

**PEMANFAATAN LIMBAH BAUKSIT (*TAILING BAUXITE*)  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS  
TERHADAP KUAT TEKAN, KUAT TARIK BELAH, DAN  
MODULUS ELASTISITAS PADA BETON  
(UTILIZATION OF BAUXITE (BAUXITE TAILING) AS A  
SUBSTITUTE FOR FINE AGGREGATE TO THE STRENGTH  
OF SPLIT TENSILE STRENGTH AND MODULUS OF  
ELASTICITY IN CONCRETE)**

<sup>1)</sup> Etty Rabihati <sup>2)</sup> Ikhwan Arief Purnama <sup>3)</sup> Muhammad Syafri Adjie  
<sup>4)</sup> Valdi Dwi Rachmawan

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Kalimantan Barat  
E-mail: [etty.rabihati@gmail.com](mailto:etty.rabihati@gmail.com)

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Kalimantan Barat  
E-mail: [ikhwanariefpurnama@gmail.com](mailto:ikhwanariefpurnama@gmail.com)

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Kalimantan Barat  
E-mail: [msyafriadjie@gmail.com](mailto:msyafriadjie@gmail.com)

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Pontianak, Pontianak, Kalimantan Barat  
E-mail: [valdidwirachmawan70@gmail.com](mailto:valdidwirachmawan70@gmail.com)

## **ABSTRAK**

Limbah bauksit (*tailing bauxite*) sampai saat ini belum dapat dimanfaatkan secara keseluruhan sehingga menimbulkan bertambahnya jumlah limbah yang ada pada daerah penghasil bauksit. Persentase antara bauksit yang dihasilkan dan jumlah limbah yang dihasilkan yaitu 50% : 50%. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui layak atau tidaknya penggunaan limbah bauksit (*tailing bauxite*) sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan beton.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan mengganti bahan campuran beton yaitu pasir dengan limbah bauksit (*tailing bauxite*) dengan persentase penggunaan limbah bauksit (*tailing bauxite*) 2.5%, 5%, dan 7,5%. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik belah, dan modulus elastisitas.

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata usia 7 hari tertinggi terdapat pada beton normal dengan kuat tekan rata-rata 21.58 Mpa. Kuat tekan rata-rata usia 28 hari tertinggi terdapat pada beton limbah bauksit 7.5% dengan kuat tekan rata-rata 32.07 Mpa. Kuat tarik belah usia 7 hari tertinggi terdapat pada beton limbah bauksit 7.5% dengan kuat tarik belah 2.90 Mpa. Kuat tarik belah usia 28 hari tertinggi terdapat pada beton limbah bauksit 7.5% dengan kuat tarik belah 3.26 Mpa. Modulus elastisitas rata-rata tertinggi terdapat pada beton limbah bauksit 7.5% dengan hasil 26607.03 Mpa,

**Kata Kunci:** Kuat tarik, Kuat tekan, Limbah bauksit, Modulus elastisitas,

## **ABSTRACT**

*Until now, bauxite waste (bauxite tailings) has not been utilized in its entirety, causing an increase in the amount of waste in the bauxite producing areas. The percentage between the bauxite produced and the amount of waste produced is 50%: 50%. This research was conducted to see whether or not the use of liquid waste (tailings bauxite) is appropriate as a place for fine aggregate in the manufacture of concrete. This study used an experimental method with the replacement of the concrete mixture, namely sand with bauxite waste (bauxite tailings) with the proportion of bauxite waste (bauxite tailings) of 2.5%, 5%, and*

7.5%. The tests carried out were compressive strength testing, split tensile strength testing, and modulus of elasticity.

The results of the test for the highest compressive strength average age of 7 days were found in normal concrete with an average compressive strength of 21.58 MPa. The average compressive strength of 28 days was 7.5% bauxite waste concrete with an average compressive strength of 32.07 MPa. The tensile strength of 7 days was in bauxite waste concrete at 7.5% with a split tensile strength of 2.90 Mpa. The tensile strength of 28 days was in bauxite waste concrete 7.5% with a split tensile strength of 3.26 Mpa. The highest average modulus of elasticity is found in 7.5% bauxite waste concrete with a yield of 26607.03 Mpa.

