

Stabilisasi/Solidifikasi *Tailing* Tambang Emas Rakyat Kulon Progo Menggunakan Semen *Portland* dan Tanah Tras

Thaniya Triagustine Kalimantoro

3312100083

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, MAppSc



Outline

Pendahuluan

Tinjauan Pustaka

Tahapan Penelitian

Analisis Data dan Pembahasan

Kesimpulan



Latar Belakang



Banyak tambang emas di Dusun Sangon, Kabupaten Kulon Progo, DIY.

Penambangan secara tradisional melalui proses amalgamasi.

Proses amalgamasi menggunakan merkuri.

Merkuri terbawa dalam tailing.

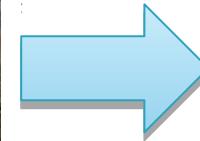
Tailing ditampung dalam kolam dan seringkali dibiarkan hingga penuh.



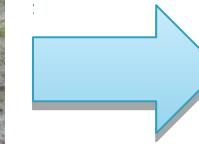
Latar Belakang



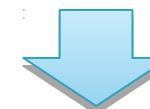
Penanganan tailing
tidak tepat



Pencemaran tanah dan
air



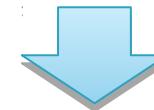
Stabilisasi/Solidifikasi



Kandungan Hg dalam
tailing (Setiabudi,
2005) : 800-6300 ppm



Kandungan Hg dalam
tailing : 302,31 mg/kg



Membahayakan
kesehatan

Menurut Lampiran I PP
101/2014 tentang
Pengelolaan B3, tailing
tergolong limbah B3 kategori
2

Semen *Portland* dan
tanah tras



Latar Belakang

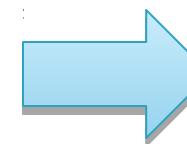


Semen Portland (OPC)

Memiliki kemampuan
mengikat kontaminan
dengan baik

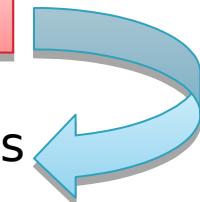


Mengandung kalsium,
aluminat dan silikat

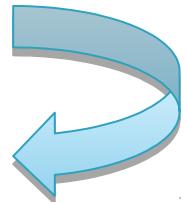


Kekurangan :

Mahal dalam proses
produksi



Berkontribusi
dalam emisi gas
rumah kaca



Penggunaannya
perlu dibatasi





Latar Belakang



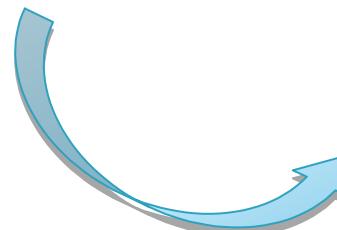
Tanah Tras

Mengandung Aluminat dan Silikat



Menambah kepadatan dan kekuatan serta menjadikan lebih kedap air

Mempercepat proses pengerasan



Membantu kinerja semen dalam S/S



Rumusan Masalah dan Tujuan

1

Berapa komposisi terbaik antara semen
Portland dan tanah tras?

2

Berapa komposisi terbaik antara *binder*
(semen *Portland* dan tanah tras) dan *tailing*?

Rumusan
Masalah

Tujuan

Menentukan komposisi terbaik antara semen
Portland dan tanah tras.

1

Menentukan komposisi terbaik antara *binder*
(semen *Portland* dan tanah tras) dan *tailing*.

2



Manfaat dan Ruang Lingkup

Manfaat

1. Memberikan masukan teknologi
2. Memberikan alternatif proses S/S yang lebih murah dan efektif

Ruang Lingkup

1. Penelitian skala laboratorium
2. Sampel yang digunakan ☐ tailing tambang emas rakyat Kulon Progo
3. Binder yang digunakan ☐ semen *Portland* dan tanah tras
4. Variabel penelitian :
 - a. Tahap I : variasi komposisi semen dan tanah tras
 - b. Tahap II : variasi komposisi binder (semen *Portland* dan tanah tras) dan tailing



Tinjauan Pustaka - Merkuri



Sumber : www.glogster.com

Trace element yang memiliki kemampuan melarutkan logam lain dalam bentuk logam paduan atau amalgam (Widhiyatna, dkk., 2005)

Merkuri dapat dijumpai dalam 3 bentuk, yaitu (Warlina, 1997) :

1. Merkuri elemental (Hg^0)
2. Merkuri Inorganik : Hg^+ (mercurous) dan Hg^{2+} (mercuric)
3. Merkuri Organik : metil dan etil merkuri

Di dalam kolam penampungan atau di lingkungan merkuri bereaksi dengan asam organik membentuk persenyawaan Hg^{2+} (Viega dan Baker, 2004)



Tinjauan Pustaka - Stabilisasi/Solidifikasi



Sumber : www.samex-env.com

Stabilisasi : reaksi kimia yang dilangsungkan untuk menurunkan tingkat pelindian dan mobilitas kontaminan (Barth, 1990; Weitzman, 1990).

