

Identifikasi Karakteristik Limbah *Slag* Aluminium sebagai Substitusi Semen dalam Uji *Setting Time* dan Kualitas Material pada *Mix Design* Beton K-250 (Studi Kasus : Kawasan *Home Industry* Kecamatan Sumobito)

Balqis Ramadhani^{1*}, Denny Dermawan¹, dan Moch. Luqman Azhari²

¹Program Studi D4 Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

²Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail : balqisramadhani@student.ppns.ac.id

Abstrak

Peleburan logam bekas aluminium di kawasan *home industry* Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang menghasilkan limbah produksi berupa *slag* sebanyak 70% dari bahan baku. Limbah *slag* aluminium disalahgunakan oleh warga setempat sebagai material penguruk jalan hingga tanggul untuk mencegah banjir kiriman tahunan, namun limbah tersebut berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat hingga menimbulkan gagal panen. Aluminium oksida dikenal sebagai salah satu bahan pembuatan semen dengan kata lain, limbah *slag* aluminium memiliki potensi sebagai material penyusun semen. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik limbah *slag* aluminium dan potensinya sebagai material pengganti semen. Penelitian dimulai dengan karakterisasi dengan analisa SEM, ICP, dan XRD; pengujian kualitas material dan perencanaan campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000, dan pengujian waktu pengikatan semen akhir. Hasil analisa SEM, ICP, dan XRD limbah *slag* berukuran 10-55 μ m mengandung unsur Al, Na, Cl, K, F, Si, Mg, Ca, Fe, Cu, N dengan didominasi senyawa Al_2O_3 sebanyak 20%. Nilai *setting time* semen diuji dengan jarum vicat mengalami kenaikan pada substitusi limbah *slag* aluminium 10% dan 11%. Pengujian kualitas material beton memenuhi standar, kecuali kadar lumpur kerikil 8%, sehingga harus dicuci dahulu. Kebutuhan material berdasarkan *mix design* beton mutu sedang 25 MPa untuk satu spesimen tanpa substitusi limbah yakni 965gr semen, 338gr air, 850gr pasir, dan 1.579gr kerikil.

Kata kunci: *home industry*, limbah *slag* aluminium, material pengganti semen, *setting time*

1. PENDAHULUAN

Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang merupakan salah satu kawasan yang dikenal sebagai pusat peleburan logam aluminium bekas baik dari skala kecil, menengah hingga skala besar. Kecamatan Sumobito memiliki 110 industri yang terdiri dari 3 industri besar, 23 industri sedang, dan 66 industri kecil (Arisandi, 2018). Industri peleburan sebanyak 50% berada di Desa Kendalsari, 23% berada di Desa Bakalan, dan selebihnya tersebar merata di 12 desa yang telah beropersi sejak tahun 1976.

Satu tempat peleburan dengan 4 dapur pemasakan menghasilkan 300 kg aluminium batangan dari 3.000 kg bahan baku, sedangkan 2.700 kg dari sisa bahan baku tersebut menjadi limbah berupa terak yang selanjutnya dikenal dengan istilah *slag* aluminium. Limbah *slag* selama ini dimanfaatkan warga sebagai tanggul sungai, urug jalan, hingga fondasi bangunan tanpa pengolahan apapun. Limbah tersebut termasuk kedalam limbah B3 kategori 2 menurut PP 101 tahun 2014, sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Biaya *clean-up* lahan tercemar setempat yang diprediksi oleh Dirjen Pengolahan Sampah dan Limbah B3 mencapai 29 Milyar Rupiah tiap luasan 40 m².

Aluminium merupakan salah satu unsur penyusun semen yang umumnya terdapat sebagai Aluminium Oksida. Limbah *slag* aluminium yang kaya akan aluminium berpotensi sebagai bahan penyusun semen, sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik limbah tersebut sebagai bahan substitusi semen dalam uji *setting time* dan kualitas material untuk *mix design* beton dengan kekuatan rencana 25 MPa.