**Keywords:** Bauxite Waste (Tailing Bauxite), Compressive Strength, Modulus of Elasticity, Split Tensile Strength

## PENDAHULUAN

Beton merupakan komponen penting dalam konstruksi. Hampir setiap pekerjaan konstruksi tidak bisa terlepas dari beton. Contohnya pada pekerjaan gedung, jembatan, jalan, dan pekerjaan konstruksi yang lain. Menurut Subakti (1995), beton adalah bahan campuran yang terdiri dari kerikil, pasir, yang di tambah air dan semen yang berfungsi sebagai pengisi dan pengikat antara kerikil dan pasir, jika diperlukan bisa ditambah zat tambah berupa *aditive* dan *admixture*.

Pemakaian beton sudah memasyarakat dalam pembuatan struktur bangunan, maka kebutuhan bahan-bahan penyusun beton juga meningkat, khususnya agregat halus, dalam hal ini pasir. Seiring meningkatnya kebutuhan pasir di Kalimantan Barat yang mengakibatkan semakin menipisnya ketersediaan pasir pada daerah tersebut maka diperlukan bahan ganti pasir sebagai agregat halus yaitu limbah bauksit (*tailing bauxite*). Di Indonesia bauksit ditemukan di Provinsi Kalimantan Tengah, Kalimantan Barat, Bangka Belitung dan, Kepulauan Riau. Di Kalimantan Barat sendiri penyebaran bauksit ditemukan di beberapa lokasi seperti Kendawangan, Air Upas, Sandai, Simpang Dua, Tanah Merah, dan Sungai Kapuas (Tayan, Munggu Pasir, dan Pantas Bersatu). Menurut data survei geologi pada tahun 2011, cadangan bauksit yang terdapat di Kendawangan mencapai 71.903.546 ton (Husaini, dkk, 2012). Menurut Hadi Purnomo, dkk pada tahun (2013), berat limbah bauksit yang akan dihasilkan dari proses pemisahan bauksit dan limbahnya yaitu 50% : 50%, jadi dapat disimpulkan jika kandungan bauksit di kendawangan mencapai 71.903.546 ton maka limbah dari

bauksit tersebut sebesar 35.951.773 ton. Bauksit merupakan bahan baku untuk pembuatan aluminium. Bauksit yang ditambang harus dicuci terdahulu untuk meminimalkan kotoran dan meningkatkan kadar, limbah hasil pencucian bauksit inilah yang disebut dengan (*tailing bauxite*).

Berdasarkan penjelasan diatas maka diperlukan solusi untuk menangani permasalahan limbah bauksit sekaligus memecahkan masalah ketersediaan pasir di Kalimantan Barat, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Pemanfaatan Limbah Bauksit (*Tailing Bauxite*) Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Modulus Elastisitas Pada Beton”.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Beton

Beton adalah satu dari beberapa komponen konstruksi yang sering dipakai untuk jembatan, jalan, dan gedung. Beton merupakan percampuran dari beberapa bahan yang menjadi kesatuan. Beton diperoleh dari mencampurkan semen portland dengan agregat kasar/kerikil, agregat halus/pasir, dan air, terkadang ditambah dengan zat tambahan (*additive*) dengan ketentuan supaya menjadi campuran yang homogen. Reaksi kimia antara semen dan air merupakan kunci dari kerasnya beton.

### Semen

Semen merupakan campuran beton yang mempunyai sifat *kohesif* dan *adhesif* yang berfungsi melekatkan fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat. Semen yang sudah keras karena campuran

air disebut semen hidraulik (*Hydraulik cement*). Semen hidrolis biasa digunakan dalam pembuatan beton bertulang yang disebut dengan semen portland.

