

PEMANFAATAN *TAILING* TAMBANG EMAS SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN BETON K225

Wardatul Jamilah¹

¹Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Indonesia

wardatul.jamilah@polsri.ac.id

ABSTRACT

In this research, we discuss about the gold mine tailings as a substitution of fine aggregate materials with strength K225 without adding additional substances to improve the compressive strength and flexural strength of concrete. In this study, the compressive strength test at the age of 3, 7, 14, 21, 28 days by percentage of tailings as substitution of fine aggregate is 0%, 30% and 70%. The results showed that the higher the percentage of additional tailings is the lower the compressive strength of concrete produced. Huge losses to the tailings concrete as fine aggregate substitute in the percentage of 30% and 70% against 0% (normal concrete is 265.60 kg / cm² and 167.70 kg / cm². This is a regular decrease of the concrete has a compressive strength of normal 320.29 kg / cm². He result of concrete strength test performed at 28 days with a percentage of 30% tailings and 70% shows the relationship between compressive strength and flexural strength of concrete in the same circumstances, that is $r = 0.74 \cdot c$ (MPa), this is with reference to ACI 311M-05 is $r = 0.62 \cdot c$ (MPa).

Keywords: Concrete, Gold Mine Tailing

ABSTRAK

Pada penelitian ini membahas tentang pemanfaatan tailing tambang Emas sebagai lain bahan substitusi agregat halus dengan kekuatan rencana K225 tanpa penambahan zat-zat tambahan untuk meningkatkan mutu kuat tekan dan kuat lentur beton. Pada penelitian ini dilakukan uji kuat tekan pada umur 3, 7, 14, 21, 28 hari dengan persentase tailing sebagai substitusi agregat halus sebesar 0%, 30% dan 70%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase penambahan tailing, maka semakin rendah kuat tekan beton yang dihasilkan. Besar penurunannya untuk beton tailing sebagai substitusi agregat halus pada persentase 30% dan 70% terhadap 0% dimana beton normal adalah 265,60 kg/cm² dan 167,70 kg/cm². Hal ini mengalami penurunan yang teratur terhadap beton normal yang memiliki kuat tekan 320,29 kg/cm². Uji kuat lentur pada beton yang dilakukan pada umur 28 hari dengan persentase tailing 30% dan 70% menunjukkan hubungan antara kuat tekan beton dan kuat lentur beton pada keadaan yang sama, yaitu $f_r = 0,74 \cdot \sqrt{f'_c}$ (Mpa), hal ini sesuai dengan acuan ACI 311M-05 yaitu $f_r = 0,62 \cdot \sqrt{f'_c}$ (Mpa).

Kata kunci : Beton, Tailing Tambang Emas,

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dalam perkembangan dunia yang semakin maju dan serba canggih, teknologi beton mempunyai potensi yang luas dalam bidang konstruksi. Hal ini menyebabkan beton banyak digunakan untuk konstruksi bangunan gedung, jembatan, dermaga dan lain-lain. Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi tersebut mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan sebagai salah satu bahan pembentuk beton secara besar-besaran yang menyebabkan turunnya jumlah sumber alam yang tersedia untuk keperluan pembetonan (Suharwanto, 2005)

Masih rendahnya pemanfaatan limbah *tailing* yang dihasilkan dari industri pertambangan emas di Indonesia menjadi perhatian khusus oleh Kementerian Lingkungan Hidup, padahal jika diolah dengan benar, *tailing* tersebut bisa dibuat menjadi berbagai bahan material konstruksi dan menjadi salah satu alternatif untuk mengurangi eksploitasi sumber daya alam.

Penggunaan limbah untuk digunakan dalam campuran beton di Indonesia masih belum umum namun sudah mulai banyak digunakan antara lain seperti *fly ash*, abu cangkang, biji kelapa sawit dan *tailing*. Melihat masalah diatas maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk memastikan apakah limbah *tailing* dapat digunakan sebagai penambah agregat halus. Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui karakteristik kualitas beton yang dibuat dengan memanfaatkan *tailing* sebagai substitusi agregat halus kemudian juga untuk memberikan pemahaman dan informasi kepada masyarakat mengenai pemanfaatan limbah tailing yang ternyata bisa digunakan lagi sebagai penambah agregat halus yang umum digunakan yaitu pasir untuk pembuatan beton normal.

