

**ANALISI PENGARUH PERAWATAN CURING AIR WTP DAN  
AIR ASAM SULFAT SERTA AIR LAUT PADA BETON DENGAN  
SLAG CEMENT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND  
MENGUNAKAN METODE SNI-03-2847-2002**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Dalam Menempuh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil*

**DEDE HOERUDIN**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS NUSA PUTRA  
SUKABUMI  
2021**

© Hak Cipta milik Universitas Nusa Putra, tahun 2021

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan Universitas Nusa Putra.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin Universitas Nusa Putra.*



**ANALYSIS OF THE EFFECT OF CURING TREATMENT OF WTP  
WATER, SULFURIC ACID WATER AND SEA WATER ON CONCRETE  
WITH SLAG CEMENT AS A SUBSTITUTE OF PORTLAND CEMENT  
USING SNI-03-2847-2002 METHOD**

**Dede Hoerudin : 17181017**

Abstract

Mixing slag cement into portland cement not only means increasing the value of slag, which is only known as waste material, but also a way to save the energy needed in the portland cement production process. The development of science in the field of concrete technology allows the use of waste to be the basic material for forming concrete, so that on the one hand the use of natural materials that damage the environment can be overcome and on the other hand waste materials are utilized optimally as the basic ingredients for forming concrete. One of the factors that affect the strength of concrete is curing. Curing is a step/action to give cement/concrete an opportunity to develop its strength naturally and as perfectly as possible. The curing of the concrete is carried out after the concrete has reached the final setting, meaning that the concrete has hardened, until the concrete is 28 days old. This study aims to determine the mechanical behavior of slag cement concrete and normal concrete in treatment submerged in WTP water, sea water, and sulfuric acid water. Tests carried out in the form of slump test, concrete absorption, and compressive strength. From the test results, it was found that the slump value of each variant of the three concrete mixtures met the criteria of the planned slump, namely 10 cm - 18 cm. In testing based on the treatment method, the absorption of concrete with seawater treatment was higher than other water treatments. The compressive strength of concrete in seawater treatment is lower than WTP water treatment and sulfuric acid water, the most optimum compressive strength value is found in WTP water treatment. Meanwhile, the total cost /m<sup>3</sup> of K-400 concrete with normal concrete variant is Rp.620.987 for concrete with 30% slag variant of Rp.591.274 and for 50% slag variant concrete is Rp.570.050. Thus, the 50% slag cement variant is the most efficient in price compared to the 0% concrete variant and the 30% concrete variant.

Keywords: *slag cement, absorption, compressive strength, curing*

# UNIVERSITAS NUSA PUTRA

---

Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Komputer Teknik dan Desain  
Skripsi Sarjana Teknik Sipil  
Semester Genap 2020/2021

## ANALISIS PENGARUH PERAWATAN *CURING* AIR WTP DAN AIR ASAM SULFAT SERTA AIR LAUT PADA BETON DENGAN SLAG CEMENT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND MENGGUNAKAN METODE SNI-03-2847-2002