Karakteristik campuran mortar sangat dipengaruhi oleh faktor semen. Beton yang memiliki Kandungan semen hidraulik yang tinggi dapat memberikan manfaat yang banyak yaitu, cepat mengeras, membuat beton menjadi lebih kuat, lebih padat, dan tahan air. Namun mortar yang kelebihan semen hidraulik juga dapat menimbulkan kerugian yaitu mortar mengalami susut kering yang lebih tinggi karena campuran mortar yang terlalu cepat mengeras.

### **Limbah Bauksit (*Tailing Bauxite*)**

*Tailing bauxite* adalah limbah dari hasil pencucian bauksit yang bertujuan memisahkan bauksit dari kotoran dan untuk menghasilkan kadar bauksit yang tinggi. Alat yang digunakan untuk membersihkan bauksit dari kotoran yaitu *water jet*. Kadar bauksit yang tinggi berfungsi sebagai bahan utama dalam proses pembuatan aluminium. Limbah bauksit memiliki susunan unsur kimia yaitu Alumina ( $Al_2O_3$ ) sebesar 22,07%, Silika ( $SiO_2$ ) sebesar 62,52%, Hematit ( $Fe_2O_3$ ) sebesar 1,58%, dan sedikit sisa kandungan Alkali (Nuryanto, Frank Edwin, 2012).

Limbah bauksit memiliki karakteristik berupa, memiliki ukuran < 2 mm, mengandung silika, pasir kuarsa, dan sedikit lempung, serta berbutir keras dan tajam. Bauksit dan limbah bauksit yang akan didapatkan dari proses pencucian/pengolahan bauksit yaitu 50% : 50%, melihat dari besarnya limbah bauksit yang dihasilkan maka diperlukannya alternatif untuk mengurangi jumlah limbah bauksit yang ada.

### **Kuat Tekan Beton**

Kuat tekan beton merupakan perbandingan beban tekan yang diperoleh dari bacaan mesin dengan luas penampang beton sesuai bentuknya. Hal-hal yang dapat mempengaruhi besarnya kuat tekan beton antara lain, faktor air semen, jenis dan sifat agregat, jenis campuran dan kecacakan adukan, perawatan dan umur benda uji.

Nama alat yang digunakan untuk mendapat nilai kuat tekan beton yaitu *Compression Testing Machine*.

$$f_{cs} = P/A \dots\dots (1)$$

Keterangan :

$f_{cs}$  : Kuat Tekan (Mpa).

P : Beban Tekan (N).

A : Luas Bentuk Beton ( $mm^2$ ).

### **Kuat Tarik Belah Beton**

Kuat tarik-belah beton adalah nilai yang didapatkan dari hasil pembebanan beton silinder yang diletakkan secara horizontal. Nama alat yang digunakan untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton yaitu *Compression Testing Machine*.

$$\sigma_t = (2P)/(\pi \cdot L \cdot D) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

$\sigma_t$  = Kuat tarik belah benda uji ( $N/mm^2$ ).

P = Beban tekan (N).

### **Modulus Elastisitas Beton**

Modulus elastisitas beton adalah rasio dari tegangan normal tekan atau tarik terhadap regangan. Hal-hal yang mempengaruhi modulus elastisitas beton yaitu faktor air semen, jenis agregat, kelembaban dan temperature, dan umur beton. Menurut pasal SK SNI T-15-1991-03 rumus modulus elastisitas beton yaitu :

$$E_c = 4700\sqrt{F_{cs}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

$E_c$  = Modulus Elastisitas (MPa).

$f'c$  = Kuat tekan beton usia 28 hari (MPa).

