

OPTIMALISASI KONSENTRASI TAILING SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON BERAGREGAT HALUS PECAHAN KACA DAN PASIR

Refi Judea Tampenawas,

H. Manalip, R. Pandaleke, L.K. Khosama

Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email: refi.tampenawas@gmail.com

ABSTRAK

Tailing dan kaca sisa umumnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga hanya menjadi limbah. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan limbah tailing dan kaca sebagai bahan campuran beton.

Pemeriksaan material beton yang meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, absorpsi, kadar air, keausan, kadar lumpur, dan berat volume menggunakan standar ASTM. Perencanaan campuran beton menggunakan metode ACI 211.1-91 yang dimodifikasi. Dibuat variasi konsentrasi campuran tailing sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% untuk mendapatkan konsentrasi optimum, dengan pecahan kaca sebesar 10% dari pasir. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan dimensi 10/20 cm. Pengujian terhadap berat volume dan kuat tekan dilakukan pada beton umur 3, 14 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan berat volume beton berkisar antara 2144 kg/m³ sampai 2185 kg/m³ dan termasuk dalam kategori beton normal. Kuat tekan yang paling optimum terjadi pada konsentrasi tailing sebesar 5% sebesar 32,35 MPa.

Kata kunci: Berat volume, Kaca, Kuat tekan, Tailing

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Survey oleh Lembaga Demografi UI memperkirakan jumlah penduduk Indonesia akan mencapai 273 juta pada tahun 2025 dengan pertumbuhan penduduk dibawah 1,5%. Dengan meningkatnya jumlah penduduk tentunya akan meningkat pula kebutuhan akan perumahan dan infrastruktur. Pembangunan perumahan dan infrastruktur merupakan industri yang membutuhkan biaya, bahan bangunan dan energi yang cukup besar. Penghematan ketiga komponen dalam industri ini merupakan sasaran utama di hampir semua negara berkembang. Untuk memenuhi hal tersebut diperlukan eksploitasi besar-besaran sumber daya alam untuk memproduksi material konstruksi.

Sejalan dengan meningkatnya industri konstruksi, isu penghematan sumber daya alam dan pelestarian lingkungan semakin kuat disuarakan. Untuk mencapai sasaran ini, perlu ada usaha-usaha intensif yang dilakukan untuk mengefektifkan pemanfaatan limbah industri dalam kasus ini limbah yang dimaksud adalah *Tailing* dan limbah

kaca yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Tailing merupakan limbah yang dihasilkan dari proses penggerusan batuan tambang (*ore*) yang mengandung bijih mineral untuk diambil mineral berharganya. Sebagai limbah, *tailing* dapat dikatakan sebagai sampah dan berpotensi mencemarkan lingkungan baik dilihat dari volume yang dihasilkan maupun potensi rembesan yang mungkin terjadi pada tempat pembuangan *tailing*. Keberadaan *tailing* dalam dunia pertambangan tidak bisa dihindari, dari penggalian atau penambangan yang dilakukan hanya < 3% yang menjadi produk utama dan produk sampingan sedangkan sisanya menjadi *waste* dan *tailing*.

Kaca adalah bahan padat amorf yang dibuat oleh silika kering dengan oksida dasar. Kekasaran dari kaca memberikan beton ketahanan terhadap abrasi yang hanya dapat dicapai oleh sedikit batu agregat alami. Kaca di pilih sebagai substitusi agregat halus pada penelitian sebelumnya telah diketahui bahwa limbah kaca dapat meningkatkan kuat tekan beton.

Berkaitan dengan hal-hal yang disebutkan diatas, maka penulis mencoba meneliti tentang “Optimalisasi Konsentrasi Tailing Sebagai Substitusi Parsial Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Beragregat Halus Pecahan Kaca dan Pasir”.