Dede Hoerudin : 17181017

### Abstrak

Pencampuran bahan *slag cement* ke dalam semen portland bukan saja berarti meningkatkan nilai slag yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan limbah, akan tetapi juga merupakan cara untuk menghemat energi yang diperlukan dalam proses produksi semen portland. Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan dasar pembentuk beton, sehingga di satu sisi penggunaan bahan alam yang merusak lingkungan dapat diatasi dan di sisi lain bahan limbah dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk bahan dasar pembentuk beton. Salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perawatan (*curing*). Perawatan (*curing*) adalah suatu langkah/tindakan untuk memberikan kesempatan pada semen/beton mengembangkan kekuatannya secara wajar dan sempurna mungkin. Perawatan (*curing*) beton dilakukan setelah beton mencapai *final setting*, artinya beton telah mengeras, sampai dengan umur beton 28 hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku mekanik beton *slag cement* dan beton normal dalam perawatan terendam air WTP, air laut, dan air asam Sulfat. Pengujian yang dilakukan berupa *slump test*, *absorpsi* beton dan kuat tekan. Dari hasil pengujian diperoleh nilai slump tiap varian dari ketiga campuran beton tersebut memenuhi kriteria dari slump rencana yaitu 10 cm – 18 cm. Pada pengujian berdasarkan metode perawatan diperoleh hasil absorpsi beton dengan perawatan air laut lebih tinggi dibandingkan perawatan air lainnya. Kekuatan tekan beton pada perawatan terendam air laut lebih rendah dibandingkan dengan perawatan air WTP dan air asam sulfat, nilai kuat tekan paling optimum terdapat pada perawatan air WTP. Sedangkan untuk total biaya /m<sup>3</sup> beton K-400 varian beton normal sebesar Rp.620.987 untuk beton dengan varian slag 30% sebesar Rp.591.274 dan untuk beton varian slag 50% sebesar Rp.570.050. Dengan demikian, maka varian slag cement 50% yang paling efisien harganya di bandingkan dengan varian beton 0% dan varian beton 30%.

**Kata Kunci:** *slag cement, absorpsi, kuat tekan, curing*

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencampuran bahan slag ke dalam semen portland bukan saja berarti meningkatkan nilai slag yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan limbah, akan tetapi juga merupakan cara untuk menghemat energi yang diperlukan dalam proses produksi semen portland. Perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi beton memungkinkan penggunaan limbah menjadi bahan dasar pembentuk beton, sehingga di satu sisi penggunaan bahan alam yang merusak lingkungan dapat diatasi dan di sisi lain bahan limbah dimanfaatkan seoptimal mungkin untuk bahan dasar pembentuk beton. Slag yang merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi dari proses peleburan baja adalah salah satu limbah yang secara fisik menyerupai agregat kasar. Seiring dengan perkembangan teknologi sampai saat ini sudah dihasilkan semen *Portland slag* (Badan Standarisasi Nasional 2016).

Secara volumetris beton diisi oleh agregat sebanyak 61-76% (Buku Paul, N, Antoni 2007). Jadi, agregat mempunyai peranan penting sebagai material pengisi beton. Seiring dengan semakin banyaknya pemakaian beton di dalam industri konstruksi maka semakin banyak dilakukan perubahan atau penggantian material campuran beton atau modifikasi beton yang diharapkan dapat meningkatkan mutu beton dan mereduksi permasalahan lingkungan.

Dari permasalahan inilah banyak alternatif yang dilakukan dalam penggantian material penyusun beton. Salah satunya adalah dengan mengganti sebagian bahan pengikat hidrolik (Portland Cement) yang biasa digunakan sebagai bahan pasta beton dengan menggunakan salah satu limbah industri logam yaitu slag cement. Inovasi ini diharapkan berguna dan bernilai ekonomis tinggi dan salah satu cara terbaik untuk mengatasi masalah lingkungan.

Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memperkirakan limbah logam (*slag*) yang berasal dari pabrik pengolahan dan pemurnian (*smelter*) berpotensi mencapai 35 juta ton per tahun pada 2021, naik 75% dari saat ini 20 juta ton per tahun. Maka dari itu saat ini Pemerintah tengah mengupayakan mengeluarkan *slag* dari kategori limbah B3 dengan merevisi Peraturan Pemerintah No. 101 tahun 2014, agar *slag* dapat dimanfaatkan oleh industri. (Yunus Saefulhak, 2019)

Definisi *slag* atau terak dalam ASTM. C.989 adalah, “*Standard specification for ground granulated Blast-Furnace Slag for use in concrete and mortar*” (ASTM, 1995:494) adalah produk nonmetal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan.

