton dengan komposisi slag semen 0% dan 20%

**II. METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah kuantitatif eksperimental. Penelitian diawali dengan studi pustaka, pengambilan dan pengujian sampel benda uji, dan diteruskan dengan analisa untuk menarik kesimpulan

Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 part 115; part 116 umur 28 hari.

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah Tahap Pengujian. Pengujian ini meliputi Pengujian material, Perawatan dan Pengujian beton. Pengujian material adalah hal yang paling penting dalam penelitian ini, karena hasil dari pengujian ini merupakan dasar atau acuan yang digunakan untuk merancang *mixed design* dalam menentukan komposisi pembuatan dan pengujian beton. Pengujian material dalam penelitian ini meliputi pengujian berat jenis dan berat volume untuk material semen, *slag cement* dan agregat, serta analisis saringan pasir, kelembaban, air resapan dan kebersihan terhadap lumpur untuk agregat. Setelah mendapatkan hasil dari pengujian material, data-data tersebut diolah untuk merancang *mixed design* yang kemudian dituangkan kedalam pembuatan benda uji beton dalam bentuk silinder berdimensi 30 cm x 15 cm. Perawatan adalah hal kedua dalam tahap ini, Perawatan merupakan hal yang penting juga untuk mencapai tujuan dalam penelitian ini,

History of article:  
 Received: 01 September 2022 Revised: 19 Desember 2022, Published: 30 Desember 2022

karena kualitas dan mutu beton akan sangat berpengaruh dalam tahap ini, perawatan disini dilakukan dengan cara merendam benda uji kedalam bak air sesuai waktu yang di rencanakan untuk pengujian beton. Dan hal yang terakhir dalam tahap ini adalah Pengujian beton , pengujian beton ini berupa pengujian kuat tekan. Karena dari pengujian kuat tekan, banyak data-data yang didapat untuk merencanakan komposisi pembuatan beton. Dalam penelitian ini data-data yang ingin didapatkan dari hasil kuat tekan adalah hubungan kuat tekan beton terhadap faktor air semen (w/c) dan kebutuhan air bebas untuk 1 m<sup>3</sup> beton.

Tahap kedua dalam penelitian ini adalah Analisa serta penarikan kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan. Pada tahap ini, diharapkan tujuan penelitian ini dapat dicapai. dan dari pengujian kuat tekan pada tahap kedua, hasil yang akan diteliti adalah hubungan kuat tekan beton terhadap faktor air semen (w/c) dan kebutuhan air bebas untuk 1 m<sup>3</sup> beton.

Dalam percobaan trial mix *slag cement* ini menggunakan material sebagai berikut :

- Jenis Semen: Semen Normal Tipe I, Gresik (ASTM C 150)
- Jenis Slag Cement: Slag Semen Jakarta (ASTM C 989)
- Coarse Agregate: Split ex Adhimix (ASTM C 33)
- Fine Agregate: Pasir ex Bangka-Belitung (ASTM C 33)
- Admixture: Tipe D ex Sika (Plastiment VZ) (ASTM C 494)
- Air: Air sumur Plant Precast Karawang (ASTM C 94)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk merealisasikan tujuan dalam penelitian ini, maka dilakukan pengujian-pengujian, meliputi pengujian material dan pengujian beton.

#### Pengujian Material

History of article:

Received: 01 September 2022 Revised: 19 Desember 2022, Published: 30 Desember 2022

Hasil uji beberapa jenis material antara lain: Semen, Slag, Pasir dan Split sebagaimana terlihat pada Tabel I berikut ini:

Tabel I. Hasil Test Material

Jenis	Asal Suplier	Berat Jenis	Absorpsi %	Modl Kehl	Kelembaban %	Lumpur (%)
Semen	Gresik	3,18				
Slag	SC Jkt	3,15				
Pasir	Blitung	2,57	10,29	2,98	9,87	3,60
Split	Loji-M	2,58	1,70	5,92	0,33	0,85

Terlihat pada Tabel I diatas, hasil uji berat jenis semen didapatkan 3,18 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan berat jenis semen pada umumnya 3,10-3,30 gr/cm<sup>3</sup>, maka semen ini memenuhi persyaratan untuk digunakan. Adapun hasil uji Berat Jenis Slag didapat sebesar 3,15 gr/cm<sup>3</sup>.