Rumusan Masalah

Mengacu pada hal yang telah diuraikan sebelumnya, dilakukan penelitian sifat mekanik beton yaitu kuat tekan dengan memanfaatkan material *Tailing* sebagai substitusi parsial semen serta Pecahan Kaca sebagai substitusi parsial agregat halus dalam campuran beton sehingga dapat diketahui kandungan optimal pengaruh pemanfaatan *Tailing* dan Pecahan Kaca terhadap terhadap kuat tekan dalam campuran beton.

Pembatasan Masalah

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

1. Dibuat komposisi campuran berdasarkan ACI 211.1-91 yang dimodifikasi.
2. Bahan dasar pembentukan beton sebagai berikut:
 - a. Semen :
Jenis dan tipe semen yang digunakan :
 - Semen portland tipe I
 - *Tailing* 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari semen.
 - *Tailing* berasal dari tambang emas Tatelu dan sudah tersedia di lab.
 - b. Agregat halus :
 - Pasir alam
 - Pecahan Kaca 10% dari agregat halus.
 - c. Agregat kasar :
 - Batu pecah
 - d. Air
 - e. Bahan tambahan :
 - Akselerator dengan nama merek dagang “Sika”
3. Benda uji
 - Silinder 100/200
4. Hal-hal yang diuji
 - a. Sifat fisik agregat:
 - Gradasi.
 - Kadar air.
 - Berat jenis dan absorpsi.
 - Berat volume.
 - Keausan.
 - Kadar lumpur.
 - b. Pengujian beton:
 - Nilai *Slump*

- Berat volume
- Kekuatan tekan dengan menggunakan benda uji silinder 10/20 cm pada umur beton 3, 14, dan 28 hari pada komposisi campuran beton normal, *Tailing* 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%.

Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan :

1. Untuk mendapatkan kuat tekan dari beberapa variasi proporsi *Tailing* sebagai substitusi parsial semen dengan pecahan kaca sebagai substitusi parsial agregat halus serta Sikacim sebagai bahan tambahan dalam campuran beton.
2. Mendapatkan proporsi *Tailing* sebagai substitusi parsial semen dengan serbuk kaca (10% dari berat agregat halus) serta Sikacim sebagai bahan tambahan dalam campuran beton yang menghasilkan kuat tekan optimum

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian di laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulagi.

Adapun tahapan dalam pelaksanaan penelitian adalah:

1. Persiapan material penelitian.
2. Pemeriksaan material sesuai ASTM C33
3. Pembuatan benda uji berbentuk silinder 100/200 mm
4. Pemeriksaan Kuat Tekan untuk silinder pada umur beton, 3, 14 dan 28 hari. Banyaknya benda uji sebanyak 20 buah untuk setiap umur pengujian.
5. Pemeriksaan Kuat Tekan.
6. Pemeriksaan nilai.
7. Hasil Penelitian dinyatakan ke dalam bentuk tabel dan grafik yang berupa :
 - a. Tabel hasil pengujian Kuat Tekan dari tiap benda uji pada umur beton, 3, 14 dan 28.
 - b. Grafik hubungan kuat tekan beton dengan umur beton.
8. Kesimpulan dan Saran

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian umum beton

Beton adalah material yang di bentuk komposit dari bahan batu-batuan yang direkatkan oleh bahan ikat. Beton dibentuk dari agregat campuran (halus dan kasar) dan ditambah dengan pasta semen. singkatnya dapat dikatakan bahwa semen mengikat pasir dan bahan-bahan agregat lain (batu kerikil, basalt, dan sebagainya).

Pecahan Kaca

Kaca memiliki ketahanan terhadap abrasi serta ketahanan terhadap cuaca atau serangan kimia yang baik. Dengan berbahan dasar silika-silika dioksida yang memiliki susunan Kristal tetrahedral yang acak. Apabila didinginkan dengan kecepatan normal akan menghasilkan struktur yang *amorphous*. Hal ini bisa dianggap sebagai bentuk Kristal yang sangat menyimpang dan bersifat acak. Meskipun silika merupakan bahan dasar penyusun kaca tetapi tidak digunakan dalam bentuk murni karena temperature lelehnya yang tinggi, sekitar 1700°C. Silika kemudian dimodifikasi dengan mencampurkan sodium karbonat yang pada suhu tinggi akan berubah menjadi sodium oksida dan bereaksi lagi dengan sebagian silika menjadi sodium disilikat, yang akan menghentikan sebagian rangkaian pembentukan silicon-oksigen yang rigid. Material yang terbentuk disebut sebagai soda glass meleleh pada temperature yang lebih rendah, sekitar 800°C.