Solidifikasi : penambahan bahan aditif tertentu ke dalam limbah untuk mengubah kontaminan dari fase cair menjadi padat sehingga memperkecil luas permukaan limbah (Barth, 1990)

S/S : suatu proses yang melibatkan penambahan bahan aditif untuk mengubah komponen toksik menjadi bentuk dengan toksitas dan mobilitas rendah dalam suatu matriks yang padat.



Tinjauan Pustaka - Semen Portland

Komposisi kimia penyusun semen Portland (Paria dan Yuet, 2006) :

1. SiO_2 : 21,02%
2. Fe_2O_3 : 2,85%
3. Al_2O_3 : 5,04%
4. CaO : 64,18%

Reaksi kimia selama proses hidrasi yaitu (Weitzman, 1990) :



Tricalcium silicate water Tobermorite gel Calcium hydroxide



Dicalcium silicate water Tobermorite gel Calcium hydroxide



Tinjauan Pustaka - Tanah Tras

Komposisi kimia tanah tras (Palar, dkk., 2013) :

1. SiO_2 : 46-59%
2. Fe_2O_3 : 4-12%
3. Al_2O_3 : 10-19%
4. CaO : 1-7%

Pozzolan tidak dapat melangsungkan reaksi pozzolanic tanpa adanya $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ataupun material yang dapat menghasilkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ selama proses hidrasinya (contoh : Semen Portland) (Alp, et al., 2009).

Reaksi pozzolanic pada tanah tras adalah (Putra, 2006) :





Tinjauan Pustaka - Teknik Sampling

Lokasi pengambilan sampel tailing yang terbaik yaitu pada titik dimana tailing terakumulasi dan terkonsentrasi (EPA Victoria, 2009).

Setidaknya sedimen tailing diambil pada kedalaman penetrasi 10 cm dari permukaan sedimen (Henry, 2013).

Wadah sampel tailing dapat menggunakan botol HDPE atau botol kaca borosilicate (EPA Victoria, 2009).

Sampel perlu dikeringkan pada suhu 110-120°C dan dihaluskan hingga 85% sampel lolos saringan 200 mesh (Gruendwald dan Makepeace, 2010).



Tinjauan Pustaka

Uji Konsistensi Normal

Konsisten normal adalah kondisi dengan kadar air tertentu dimana jarum vicat yang diletakkan di permukaan pasta dalam waktu 30 detik akan terjadi penetrasi sedalam 10 mm.

Perawatan Benda Uji (*Curing*)

Curing merupakan tindakan yang dilakukan untuk memberikan kesempatan pada semen dalam meningkatkan kekuatannya secara wajar dan sempurna (Meynarti, 2008).



Tinjauan Pustaka

Uji TCLP

- TCLP merupakan standar tes untuk mengetahui potensi mobilitas kontaminan melalui serangkaian simulasi terhadap kondisi yang mungkin terjadi di lokasi pembuangan (US EPA, 2009).
- Baku mutu TCLP menurut Lampiran IV PP 101/2014 tentang Pengelolaan B3 : 0,05 mg/L.
- Prosedur TCLP mengacu pada US EPA Method 1311.

Uji Kuat Tekan

- Bertujuan menguji kekuatan suatu produk terhadap tekanan yang diberikan kepadanya (Paria dan Yuet, 2006).
- Baku mutu nilai kuat tekan menurut Kep Bapedal No. KEP-03/BAPEDAL/09/1995 tentang Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah B3 : 10 ton/m².