Berdasarkan pembahasan di atas penulis meyakini bahwa limbah logam (*Cement slag*) dapat digunakan sebagai sebagian bahan pengikat hidrolik (pasta pengikat agregat halus dan kasar). Dengan menggunakan limbah logam (*Cement slag*) dapat mengurangi berat volume beton dan dapat meningkatkan mutu beton serta dapat mereduksi permasalahan lingkungan. Untuk membuktikan keyakinan tersebut, maka penulis akan melakukan penelitian dengan judul “**ANALISIS PENGARUH PERAWATAN CURING AIR WTP DAN AIR ASAM SULFAT SERTA AIR LAUT PADA BETON DENGAN SLAG CEMENT SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PORTLAND MENGGUNAKAN METODE SNI-03-2847-2002**”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penulis dapat merumuskan masalah yang dijadikan sebagai fokus penelitian pembelajaran ini, yaitu sebagai berikut :

1. Pengaruh *slag cement* sebagai substitusi semen Portland terhadap *Workability* beton dengan beton mutu K-400.
2. Pengaruh perilaku mekanik beton mutu K-400 dengan *slag cement* sebagai substitusi semen portland pada perawatan (Curing) jenis air berbeda.
3. Pengaruh penambahan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* terhadap nilai ekonomis bahan baku produksi beton.
4. Presentase penambahan *slag cement* terhadap nilai efisiensi dan harga terendah.

Dari Rumusan masalah diatas diharapkan penelitian ini dapat menjawab pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh *slag cement* sebagai substitusi semen Portland terhadap *Workability* beton dengan beton mutu K-400?
2. Seberapa besar pengaruh perilaku mekanik beton mutu K-400 dengan *slag cement* sebagai substitusi semen portland pada perawatan (Curing) jenis air berbeda?
3. Berapa besar pengaruh Slag cement sebagai substitusi Portland semen terhadap nilai ekonomis bahan baku produksi beton?
4. Beton dengan campuran *Semen Slag* manakah dengan tingkat efisiensi dan harga terendah?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan utama dari riset yang ingin dicapai berdasarkan latar belakang, permasalahan dan maksud diatas adalah:

1. Untuk mengetahui berapa besar Pengaruh *slag cement* sebagai substitusi semen Portland terhadap *Workability* beton dengan beton mutu K-400.
2. Untuk mengetahui Pengaruh perilaku mekanik beton mutu K-400 dengan *slag cement* sebagai substitusi semen portland pada perawatan (Curing) jenis air berbeda. Meliputi perawatan terendam (air PDAM, air laut, air Asam Sulfat). Perilaku mekanik yang diteliti yaitu absorpsi beton dan pengujian kuat tekan beton.
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *Ground Granulated Blast Furnace Slag* terhadap nilai ekonomis bahan baku produksi beton.
4. Untuk mengetahui seberapa besar presentase penambahan *slag cement* terhadap nilai efisiensi dan harga terendah.

## 1.4 Manfaat Penelitian

1. Terhadap Bidang Keilmuan
  - a. Menggambarkan atau menjelaskan hal-hal yang menjadi pokok permasalahan.
  - b. Menerangkan tentang perkembangan teknologi beton dalam bidang konstruksi.

- c. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan Ilmu Pengetahuan yang diperoleh dalam perkuliahan dan menambah pengalaman serta wawasan dalam bidang penelitian ilmiah.

## 2. Terhadap Lembaga / Bangsa

- a. Hasil penelitian ini dapat menambah pembendaharaan perpustakaan sehingga dapat memperluas ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknologi bahan bangunan sekaligus sebagai bahan acuan untuk diteliti lebih lanjut. Peranan penelitian dalam sejarah pembangunan bangsa sudah tidak diragukan lagi. Melalui penelitian - penelitian yang dilakukan maka segala masalah atau potensi yang ada selama proses pembangunan berlangsung dapat diketahui.

## 3. Untuk Masyarakat

- a. Mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan akibat dari bertambahnya limbah *cement slag* dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> pada beton.
- b. Dikarenakan *semen slag* dianggap limbah logam, maka dengan penelitian ini diharapkan menjadikan harga beton akan lebih ekonomis dengan tidak menyampingkan kualitas betonnya.

