

Analisis Pengaruh Limbah *Slag* dan Debu EAF (*Electric Arc Furnace*) Terhadap Uji SEM, Uji Kuat Tekan Beton, dan Uji TCLP

Vesti Triana Dewi^{1*}, M. Luqman Ashari², dan Denny Dermawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: vestitrianad@gmail.com

Abstrak

Limbah slag dan debu EAF merupakan limbah sisa peleburan baja. Perusahaan Peleburan Baja menghasilkan slag sebanyak 6480 ton/tahun dan debu EAF mencapai volume 1680 m³/tahun. Limbah slag dikumpulkan kemudian diserahkan kepada pihak ketiga, namun debu EAF hanya ditimbun dalam tanah. Oleh karena itu, dilakukan pemanfaatan limbah menjadi beton. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah slag dan debu EAF terhadap nilai kuat tekan. Penelitian yang dilakukan meliputi uji SEM, perhitungan mix design, pembuatan beton, pengujian kuat tekan, pengukuran berat jenis, dan uji TCLP. Campuran yang digunakan adalah slag sebesar 0%, 10%, 20%, 30% dan 40% dari berat agregat kasar dan debu EAF sebesar 0% dan 10% dari berat semen. Berdasarkan hasil penelitian, kandungan logam berat yang ada berdasarkan uji SEM pada limbah slag antara lain Fe (47,94 ppm); Cr (0,2 ppm); Mn (1,618 ppm) dan debu EAF antara lain Fe (32,443 ppm); Zn (31,215 ppm); Mn (4,265 ppm). Untuk nilai kuat tekan beton normal adalah 36,279 MPa dari rencana sebesar 30 MPa, sedangkan nilai kuat tekan debu dengan substitusi slag dan debu EAF berturut-turut adalah 35,677 MPa; 35,491 MPa; 35,237 MPa; 35,190 MPa. Pengujian TCLP menyatakan bahwa produk yang dihasilkan aman bagi lingkungan sesuai PP No. 101 Tahun 2014.

PENDAHULUAN

Penanganan limbah yang tergolong kurang, bisa dipastikan limbah-limbah yang dihasilkan dapat membahayakan kesehatan pekerja. Limbah debu EAF contohnya, sangat membahayakan pekerja. Menurut wawancara yang pernah dilakukan, salah satunya yang pernah terjadi adalah penurunan daya penglihatan pada mata pekerja. Hal ini disebabkan oleh debu yang tidak terserap sempurna oleh *dust collector* berterbangan di area kerja, kemudian masuk ke mata pekerja, jika terjadi terus-menerus akan menurunkan daya penglihatan pekerja. Selain mengganggu kesehatan mata, debu-debu tersebut juga terhirup pekerja sehingga membuat pekerja terkena *bronchitis* dan infeksi saluran pernapasan atau ISPA. Namun sayangnya belum pernah dilakukan pemeriksaan kesehatan secara resmi untuk pekerja di Perusahaan Peleburan Baja, baik itu pemeriksaan kesehatan mula atau berkala. Penanganan untuk slag di Perusahaan Peleburan Baja dapat dibilang masih sangat kurang. Yaitu dengan cara diangkut dari tempat produksi lalu ditimbun diruang kosong pabrik yang ada di bagian belakang, apabila jumlahnya sudah banyak, diangkut keluar untuk diserahkan ke pihak ketiga untuk diolah kembali. Namun, pengangkutan ini jarang sekali dilakukan karena membutuhkan biaya yang banyak, pengangkutan hanya dilakukan ketika jumlahnya sudah *overload*. Hal yang hampir sama dilakukan untuk limbah debu *Electric Arc Furnace* yang selanjutnya akan disebut sebagai debu EAF. Debu EAF dari proses-proses produksi ditampung dalam beberapa kubus besi dan dibuang ke TPS apabila sudah penuh, yang membedakan penanganan slag dan Debu EAF adalah limbah Debu EAF tidak diberikan pihak ketiga untuk diolah, melainkan dibuatkan lubang di TPS untuk ditanam dan diratakan dengan tanah. Tentunya, setelah mengetahui bagaimana pengolahan limbah pada Perusahaan Peleburan Baja, dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan penanganan untuk pengolahan limbah yang lebih baik.

METODOLOGI

Pada penelitian ini, digunakan metode uji ekperimental di laboratorium.