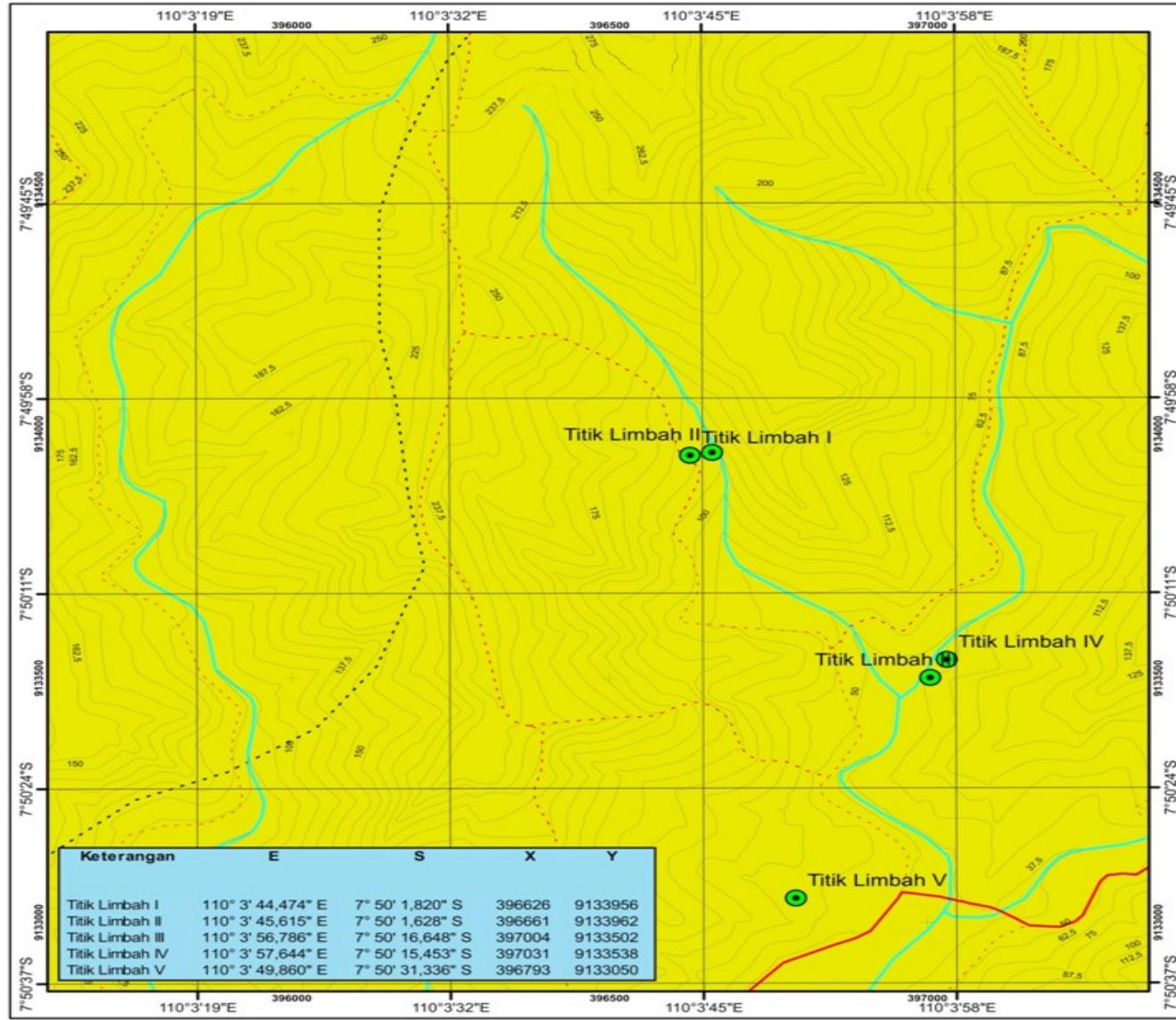


Tahapan Penelitian





Tahapan Penelitian



Penentuan titik sampling secara acak sederhana.

Pengambilan pada 5 titik, yaitu pada kolam penampungan tailing di kedalaman 10 cm.



Tahapan Penelitian



Karakterisasi tailing meliputi :

1. Uji kadar merkuri □ LPPT UGM, menggunakan *Mercury Analyzer*
2. Uji nilai pH □ Lab Limbah Padat dan B3 JTL ITS, menggunakan pH meter
3. Uji kadar air □ Lab Limbah Padat dan B3 JTL ITS, menggunakan metode gravimetri

Persiapan Tailing

Tailing dikeringkan □ oven suhu 105°C selama 2,5 jam.



Tailing diperkecil ukuran butirannya □ *bound ball mild*



Tailing diayak □ sieve size 300 µm



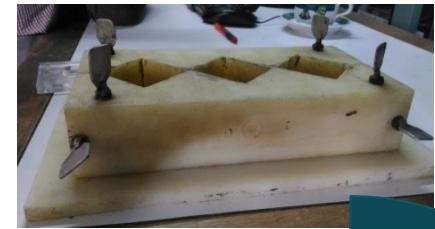
Disimpan dalam wadah tertutup.



Tahapan Penelitian



Semen
Tanah Tras
Aquades

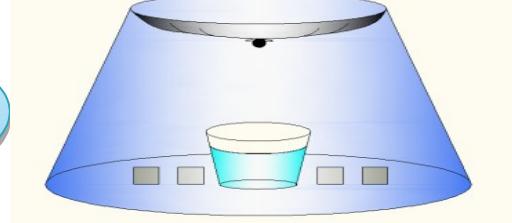


Komposisi PC : TT	Berat (gram)	
	Semen Portland	Tanah Tras
100 : 0	300	0
90 : 10	270	30
80 : 20	240	60
70 : 30	210	90
60 : 40	180	120
50 : 50	150	150
40 : 60	120	180
30 : 70	90	210
20 : 80	60	240
10 : 90	30	270

