

PEMANFAATAN TAILING SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL PADA SEMEN DITINJAU TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK LENTUR (Studi Kasus : Tailing dari Ratatotok, Minahasa Tenggara)

Ivonne Jeanette Rosalina Sondakh

M. D. J. Sumajouw, Ronny Pandaleke, Servie O. Dapas

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email: saujeanette17@gmail.com

ABSTRAK

Beton adalah materi bangunan yang paling banyak digunakan saat ini, seperti pembuatan bangunan bertingkat, pembuatan saluran, pondasi, serta bendungan. Beton merupakan suatu bahan komposit yang dibentuk dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air. Tailing merupakan limbah pengolahan tambang emas yang selalu menjadi masalah yang sangat kompleks yaitu mengenai lokasi pembuangan limbah tersebut dan dampak bagi lingkungan sekitar. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diambil tailing sebagai tambahan sebagai pada semen.

Dalam penelitian ini diselidiki pengaruh penambahan tailing pada semen terhadap sifat mekanik beton yaitu kuat tekan dan kuat tarik lentur. Kadar tailing yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan benda uji silinder 10/20 yang dilakukan pada umur 3, 7, 14, 28 hari dan pengujian kuat tarik lentur dilakukan menggunakan benda uji balok 10/10/50 yang dilakukan pada umur 28 hari. Perawatan yang dilakukan yaitu perendaman dalam air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar prosentase tailing yang ditambahkan pada semen maka kuat tekan dan kuat tarik belah semakin rendah. Kuat tekan paling tinggi yang dicapai pada kondisi tailing 0% atau beton normal yaitu 26, 51 MPa dan kuat tarik belah paling tinggi dicapai pada kondisi beton normal 6, 49 MPa.

Kata kunci: Beton, beton tailing, tailing, kuat tekan, kuat tarik belah.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya akan hasil bumi seperti emas, tembaga dan masih banyak tambang lain. Karena banyaknya tempat-tempat penambangan di Sulawesi Utara, maka untuk mengelolah hasil tambang tersebut, selalu menjadi masalah yang sangat kompleks yaitu mengenai lokasi pembuangan limbah tersebut dan dampak bagi lingkungan sekitar. Khususnya Sulawesi Utara yang sangat terkenal akan banyaknya lokasi penambangan, dimana hampir semua lokasi tersebut dikuasai oleh penambang-penambang tanpa izin (PETI) dengan sistem pengolahan yang mereka lakukan tidak memikirkan dampak lingkungan. Limbah yang dihasilkan atau *tailing* biasanya ditampung dalam kolam yang sengaja dibuat pada tempat mereka bekerja dan dibiarkan dibawa air saat hujan. Oleh karena itu, penulis ingin menjadikan tailing sebagai substitusi parsial dari semen.

Rumusan Masalah

Mengacu pada hal yang telah dirumuskan sebelumnya, dilakukan penelitian kuat tekan dan kuat tarik lentur beton dengan pemanfaatan tailing sebagai substitusi parsial pada semen. Maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah apakah *tailing* layak dijadikan sebagai bahan penambah pada semen (PC) pada campuran beton? Berapakah kuat tekan dan kuat tarik lentur maksimum dari beton *tailing*?

Pembatasan Masalah

Penelitian ini memberikan batasan masalah terhadap hal-hal sbagai berikut:

1. Bahan dasar pembentuk beton sebagai berikut:
 - a. Semen
Semen Portland tipe I, merek Tonasa.
 - b. Agregat Halus
Pasir alam (Natural Sand) berasal dari Girian.
 - c. Agregat Kasar

