

Stabilisasi Polutan TSS dan Logam Fe-Mn Pada Limbah Cair B3 Kegiatan Penambangan Batu Bara Sebagai Bahan Campuran Beton

Putri Anggun Sari, Dodit Ardiatma, Okky Kunjari*
Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pelita Bangsa
*E-mail korespondensi: poetrispt@pelitabangsa.ac.id

Abstrak—Telah dilakukan penelitian pemanfaatan limbah cair B3 kegiatan penambangan batubara sebagai bahan campuran beton melalui proses solidifikasi untuk menstabilisasi polutan TSS dan logam Fe-Mn. Penelitian ini bertujuan untuk menguji metode solidifikasi bahan cair rekayasa dalam pembuatan beton yang kuat dan aman bagi lingkungan. Penelitian bersifat eksperimental dengan desain penelitian uji pendahuluan untuk mengetahui karakteristik awal kemudian mengaplikasikan limbah cair B3 yang sudah dinetralkan ke dalam adonan campuran beton mutu K125. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah tidak mengurangi nilai kuat tekan dan nilai sorbtivitas. Polutan TSS dan logam Fe-Mn terikat dalam reaksi solidifikasi sehingga tidak mencemari lingkungan. Tingkat penurunan logam Mn 89% - 99% dan logam Fe 97% - 98%. Hasil pengujian fisik beton sesuai dengan baku mutu SNI 03-0691-1996 dan hasil uji migrasi sesuai dengan

dengan tetap menjaga agar limbah B3 tersebut tidak mencemari lingkungan dan membahayakan bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Untuk itu, dilakukanlah studi pemanfaatan limbah cair B3 dari kegiatan penambangan batu bara PT Bukit Asam sebagai bahan rekayasa campuran beton melalui proses solidifikasi.

II. METODE

A. Materi Penelitian

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair B3 dari kegiatan penambangan batu bara PT Bukit Asam, diantaranya adalah air asam tambang KPL inlet, sisa analisa kalorimeter, bak equalisasi laboratorium dan sisa analisa AAS. Sebelum dilakukan proses solidifikasi, dilakukan netralisasi pH pada masing masing sampel dengan kisaran pH 7-8 dengan menggunakan NaOH 0.5N.

Bahan yang digunakan didalam penelitian ini adalah : semen Portland, pasir, kerikil, limbah KPL, limbah analisa AAS, limbah analisa kalorimeter, limbah bak equalisasi, NaOH, HNO₃, larutan standar Mn dan Fe, pH buffer, kertas saring whatman, membrane filter merk milipore, aquadest, pipa PVC, plastic. Sedangkan alat yang digunakan adalah : Gelas beaker, labu ukur, pipet volumetric, erlenmeyer, magnetic stirrer, AAS, *analytical balance*, oven, desikator, corong kaca dan *hot block*.

B. Metode Penelitian

Pencampuran Adonan dan Pencetakan

Perbandingan ukuran dimensi cetakan beton menyesuaikan dengan acuan SNI 1974:2011 dengan perbandingan tinggi (L) dan diameter (D) adalah $L/D = 2$. Cetakan yang dipakai diameter 8,0 cm dan ketinggian 16,0 cm.



Gambar 1. Pencampuran Adonan Beton dan Pencetakan

I. PENDAHULUAN

Beton merupakan suatu bahan komposit (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat halus, agregat kasar, air dan atau tanpa bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu [1]. Beton yang digunakan sebagai struktur dalam konstruksi teknik sipil, dapat dimanfaatkan untuk banyak hal. Dalam teknik sipil, struktur beton digunakan untuk pondasi, kolom, balok, pelat atau pelat cangkang. Beton juga digunakan dalam teknik sipil transportasi untuk pekerjaan rigid pavement (lapis keras permukaan yang kaku), saluran samping, gorong-gorong dan lainnya. Dengan kata lain, beton hampir digunakan dalam semua bangunan teknik sipil [2]. Oleh karena semakin banyaknya kebutuhan beton dalam teknik sipil, maka belakangan ini banyak penelitian yang mengembangkan bahan pembentuk beton yang diganti dengan limbah. Salah satu alasan mengapa limbah digunakan sebagai bahan pencampuran pembentuk beton karena limbah yang dihasilkan oleh limbah industri sangat melimpah dan jika tidak dimanfaatkan dapat menimbulkan pencemaran. Limbah yang dihasilkan oleh kegiatan industri adalah limbah yang termasuk limbah B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya), maka diperlukan pengelolaan bagi limbah industri.