Tailing

Tailing adalah bahan-bahan yang dibuang setelah proses pemisahan material berharga dari material yang tidak berharga dari suatu bijih. *Tailing* secara teknis didefinisikan sebagai material halus yang merupakan mineral yang tersisa setelah mineral berharganya diambil dalam suatu proses pengolahan bijih. Dalam kamus istilah teknik pertambangan umum *tailing* diidentikkan dengan ampas. *Tailing* juga didefinisikan sebagai limbah proses pengolahan mineral yang butirannya berukuran relatif halus. *Tailing* yang merupakan limbah hasil pengolahan bijih sudah dianggap tidak berpotensi lagi untuk di manfaatkan, akan tetapi dengan hasil penelitian dan kemajuan teknologi saat ini

tailing tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan.

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

a. *Tailing* sebagai material konstruksi ringan.

Tailing hasil tambang bijih porpiri di Negara Bagian Arizona, Amerika Serikat, telah dimanfaatkan untuk membuat suatu material konstruksi kelas ringan, yang dikenal secara umum sebagai *autoclaved aerated cement*, disingkatkan AAC dengan bahan baku utama silika (SiO₂). Tambang porpiri di negara bagian ini umumnya batuan induknya berupa batuan silika, sehingga jumlah pasir silika cukup berlimpah. Ukuran butir dari pasir silikanya bundar kecil yang pada hakekatnya setara dengan ukuran bentuk butir silika yang di haruskan untuk menghasilkan material bangunan ringan AAC. Material bangunan ringan AAC dengan bahan baku pasir silika dari *tailing* tersebut, mempunyai sifat sebagai isolator panas yang sangat baik, bahan kedap suara dan material dengan kualitas yang diinginkan serta sebanding dengan material bahan bangunan AAC yang menggunakan pasir silika yang bersumber dari bahan material bukan *tailing*.

b. Bahan bangunan dan keramik

Ahli geologi dan tambang dari tambang Idaho-Maryland, USA, menemukan suatu proses penghalusan dari *tailing* atau batuan limbah dari tambang tersebut untuk dibuat material bahan bangunan dan keramik, melalui proses CeramextTM. Proses ini dilakukan pada tekanan pada ruangan hampa yang dipanaskan.

c. *Tailing* untuk pembuatan batu bata

Di daerah pedesaan negara Jamaica, pembangunan perumahan sangat kurang dikarenakan mahalnya bahan bangunan. Jamaica Bauxite Institute, bekerjasama dengan Universitas Toronto, mengembangkan bahan bangunan berupa batu bata yang murah dengan menggunakan *tailing* hasil industri aluminium negeri itu.