## 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk memperjelas ruang lingkup yang akan dibahas dalam penelitian Tugas Akhir ini dan untuk mempermudah dalam menganalisa hasil penelitian, maka dibuat batasan masalah yang meliputi :

1. Penelitian hanya fokus pada merubah volume bahan pengikat hidrolis dan dideduksi menggunakan limbah logam yaitu Cement Slag dari PT. Biru Pasifik Indonesia.
2. Menggunakan *Slag Cement* (GGBFS) sebagai substitusi Ordinary Portland Cement (OPC).
3. Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (SNI-03-2847-2002) dengan jumlah benda uji tiap variasi sebanyak 6 benda uji
4. Umur Pengujian benda uji adalah 14 hari, dan 28 hari. Mutu yang ingin dicapai yaitu beton K-400 (F<sub>c</sub> 33,2).
5. Pengujian ini menggunakan varian 0%, 30%, dan 50% untuk substitusi Ordinary Portland Cement dengan menggunakan limbah logam *slag cement*.
6. Menggunakan *Admixture* (Retarder) Ex. Consol Retard 600D sebagai bahan tambahan beton.
7. Pebandingan nilai ekonomis tiap varian hanya sebatas perhitungan bahan baku yang dibutuhkan.
8. Variasi perawatan beton dengan metode perawatan terendam (air WTP, air asam sulfat, dan air laut)
9. Dengan keterbatasan peneliti, perilaku mekanik beton hanya untuk pengujian absorpsi beton dan kuat tekan beton.

## 1.6 Tinjauan Referensi

**Tabel 2.10** Tinjauan Referensi

No.	Peneliti	Tahun	Judul	Presentase Campuran	Hasil
1.	A. Harlia	2016	Studi Pemanfaatan Limbah Ampas Nikel PT. ANTAM Pomalaa Untuk Kontruksi Beton.	0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%.	Terjadi peningkatan 8,70% nilai kuat tekan beton dari beton normal pada penambahan limbah ampas nikel 30% mencapai 10,46 MPa, sementara beton normal hanya mencapai 9,62 MPa.
2.	Ali Achmadi	2009	Kajian Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi Superplasticizer dan Silicafume.	0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.	Presentasi campuran slag pada beton yang mencapai kuat tekan tertinggi yaitu varian 60%.
3.	M.W. Tjaronge, A.R. Djamaluddin, D.E. Wati.	2017	Studi Eksperimental Kuat tekan Beton menggunakan Variasi Terak Nikel sebagai Agregat Kasar.	15%, 30%, 50%, 70%, dan 100%.	Kuat tekan optimum diperoleh pada kandungan terak nikel 30%. Nilai kuat tekan mengalami penurunan pada variasi 50%, 70%, dan 100%. Akan tetapi, nilai kuat tekan beton dengan penggunaan terak nikel lebih besar dibandingkan dengan kuat tekan beton normal (0% terak nikel).
4.	Wayan Mustika, I. M. Alit K. Salain, I K. Sudarsana.	2016	Penggunaan Terak Nikel sebagai Agregat dalam Campuran Beton.	0%, 50%, 33,33%, dan 83,33%.	Sebagai agregat kasar, terak nikel menyebabkan nilai slump turun sebesar 39,47% dan terak nikel meningkatkan nilai kuat tekan, modulus elastisitas dan kuat tarik belah berturut-turut sebesar 42,27%, 19,37% dan 23,46%.
5.	Ahmad Rifqi	2019	Pembangunan Struktur	0%, 50%, dan	Beton beragregat kasar 100% slag nikel