Pengelolaan limbah B3 dimaksudkan agar limbah B3 yang dihasilkan dari aktivitas/kegiatan dapat diminimalkan sekecil mungkin bahkan diupayakan sampai dengan nol, yaitu dengan melakukan reduksi pada sumber dengan pengolahan bahan, substitusi bahan, pengaturan operasi kegiatan, dan digunakannya teknologi bersih. Jika masih dihasilkan limbah B3 maka perlu diupayakan pemanfaatan limbah B3, namun

Komposisi perbandingan pembuatan beton dengan mutu K125 untuk 1 m³ sesuai dengan SNI 7394:2008 [4] adalah PC : PB : KR = 276 kg : 828 kg : 1012. Untuk benda uji,

komposisinya menyesuaikan sesuai dengan perbandingan proporsional tersebut, yaitu PC : PB : KR = 1 : 3 : 3.7, sedangkan penambahan limbah cair sebanyak 50 ml.

Waktu Kering Pencetakan

Waktu pengeringan sampel beton uji selama 28 hari dari pencetakan karena menurut Murdock, et al, 1999, semen mempunyai formasi senyawa yang progres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari sehingga logam terangkut dengan ikatan semen-pasir dan terjebak di bagian dalam paving block dan susah terhidrolisis oleh air.



Gambar 2. Beton Kering

Metode acuan analisa yang digunakan didalam penelitian ini adalah : Metode Total Fe SNI 6989.4:2009; Metode Total Mn SNI 6989.4:2009; Metode Total Suspended Solid SNI 6989.3:2004; Metode Uji Kuat Tekan Beton; Metode Uji Sorbtivitas; dan Metode Uji Migrasi.

Penelitian bersifat eksperimental. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik B3 sesuai dengan baku mutu KepMenLH No.113 Tahun 2003 (TSS, Total Fe dan Total Mn) pada sampel limbah cair KPL, limbah cair sisa pengujian kalorimeter dan AAS dan limbah bak equilisasi. Jika diketahui pH sampel asam, maka dilakukan netralisasi dengan NaOH hingga kisaran pH 7-8 sebelum dilakukan pengadukan ke campuran beton.

Masing masing limbah cair B3 yang sudah netral dengan NaOH dicampurkan dengan adonan semen, pasir dan agregat dengan komposisi mutu beton K125 (SNI 7394:2008). Hasil yang diharapkan berupa mutu beton dengan spesifikasi Mutu Beton C yang diperuntukan pejalan kaki (SNI 03-0691-1996) [5]. Untuk uji migrasi, hasil yang diharapkan berupa konsentrasi migrasi Fe dan Mn, TSS diterima dalam baku mutu KepMenLH No.113 Tahun 2003 [3].

III. HASIL DAN DISKUSI

Data karakteristik limbah cair B3 diperlukan sebagai pembanding pada perlakuan sebelum dan sesudah solidifikasi. Uji pendahuluan dilakukan untuk mengetahui karakteristik TSS, Total Fe dan Total Mn. Berikut adalah hasil analisa pada kondisi awal masing masing sampel uji:

Tabel 1. Hasil Uji Pendahuluan TSS Pada Limbah Cair B3

No	Sumber Limbah	TSS mg/L		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
1	Kontrol (aquadest)	8	10	9
2	Analisa AAS	41	41	41
3	Analisa kalorimeter (B)	130	129	130
4	Bak equilisasi (C)	20	18	20
5	Sample KPL (D)	72	76	73