- d. Tailing untuk pembuatan semen kekuatan tinggi, keramik, batubata. Pada tahun 1990, Akademi Ilmu Geologi Cina mendirikan Pusat Teknik untuk pemanfaatan *tailing*, dan merupakan yang pertama di Negeri China, untuk melakukan penyelidikan daerah *tailing* yang prospek untuk dimanfaatkan kembali. Lembaga ini menganalisa sifat-sifat sumber daya dan potensi dari berbagai jenis *tailing*, dan mengembangkan teknologi untuk membuat sejumlah produk-produk yang berharga dari *tailing*. Produk-produk ini termasuk semen kekuatan tinggi, bahan bangunan keramik, batu bata, dan bahan-bahan hiasan yang dibuat dari granit.
- e. *Tailing* sebagai campuran beton PT Freeport Indonesia bekerja sama dengan Institut Teknologi Bandung telah berhasil membuat beton dengan bahan dasar *tailing* dari pertambangan tembaga, dan emas, dan merupakan hasil penelitian beberapa tahun. Penggunaan *tailing* sebagai bahan dasar pembuatan beton telah dilakukan pada tahun 2001 untuk pembangunan jalan menuju tambang Gresberg, pembangunan jembatan S. Kaoga, dan beberapa konstruksi lainnya. Beton ini disebut Beton Polimer dengan komposisi semen portland 29,4%, polimer 0,6 %, dan *tailing* 70%, dan telah memperoleh sertifikat Pengujian dari Departemen KIMPRASWIL pada tahun 2004 (PT Freeport Indonesia, 2006). Saat ini *tailing* juga telah digunakan untuk bahan bangunan untuk pembangunan perumahan karyawan.
- f. *Tailing* untuk membuat paving block Penelitian yang dilakukan oleh Tim KPP Konservasi di P. Bintan, mengungkapkan bahwa *tailing* hasil pencucian bauksit telah dicoba untuk dibuat bahan bangunan oleh ex karyawan PT Aneka Tambang di P. Bintan, dan berhasil baik. Prosesnya sederhana, *tailing* hasil pencucian bauksit, dicuci kembali untuk menghilangkan sisa air laut yang terdapat pada *tailing*, kemudian di saring. Dengan tambahan semen, kemudian dengan alat sederhana dicetak menjadi batako, dan paving block. Hasil inovatif tersebut telah digunakan untuk

pembatas jalan, dan tembok pagar masjid yang terletak di kompleks perkantoran PT Aneka Tambang, dan banyak diminati oleh rakyat setempat karena murah.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan 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, halus dan air serta bahan tambahan.

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

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

dimana :

f_{ci} = kuat tekan beton (MPa)

P = beban runtuh (kg)

A = luas bidang tekan (mm²)

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)	Agregat Halus (Pecahan kaca)
Asal	Tateli	Girian	-
Ukuran maksimum (mm)	19	4,75	4,75
Apparent specific gravity	2,485	2,649	2,45
Bulk specific gravity (dry)	2,379	2,105	2,45
Bulk specific gravity	2,422	2,310	2,45
Absorpsi (%)	1,785	9,755	0
Kadar air (%)	1,309	12,727	0
Berat volume (kg/m ³)	1329	1327	1590
Modulus kehalusan	35,248	2,889	2,8
Kadar lumpur (%)	-	0,599	0,3

Dalam penelitian ini digunakan prosedur perencanaan campuran metode ACI 211.1 – 91 dimodifikasi.

Tabel 2 Komposisi Campuran Terkoreksi / m³

Material	Persentase <i>Tailing</i>						Satuan
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
<i>Tailing</i>	0	19	37	55	74	92	kg
Semen	368	352	332	3113	294	276	kg
Sikacim	0	2040	2032	2027	2024	2024	m ^l
Air	190	161	161	161	161	161	kg
Agregat Kasar	830	836	833	831	830	830	kg
Agregat Halus (Pecahan Kaca)	0	75	75	75	75	75	kg
Agregat Halus (Pasir)	721	656	654	652	651	651	kg

Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran untuk 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)
Beton Normal	87,5
<i>Tailing</i> 5%	82,5
<i>Tailing</i> 10%	78
<i>Tailing</i> 15%	90
<i>Tailing</i> 20%	90
<i>Tailing</i> 25%	80

Berat Volume Beton

Berat volume adalah berat isi dari 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	Berat Volume rata-rata (kg/m ³)	Persentase Berat Volume terhadap Beton Normal (%)
Beton Normal	2143	100
<i>Tailing</i> 5%	2184	101,93
<i>Tailing</i> 10%	2178	101,59
<i>Tailing</i> 15%	2177	101,56
<i>Tailing</i> 20%	2164	100,95
<i>Tailing</i> 25%	2151	100,36

Dari hasil yang diperoleh terlihat bahwa berat volume beton berkisar antara 2143,59 kg/m³ hingga 2184,95 kg/m³, berdasarkan tabel 2 dapat dilihat bahwa beton termasuk dalam beton normal. Berat volume beton normal lebih ringan dari pada beton dengan campuran *tailing* sebagai substansi parsial semen dan pecahan kaca sebagai substitusi parsial agregat halus karena walaupun berat jenis *tailing* lebih ringan dari berat jenis *tailing* namun berat jenis pecahan kaca lebih berat dari berat jenis pasir yang digunakan dalam campuran beton.