- Batu pecah dari Tateli ukuran 1x2 cm dan tidak lebih dari 2 cm.
- d. Air yang digunakan berasal dari sumur di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Unsrat.
2. Tidak melakukan pemeriksaan dan mengabaikan mineral-mineral atau unsur-unsur kimia dalam agregat kasar.
 3. *Tailing* yang digunakan berasal dari Desa Ratatotok.
Komposisi yang digunakan:
 - 1) 1PC : 2BP : 3PS (Komposisi Standart)
 - 2) (0,95 PC + 0,05 *tailing*) : 2BP : 3PS
 - 3) (0,90 PC + 0,10 *tailing*) : 2BP : 3PS
 - 4) (0,85 PC + 0,15 *tailing*) : 2BP : 3PS
 - 5) (0,80 PC + 0,20 *tailing*) : 2BP : 3PS
 - 6) (0,75 PC + 0,25 *tailing*) : 2BP : 3PS
 4. Untuk pemeriksaan kuat tekan beton ditinjau pada umur beton 3, 7, 14, 28 hari.
 5. Untuk pemeriksaan kuat tarik belah beton ditinjau pada umur beton 28 hari.
 6. Dalam penelitian ini menggunakan benda uji silinder 10/20 cm dan balok ukuran 10/10/50 cm.
 7. Hal-hal yang diuji:
 - a) Nilai SLUMP.
 - b) Berat Volume.
 - c) Kekuatan tekan menggunakan benda uji silinder 10/20 cm pada umur beton 3, 7, 14, 28 hari.
 - d) Kekuatan tarik menggunakan benda uji balok 10/10/50 cm pada umur beton 28 hari.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian:

- a) Untuk mendapatkan kuat tekan optimum dari beberapa variasi beton *tailing*.
- b) Untuk mendapatkan kuat tarik lentur optimum dari beberapa variasi beton *tailing*.
- c) Hubungan kuat tarik lentur dan kuat tekan beton *tailing*.

Manfaat penelitian:

Diharapkan nantinya *tailing* yang merupakan limbah tambang yang mencemari dan merusak lingkungan dapat digunakan sebagai salah satu material tambahan untuk campuran beton.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan

dengan penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Adapun tahapan dalam penelitian adalah:

- a) Persiapan material penelitian.
- b) Pengujian sifat material.
- c) Desain komposisi campuran beton berdasarkan dari penelitian sebelumnya.
- d) Pembuatan benda uji.
- e) Hasil penelitian dinyatakan ke dalam bentuk tabel dan grafik.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum Beton

Beton adalah materi bangunan yang terdiri dari agregat halus dan agregat kasar dengan semen, yang dipersatukan dengan air dalam perbandingan tertentu. Proses pengerasan beton terjadi setelah melalui peristiwa reaksi kimia antara air dan semen, berlangsung pada waktu yang panjang seiring dengan pertambahan umur beton. Faktor air – semen yang harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratan kekuatan beton yang direncanakan (Nawy 1981).

Tailing

Tailing sebenarnya merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penggerusan batuan tambang (ore) yang mengandung biji material untuk diambil mineral berharganya. *Tailing* pada umumnya memiliki komposisi sekitar 50% batuan dan 50% air, sehingga sifatnya seperti lumpur. Sebagai limbah, *tailing* dapat dikatakan sebagai sampah yang berpotensi mencemarkan lingkungan baik dilihat dari volume yang dihasilkan maupun potensi rembesan yang mungkin terjadi pada tempat pembuangan *tailing*.

Tailing juga didefinisikan sebagai limbah proses pengolahan mineral yang butirannya berukuran relative halus (J.E. Markus, ed, 1997).

Pemanfaatan *tailing* untuk bahan konstruksi bangunan atau konstruksi, telah dilakukan oleh beberapa negara termasuk Indonesia melalui penelitian-penelitian, diantaranya:

- a) Bahan bangunan dan keramik (Idaho-Maryland Mining Corp, 2008).
- b) *Tailing* untuk pembuatan batu bata (Dennis Morr and Wesley Harley).
- c) *Taiing* untuk pembuatan semen kekuatan tinggi, keramik dan batu bata (web@acca21.edu.cn).

d) *Tailing* sebagai campuran beton (PT. Freeport Indonesia, 2006).

P = Beban maksimum yang dipikul balok (N)
 B = Jarak antara tumpuan beban (mm)

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas, dan dinyatakan dengan Mpa atau N/mm². Kuat tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar, agregat halus dan air serta bahan tambahan.