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan mengganti bahan campuran beton yaitu agregat halus dengan limbah bauksit (*tailing bauxite*) dengan persentase penggunaan limbah bauksite (*tailing bauxite*) 2.5%, 5%, dan 7.5% dari kebutuhan agregat halus. Penelitian ini dilakukan pada benda uji silinder berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 10 Maret – 20 Mei 2020 di Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak, dan pengujian

dalam penelitian ini meliputi pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Data yang diperlukan dalam penelitian ini yang pertama yaitu data primer yang terdiri dari pengujian karakteristik bahan uji, pengujian *slump*, dan pengujian kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas, sedangkan data yang diperlukan kedua yaitu data sekunder yang terdiri dari referensi atau jurnal yang berhubungan dengan penelitian tentang pengujian beton dengan bahan pengganti dan SNI mengenai penelitian tentang rencana campuran beton.

## HASIL DAN ANALISA

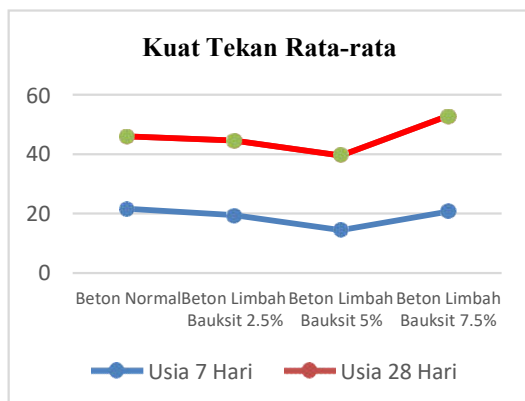
### Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak sebagai berikut :

**Tabel 1. Nilai Kuat Tekan Beton Rata-rata**

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Rata-Rata (Mpa)	
	Umur Beton (Hari)	
	7	28
Beton Normal	21.58	24.34
Beton Limbah Bauksit 2.5%	19.42	25.14
Beton Limbah Bauksit 5%	14.46	25.10
Beton Limbah Bauksit 7.5%	20.74	32.07

**Gambar 1. Nilai Kuat Tekan Beton Rata-rata**



Dilihat pada tabel 1 dan gambar 1 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada pengujian kuat tekan beton pada umur 7 hari, kuat tekan beton rata-rata tertinggi terdapat pada beton normal dengan kuat tekan rata-rata 21.58 Mpa, sedangkan untuk kuat tekan beton rata-rata terendah terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 5% dengan kuat tekan rata-rata 14.46 Mpa. Selanjutnya untuk pengujian kuat tekan beton pada umur 28 hari, kuat tekan beton rata-rata tertinggi terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 7.5% dengan kuat tekan rata-rata 32.07 Mpa, sedangkan untuk kuat tekan beton rata-rata terendah terdapat pada beton normal dengan kuat tekan rata-rata 24.34 Mpa.

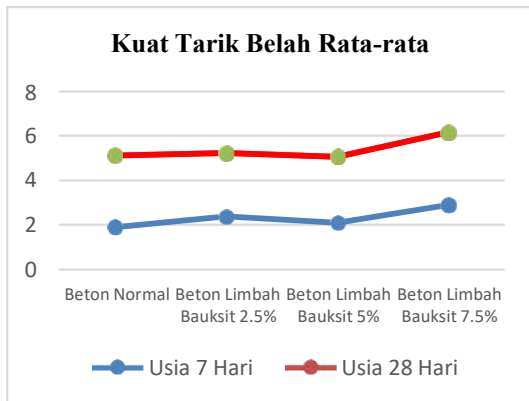
### Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton yang dilakukan di Laboratorium Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak sebagai berikut :

**Tabel 2. Nilai Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata**

Komposisi Campuran	Kuat Tarik Belah Rata-rata (Mpa)	
	Umur Beton (Hari)	
	7	28
Beton Normal	1.91	3.21
Beton Limbah Bauksit 2.5%	2.37	2.85
Beton Limbah Bauksit 5%	2.10	2.97
Beton Limbah Bauksit 7.5%	2.90	3.26