Rumusan masalah

1. Berapa nilai persentase *tailing* tambang emas sebagai substitusi agregat halus terhadap sifat mekanis beton, kuat tekan dan kuat lentur.
2. Bagaimana pengaruh *tailing* tambang emas sebagai substitusi agregat halus terhadap sifat fisis beton dengan campuran 30% *tailing* dan 70% *tailing*.
3. Bagaimana kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton.

Maksud dan Tujuan

1. Dapat menentukan nilai persentase *tailing* tambang sebagai substitusi agregat halus terhadap sifat mekanis beton, kuat tekan dan kuat lentur.
2. Dapat mengetahui pengaruh persentase *tailing* tambang emas sebagai substitusi agregat halus terhadap sifat fisis beton dengan campuran 30% *tailing* dan 70% *tailing*.
3. Memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum Beton

Beton merupakan material komposit yang tersusun dari materi agregat kasar dan halus yang melekat satu sama lain karena adanya bahan pengikat, dimana campuran semen juga berperan dalam mengisi rongga antar agregat. Secara sederhana beton dapat direpresentasikan berdasarkan partikel penyusunnya yaitu beton terdiri dari bahan pengisi (filler) dan bahan pengikat (binder).

Beton mempunyai kelebihan daripada bahan yang lain, antara lain karena harganya relatif lebih murah daripada baja, tidak memerlukan biaya perawatan seperti baja (baja harus selalu dicat pada setiap jangka waktu tertentu untuk mencegah karat), dan tahan lama karena tidak busuk atau berkarat. Akan tetapi, beton yang tampaknya mudah dibuat bila tidak dikerjakan atau direncanakan dengan teliti akan menghasilkan bahan yang kurang baik, atau kurang kuat. Oleh karena itu cara-cara membuat beton harus dipelajari dengan baik (Astanto, 2001). Dalam keadaan yang mengeras, beton memiliki kekuatan tinggi. Dalam keadaan segar, beton dapat diberi bermacam bentuk, sehingga dapat digunakan untuk membentuk seni arsitektur atau semata-mata untuk tujuan dekoratif. Beton juga akan memberikan hasil akhir yang bagus jika pengolahan akhir dilakukan dengan cara khusus, misalnya diekspose agregatnya (agregat yang mempunyai bentuk yang bertekstur seni tinggi diletakkan dibagian luar, sehingga nampak jelas pada permukaan betonnya). Selain tahan terhadap serangan api, beton juga tahan terhadap serangan korosi (Mulyono, 2003).

Tailing

Tailing adalah bahan-bahan yang dibuang setelah proses pemisahan mineral berharga seperti emas, perak, tembaga, dan sebagainya dari suatu bijih. Tailing yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan ini dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) menurut PP No. 18 Tahun 1999 jo PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah B3 dengan kode limbah D222. Keberadaan tailing dalam dunia pertambangan dalam jumlah yang banyak tidak bisa dihindari. Hal ini dikarenakan dari penggalian atau penambangan yang dilakukan, sangat sedikit persentase bijih yang menjadi produk, sementara sisanya menjadi tailing

Pemanfaatan tailing untuk pembuatan beton yang dilakukan di negara-negara termasuk Indonesia melalui penelitian-penelitian sebagai berikut :

- a. Ahli geologi dari tambang Idaho- Marylan, USA menemukan suatu proses penghalusan dari tailing atau batuan limbah dari tambang tersebut untuk dibuat maeria bahan bangunan dan keramik, melalui proses CeremextTM. Proses ini dilakukan pada tekanan pada tekanan pada ruangan hampa yang dipanaskan.
- b. Muhammad Yanuar Adi Prasetyo (2011) dengan menggunakan tailing tambang Timah Bangka. Penelitian yang di lakukan menunjukkan pasir tailing timah dengan kadar 40% mampu menurunkan porositas sebesar 19,63% dari beton normal dan penurunan permaeabilitas sebesar 24,6% dari permaeabilitas beton normal.
- c. Pada penelitian H. Parung, A.Awin Amiruddin, Mutmainah Rahman P (2013) dengan meenggunakn Tailing Freeport melakukan penelitian tentang penambahan serat baja pada beton yang menggunakan agregat halus tailing untuk meningkatkan kuat tekan, kuat tarik, kuat lentur dan modulus elastisitas beton. Saat ini tailing juga telah digunakan untuk bahan bangunan untuk pembangunan perumahan karyawan.