Tabel 2. Hasil Uji Pendahuluan Mn Pada Limbah Cair B3

No	Sumber Limbah	Mn mg/L		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
1	Kontrol (aquadest)	n.d	n.d	n.d
2	Analisa AAS	0.84	0.84	0.84
3	Analisa kalorimeter (B)	0.41	0.41	0.41
4	Bak equilisasi (C)	0.38	0.54	0.46
5	Sample KPL (D)	8.62	9.50	9.06

n.d = not detected / below instrument limits (tidak terdeteksi)

Tabel 3. Hasil Uji Pendahuluan Fe Pada Limbah Cair B3

No	Sumber Limbah	Fe mg/L		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
1	Kontrol (aquadest)	n.d	n.d	n.d
2	Analisa AAS	5.27	5.43	5.35
3	Analisa kalorimeter (B)	16.62	16.97	16.80
4	Bak equilisasi (C)	4.29	4.34	4.32
5	Sample KPL (D)	12.89	12.80	12.85

n.d = not detected / below instrument limits (tidak terdeteksi)

A. Penambahan Limbah B3 Terhadap Kekuatan Beton

Penambahan limbah cair B3 tidak menurunkan kekuatan beton dengan masa pengeringan 28 hari. Tetapi cenderung menaikkan kekuatan beton karena limbah B3 bereaksi sempurna dengan semen karena kekuatan beton tergantung kekuatan ikat semen dengan limbah dan sifat reaktif dari permukaan limbah dalam berikatan dengan semen. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya, bahwa kuat tekan yang dimiliki suatu beton meningkat akibat penambahan limbah maka ikatan antara semen limbah semakin kuat sehingga kadar logam keluar semakin kecil [6].

Dari gambar 3. dapat diambil kesimpulan bahwa penambahan limbah cair B3 dari kegiatan penambangan batu bara tidak mengurangi kualitas kuat tekan beton, terbukti dari hasil uji kuat tekan beton sesuai dengan baku mutu SNI 03-0691-1996. Keberadaan logam berat dalam semen akan menyebabkan logam tersebut akan bereaksi dengan gugus OH- membentuk senyawa alkali. Keberadaan logam berat dalam beton dapat mempengaruhi sifat-sifat kimia dan fisika dan beton. Sedangkan konsentrasi alkali sebagai aktivator dalam proses solidifikasi dapat mempengaruhi imobilisasi dalam solidifikasi [7].



Gambar 3. Grafik Penambahan Limbah B3 Terhadap Kuat Tekanan Beton

Proses imobilisasi dapat terjadi melalui kombinasi dua hal, yakni dengan terjadinya ikatan kimia antara logam-logam tersebut dengan matriks beton dan mengenkapsulasi secara fisik kedua logam tersebut, juga dalam matriks beton sehingga logam berat yang diserap dalam pembuatan beton ini dapat

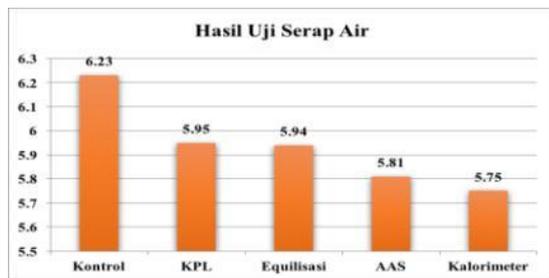
memberikan efek yang besar terhadap sifat fisika dan kimia pada geopolimer yang dihasilkan [8].

B. Penambahan Limbah B3 Terhadap Uji Sorbitivitas

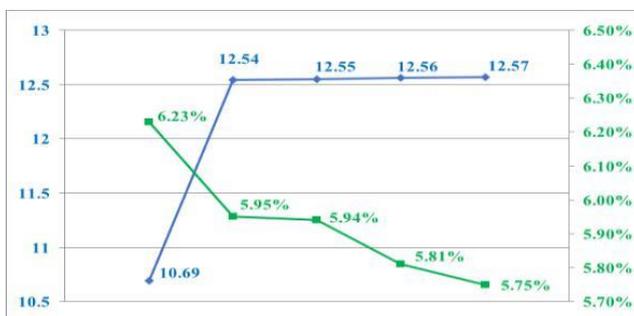
Pada tabel 4. penambahan limbah B3 tidak mempengaruhi kualitas serapan air. Sehingga penambahan limbah cair B3 tidak berpengaruh dalam mutu beton. Kuat tekan beton berbanding terbalik dengan besarnya uji serap air. Hal ini sesuai dengan Rumahorbo [6], bahwa kuat tekan yang semakin meningkat menandai ikatan yang terjadi di dalam campuran semakin kuat dan sedikit rongga.