Pengujian Agregat halus (pasir) dan kasar (split) meliputi pengujian berat jenis, air resapan (absorpsi), modulus kehalusan, kelembaban dan kadar lumpur.

Hasil uji berat jenis agregat halus (pasir) didapatkan sebesar 2,57 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan besarnya penyerapan agregat tergantung dari pori-pori yang ada dalam butir agregat itu sendiri (SNI PB – 0203 – 76). Dari hasil pengujian didapatkan sebesar 10,29%.

Modulus kehalusan adalah jumlah prosentase kumulatif pasir yang tertinggal pada tiap-tiap saringan dibagi dengan 100. Modulus kehalusan pasir berkisar antara 1,5-3,8 (SII 0052-80), jika modulus kehalusan semakin besar, maka semakin kasar pula butiran pasir tersebut, dari hasil uji coba didapatkan modulus kehalusan sebesar 2,98. Pasir termasuk gradasi (zona 2) yang artinya pasir cenderung lebih kasar.

Kelembaban agregat sangat dipengaruhi oleh kondisi agregat, besar pori, daya hisap, gradasi dan jenis agregat (SNI PB-0210-76). Pengaruh kelembaban agregat pada komponen beton sangat penting, karena sangat berpengaruh pada kekuatan beton dan tingkat pengerasannya. Dari hasil pengujian, kelembaban pasir yang di dapat adalah 9,87%.

Besarnya kadar lumpur dalam agregat halus menurut (SII 0052 – 80) maksimum sebesar 5%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, kadar lumpur yang didapat sebesar 3,60%, jadi pasir memenuhi standart yang disyaratkan.

Agregat kasar (split) harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya, hasil uji didapatkan nilai berat jenis split sebesar 2,58 gr/cm<sup>3</sup>, sedangkan penyerapan air sebesar 1,70%

Nilai modulus kehalusan agregat kasar berkisar antara 5-8 (SII 0052-80). Dari pengujian yang telah dilakukan modulus kehalusan Split didapat sebesar 5,92, jadi masih memenuhi persyaratan Adapun nilai kelembabannya sebesar 0,33%. Sedangkan kadar lumpur yang didapatkan sebesar 0,85%, jadi split memenuhi standart yang disyaratkan.

**Pengujian Beton**

Percobaan beton dilakukan dengan komposisi Nonslag dan Slag Semen 20% didapatkan hasil seperti terlihat pada Table II berikut:

Tabel II. Data Hasil Percobaan Campuran Beton

DATA HASIL PERCOBAAN CAMPURAN BETON						
Kuat Tekan (kg/m <sup>2</sup> ) Umur (hari)	w/c 0,3 Non Slag	w/c 0,3 Slag Semen 20	w/c 0,5 Non Slag	w/c 0,5 Slag Semen 20	w/c 0,7 Non Slag	w/c 0,7 Slag Semen 20
1	399	431	138	127	57	54
3	490	512	243	247	125	120
7	532	624	349	349	161	190
28	626	648	435	462	218	224
Prosentase Terhadap Pemanding						
1	1,00	1,08	1,00	0,92	1,00	0,96
3	1,00	1,05	1,00	1,02	1,00	0,96
7	1,00	1,17	1,00	1,00	1,00	1,18
28	1,00	1,04	1,00	1,06	1,00	1,03
Realisasi Trial Mix						
Realisasi w/c	0,30	0,30	0,53	0,53	0,90	0,92
	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,026
Perubahan Air (lt/m <sup>3</sup> )	203	226	199	199	222	228
Perubahan Air (%)	1,00	1,11	1,00	1,00	1,00	1,03

Setelah mendapatkan data dari pengujian seperti terlihat pada Tabel II diatas maka dilakukan analisa perbandingan kebutuhan air antara campuran menggunakan slag dan non-slag untuk 3 kategori masing-masing w/c: 0,3, 0,5 dan 0,7. Adapun realisasi trial mix w/c rata-rata sebesar: 1,00 + 1,00 + 1,026 = 3,026/3 = 0,009, dengan cara yang sama akan didapatkan Selisih Kuat Tekan rata-rata sebesar 1,043 dan selisih kebutuhan air rata-rata sebesar 1,046, hasil analisis ini ditampilkan pada Table III berikut.