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Berdasarkan beban runtuh yang dapat diterima oleh benda ui, maka nilai kuat tekan beton struktural dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$f'_{ci} = \frac{P_{tekan}}{A} \dots\dots\dots (Persamaan 1)$$

Dimana:

- σtekan = Kuat Tekan benda uji (kg/cm²)
- Ptekan = Gaya tekan maksimum dari mesin tekan (kg)
- A = Luas Penampang (cm²)

Persamaan Konstitusi kuat tekan beton untuk berbagai umur uji dengan parameter persamaan ACI 209.2R- 08 yang di modelkan oleh penulis dapat dilihat Sebagai berikut:

Tabel 1.Persamaan Konstitusi Kuat Tekan Beton Untuk Berbagai Umur Uji

Keadaan Beton	Persamaan Konstitusi
ACI 209.2R-08	$(f'c)_t = \frac{t}{4+0,85.t} (f'c)_{28}$
Beton Subtitusi 0% tailing	$(f'c)_t = \frac{t}{4+0,8.t} (f'c - 0)_{28}$
Beton Subtitusi 30% tailing	$(f'c)_t = \frac{t}{4+0,86t} (f'c - BK30)_{28}$
Beton Subtitusi 70% tailing	$(f'c)_t = \frac{t}{4+0,88.t} (f'c - BK70)_{28}$

Dari persamaan diatas dapat dilakukan analisa bahwa pola penurunan yang terjadi pada nilai dan □ membentuk pola yang tetap dengan standar yang telah ditetapkan oleh ACI 209.2R- 08 antara BK 0% dan 30 % tailing. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa persamaan kuat tekan beton yang divariasikan dengan kuat tekan beton ACI 209.2R- 08 memiliki hasil yang hampir sama.

Kuat Lentur Beton

Kuat lentur adalah besarnya nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk balok yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah ASTM C 78 yaitu pengujian kuat tarik lentur dengan metode *Third- Point Loading*, dengan beban terbagi menjadi dua yang bekerja pada suatu penumpang balok dengan titik yang menjadi tiga bagian merata.

$$f'_{cr} = PL/ bd^2$$

Dimana :

- f_r : Kuat lentur beton (kg/cm²)
- P : Gaya tekan maksimum dari mesin uji (kg)
- L : Panjang bentang (cm)
- b : Lebar balok benda uji(cm)
- d : Tinggi balok benda uji (cm)