Karakteristik material dan benda uji yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji yang digunakan untuk uji kuat tekan adalah silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.
 - b. Pembuatan benda uji dilaksanakan di PT. Varia Usaha Beton.
 - c. Uji kuat tekan dilakukan pada beto umur 7 hari dan 28 hari.
- Adapun variasi penambahan *slag* dan debu EAF yang digunakan adalah sebagai berikut:

No	Kode Benda Uji	Komposisi (%)		Komposisi (%)	
		Slag	Kerikil	Debu EAF	Semen
1	C1-6	0	100	0	100
2	D1-6	10	90	10	90
3	E1-6	20	80	10	90
4	F1-6	30	70	10	90
5	G1-6	40	60	10	90

HASIL ADAN PEMBAHASAN Uji SEM

Hasil uji SEM limbah *slag*

Hasil uji SEM limbah debu EAF

Simbol	Nama Atom	Rata-Rata		Simbol	Nama Atom	Rata-Rata	
		Atomic Conc.	Weight Conc.			Atomic Conc.	Weight Conc.
Fe	Besi	21.895	47.940	O	Oksigen	67.845	37.488
O	Oksigen	75.343	47.628	Fe	Besi	16.903	32.443
Ca	Kalsium	1.443	2.280	Zn	Zinc	9.368	21.215
Mn	Mangan	0.753	1.618	Mn	Mangan	2.270	4.265
Si	Silikon	0.665	0.710	Ca	Kalsium	1.240	1.698
C	Karbon	0.273	0.137	Cl	Klorin	0.843	1.025
Cr	Kromium	0.090	0.200	Si	Silikon	0.980	0.945
				K	Potassium	0.358	0.480
				Mo	Molibdenum	0.205	0.685

Selain limbah *slag*, limbah debu EAF juga dilakukan pengujian komponen penyusun limbah. Alat yang digunakan adalah SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*). Setelah dilakukan pengujian, diketahui bahwa kandungan terbesar dari limbah *slag* adalah Besi (Fe) dan Oksigen (O). Berdasarkan pengujian SEM-EDX diketahui bahwa di dalam limbah karbit terdapat senyawa Silikon (Si) dimana senyawa tersebut sama dengan senyawa yang dimiliki semen dan dapat bereaksi membentuk reaksi *pozzolanic*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa limbah karbit dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.

Uji Kuat Tekan

Kuat Tekan Beton umur 7 Hari



Hasil pada beton usia 7 hari, beton normal tanpa substitusi *slag* dan debu EAF memiliki kuat tekan 35.515 MPa, sedangkan untuk beton dengan substitusi *slag* dan debu EAF mengalami penurunan dibandingkan dengan beton ringan normal dengan nilai kuat tekan tertinggi pada substitusi *slag* 10% dan debu EAF 10% yaitu 33.476 MPa. Untuk nilai kuat tekan terendah pada substitusi *slag* 40% dan debu EAF 10%.

Hasil pengujian pada 28 hari diketahui bahwa substitusi *slag* dan debu EAF menurunkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan beton usia 28 hari yang paling optimum adalah beton normal tanpa campuran limbah *slag* dan debu EAF yaitu sebesar 36.279 MPa, sedangkan semua substitusi *slag* dan debu EAF masih memenuhi nilai kuat tekan yang direncanakan. Di antara semua substitusi *slag* dan debu EAF yang memenuhi nilai kuat tekan yang direncanakan, yang memiliki komposisi paling optimal adalah substitusi *slag* 10% dan debu EAF 10%.

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk beton umur 7 dan 28 hari untuk semua sampel uji. Beton normal tanpa campuran *slag* dan debu EAF kering dalam waktu 1 hari dan siap dilakukan perendaman yang selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan sesuai umur yang telah dilaksanakan. Namun, berbeda halnya dengan beton yang memiliki campuran *slag* dan debu EAF, beton-beton ini tidak akan kering hanya dalam waktu 1 hari. Beton baru bisa dikeluarkan dari cetakan setelah 3-4 hari, karena kadar semen sebagai pengikat dikurangi dan diganti dengan debu EAF.

Apabila dilihat dari masing-masing berat jenis beton usia 28 hari masih memenuhi batas minimal berat jenis untuk beton normal. Bisa disimpulkan bahwa substitusi *slag* dan debu EAF tidak berpengaruh terhadap nilai berat jenis beton. Hal ini juga menunjukkan bahwa berat jenis *slag* dan debu EAF lebih rendah daripada berat jenis kerikil dan semen.