Tabel III. Realisasi Selisih w/c Pengujian Beton

Keterangan	Non Slag (%)	Slag 20 (%)
w/c	1,00	1,009
Strength	1,00	1,043
Air	1,00	1,046
Selisih Kebutuhan Air		4,64%

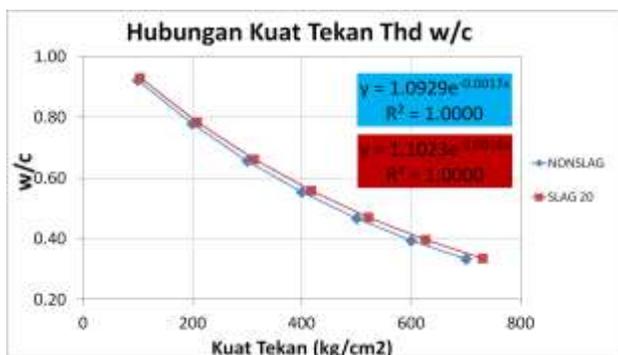
Pada Tabel III diatas terlihat bahwa kebutuhan air menggunakan slag semen dibandingkan nonslag lebih tinggi sebesar 4,64%.

Dari hasil perbandingan pada Tabel III diatas, selanjutnya mencari hubungan antara kuat tekan, w/c dan kebutuhan air untuk beton per m<sup>3</sup> slag terhadap beton non slag seperti ditampilkan pada Tabel IV berikut.

Tabel IV. Hubungan Kuat Tekan, w/c dan Kebutuhan Air dalam percobaan beton

Strength	NonSlag		Slag 20		
	w/c	Air	Air	w/c	Strength
100	0,922	162	170	0,930	104
200	0,778	169	177	0,785	209
300	0,656	176	184	0,662	313
400	0,554	184	192	0,558	417
500	0,467	191	199	0,471	522
600	0,394	198	206	0,397	626
700	0,332	205	213	0,335	730

Dari Tabel IV ini maka dapat dibuat grafik hubungan kuat tekan terhadap w/c untuk beton Slag Semen dan beton Nonslag sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Grafik kuat tekan terhadap w/c

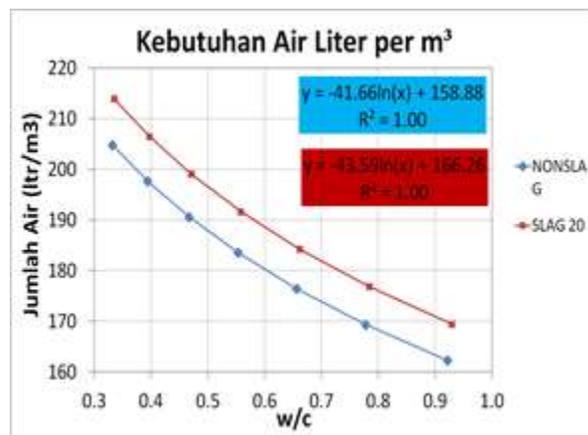
Kuat tekan Beton adalah Kemampuan beton untuk menerima gaya persatuan luas, kuat tekan beton akan mengidentifikasi mutu dari sebuah konstruksi, semakin tinggi kekuatan struktur yang direncanakan, maka semakin tinggi pula mutu beton yang harus di hasilkan.

Ada beberapa Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, yaitu Faktor Air Semen (FAS) atau jumlah air berbanding jumlah dan kualitas Semen, kualitas agregat, umur beton, serta perawatan beton.

Faktor air semen adalah perbandingan berat antara air dan semen, apabila FAS tidak sesuai dengan beton yang direncanakan maka beton akan mengalami perubahan kekuatan. Hubungan antara kuat tekan beton dengan nilai w/c (faktor air semen) berbanding terbalik, kuat tekan akan menjadi tinggi apabila angka w/c kecil dan sebaliknya kuat tekan akan rendah apabila w/c diangka tinggi,

Grafik pada Gambar 3 diatas menunjukkan hubungan kuat tekan terhadap w/c, dimana kuat tekan Slag Semen 1,043 kali lebih tinggi dibandingkan Non Slag.