Tabel 5 Kuat Tekan beton Rata-rata

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Rata-rata, (MPa)		
	Umur beton (Hari)		
	3	14	28
Beton Normal	12,54	22,85	25,82
<i>Tailing</i> 5%	14,83	23,99	32,35
<i>Tailing</i> 10%	13,43	23,23	29,82
<i>Tailing</i> 15%	11,26	20,75	26,15
<i>Tailing</i> 20%	11,90	20,11	22,7
<i>Tailing</i> 25%	6,68	13,43	16,14

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

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

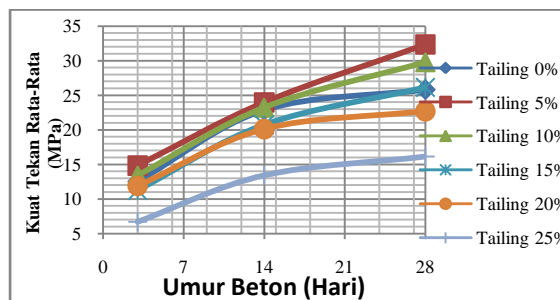
Komposisi Campuran	Presentase Kuat Tekan Terhadap Umur Beton 28 hari (%)		
	3 hari	14 hari	28 hari
Beton Normal	48,56	88,50	100,00
Tailing 5%	45,84	74,16	100,00
Tailing 10%	45,02	77,88	100,00
Tailing 15%	43,07	79,32	100,00
Tailing 20%	52,43	88,60	100,00
Tailing 25%	41,39	83,18	100,00

Hasil dari pengujian kuat tekan ini mulai dari umur 3, 14, 28 hari perkembangannya dibandingkan dengan angka yang 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 dan 4 Hari Dibandingkan Terhadap Umur 28 Hari

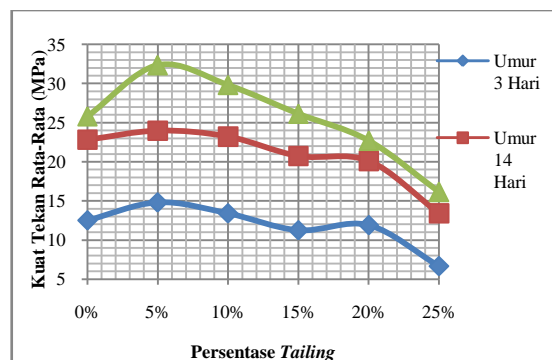
Umur Beton (hari)	Komposisi Campuran Tailing						PBI '71
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
3	0.49	0.46	0.45	0.43	0.52	0.41	0.40
14	0.88	0.74	0.78	0.79	0.89	0.83	0.88
28	1	1	1	1	1	1	1

Dari Tabel 7 dapat dilihat angkanya sedikit jauh dari syarat yang ditetapkan oleh PBI, tapi ada juga angka yang mendekati sama dengan yang 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.



Gambar 1 Grafik Hubungan Kuat Tekan Vs Umur Beton

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa kuat tekan beton dengan persentase campuran tailing 5% merupakan kuat tekan beton paling besar yaitu 14,83 MPa untuk umur beton 3 hari, 23,99 MPa untuk umur beton 14 hari dan 32,35 MPa untuk umur beton 28 hari. Kuat tekan beton dengan persentase campuran tailing 25% merupakan kuat tekan beton paling kecil yaitu 6,68 MPa untuk umur beton 3 hari, 13,43 MPa untuk umur beton 14 hari dan 16,14 MPa untuk umur beton 28 hari.