**Gambar 2. Nilai Kuat Tarik Belah Beton Rata-rata**



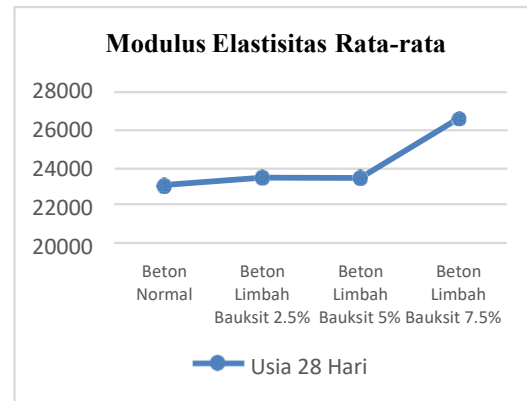
Dilihat pada tabel 2 dan gambar 2 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada pengujian kuat tarik belah beton pada umur 7 hari, kuat tarik belah beton rata-rata tertinggi terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 7.5% dengan kuat tarik belah rata-rata 2.90 Mpa, sedangkan untuk kuat tarik belah beton rata-rata terendah terdapat pada beton normal dengan kuat tarik belah rata-rata 1.91 Mpa. Selanjutnya untuk pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari, kuat tarik belah rata-rata tertinggi terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 7.5% dengan kuat tarik belah rata-rata 3.26 Mpa, sedangkan untuk kuat tarik belah beton rata-rata terendah terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 2.5% dengan kuat tarik belah rata-rata 2.85 Mpa.

#### Hasil Pengujian Modulus Elastisitas Beton

**Tabel 3. Nilai Modulus Elastisitas Beton Rata-rata**

Komposisi Campuran	Kuat Tarik Belah Rata-rata (Mpa)
	Umur Beton (Hari)
	<b>28</b>
Beton Normal	23172.56
Beton Limbah Bauksit 2.5%	23566.29
Beton Limbah Bauksit 5%	23544.32
Beton Limbah Bauksit 7.5%	26607.03

**Gambar 3. Nilai Modulus Elastisitas Beton Rata-rata**



Dilihat pada tabel 3 dan gambar 3 maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pada pengujian modulus elastisitas beton pada umur 28 hari, modulus elastisitas beton rata-rata tertinggi terdapat pada beton dengan campuran limbah bauksit 7.5% dengan modulus elastisitas rata-rata 26607.03 Mpa, sedangkan untuk modulus elastisitas beton rata-rata terendah terdapat pada beton normal dengan modulus elastisitas rata-rata 23172.56 Mpa.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

- Kuat tekan beton rata-rata pada usia 7 hari dengan campuran limbah bauksit 2.5%, 5%, dan 7.5% masing-masing memiliki kuat tekan beton rata-rata 19.42 Mpa, 14.46 Mpa, dan 20.74 Mpa lebih rendah dari beton normal dengan kuat tekan beton rata-rata 21.58 Mpa. Sedangkan pada kuat tekan beton rata-rata pada usia 28 hari, beton dengan pengganti limbah bauksit 7.5% memiliki kuat tekan beton rata-rata 32.07 Mpa lebih tinggi dari beton normal dengan kuat tekan beton rata-rata 24.34 Mpa.
- Kuat tarik belah beton rata-rata pada usia 7 hari dengan pengganti limbah bauksit 2.5%, 5%, dan 7.5% masing-masing memiliki kuat tarik belah beton 2.37 Mpa, 2.10 Mpa, dan 2.90 Mpa lebih tinggi dari beton normal dengan kuat tarik belah beton 1.91 Mpa. Sedangkan kuat tarik belah beton pada usia 28

hari, beton dengan pengganti limbah bauksit 7.5% memiliki kuat tarik belah beton 3.26 Mpa lebih tinggi dari beton normal dengan kuat tarik belah beton 3.21 Mpa.