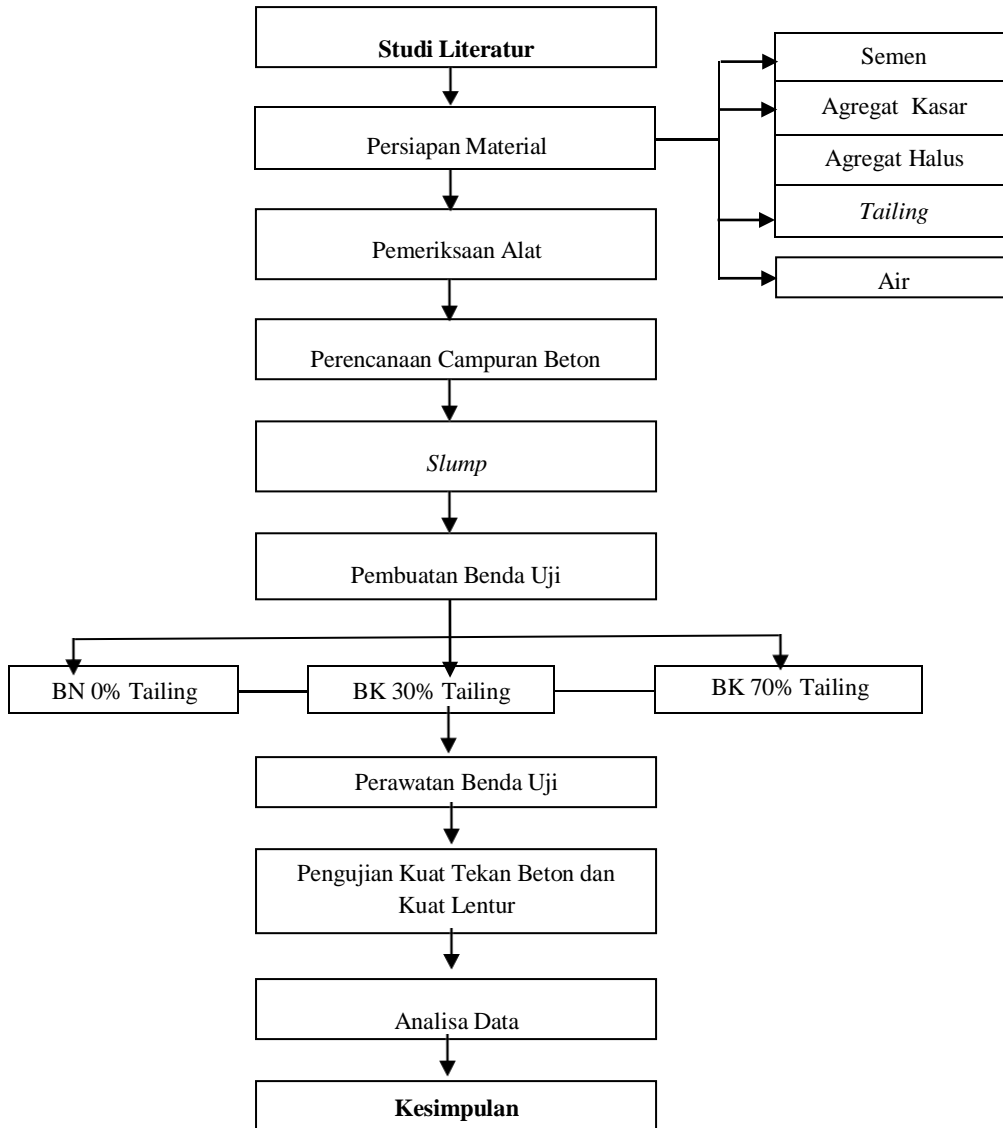
3. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini secara keseluruhan dilakukan di Laboratorium PT UBPE Aneka Tambang, Pongkor, Bogor, Jawa Barat. Penelitian dimulai dengan melaksanakan studi literatur yang berupa jurnal-jurnal hasil penelitian. Bersamaan dengan studi literatur tersebut dilakukan pula studi eksperimental terhadap material-material yang akan dimanfaatkan dalam penelitian.

Adapun tahapan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Persiapan material penelitian
2. Pemeriksaan material
3. Pembuatan benda uji
4. Pemeriksaan kuat tekan umur 3, , 14, 21, 28 hari dan kuat lentur 28 hari. Benda uji sebanyak 45 buah.
5. Pemeriksaan kuat tekan dan kuat lentur
6. Pemeriksaan nilai
7. Hasil penelitian berupa
 - Tabel hasil pengujian kuat tekan beton untuk tiap benda uji umur 3, 7, 14, 21, 28.
 - Grafik hubungan kuat tekan beton dan umur beton
 - Tabel hasil pengujian kuat lentur beton umur 28 hari.
8. Kesimpulan dan saran

Berikut ini ditampilkan rangkuman man diagram alir penelitian :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pemeriksaan

Berdasarkan hasil pemeriksaan material yang di peroleh dari laboratorium PT UBPE Aneka Tambang, Pongkor, maka data- data yang dapat digunakan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Material

Uji	Agregat Kasar Batu Pecah	Agregat Halus (Pasir Galunggung)	Tailing
Asal	Split	Galunggung	PT UBPE
Apparent spesific Gravity	2,74	2,57	1,367
Bulk spesific gravity (dry)	2,81	2,67	1,153
Berat Isi	1,613	1,424	1,280
Absorpsi (%)	2,19	4,08	11,26
Kadar Air (%)	4,864	10,148	31,51
Kadar Lumpur (%)	-	1,727	-

Tabel 2. diatas menunjukkan hasil dari pemeriksaan material yang telah dilakukan di laboratorium PT. UBPE Aneka Tambang, Pongkor. Material yang di diperiksa terdiri dari: Agregat kasar berjenis batu pecah, agregat halus yang berasal dari gunung Galunggung dan *Tailing* tambang emas yang berasal dari limbah PT. UBPE Aneka Tambang, Pongkor, Jawa Barat.

Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan pemeriksaan nilai slump. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran untuk masing- masing campuran beton.

Tabel 3. Hasil Nilai Slump Rata- Rata

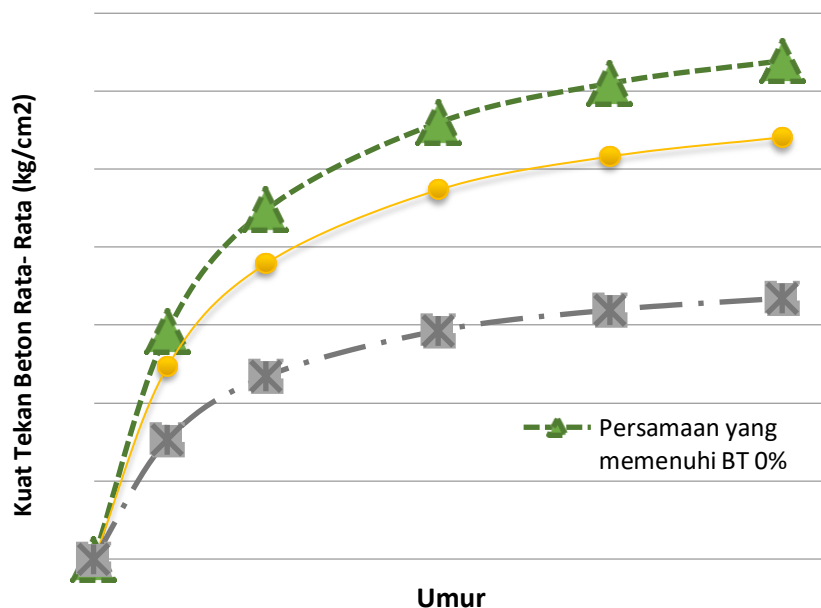
Komposisi Campuran	Nilai Slump (Rata- rata) mm
Beton Normal	7,2
Tailing 30%	7,00
Tailing 70%	7,4

Tabel 3. diatas menunjukan data nilai slump rata- rata setelah di lakukan perobaan dengan menggunakan campuran beton normal, campuran *tailing* 30% dan campuran *tailing* 70%. Dari data diatas dapat dilihat nilai *slump* dengan menggunakan komposisi campuran diatas telah memenuhi standar SNI.

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Rata- Rata

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Rata- rata				
	Umur				
	3	7	14	21	28
Beton Normal	125,31	188,88	277,7	289,47	320,29
Tailing 30%	125,26	130,59	170,6	206,22	271,55
Tailing 70%	54,22	78,44	130,3	144,44	167,70

Dari **tabel 4.** di atas, dapat diketahui bahwa penurunan kuat tekan beton terjadi secara teratur. Semakin banyak *tailing* yang digunakan, maka semakin rendah nilai kuat tekan yang dihasilkan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Pada **Gambar Grafik 1.** Grafik Kombinasi Hasil Pengolahan Data Kuat Tekan Menggunakan Persamaan ACI yang dimodifikasi dibawah ini. Grafik ini dapat kita lihat bahwa persamaan yang dibuat oleh penulis mendekati garis persamaan yang dibuat oleh ACI 209-08. Hal ini menunjukkan bahwa pada penelitian ini, penulis dapat menggunakan persamaan ACI dan mengkombinasikannya ke persamaan yang dibuat oleh penulis, yang hanya berlaku pada laporan hasil penelitian ini.



Gambar Grafik 1. Grafik Kombinasi Hasil Pengolahan Data Kuat Tekan Menggunakan Persamaan ACI yang dimodifikasi

Dari ketiga grafik persamaan yang dibuat oleh penulis dengan menggunakan persamaan ACI sebagai parameternya. Dapat dilihat bahwa kuat tekan yang terjadi pada setiap kombinasi mengalami kenaikan yang teratur. Dimana pada BN 0% tailing berada pada garis teratas dilanjutkan dengan BK 30% tailing dan BK 70% tailing. Hal ini menjelaskan bahwa persamaan ACI dapat dijadikan parameter untuk mengubah dan memodifikasi persamaannya dengan tidak menjauhi garis grafik persamaan ACI tersebut yang tentu saja hanya berlaku pada penulisan laporan penelitian ini.