Perbandingan dari air semen merupakan faktor utama dalam menentukan kekuatan beton. Semakin rendah perbandingan air semen, semakin tinggi kekuatan desaknya. Suatu jumlah tertentu air diperlukan untuk memberikan aksi kimiawi dalam pengerasan beton, kelebihan air meningkatkan kemampuan pekerjaan (mudahnya dalam pengecoran) akan tetapi menurunkan kekuatan beton sendiri (Chu Kia Wang dan C. G. Salmon, 1990).

Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima oleh benda uji, maka nilai kuat tekan beton struktural dapat dihitung dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

f_{ci} = Kuat tekan beton (Mpa)
 P = Beban runtuh (kg)
 A = Luas bidang tekan (mm²)

Kuat Tarik Lentur Beton

Kuat tarik lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya, sampai benda uji patah. Sistem pembebanan pada pengujian tarik lentur yaitu benda uji dibebani sedemikian rupa sehingga hanya akan mengaami keruntuhan akibat lentur murni.

Kekuatan tarik lentur (f_r) dapat dihitung dengan rumus:

$$f_r = \frac{6.Mu}{b.h^2} \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

Mu = Momen maksimum yang terjadi (N mm)
 b = Lebar penampang balok (mm)
 h = tinggi penampang balok (mm)

Dan nilai Mu didapat dari:

$$Mu = \frac{P}{2} * B \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

Berat Volume

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya. Berat volume beton bergantung pada berat volume agregat yang membentuk beton tersebut.

Berat volume < 2000 kg/m³ untuk beton ringan dan berat volume 2000-3000 kg/m³ untuk beton normal (Standart Nasional Indonesia).

$$Berat\ volume\ beton = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

W = Berat (kg)
 V = Volume (m³)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan Material

Berdasarkan hasil pemeriksaan material yang diperoleh dari pemeriksaan di Laboratorium Struktur dan Material Fakultas Teknik UNSRAT, maka data-data material yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil pemeriksaan material

Pengujian	Agregat Kasar (Batu Pecah)	Agregat Halus (Pasir)
Asal	Tateli	Girian
Ukuran maksimum (mm)	19	4.75
Apparent specific gravity	2.485	2.647
Bulk specific grafity (dry)	2.355	2.055
Bulk specific grafity (SSD)	2.417	2.282
Absorpsi (%)	2.628	11.049
Kadar air (%)	2.313	13.495
Berat volume (kg/m ³)	1.346	1.306
Modulus kehalusan	33.606	3.118
Kadar lumpur (%)	-	1.025

Sumber : Hasil Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan prosedur perencanaan campuran metode ACI 211. 1. 91 yang dimodifikasi.

Tabel 2. Komposisi campuran terkoreksi/m³

Material	Presentase Tailing						Sa tu an
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
Tailing	0.000	20.500	41.000	61.500	82.000	102.500	kg
Semen	410.000	389.500	369.000	348.500	328.000	307.500	kg
Air	192.838	192.838	192.838	192.838	192.838	192.838	kg
Agregat Kasar	843.171	843.171	843.171	843.171	843.171	843.171	kg
Agregat Halus (Pasir)	713.665	713.665	713.665	713.665	713.665	713.665	kg

Sumber : Hasil Penelitian

Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai perbandingan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran untuk setiap masing-masing campuran beton. Nilai slump rata-rata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Slump Rata-Rata

Komposisi Campuran	Nilai Slump Rata-Rata (mm)	
	Balok	Silinder
Tailing 0%	76	85
Tailing 5%	80	78
Tailing 10%	98	88
Tailing 15%	78	75
Tailing 20%	75	90
Tailing 25%	75	79

Sumber : Hasil Penelitian

Berat Volume Beton

Untuk berat isi dari setiap campuran beton dengan presentase *tailing* dapat dilihat secara lengkap pada lampiran. Berat volume beton rata-rata dari setiap campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat Volume Rata-rata