Dari Tabel IV ini juga dapat mengetahui kebutuhan air bebas dalam 1m<sup>3</sup> beton seperti terlihat dari grafik pada Gambar 4 berikut ini



Gambar 4. Grafik kebutuhan air per 1 m<sup>3</sup> beton

Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor yang penting juga, karena jika air bereaksi dengan semen akan menjadi pasta pengikat agregat. Air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penuruna pada kekuatan beton itu sendiri. selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami bleeding, yaitu air bersama-sama akan bergerak keatas permukaan beton yang baru saja di tuang, hal ini akan mengakibatkan kurangnya lekatan beton antara lapisan dibawahnya.

Grafik diatas menunjukkan hubungan kebutuhan air, dimana dengan rencana mutu yang sama, penggunaan Slag Semen membutuhkan air lebih banyak 1,046 kali dibandingkan Nonslag.

Dari Hubungan Grafik pada Gambar 4 diatas diperoleh perbandingan komposisi w/c, penggunaan air serta jumlah sementious pada uji berikutnya serta harga setiap meter kubik dan selisihnya seperti terlihat pada Table V berikut ini.

Tabel V. Komposisi Air, Cementious dan Harga

Air (lt/m <sup>3</sup> )		Cementious (kg/m <sup>3</sup> )		Harga (Rp/m <sup>3</sup> )		Selisih
Non Slag	Slag Cem en 20	Non Slag	Slag Cemen 20	Non Slag	Slag Cemen 20	
182	189	316	314	503.254	487.900	(15.354)

Dari Tabel V perbandingan komposisi didapatkan hasil untuk memperoleh mutu yang sama pada Slag Semen ada penambahan air dari 182 menjadi 189 liter/m<sup>3</sup> terhadap Nonslag, serta mengurangi sementious dari 316 menjadi 314 kg/m<sup>3</sup> dan terjadi efisiensi harga dari Rp 503.254 menjadi Rp 487..900.

#### IV. KESIMPULAN

Slag Cement memberikan kontribusi terhadap kuat tekan lebih besar dari pada Beton Nonslag sebesar 4.3%.

Untuk memperoleh mutu yang sama (K-300) pada Slag Semen ada penambahan air 7 liter/m<sup>3</sup> terhadap Nonslag, serta mengurangi sementious sebesar 2 kg/m<sup>3</sup>.

Dari efisiensi biaya, beton slag lebih murah dibandingkan beton Non-slag, yaitu sebesar Rp 15.354,00/m<sup>3</sup>

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Adhimix Precast Indonesia yang memberikan izin penggunaan Laboratorium dan telah memberi dukungan dan fasilitas sehingga dapat melakukan penelitian ini.

#### REFERENSI

- American Scieny For Testing And Material. 2005. *Annual Book of ASTM Standars 2005;Vol.04.02, Concrete and Agregates*. Philadelphia.
- Lewis, R. et al. 2003. Cementitious Additions. In *Advanced Concrete Technology. The International Journal Constituent Materials*. No. 127–141.
- Murdock, L.J. dan K. M. Brook. 1991. *Bahan dan Praktek Beton*, Erlangga edisi keempat, Jakarta.
- Nugraha, Paul dan Antoni. 2007. *TEKNOLOGI BETON dari Material, Pembuatan, ke beton Kinerja Tinggi*. C.V Andi Offset, Yogyakarta.
- Prabowo dan Eko. 2011. *Pengujian Kuat Tekan Beton yang Memanfaatkan Limbah Batu Bara*

(Bottom Ash), Sebagai Tambahan Semen Pada Campuran Beton.

- PUSLITBANGTEK PT Adhimix Precast Indonesia. 2016. *Modul Spesifikasi Material dan Rencana Inspeksi, Pengujian Beton Keras, Pengujian Beton Segar, Perencanaan Campuran dan Type Beton*. PT Adhimix Precast Indonesia.
- Sagel, R., P. Kole dan Gideon Kusuma. 1991. *Pedoman pengerjaan Beton Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03, Seri Beton 2* Erlangga, Jakarta.
- Subakti dan Aman. *Mixed Design Menggunakan Metode ACI & DoE*.
- Tim Ahli Departemen Pekerjaan Umum. 1989. *SK SNI-1989-F, Departemen Pekerjaan Umum*, Jakarta.

History of article:

Received: 01 September 2022 Revised: 19 Desember 2022, Published: 30 Desember 2022