	Asrib, Arjoansyah		Bnagunan Air Menggunakan Limbah Slag Nikel Sebagai Agregat Kasar	100%	mempunyai berat volume beton basah (campuran beton) lebih besar dibandingkan dengan berat volume beton normal maupun beton yang menggunakan 50% slag agregat kasar.
6	Andi Batari Angka, Kushari	2017	Slag Nikel Sebagai Bahan Substitusi Pada Karakteristik Campuran AC-Base	25%, 50%, 75% dan 100%	<p>Karakteristik pada campuran Aspal Beton AC-BASE yang menggunakan slag nikel sebagai bahan substitusi abu batu diperoleh :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Variasi 25% memperoleh nilai maksimum stabilitas 1398,34 kg, nilai maksimum flow 3,16mm, dan nilai maks. Koefisien Marshall 442,51kg/mm.</li> <li>Variasi 100% memperoleh nilai maks. VIM 6.611% dan nilai maks. VMA 18,691%</li> </ol>
7	Muammar Makmur, Edward Ngii, Ahmad Syarif Sukri, Rahmat, Akbar Haryadi, Chaerul Adam, Fauziah Kudus	2019	Beton Ramah Lingkungan Dengan Kekuatan Awal yang Tinggi	0, 20%, & 40%	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hasil uji slump diperoleh sebesar 10cm</li> <li>Kuat tekan rata-rata beton pada umur 3 hari masing-masing 17,57 MPa, 20,34 Mpa, dan 21,55 Mpa dan pada umur 7 hari masing-masing sebesar 39,23 Mpa, 40,09 Mpa, dan 41,33 Mpa.</li> </ol>
8	Leonardus, Valentino	2014	Pengaruh Slag nikel sebagai pengganti Sebagian Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton	0%, 20%, & 40%	Terjadi peningkatan kuat tekan pada beton dari variasi tanpa kadar slag atau kadar 0% ke kadar slag 40% dengan kuat tekan berturut-turut sebesar 353,06 kg/cm <sup>2</sup> , 412.02 kg/cm <sup>2</sup> , dan 459,99 kg/cm <sup>2</sup> . Jadi adanya slag nikel sebagai pengganti agregat kasar di dalam campuran beton secara signifikan meningkatkan kekuatan beton.
	Paulus Ala,	2018	Kuat Tekan dan Lentur	Tidak	Hasil uji karakteristik Terak Nikel sebagai

	Herman Arruan		Beton Menggunakan Terak Nikel sebagai Agregat Kasar	disebutkan	pengganti agregat kasar hasilnya tidak memenuhi syarat agregat kasar biasa karena ringan dan agregat halus memenuhi syarat sebagai bahan campuran beton. Komposisi rancangan campuran beton didasarkan pada perbandingan berat. Hasil kuat tekan karakteristik beton diperoleh $330,14 \text{ kg/cm}^2 > K-300 (300 \text{ kg/cm}^2)$ . Hasil kuat lentur rata – rata diperoleh $4,22 \text{ N/mm}^2 (42,2 \text{ kg/cm}^2)$ hasil ini menunjukkan 12,78% terhadap kuat tekan karakteristik beton.
10	Rofikatul Karimah, Yusuf Wahyudi	2016	Kajian Penggunaan Copper Slag Sebagai Agregat Halus Beton	0%, 20%, 60% 80% & 100%	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan <i>copper slag</i> dapat meningkatkan berat isi, kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dari hasil pengujian, semakin bertambah variasi pemberian <i>copper slag</i> maka semakin bertambah pula berat isi beton tersebut. Kuat tekan tertinggi terjadi pada variasi 60% sebesar 35,73 MPa atau naik sekitar 22,32%. Dan untuk kuat tarik belah tertinggi terjadi pada variasi 60% sebesar 3,12 MPa atau naik sekitar 5,76%.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antoni, P. N., 2007. Teknologi Beton dan Material, Pembuatan, ke Beton KinerjaTinggi. Bandung: s.n.
- [2] ASTM C 1611. Standard Test Method for Slump Flow of Self ConsolidatingConcrete.
- [3] ASTM C 642-97. Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids inHardened Concrete.
- [4] ASTM C 78-02. Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (UsingSample Beam with Third-Point Loading).
- [5] Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002
- [6] Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. SNI 03-2834-2000
- [7] Badan Standarisasi Nasional. Standar Pengujian Indonesia Pengujian Absorpsi. SNI 03 6433 2000.
- [8] Ajid, Robi. 2018. “Analisis Kekuatan dan Biaya Material Beton fc’ 30 dengan Pasir dari beberapa sumber”. Serpong: Institut Teknologi Indonesia.
- [9] Habeahan, Pardi FD. 2013. “Pengaruh Perawatan Curing Pada Beton Dengan Limbah Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton”. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [10] Garg, E. K. & Kapoor, E. K., 2016. A “Review on Ground Granulated Blast-Furnace Slag” as a. ISSN: 2349- 2058, Volume-03, Issue-07. s.l.:International Journal of Engineering Research And Management (IJERM).
- [11] Hunggurami, E., Utomo, S. & Wadu, A., 2014. “Pengaruh Masa Perawatan (Curing) Menggunakan Air Laut Terhadap Kuat Tekan dan Absorpsi Beton”. Vol. III, No. 2, September 2014. s.l.:Jurnal Teknik Sipil.
- [12] Mulyono, T., 2003. Teknologi Beton. Jakarta: s.n.
- [13] Neville, A. M., 1977. Properties Of Concrete. Great Britain: The Pitman Press.
- [14] Pandey, R. K., Kumar, A. & Khan, M. A., 2016. “Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag as Partial Cement Replacement on Strength and Durability of Concrete”: A Review. Volume: 03 Issue: 02. India: International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET).
- [15] Pandiangan, J., 2016. “Pengaruh Penggunaan Steel Slag Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Lentur Pada Beton Bertulang Dibandingkan dengan Beton Normal”. Medan: Universitas Sumatera Utara.