Komposisi Campuran	Benda Uji	Berat Volume Rata-rata (kg/m ³)	Presentase Berat Volume Terhadap Beton Normal (%)
Tailing 0%	Balok	2157.50	100.00
	Silinder	2119.67	100.00
Tailing 5%	Balok	2164.00	100.30
	Silinder	2111.71	99.62
Tailing 10%	Balok	2185.50	101.30
	Silinder	2153.09	101.58
Tailing 15%	Balok	2174.50	100.79
	Silinder	2138.76	100.90
Tailing 20%	Balok	2207.50	102.32
	Silinder	2145.13	101.20
Tailing 25%	Balok	2143.00	99.33
	Silinder	2105.34	99.32

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel diatas beton dalam penelitian ini dikategorikan beton berbobot normal karena memiliki berat berkisar antara 2100 – 2191,75 kg/m³. Semakin besar presentase tailing maka semakin kecil nilai berat volume beton.

Kuat Tekan

Berdasarkan Tabel 5 bahwa kuat tekan beton dengan menggunakan substitusi parsial semen ada yang lebih tinggi dan ada yang lebih rendah dibandingkan dengan beton yang tidak menggunakan substitusi parsial semen.

Tabel 5. Kuat Tekan Beton Rata-rata

Komposisi Campuran	Kuat tekan rata-rata, (Mpa)			
	Umur beton (hari)			
	3	7	14	28
Tailing 0%	17.88	21.17	24.45	26.44
Tailing 5%	12.31	18.89	21.58	22.22
Tailing 10%	11.20	17.24	18.29	20.37
Tailing 15%	10.88	11.16	15.91	17.22
Tailing 20%	11.46	12.30	15.54	16.29
Tailing 25%	8.82	9.48	9.75	13.80

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel 6. Kuat Tekan Beton Rata-rata dengan Presentase Kuat Tekan Beton dengan Umur Beton 28 Hari

Komposisi Campuran	Presentase Kuat Tekan Terhadap Umur Beton 28 Hari (%)			
	3 Hari	7 Hari	14 Hari	28 Hari
Tailing 0%	67.62	80.07	92.47	100.00
Tailing 5%	55.40	85.01	97.12	100.00
Tailing 10%	54.98	84.63	89.79	100.00
Tailing 15%	63.18	64.81	92.39	100.00
Tailing 20%	70.35	75.51	95.40	100.00
Tailing 25%	63.91	68.70	70.65	100.00

Sumber : Hasil Penelitian

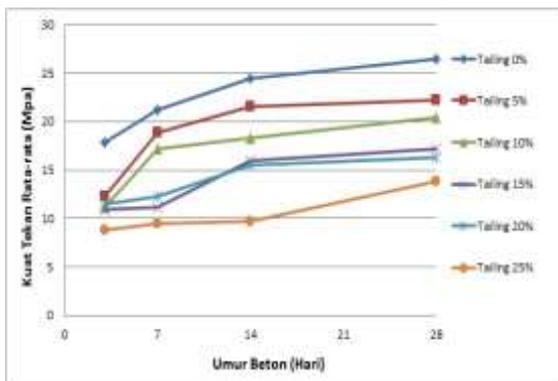
Hasil dari pengujian kuat tekan ini mulai dari umur 3, 7, 14, 28 hari perkembangannya dibandingkan dengan angka yang telah ditetapkan oleh PBI '71, mengenai perkembangan peningkatan kuat tekan sesuai dengan umur beton dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 7. Kuat Tekan Beton Umur 3, 7, 14 Hari Dibandingkan Terhadap Umur 28 Hari

Umur Beton (Hari)	Komposisi Campuran <i>Tailing</i>						PBI' 71
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
3	0.67	0.55	0.54	0.63	0.70	0.63	0.40
7	0.88	0.85	0.84	0.85	0.75	0.68	0.65
14	0.92	0.97	0.89	0.92	0.95	0.70	0.88
28	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Sumber : Hasil Penelitian dan PBI' 71

Dari Tabel 7 dapat dilihat angkanya sedikit jauh dari tabel yang ditetapkan oleh PBI, tapi ada juga angka yang mendekati sama dengan angka yang dipakai atau disyaratkan oleh PBI '71. Hal tersebut dapat dipastikan campuran beton dengan menggunakan *tailing* seiring dengan perkembangan kekuatannya dari umur yang telah ditetapkan yaitu 3, 7, 14, dan 28 hari tidak dapat menggunakan angka yang telah ditetapkan oleh PBI '71.