- Modulus elastisitas beton rata-rata, beton dengan pengganti limbah bauksit 7.5% memiliki rata-rata modulus elastisitas 26607.03 Mpa lebih tinggi dari beton normal dengan rata-rata modulus elastisitas 23172.56 Mpa.
- Hasil dari analisa batas gradasi agregat halus zona 1, ukuran saringan 2.4 mm tidak sesuai dengan SNI 03-2834-2000 karena nilai lolos keluar dari batas atas gradasi, yang disebabkan ukuran butiran agregat halus yang seragam.
- Hasil penelitian beton dengan pengganti limbah bauksit 7.5% dapat digunakan sebagai bahan pengganti dari kebutuhan total agregat halus.
- Pemanfaatan limbah bauksit dalam campuran beton dapat menghasilkan beton yang lebih ekonomis dan kuat serta dapat mengurangi limbah bauksit yang ada.

### UCAPAN TERMA KASIH

Dalam penulisan ini tidak terlepas dari bimbingan serta masukan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Toasin Asha, M.Si, selaku Direktur Politeknik Negeri Pontianak,
2. Ibu Indah Rosanti, S.ST., MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Pontianak,
3. Ibu Ir. Ety Rabihati, MT, selaku Ketua Program Studi Perencanaan Perumahan dan Pemukiman Politeknik Negeri Pontianak, sekaligus selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir,

4. Bapak Ikhwan Arief Purnama, MT, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan serta masukan dalam penyusunan Tugas Akhir,
5. Semua pihak yang telah terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Akbar, Nuh, dkk.** 2009. *Sejarah Beton dan Perkembangannya*. Depok : Universitas Gunadarma.
- [2] **Amalia.** 2009. Studi Eksperimental Perilaku Mekanik Beton Normal Dengan Substitusi Limbah Debu Pengolahan Baja (Dry Dust Collector). Semarang: Tesis Universitas Diponegoro.
- [3] **Husin, Sayuti.** 1989. *Pengantar Metodologi Riset*. Jakarta : Fajar Agung. Hal 3.
- [4] **Liana, Eva Angelina.** 2013. Potensi Batu Bauksit Pulau Bintan Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton. Yogyakarta : Universitas Atma Jaya .
- [5] **Mulyono, T.** 2006. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [6] **Munawir.** 2016. *Kecamatan Kendawangan dalam Angka*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Ketapang. Ketapang.
- [7] **Pratama, Denny.** 2014. Studi Pengaruh Abu Sorgum Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, Dan Kuat Lentur Beton. Lampung : Universitas Lampung.
- [8] **Santi, Aqla.** 2018. Pemanfaatan Tailing Bauksit Sebagai Bahan Campuran Pengganti Pasir Pada Pembuatan Paving Block. Ketapang : Politeknik Negeri Ketapang.
- [9] **Subakti, A.** 1995. *Teknologi Beton dalam Praktek*. Surabaya : Institut Teknologi Surabaya.
- [10] **Tampenawas, Manalip dkk.** 2013. Optimalisasi Konsentrasi Tailing Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pecahan Kaca dan Pasir. Manado : Universitas Sam Ratulangi.

- [11] **Tara, Raden.** 2011. *Pengertian Beton dan Sejarah Beton*. Depok : Academia.
- [12] **Tjokrodimuljo, K.** 1996. *Teknologi Beton*. Yogyakarta. Universitas Gadjja Mada.
- [13] **PBI 1971.** 1971. Dirjend Cipta Karya DPU 1971.
- [14] **SNI 03-1971-1990.** 1990. *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [15] **SNI 03-1969-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [16] **SNI 03-1970-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [17] **SNI 03-1973-1990.** 1990. *Metode Pengujian Berat Isi Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [18] **SNI 03-1968-1990.** 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [19] **SNI 03-2834-2000.** 2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [20] **SNI 03-1971-1990.** 1990. *Metode Pengujian Slump Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [21] **SNI 2493 : 2011.** 2011. *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [22] **SNI 03-1974-1990.** 1990. *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.
- [23] **SNI 03-2491-2002.** 2002. *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Badan Standarisasi Nasional. Bandung.