2. METODE

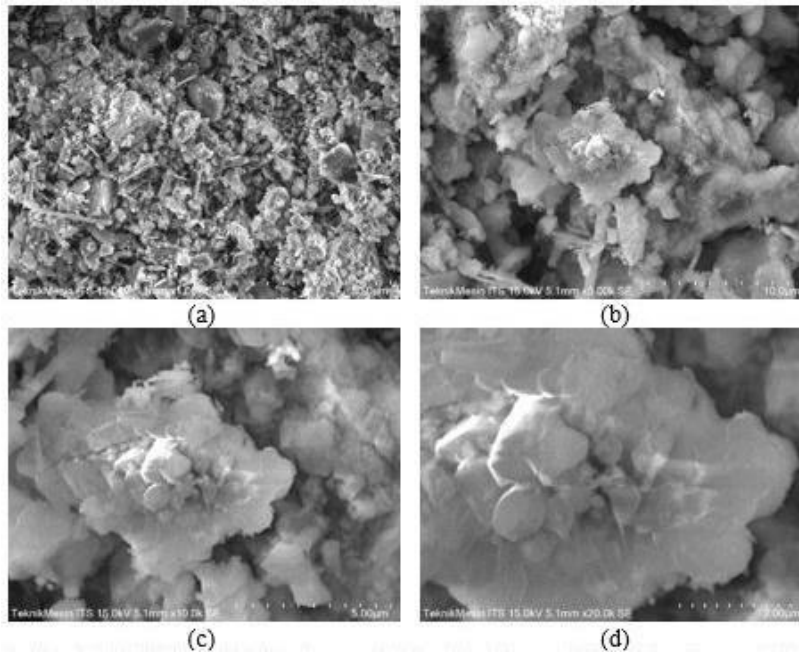
Penelitian ini memerlukan pengujian kandungan limbah *slag* aluminium dengan SEM-EDX, ICP, dan XRD, pengujian kualitas material dan perencanaan campuran berdasarkan SNI 03-2834-2000, dan pengujian waktu pengikatan akhir semen. Peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah:

1. Instrumen uji SEM-EDX, ICP, dan XRD
2. Neraca analitik
3. Oven
4. Gelas beaker 1000 mL, gelas ukur 100 mL, tabung reaksi 1000 mL dan 500 mL
5. Loyang
6. Sekop
7. Alat vicat

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah *Slag* Aluminium

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik menggunakan SEM, partikel limbah *slag* aluminium diukur dari skala pada **Gambar 3.1 (a)** sampai **3.1 (d)** berukuran 10-50 mikrometer. Kandungan unsur yang terdapat dalam limbah dari pengujian pendahuluan EDX, dan pengujian ICP, dapat dilihat dalam **Tabel 3.1** berikut.

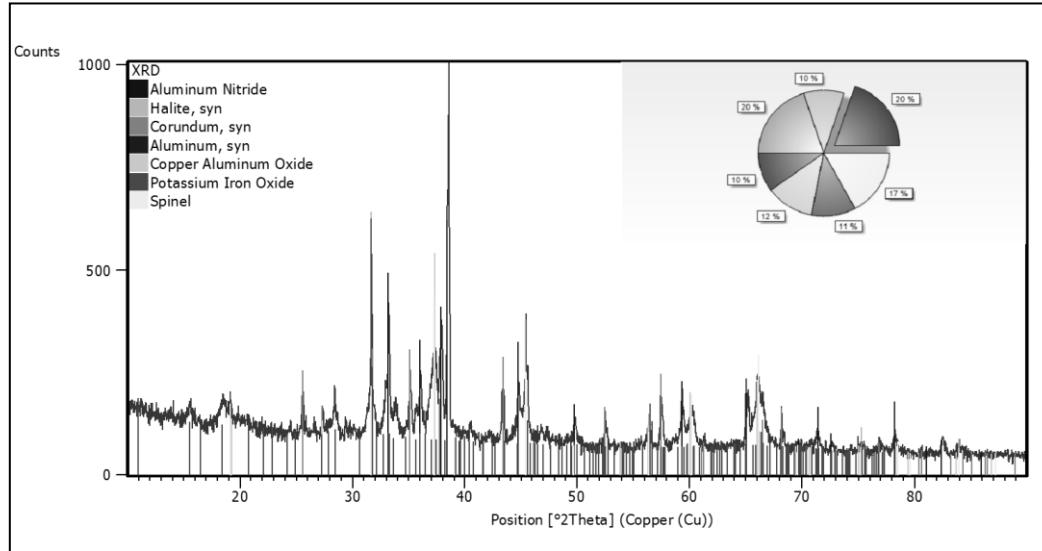


Gambar 3.1 Hasil pengujian SEM (a) perbesaran 1.000x (b) perbesaran 5.000x (c) perbesaran 10.000x (d) perbesaran 20.000x