Tabel 4. Hasil Pengajuan Fisik Serap Air

No	Jenis Beton	Kuat Tekan Beton (MPa)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
	Baku Mutu SNI 03-0691-1996			<8%
1	Kontrol	6.25	6.21	6.23 %
2	Beton Campuran Limbah AAS	5.77	5.85	5.81 %
3	Beton Campuran Limbah Kalorimeter	5.78	5.72	5.75 %
4	Beton Campuran Limbah Bak Equilisasi	5.93	5.95	5.94 %
5	Beton Campuran Limbah KPL	5.96	5.94	5.95 %



Gambar 4. Grafik Limbah B3 Terhadap Uji Sorbitivitas



Gambar 5. Grafik Kekuatan Beton Terhadap Serap Air

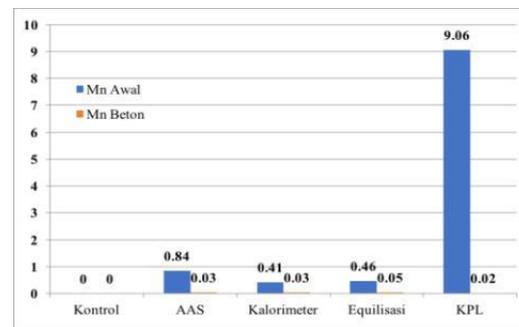
Pada gambar 5. menunjukkan plot grafik kekuatan beton (garis biru) terhadap nilai serap air (garis hijau), dimana besarnya nilai kekuatan beton berbanding terbalik dengan nilai serap air. Hal ini diperkuat oleh Rumahorbo [6], bahwa ikatan yang kuat menyebabkan naiknya kerapatan beton yang pada akhirnya akan menaikkan kek edapan terhadap air yang ditandai dengan turunnya daya serap air bata beton.

C. Penambahan Limbah B3 Terhadap Uji Migrasi

Berdasarkan tabel 5. bahwa proses solidikasi beton dengan waktu pengeringan 28 hari dapat mempertahankan TSS serta mengikat logam Fe dan Mn. Hal ini sesuai dengan Murdock, et al, [8], bahwa semen mempunyai formasi senyawa yang progres peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari, sehingga logam terkungkung dengan ikatan semen dan terjebak di bagian dalam beton dan susah terhidrolisis oleh air.

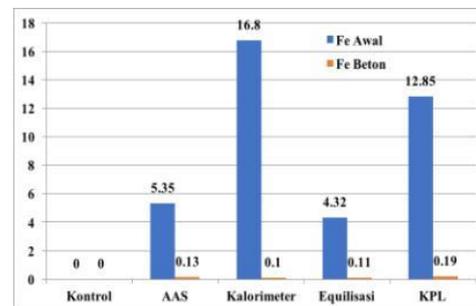
Tabel 5. Hasil Uji Migrasi TSS Terhadap Baku Mutu

No	Jenis Beton	TSS (mg/L)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
	Baku Mutu			300
1	Kontrol	241	259	250
2	Beton Campuran Limbah AAS	153	161	157
3	Beton Campuran Limbah Kalorimeter	98	92	95
4	Beton Campuran Limbah Bak Equilisasi	63	55	59
5	Beton Campuran Limbah KPL	190	200	195



Gambar 6. Grafik Perbandingan Logam Mn Awal dengan Mn Migrasi

Dari gambar 6. tingkat penurunan Mn menunjukkan 89% - 99% dengan tingkat penurunan tertinggi pada limbah cair KPL.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Logam Fe Awal dengan Fe Migrasi

Dari gambar 7. menunjukkan tingkat penurunan Fe sebesar 97% - 98% dengan penurunan tertinggi pada limbah cair sisa analisa kalorimeter.