Moisture Curing

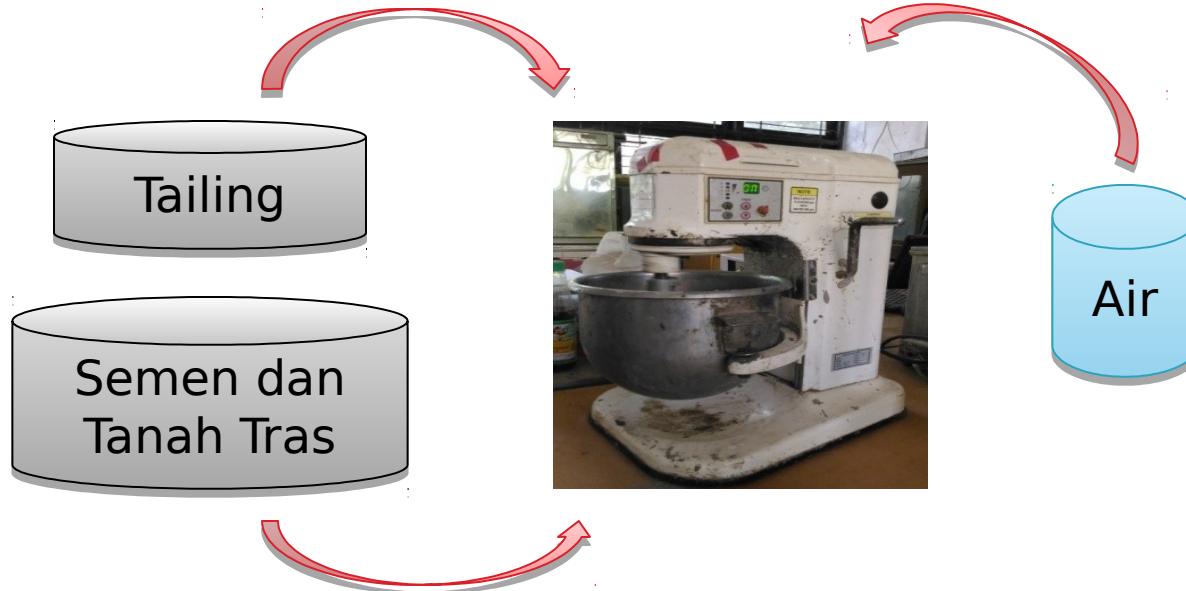


Uji kuat tekan dilakukan di Lab Beton & Bahan Bangunan Teknik Sipil ITS.





Tahapan Penelitian



Binder : Tailing	Berat (gram)	
	Binder	Tailing
50 : 50	150	150
40 : 60	120	180
30 : 70	90	210
20 : 80	60	240
10 : 90	30	270

Uji Kuat Tekan

Dilakukan di Lab Beton & Bahan Bangunan Teknik Sipil ITS.

Uji TCLP

Proses ekstraksi dan agitasi □ Laboratorium JTL ITS.
Analisis kandungan merkuri □ Lab Center of Drug Evaluation and Analysis (CDEA) Ubaya menggunakan ICP-AES.



Tahapan Penelitian



Semen : Tras	Nilai Kuat Tekan, KT (ton/m ²)
100 : 0	KT _{A1}
90 : 10	KT _{A2}
80 : 20	KT _{A3}
70 : 30	KT _{A4}
60 : 40	KT _{A5}
50 : 50	KT _{A6}
40 : 60	KT _{A7}
30 : 70	KT _{A8}
20 : 80	KT _{A9}
10 : 90	KT _{A10}

Komposisi terbaik semen
Portland : tanah tras

Binder : Tailing	Nilai Kuat Tekan, KTS (ton/m ²)	Nilai TCLP. TCLPS (mg/L)
50 : 50	KT _{B1}	TCLP ₁
40 : 60	KT _{B2}	TCLP ₂
30 : 70	KT _{B3}	TCLP ₃
20 : 80	KT _{B4}	TCLP ₄
10 : 90	KT _{B5}	TCLP ₅



Komposisi terbaik *binder* (semen
Portland dan tanah tras) : *tailing*

Analisis Data & Pembahasan

Karakterisasi dan Persiapan Tailing

Uji kadar merkuri : 302,31 mg/kg

Uji nilai pH : 8,33



pH Basa



Dalam proses pengolahan emas dilakukan penambahan semen untuk mengikat zat pengotor.



Terbentuk Ca(OH)_2 yang merupakan basa kuat

Uji kadar air :
7,85%



Sedimen tailing diambil pada kolam penampungan yang juga bercampur dengan air sisa proses.