Tabel 5. Hasil Pengujian Kuat Lentur

Umur (Hari)	Sampel	P (Kg)	σ kg/cm ²
28	BK 30% Tailing	1900	25,33 kg/cm ²
28	BK 70% Tailing	1600	21,33 kg/cm ²

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur pada **tabel 5.** diatas dapat diketahui nilai kuat lentur pada BK 30% *tailing* dan 70% *tailing* masing- masing 25,33 kg/cm² dan 21,33 kg/cm².

Berdasarkan hasil pengujian kuat lentur, didapat perbandingan untuk kuat tekan beton dan kuat lentur beton. Hal ini dilakukan untuk membandingkan kuat tekan dan kuat lentur dengan bahan substitusi tailing 30% dan 70% yang mana akhirnya dapat diketahui berapa besar nilai perbandingan terhadap masing- masing parameter benda uji tersebut.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini yang menampilkan perbandingan hasil uji kuat lentur terhadap kuat tekan dengan s0% substitusi *tailing* 30% dan 70% *tailing*.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Uji Kuat Lentur Terhadap Kuat Tekan

Umur (Hari)	Parameter Pengujian	Hasil Uji (kg/cm ²)	Perbandingan Terhadap Parameter Uji Tekan (%)
28	Tekan BT 30%	271,55	
28	Lentur BT 30 %	25,33	9,34
28	Tekan BT 70%	167,70	
28	Lentur BT 70%	21,33	12,79

Dari data pada **Tabel 6.** Perbandingan hasil uji kuat lentur terhadap kuat tekan diatas, menunjukkan hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur untuk beton substitusi 30% dan 70% *tailing*, yaitu : $f_r = 0,74$ Mpa. Nilai ini menunjukkan bahwa kuat lentur beton substitusi 30% dan 70% *tailing* lebih besar dari kuat lentur berdasarkan ACI 318M- 05.

Seperti yang telah di ketahui dari penelitian dan pengujian kuat lentur beton terhadap substitusi 30% *tailing* agregat halus didapatkan sebesar 25,33kg/cm² dari kuat tekan beton sebesar 271,55 kg/cm² dan dengan substitusi 70% *tailing* sebesar 21,33 kg/cm² dari kuat tekan beton sebesar 167,70 kg/cm² pada umur 28 hari. Berdasarkan persamaan ACI 318M- 05, nilai kuat lentur beton dengan menggunakan 30% substitusi tailing sebesar 25,33 kg/cm² dan dengan 70% substitusi tailing sebesar 21,33 kg/cm². Nilai ini jika dibandingkan dengan kuat tekan beton 28 hari maka akan didapat nilai sebesar 9,34 % dan 12,79% dari 271,55 kg/cm² dan 167,70 kg/cm². menunjukkan bahwa hasil kuat lentur beton 30% dan 70% *tailing* tidak mengalami penyimpangan. Selanjutnya kuat lentur substitusi tailing sangat tergantung dengan kuat tekan yang dihasilkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan analisa pengolahan data yang telah dilakukan di laboratorium PT UBPE Aneka Tambang, Pongkor mengenai pemanfaatan tailing tambang emas sebagai substitusi agregat halus pada campuran beton mutu K- 225, dan dari uraian serta pembahasan yang telah disajikan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Agregat halus yang di kombinasikan dengan kuat lentur beton terhadap substitusi 30% *tailing* agregat halus didapatkan sebesar 25,33kg/cm² dari kuat tekan beton sebesar 271,55 kg/cm² dan dengan substitusi 70% *tailing* sebesar 21,33 kg/cm² dan dari kuat tekan beton sebesar 167,70 kg/cm² pada umur 28 hari. Berdasarkan persamaan ACI 318M- 05, nilai kuat lentur beton dengan menggunakan 30% substitusi tailing sebesar 25,33 kg/cm² dan dengan 70% substitusi tailing sebesar 21,33 kg/cm². Nilai ini jika dibandingkan dengan kuat tekan beton 28 hari maka akan didapat nilai sebesar 9,34 % dan 12,79% dari 271,55 kg/cm² dan 167,70 kg/cm².
2. Ketidak homogenan antar partikel terlihat pada beton substitusi 70% *tailing* dari pada 30% *tailing*. Hal ini terlihat dengan adanya retakan- retakan yang terjadi pada beton 70% *tailing* lebih banyak dan lebih jelas dari pada beton 30% *tailing*. Begitupun rongga- rongga udara yang terperangkap dalam beton substitusi 70% *tailing* sangat banyak dan begitu kompleks jika dibandingkan dengan beton 30% *tailing*.
3. *Tailing* dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus dalam jumlah besar untuk campuran pembuatan beton dengan K225.