Uji TCLP

No	Jenis Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Limit Deteksi	Keterangan
1	Hg	Ppm	0.05	0.0016	0.0014	Memenuhi
2	Pb	Ppm	0.5	0.2115	0.0405	Memenuhi
3	Cd	Ppm	0.15	0.0397	0.0198	Memenuhi
4	Cr 6+	Ppm	2.5	<0.0030	0.003	Memenuhi
5	CU	Ppm	10	0.1228	0.0378	Memenuhi
6	CO	Ppm	-	<0.0200	0.02	Memenuhi
7	NI	Ppm	3.5	0.0504	0.0378	Memenuhi
8	ZN	Ppm	50	16.735	0.0075	Memenuhi
9	Fe	Ppm	-	0.1039	0.0037	Memenuhi
10	Mn	Ppm	-	<0.0491	0.0491	Memenuhi

Berdasarkan hasil TCLP beton, didapatkan hasil pengukuran nilai logam berat terhadap seluruh parameter masih memenuhi baku mutu pada PP No. 101 tahun 2014. Dengan dilakukannya pengujian TCLP pada beton ini, maka dapat dinyatakan bahwa beton hasil solidifikasi limbah karbit dinyatakan aman terhadap lingkungan. Dengan demikian berarti limbah *slag* dan debu EAF dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan beton sebagai substitusi untuk kerikil dan semen.

10. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan logam berat yang ada pada limbah *slag* antara lain Fe (47,94 ppm); Cr (0,2 ppm); Mn (1,618 ppm). Sedangkan kandungan logam berat untuk debu EAF adalah Fe (32,443 ppm); Zn (31,215 ppm); Mn (4,265 ppm).
2. Nilai kuat tekan beton dengan substitusi *slag* sebesar 0% dan debu EAF sebesar 0%, *slag* sebesar 10% dan debu EAF sebesar 10%, *slag* sebesar 20% dan debu EAF sebesar 10%, *slag* sebesar 30% dan debu EAF sebesar 10%, *slag* sebesar 40% dan debu EAF sebesar 10% adalah 36,279 MPa; 35,677 MPa; 35,491 MPa; 35,237 MPa; 35,190 MPa. Untuk beton dengan substitusi *slag* sebesar 10% dan debu EAF sebesar 10% mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 1.66% dibandingkan dengan beton normal; *slag* sebesar 20% dan debu EAF sebesar 10%, mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 2.17% dibandingkan dengan beton normal; *slag* sebesar 30% dan debu EAF sebesar 10%, mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 2.77% dibandingkan dengan beton normal; *slag* sebesar 40% dan debu EAF sebesar 10%, mengalami penurunan nilai kuat tekan sebesar 3% dibandingkan dengan beton normal. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah *slag* dan debu EAF berpengaruh terhadap nilai kuat tekan beton, dimana semakin banyak substitusi *slag* dan debu EAF maka semakin kecil nilai kuat tekan yang diperoleh.
3. Berdasarkan pengujian TCLP terhadap beton yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa beton ringan dengan substitusi *slag* dan debu EAF aman terhadap lingkungan sesuai dengan baku mutu PP No. 101 tahun 2014 terhadap parameter Hg, Pb, Cd, Cr⁶⁺, Cu, Ni, dan Zn.

11. DAFTAR PUSTAKA

- Ajeng, F., 2016. *Studi Pemanfaatan Limbah Steel Slag sebagai Alternatif Bahan Campuran Pembuatan Beton Normal untuk Jalan Beton di PT. F.* Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Amalia. 2011. *Study Potensi Limbah Debu Pengolahan Baja (Dry Dust Collector) sebagai Bahan Tambah pada Beton.* Jakarta: Universitas Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1990. *SNI 03-1972-1990 Tentang Metode Pengujian Slump Beton..* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1990. *SNI 03-1974-1990 Tentang Metode Pengujian Kuat Tekan Beton.* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2000. *SNI 03-2834-2000 Tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2004. *SNI 15-2049-2004 Tentang Semen Portland.* Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Bagus, R., 2016. *Pemanfaatan Limbah Padat Spent Bleaching Esrth pada PT. Smart TBK. Surabaya sebagai Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton.* Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Herlangga, H., *Pengaruh Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tarik dan Berat Jenis Beton dengan Metode Campuran Perbandingan 1:2:3.*
- Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, 2013. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 06 Tahun 2013 Tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup.* Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Kusuma, G., 2004. *Pedoman Pengerjaan Beton.* Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Prasetyo, M., Dimas., Nursyamsyi. *Pengaruh Kombinasi Slag dan Fly Ash terhadap Beton Ringan dengan Penambahan Serat Baja (Eksperiment).* Medan: Universitas Sumatera Utara Medan.
- Putri, M. 2016. *Studi Pemanfaatan Limbah Fly Ash sebagai Substitusi Semen dan Bubur Kertas sebagai Subtituai Pasir dalam Solidifikasi Beton Ringan di PT. XYZ.* Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Rajagukguk, Besman. *Pengaruh Penambahan Limbah Debu Pengolahan Baja (Dry Dust Collector) dan Penambahan Serat Polypropylene Terhadap Sifat Mekanis Beton*. Medan: Universitas Sumatera Utara Medan.