Setelah tahap persiapan

Analisis Data & Pembahasan

Hasil Uji Konsistensi Penelitian Tahap I

Hasil Uji Konsistensi

Semen : Tras	Volume Air (mL)
100 : 0	78
90 : 10	75
80 : 20	75
70 : 30	77
60 : 40	76
50 : 50	78
40 : 60	78
30 : 70	79
20 : 80	82
10 : 90	84

Jumlah tanah tras ↑ ⇨ kebutuhan air ↑



Hal ini dikarenakan tanah tras mengandung unsur silikat dan aluminat yang reaktif (Hargono, 2009).

Silikat dapat melakukan kemisorpsi dengan air. Reaksi antara silikat dan air menghasilkan dua gugus Si-OH (Sulastri dan Kristianingrum, 2010)

Analisis Data & Pembahasan

Hasil Uji Kuat Tekan Tahap I

Hasil Uji Kuat Tekan

Semen : Tras	Nilai Kuat Tekan F (kg/cm ²)		F Rata-rata (kg/cm ²)
	A	B	
10 : 90	72	120	96
20 : 80	142	200	171
30 : 70	196	216	206
40 : 60	276	244	260
50 : 50	280	244	262
60 : 40	262	368	315
70 : 30	366	440	403
80 : 20	436	384	410
90 : 10	430	352	391
100 : 0	494	480	487

Komposisi semen ↑ ↔ nilai kuat

tekan ↑

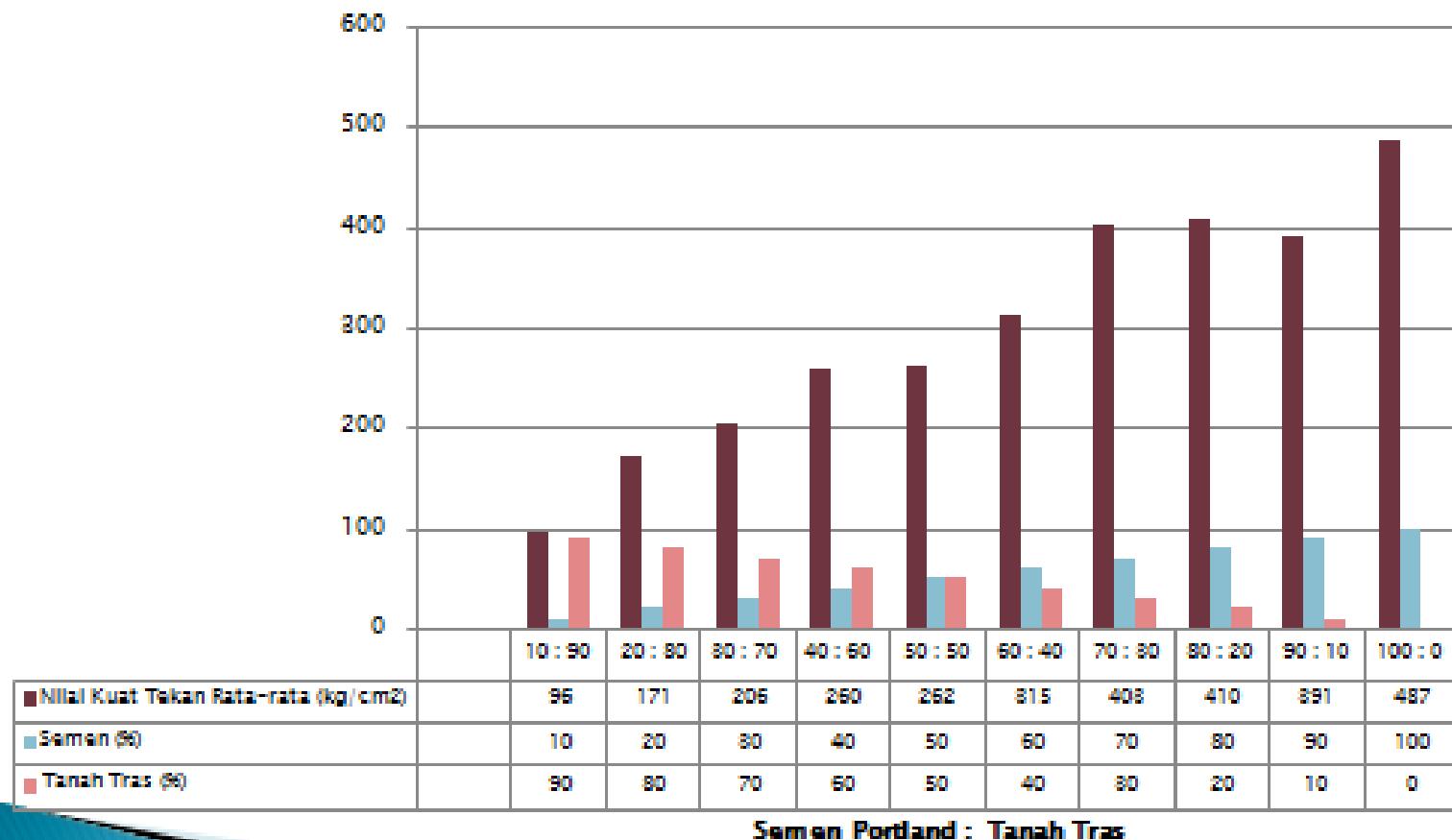
Karena,

Reaksi hidrasi ↑ ↔ kalsium silikat hidrat dan kalsium aluminat hidrat yang terbentuk semakin banyak ↔ kekuatan benda uji ↑