- [16] Pandiangan, J. A., Olivia, M. & Darmayanti, L., Ketahanan Beton Mutu Tinggi Dilingkungan Asam. Riau: s.n.
- [17] Pujiyanto, A., November 2010. Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplasticizer dan Fly Ash. Volume 13, No.2, 171-180. Oktober 2016. s.l.:Semesta Teknika.
- [18] Roy, D. M. & Malek, R. I. A., t.thn. Hydration of Slag. PA1 6802 penyunt. U.S.A:Materials Research Laboratory, The Pennsylvania State University.
- [19] Sakai, K., Watanabe, H., Watanabe, M. & Hamazaki, K., t.thn. Properties of Granulated Blast-Furnace. SP 132-73. Japan: Civil Engineering Research Institute. Hokkaido Development Bureau.
- [20] Setiawati, Dewi. 2020. "Pengaruh Penggunaan limbah Logam Pada Kuat Tekan Beton". Sukabumi: Universitas Nusa Putra.
- [21] S., Tjahjono, N. & P, C. F., 2016. "Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Dalam Slag Terhadap Kapasitas Produksi, Kuat Tekan Mortar dan Nilai Ekonomis". Vol. 24 No. 2; Oktober 2016. s.l.:Widya Teknika.
- [22] Suhana, N. & Mualifah, A., Pengaruh Rendaman Air Asam Sulfat Terhadap Kuat Tekan Beton. ISSN 1693-7945 Vol VIII No 1 April 2017. Bandung: s.n.
- [23] Sundaramoorthy, G. & VimalBalaji, K., 2017. Investigations of Strength in Concrete by Partial Replacement of Portland Slag Cement. M.I.E.T Engineering College, Tirchirappalli: SSRG International Journal of Civil Engineering.
- [24] Suresh, D. & Nagaraju, K., 2015. Ground Granulated Blast Slag (GGBS) In Concrete. e-ISSN: 2278-1684,p-ISSN: 2320-334X, Volume 12, Issue 4 Ver.VI (Jul. - Aug. 2015), PP 76-82. Kuppam: IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE).
- [25] Syafitri, Anggi. 2018. "Optimasi Slag Cement Pada Kekuatan Lentur Beton Mutu Tinggi Dengan Berbagai Perawatan". Medan: Universitas Sumatera Utara.