Gambar 2 Grafik Hubungan Persentase Tailing Vs Kuat Tekan Beton

Gambar 2 menggambarkan kuat tekan beton sebagai berikut :

- Pada umur 3 hari nilai kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran dengan tailing 5% yaitu 14,83 MP, sedangkan komposisi campuran dengan tailing 25% memiliki nilai kuat tekan paling minimum yaitu sebesar 6,68 MPa.
- Pada umur 14 hari nilai kuat tekan campuran dengan komposisi tailing 5% mengalami kenaikan nilai kuat tekan dan memiliki nilai maksimum yaitu 23,99 MPa, komposisi campuran dengan tailing 25% menghasilkan nilai paling minimum yaitu 13,43%.
- Pada umur 28 hari terlihat bahwa beton dengan campuran komposisi tailing 5% masih mengalami kenaikan nilai kuat tekan dan merupakan variasi dengan nilai kuat tekan maksimum, yaitu 32,35 MPa. Penurunan nilai kuat tekan kemudian terus terjadi dari tailing 10% hingga tailing 25%, variasi tailing ini merupakan nilai minimum yaitu 16,14%.

PENUTUP

Kesimpulan

Melalui hasil penelitian maka dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut:

- Berat volume didapatkan pada kisaran 2143 kg/m^3 - 2184 kg/m^3 dan termasuk pada golongan beton normal.
- Kuat tekan optimum campuran beton dengan serbuk kaca (10% dari berat agregat halus) serta sikacim sebagai bahan tambahan, didapatkan dengan proporsi *tailing* 5% dengan kuat tekan 32,35 MPa untuk umur beton 28 hari.
- Pemakaian *tailing* dan kaca pada campuran beton tidak akan menambah nilai ekonomis beton sebab dibutuhkan waktu serta tenaga lebih dalam mengolahnya menjadi material tambahan yang siap pakai.

- Kenaikan kuat tekan dipengaruhi oleh akumulasi dari pecahan kaca, sikacim dan *tailing*.

Saran

- Berdasarkan hasil penelitian ini disarankan untuk dilakukan penelitian mengenai nilai kuat tarik beton dengan menggunakan komposisi campuran yang sama.
- Untuk mendapatkan nilai yang lebih ekonomis diperlukan tempat pengolahan limbah *Tailing* dan kaca untuk menjadi material tambahan yang siap pakai dalam campuran beton.
- Dilakukan penelitian dengan tetap mempertahankan nilai F.A.S agar kekuatan lebih maksimal dengan tidak tergantung pada nilai slump.
- Dilakukan penelitian mengenai dampak kesehatan pada masyarakat dari beton dengan campuran *tailing*.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 211.1-91. 1993, “ *Standard Practise for Selecting Proportions for Normal Heavy Weight and Mass Concrete*”. ACI Detroit.
- American Society for Testing Material (ASTM) .2002.“ *Concrete and Aggregate*”. Volume 04.02. Philadelphia.
- Anonim.1971, Peraturan Beton Indonesia.
- Idaho-Maryland Mining Corp, 2008, The CeremextTM Procces, Golden Bea Ceramic Company. USA
- Mindess, S. dan Young, J. F. 1981, “*Concrete*”, Prentice hall, Inc. USA.
- PT. Freeport Indonesia, 2006, presentasi, “Tailing Bukan Limbah - Tailing Adalah Sumber Daya – Tailing Dapat Menjadi Bahan Konstruksi”. PT. Freeport. Indonesia.
- Puja, A dan Rachmat, P. 2010 “Pengendalian Mutu Beton sesuai SNI, ACI dan ASTM”, ITS Press Surabaya.
- Pohan. M. Tinjauan Pemanfaatan Tailing Tambang Bijih Untuk Bahan Bangunan Sebagai Solusi Di Bidang Konstruksi [psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content &view=article&id=608&Itemid=528](http://psdg.bgl.esdm.go.id/index.php?option=com_content&view=article&id=608&Itemid=528) 24 Agustus 2012