Reaksi hidrasi ↑ ↔ kalsium hidroksida yang terbentuk semakin banyak ↔ digunakan untuk melangsungkan reaksi pozzolanic ↔ kekuatan benda uji ↑

Analisis Data & Pembahasan

Grafik Nilai Kuat Tekan Tahap I



% Semen ↑ ☐ kuat tekan ↑

Namun,

Pada komposisi 90:10,
Kuat tekan ↓ padahal
%semen ↑



Pemadatan kurang sempurna
☐ terbentuk rongga udara di
antara agregat ☐ mengurangi
tingkat kepadatan beton

Baku mutu = 10 ton/m² = 1 kg/cm²

Semua memenuhi baku
mutu

Analisis Data & Pembahasan

Penentuan Komposisi Optimum Binder (Semen : Tras)

Semen : Tras	F Rata-rata (kg/cm ²)
10 : 90	96
20 : 80	171
30 : 70	206
40 : 60	260
50 : 50	262
60 : 40	315
70 : 30	403
80 : 20	410
90 : 10	391
100 : 0	487

% semen dipilih yang serendah-rendahnya



Mengurangi pemakaian semen

Namun,
Tetap memperhatikan kecukupan jumlah Ca(OH)₂ untuk reaksi pozzolanic



Kadar Ca(OH)₂ yang terlalu rendah tidak dapat melangsungkan reaksi hidrasi dan pozzolanic (Hutmoko dan Lulie, 2007).

Sehingga,

Komposisi terbaik semen : tras adalah
40 : 60

Sebab

Berdasarkan perhitungan stoikiometri, dari reaksi tersebut :

- Terbentuk 118,42 gram Ca(OH)₂ dari reaksi hidrasi.
- Kebutuhan Ca(OH)₂ untuk reaksi pozzolanic adalah sebesar 102,12 gram

Analisis Data & Pembahasan

Penelitian Tahap II

Hasil Uji Konsistensi

<i>Binder</i> : Tailing	Volume Air (mL)
50 : 50	79
40 : 60	80
30 : 70	80
20 : 80	81
10 : 90	82
100 : 0	83

Jumlah tailing ↑ ⇨ kebutuhan air ↑



Tailing berasal dari batuan andesit dengan kandungan silikat dan aluminat yang reaktif terhadap air