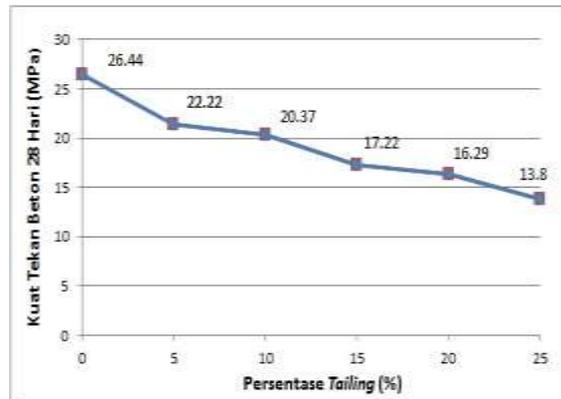
Grafik 1. Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Beton

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan presentase campuran *tailing* 0% (beton normal) merupakan kuat tekan beton paling besar yaitu 17.88 Mpa untuk umur beton 3 hari, 21.17 Mpa untuk umur beton 7 hari, 24.45 Mpa untuk umur beton 14 hari, dan 26.44 Mpa untuk umur beton 28 hari. Kuat tekan beton dengan presentase *tailing* 25% merupakan kuat tekan beton yang paling kecil yaitu 8.82 Mpa untuk umur beton 3 hari, 9.48 Mpa untuk umur beton 7 hari, 9.75 Mpa untuk umur beton 14 hari, dan 13.80 Mpa untuk umur beton 28 hari.

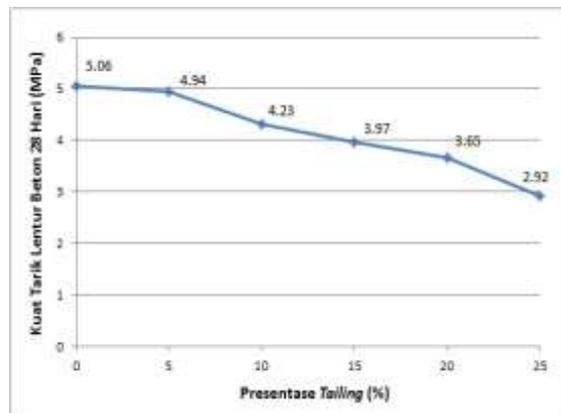
Hubungan Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

Dari Grafik 2 dapat dilihat hubungan kuat tekan pada umur beton 28 hari memiliki nilai terbesar pada presentase *tailing* 0% atau pada

campuran beton normal, dan nilainya menurun seiring dengan bertambahnya presentase *tailing*.

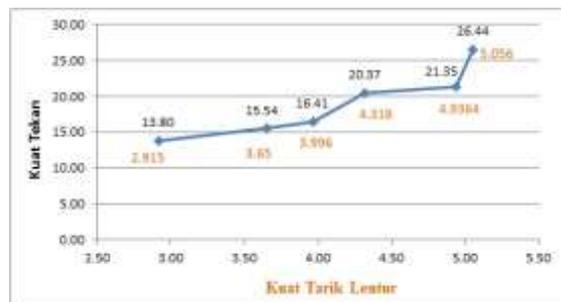


Grafik 2. Hubungan Kuat Tekan Beton 28 Hari



Grafik 3. Hubungan Kuat Tarik Lentur Beton 28 Hari

Dari Grafik 3 dapat dilihat hubungan kuat tarik lentur pada umur beton 28 hari memiliki nilai terbesar pada presentase *tailing* 0% atau pada campuran beton normal, dan nilainya menurun seiring dengan bertambahnya presentase *tailing*.