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Limbah *Slag* Aluminium dengan Alat EDX dan ICP

Unsur	Hasil Analisa				
	SEM-EDX			ICP	
	% Mass	ppm	% Error	% Mass	ppm
Cl	5,26	526	5,3	5,51	551,22
Al	37,54	3754	4,38	3,91	391
Na	5,42	542	7,83	3,09	309
K	1,78	178	10,96	0,81	81
F	1,14	114	17,22	0,71	71
Si	2,94	294	8,15	0,70	70
Ca	0,97	97	17,03	0,62	62
Fe	0,96	96	34,85	0,33	33

Mg	3,04	304	7,14	0,21	21
Cu	1,74	174	25,99	0,14	14
N	7,89	789	11,84	0,042	4,20
pH	-	-	-	8,65	



Gambar 3.2 Hasil analisa XRD

Berdasarkan analisa SEM dan ICP, kandungan limbah *slag* aluminium terdiri dari Al, Na, Cl, K, F, Si, Mg, Ca, Fe, Cu, N. Senyawa yang terkandung dalam limbah *slag* aluminium didapat dari hasil XRD pada gambar 3.2 berupa 20% Al_2O_3 dan AlN, 17% $MgAlO_4$, 12% $CuAlO_4$, 11% $KFeO_2$, dan 10% NaCl dan Al. Unsur logam berat yang terdapat dalam limbah *slag* aluminium adalah Cu dengan konsentrasi 14 ppm, dan F dengan konsentrasi 71,57 ppm. Menurut PP 101 2014 pada lampiran III tentang baku mutu karakteristik beracun untuk penetapan kategori limbah B3 Cu adalah 60 ppm, dan untuk F adalah 450 ppm, artinya kandungan Cu dan F dalam limbah *slag* aluminium telah memenuhi baku mutu. Hasil analisa antara SEM-EDX dengan ICP memiliki perbedaan yang cukup jauh dikarenakan SEM-EDX hanya menganalisa ketampakan permukaan sampel sedangkan ICP menganalisa sampel secara keseluruhan.

Pengujian *Setting Time*

Hasil pengujian *setting time* dapat dilihat dalam Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.2 Hasil Pengujian *Setting Time*

Substitusi Limbah <i>Slag</i> (%)	Waktu Ikat (menit)
0	120
6	105
7	105
8	120
9	120
10	165
11	180
12	120
13	120

Berdasarkan data pada **Tabel 3.2** tersebut, dapat diartikan bahwa waktu pengikatan akhir atau *final setting time* bertambah pada substitusi limbah 10% dan 11%. Kandungan aluminium yang tinggi meningkatkan jumlah C_3A dalam semen, sehingga waktu pengikatan air (reaksi hidrasi) oleh C_3A bertambah dan mengakibatkan bertambahnya waktu pengikatan akhir semen (Sebayang, 2010). Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mailar dkk. (2016), substitusi limbah aluminium meningkatkan waktu ikat akhir semen.

Pengujian Kualitas Material

Hasil Pengujian Kualitas Material dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3.3 Hasil Pengujian Kualitas Material

No	Macam Pemeriksaan	Nilai	Satuan	Standar	Keterangan
Pasir Lumajang					
1	Modulus Kehalusan	3,2	-	2,6 - 3,8	memenuhi
2	Berat Jenis	2,6	g/cm ³	2,5-2,6	memenuhi
3	Kelembapan	2,7	%	-	-
4	Kadar Air	3,1	%	-	-
5	Kadar Lumpur	1,7	%	maks 5 %	memenuhi
6	Kebersihan terhadap zat organik	no 1	-	maks no 3	memenuhi
Kerikil Batu Pecah					
1	Modulus Kehalusan	8	-	5-8	memenuhi
2	Berat Jenis	2,4	g/cm ³	2,4-2,7	memenuhi
3	Kelembapan	8,1	%	-	-
4	Kadar Air	7,4	%	-	-
5	Kadar Lumpur	7,6	%	maks 1 %	tidak memenuhi
Limbah <i>Slag</i> Aluminium					
1	Berat Jenis	2,57	g/cm ³	-	-

Berdasarkan **Tabel 3.3**, seluruh material memenuhi persyaratan kecuali kadar lumpur kerikil yang mencapai 8%. Kerikil harus dicuci terlebih dahulu sebelum digunakan dalam material pembuatan beton hingga bersih atau hingga kadar lumpurnya kurang dari 1 %, karena kadar lumpur kerikil yang tinggi dapat mempersulit daya ikat agregat halus dan semen pada kerikil (Achmad, 2015).