Analisis Data & Pembahasan

Hasil Uji Kuat Tekan Tahap II

Hasil Uji Kuat Tekan

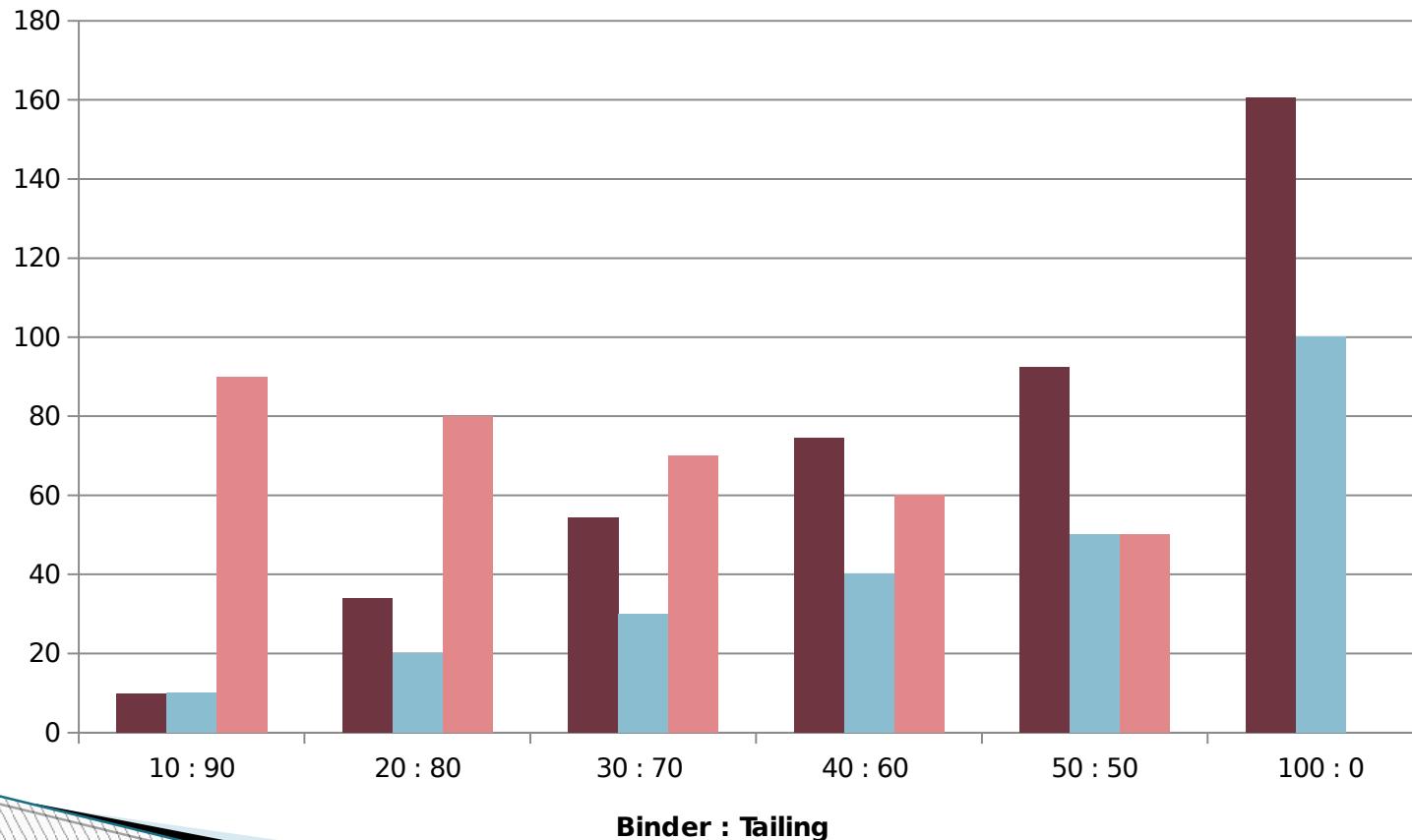
Binder : Tailing	Nilai Kuat Tekan F (kg/cm ²)		F Rata-rata (kg/cm ²)
	A	B	
10 : 90	8,0	11,6	9,8
20 : 80	36,8	31,2	34,0
30 : 70	50,4	58,4	54,4
40 : 60	73,6	75,2	74,4
50 : 50	91,2	93,6	92,4
100 : 0	158,0	163,2	160,6

Komposisi binder ↑ ↔ nilai kuat
tekan ↑

% binding agent ↑ ↔ partikel terikat
semakin kuat ↔ nilai kuat tekan ↑

Analisis Data & Pembahasan

Grafik Nilai Kuat Tekan Tahap II



% Binder ↑ ⇔ kuat tekan ↑

Sebab,

% Binder ↑ ⇔ partikel terikat semakin kuat karena semakin banyak kalsium silikat hidrat yang terbentuk dari reaksi hidrasi dan pozzolanic

Baku mutu = 10 ton/m² = 1 kg/cm²

Semua memenuhi baku mutu

Analisis Data & Pembahasan

Hasil Uji TCLP

Hasil Uji TCLP

Binder : Tailing	Hasil Uji TCLP (mg/L)
10 : 90	4,92*
20 : 80	4,61
30 : 70	4,09
40 : 60	1,83
50 : 50	TD*) (kadar Hg < 0,21 mg/L)
100 : 0	TD*) (kadar Hg < 0,21 mg/L)

* : Hasil estimasi

** : Tidak terdeteksi (LOD = 0,21 mg/L)

Nilai TCLP untuk komposisi 10 : 90 merupakan hasil estimasi sebab nilai TCLP hasil pengukuran menyimpang terlalu jauh dari rangkaian data lainnya sehingga ditetapkan sebagai *outlier*.

Estimasi menggunakan kurva regresi dengan persamaan regresi antara nilai kuat tekan (x) dengan hasil uji TCLP (y) sebagai berikut :

$$y = -0,038x + 5,292$$

Analisis Data & Pembahasan

Hasil Uji TCLP

Komposisi *binder* ↑ □ Nilai TCLP ↓



Nilai TCLP ↓ □ Konsentrasi Hg yang terlarut atau terlindikkan semakin rendah.

% *binder* ↑ □ Kemampuan mengikat Hg baik secara fisik maupun kimia semakin baik



Ketika merkuri bereaksi dengan larutan basa akan terbentuk kristal HgO yang tidak larut meski dilakukan penambahan larutan basa secara berlebih (Sugiata, 2010).