Grafik 4. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Kuat Tarik Lentur

Pada Grafik 4 dapat dilihat hubungan antara kuat tekan dan kuat tarik lentur pada umur beton 28 hari.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Substitusi parsial semen dan *tailing* tidak memberikan pengaruh peningkatan kkuat tekan dan kuat tarik beton.
2. Kuat tekan maksimum yang dihasilkan terjadi pada keadaan 0% *tailing* atau dalam keadaan beton normal.
3. Kuat tarik lentur maksimum terjadi pada keadaan 0% *tailing* atau dalam keadaan beton normal.
4. Semakin besar substitusi *tailing* maka semakin rendah workability campuran

beton atau campuran beton semakin sulit untuk dikerjakan.

5. Semakin banyak penambahan *tailing* dalam campuran beton maka semakin rendah kuat tekan dan kuat tarik lentur.

Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang variasi prosentase campuran beton maka semakin rendah kuat tekan dan kuat tarik lentur.
2. Untuk melakukan penelitian dengan menggunakan *tailing* dari daerah lain karena di daerah ini terdapat banyak penambang emas baik yang liar maupun yang resmi.
3. Disarankan untuk setiap penelitian beton dengan menggunakan bahan tambahan *tailing* selalu diperiksa kandungan kimia dari *tailing* tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91. Reapproved 2002. *“Standart Practice for Selecting Proportions foe Natural, Heavyweight, and Mass Concrete”*. American Concrete Institute. Detroit-Mic.
- American Concrete Institute. 2000. *“Guide for Measuring, Mixing, Transporting And Placing Concrete”*. ACI Committee 304.
- American Society for Testing and Material (ASTM). 1993. Annual Book of ASTM Standart Section 4, Vol. 04-02. *“Concrete and Aggregates”*. Philadelphia, USA.
- American Society for Testing and Materials. 2003. *Standart Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate*. ASTM C 29, Annual Book of ASTM Standart..
- American Society for Testing and Material (ASTM). 2007. *Standart Test Method For Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate 1*. ASTM C 127, Annual Book of ASTM Standart.
- American Society for Testing and Materials. 2007. *Standart Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate*. ASTM C 128, Annual Book of ASTM Standart.
- Idaho-Maryland Corp, 2008, The Ceremex™ Procces, Golden Bear Ceramic Company.
- Laboratrium Struktur dan Material. 1996. *“Buku Panduan Praktikum Beton”* Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Marcus, J. Jerrold (Ed), 1997, *Mining Environmental Handbook, Effects of Mining on the Environment and American Environmental Controls on Mining*, Imperial College Press, London.

- Nawy. G. Edward, "Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar" P.T. Eresco Jakarta, 1990.
- Pade, M. M. M. 2012. Pemeriksaan Kuat Tekan & Modulus Elastisitas Beton Ringan Beragregat Kasar Batu Ape Dari Kepulauan Talaud. Unsrat Manado.
- Pandaleke, R. E. 2009. Kajian Manfaat *Tailing* untuk Bahan Bangunan Konstruksi. Tesis.
- Samekto. W dan Rahmadiyanto Candra," *Teknologi Beton*" Yogyakarta, 2001.
- Simanjuntak, J. J. H. 2011. Kajian Sifat Mekanik Beton *Tailing* Pada Pengerjaan Beton Dalam Air Laut (*Underwater-Cast Concrete*). Unsrat Manado.
- Sunggono, V. 1995. " Buku Teknik Sipil". Nova. Bandung.
- Budiawa Ramon. 2008 "Kuat Tekan Beton Ringan Dengan Bahan Tambahan Flyash Yang Menggunakan Pecahan Kaca Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus". Unsrat Manado.
- Tjokrodinuljo Kardiyono, "Teknologi Beton" Nafiri, 1996. Wahyudi. L Cs, *Struktur Beton Bertulang standar Baru SNI T-15-1991-03,*"
- Cetakan II PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1997. Wang, C. and Salmon, C.G. 1993. Desain Beton Bertulang. Jilid 1, Erlangga, Jakarta.