Dari tabel 6. dan 7. menyatakan bahwa proses solidifikasi mampu mengikat logam berat dalam beton. Hasil uji migrasi sesuai dengan baku mutu KepMen LH No. 113 [3] tahun 2003. Sehingga proses sementasi dapat diaplikasikan sebagai metode alternatif pemanfaatan limbah cair B3 kegiatan penambangan batu bara.

Tabel 6. Hasil Uji Migrasi Mn Terhadap Baku Mutu

No	Jenis Beton	Mn (mg/L)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
	Baku Mutu			4
1	Kontrol	0.03	0.03	0.03
2	Beton Campuran Limbah AAS	0.03	0.03	0.03
3	Beton Campuran Limbah Kalorimeter	0.05	0.06	0.05
4	Beton Campuran Limbah Bak Equilisasi	0.02	0.02	0.02
5	Beton Campuran Limbah KPL	0.05	0.05	0.05

Tabel 7. Hasil Uji Migrasi Fe Terhadap Baku Mutu

No	Jenis Beton	Fe (mg/L)		
		Pengujian Pertama	Pengujian Kedua	Rata - rata
	Baku Mutu			7
1	Kontrol	0.21	0.05	0.13
2	Beton Campuran Limbah AAS	0.12	0.07	0.10
3	Beton Campuran Limbah Kalorimeter	0.11	0.10	0.11
4	Beton Campuran Limbah Bak Equilisasi	0.18	0.19	0.19
5	Beton Campuran Limbah KPL	0.15	0.15	0.15

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian terhadap air limbah kegiatan penambangan batubara ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahwa limbah cair B3 dari kegiatan penambangan batubara dapat dimanfaatkan melalui proses solidikasi. Hasil uji kuat tekan dan uji serap air menunjukkan bahwa penambahan limbah cair B3 tidak menurunkan kuat tekan beton sesuai dengan baku mutu SNI 03-0691-1996, dan beton dapat dimanfaatkan sesuai dengan kategori beton mutu C peruntukan pedestrian / beton pejalan kaki.

2. Proses solidikasi mampu membatasi TSS serta mengikat logam Fe dan Mn. Hasil uji migrasi menunjukkan nilai yang diterima oleh KepMen 113 Tahun 2003. Metode solidifikasi/stabilisasi dalam pemanfaatan limbah cair sebagai bahan rekayasa campuran pembuatan beton yang kuat dan aman bagi lingkungan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengelolaan dan pemanfaatan limbah cair B3 kegiatan penambangan batu bara.
3. Solidifikasi mempunyai kemampuan efektif dalam membatasi dan menghambat pergerakan limbah cair B3 berupa logam Fe dengan tingkat penurunan dari 97% - 98% Penurunan logam Mn sebesar 89% - 99%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada reviewer internal (DR. Ir. Supriyanto, M.P., dan DR. Retno Purwani S. selaku Ketua LPPM Universitas Pelita Bangsa) dan PT Bukit Asam (PN TABA) atas supportnya terkait ijin pelaksanaan penelitian dan bantuan materi yang sudah diberikan (bahan dan alat penelitian).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suroso, Priyo, dkk. 2016. Pengaruh Reaksi Semen pada Peningkatan Soil Cement. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [2] Widodo, Slamet. 2010. Pemanfaatan Air Limbah Produksi Beton Ready-Mix Sebagai Bahan campuran untuk Pembuatan Beton Baru. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- [3] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 113 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pertambangan Batubara.
- [4] SNI 7394:2008 tentang Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan.
- [5] SNI 03-0691-1996 tentang Bata Beton (Paving Block).
- [6] Rumahorbo, Rizky Bintang Oletta. 2015. Solidifikasi/Stabilisasi Limbah Slag yang Mengandung Chrom (Cr) dan Timbal (Pb) dari Industri Baja Sebagai Campuran Dalam Pembuatan Concrete (Beton). Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [7] Tampubolon, Fanny Fryska, dkk. 2015. Pengaruh Amobilisasi Kation Cu²⁺ dan Pb²⁺ Terhadap Kuat Tekan dan Ketahanan Asam pada Geopolimer Abu Layang. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.