Saran

Berdasarkan dari pengamatan selama melakukan kerja praktek dan kesimpulan yang telah dipaparkan sebelumnya, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah bahwa dalam pemanfaatan selanjutnya, *tailing* sebagai bahan penambah agregat halus pada pembuatan beton harus ditambahkan zat adiktif. Selanjutnya, melakukan pengujian- pengujian sifat fisik yang berhubungan dengan *tailing* itu sendiri yang dapat memberikan informasi baru untuk kelanjutan penelitian berikutnya serta melakukan percobaan- percobaan dengan metode baru hingga beton yang dihasilkan dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute. (2008). *Standard Practise for Selecting Proportions For Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Philadelphia: Farmington Hills.
- American Society for Testing Materials, *Manual Book of ASTM Standards Concrete and Aggregate: Vol.04.02*. (2005). Philadelphia: ASTM.
- Anonim. (2013). *Studi Pemanfaatan Tailing PT.Antam Tbk UBPE Pongkor sebagai Material Backfilling*. Laporan Akhir Fakultas Teknik: Institut Teknologi Bandung.
- Arumsari, Dewi. (2014). *Keterlindian Polutan Logam Berat dari Tailing Hasil Solidifikasi/ Stabilitas yang dimanfaatkan sebagai Backfilling Tambang Bawah Tanah*. Skripsi Fakutas Teknik: Institut Teknologi Bandung, 4:15.
- Baskoro, Setiawan. (2006). *Arsen (As), Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Kadmium (Cd) dari Sisa Pengolahan Bijih Logam*. Jakarta: Jurnal Geologi Indonesia.
- Benzaazouza at all. (2006). *Sludge Recycling Within Cemented Paste Backfill: Study of the Mechanical and Leachability Properties*. Journal of Mineral Engineering, 19, 420-432.
- Herman, D. Z. (2006). *Tinjauan Terhadap Tailing Mengandung Unsur Pencemar*. Skripsi Fakutas Teknik: Institut Teknologi Bandung.
- Jared, Bray. (2008). *The Potential Leachability of Mine Tailings Encapsulated in Structural Concrete*. Colorado: Colorado School of Mines, 1:5-11.
- Morduck and K.M. Brook. (1991). *Bahan dan Praktek Beton*. Jakarta: Erlangga.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Neville, A. M. (1998). *Properties of Concrete, Fourth edition*. Longman.
- Onuaguluchi, O and Eher. (2012). *Recycling of Copper Tailings as an Additive in Cement Mortars*. Journal of Construction and Building Materials, 37.
- Pohan, M. P. (2008). *Tinjauan Pemanfaatan Tailing Tambang Bijin untuk Bahan Bangunan Sebagai Solusi di Bidang Konstruksi*. Jakarta: Buletin Sumber Daya Geologi.
- Prahallada and Shanthappa. *Use of Copper Tailings as an Excellent Pozzolana in The Preparation of Concrete*. International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences.
- Prasetyo. R. (2008). *Kajian Pemanfaatan Limbah Penambangan Emas (Studi Kasus: Pemanfaatan Tailing di PT. Antam UBPE Pongkor)*. Tesis Program Pascasarjana : Universitas Indonsia, Jakarta.
- Simanjuntak, Jefri. (2013). *Kajian Sifat Mekanik Beton Tailing pada Pengerjaan Beton Dalam Air Laut (Underwater- Cast Concrete)*. Skripsi Fakultas Teknik: Universitas Sam Ratulangi, Mataram.
- Sugiri. (2005). *Penggunaan Terak Nikel sebagai Agregat dan Campuran Semen untuk Beton Mutu Tinggi*. Skripsi Fakultas Teknik: Institute Teknologi Bandung.