Reaksi pembentukan HgO :
 $Hg^{2+} + Ca(OH)_2 \rightarrow HgO \downarrow + H_2O$

Analisis Data & Pembahasan

Hubungan Hasil Uji TCLP dengan Nilai TCLP

Nilai Kuat Tekan ↑ □ Nilai TCLP ↓

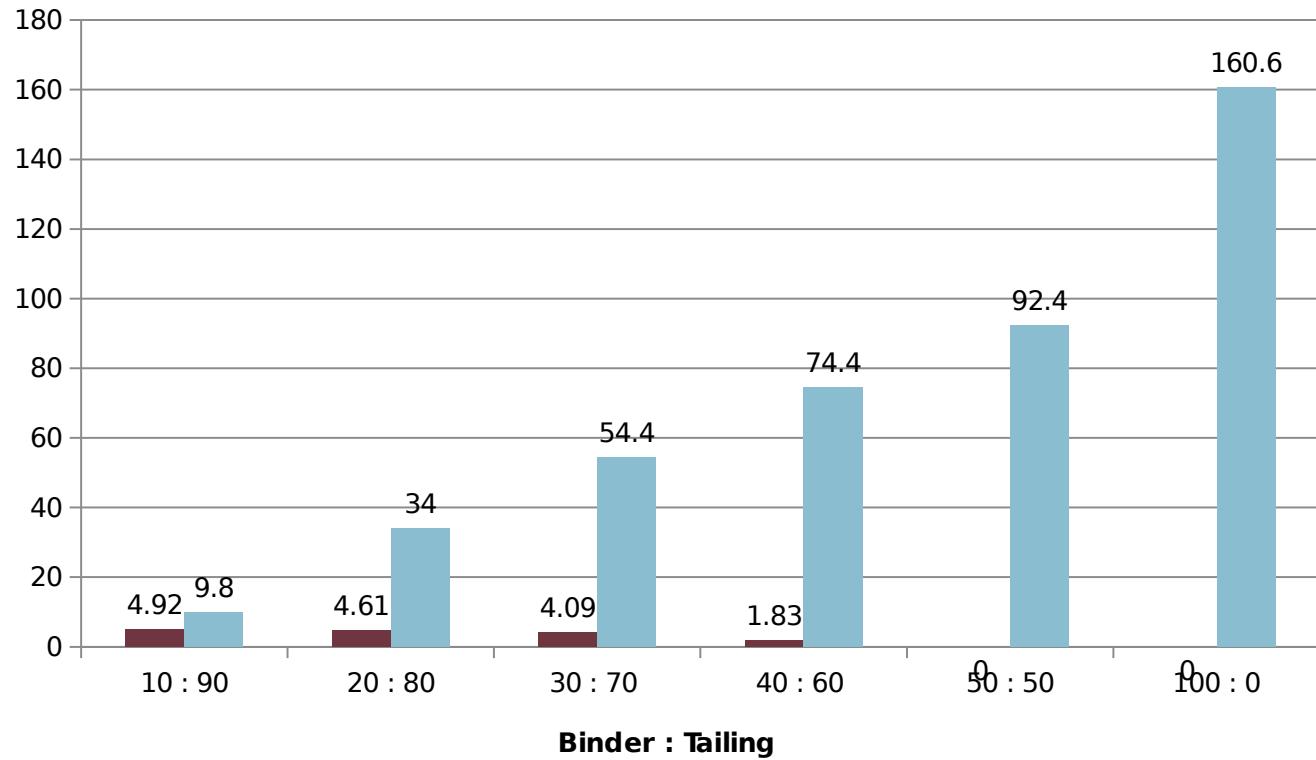


semakin tinggi kekuatan beton atau benda uji, maka merkuri juga terikat semakin kuat dalam struktur kristal yang dibentuk senyawa hidrat hasil reaksi hidrasi dan pozzolanic



Tingkat kelarutan merkuri semakin rendah.

Grafik Hubungan Nilai Kuat Tekan dengan Hasil TCLP



Analisis Data & Pembahasan

Penentuan Komposisi Terbaik *Binder : Tailing*

<i>Binder : Tailing</i>	Hasil Uji TCLP (mg/L)
10 : 90	0,49
20 : 80	4,61
30 : 70	4,09
40 : 60	1,83
50 : 50	TD [*] (kadar Hg < 0,21 mg/L)
100 : 0	TD [*] (kadar Hg < 0,21 mg/L)

Baku mutu = 0,05 mg/L

Hanya komposisi 50:50 yang memenuhi baku mutu TCLP

Sehingga,

Komposisi optimum



50 : 50



Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

- 1 Komposisi terbaik antara semen *Portland* dan tanah tras adalah 40:60, dengan nilai kuat tekan sebesar 260,00 kg/cm².
- 2 Komposisi terbaik antara campuran *binder* (semen *Portland* dan tanah tras) dengan tailing adalah 50:50, dengan nilai kuat tekan 92,4 kg/cm² dan hasil uji TCLP < 0,21 mg/L.

Saran

Pengujian Uji TCLP sebaiknya dilakukan menggunakan metode dengan range *Limit of Detection* (LOD) yang lebih lebar sehingga konsentrasi merkuri tetap dapat terukur.

TERIMA KASIH