Kebutuhan Material dari *Mix Design*

Tabel 3.4 Hasil *Mix Design* untuk mutu beton K-250

Proporsi Campuran	Semen	Air	Pasir	Kerikil
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)
Tiap m ³	614	215	541	1005
Proporsi (tiap komposisi : proporsi semen)	1	0,35	0,88	1,64
Tiap 1 spesimen	0,965	0,338	0,85	1,579

Berdasarkan **Tabel 3.4**, jumlah kebutuhan material berdasarkan *mix design* untuk satu spesimen beton mutu K-250 dengan kuat tekan rencana 25 MPa tanpa substitusi limbah membutuhkan 965 gr semen, 338 gr air, 850 gr pasir, dan 1.579 gr kerikil. Apabila semen disubstitusi dengan aluminium maka jumlah kebutuhan semen akan berkurang sesuai dengan penambahan persentase substitusi limbah *slag* aluminium.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini sebagai berikut:

1. Limbah *slag* aluminium memiliki ukuran antara 10 – 50 mikrometer dan terdiri dari Al, Na, Cl, K, F, Si, Mg, Ca, Fe, Cu, N dengan didominasi senyawa Al₂O₃ sebanyak 20%.
2. Waktu pengikatan atau *setting time* bertambah pada substitusi limbah 10% dan 11%.
3. Material pembuatan beton memenuhi kriteria kecuali kadar lumpur kerikil sehingga kerikil harus dicuci bersih sebelum digunakan. Jumlah kebutuhan material berdasarkan *mix design* untuk satu spesimen beton mutu K-250 tanpa substitusi limbah 965 gr semen, 338 gr air, 850 gr pasir, dan 1.579 gr kerikil.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pemilik *home industry* peleburan logam bekas di Desa Bakalan, Kecamatan Sumobito, Kabupaten Jombang, serta kepada kepala Laboratorium Material dan Struktur Gedung Teknik Sipil ITS Kampus Manyar beserta jajarannya yang telah membantu dalam proses mendapatk data, kepada keluarga D4 Teknik Pengolahan Limbah yang telah membantu proses pengolahan data.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, D. 2015. Efek kadar lumpur terhadap kekuatan beton geopolimer. *POLITEKNOLOGI*. 14(1).
- Aprida, L. F. 2018. *Pemanfaatan Kandungan CaO Limbah Karbit Dan Kandungan Silika Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pembuatan Bata Beton Pejal*. Tugas Akhir. PPNS.
- Arisandi, P. 2018 *Jejak Beracun*. Gresik: Ecoton.
- Badan Standardisasi Nasional. 2000. *SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Badan Standarisasi Nasional.
- Dermawan, Denny dan Azhari, Moch. Luqman. 2018. Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. *PRESIPITASI UNDIP*. vol. 01, no. November, pp. 187–192, 2018.
- Dewi, R. N. 2016. *Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit Dan Fly Ash Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton)*. Tugas Akhir. PPNS.
- Elinwa, A. U. dan Mbadike, E. 2011. The Use of Aluminum Waste for Concrete Production. *JAABE*. (May) pp. 217–220. doi: 10.3130/jaabe.10.217.
- Galat, N. Y., Dhawale, G. D. dan Kitey, M. S..2017. Performance Of Concrete Using Aluminium. *JETIR*. 4(07), pp. 5–10.
- Ismunandar . 2006. *Padatan Oksida Logam, Struktur, Sintesis, dan Sifat-sifatnya*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Mailar, G. et al. 2016. Investigation of concrete produced using recycled aluminium dross for hot weather concreting conditions. *Resource-Efficient Technologies*. Elsevier B.V.doi:10.1016/j.reffit.2016.06.00
- Nursyafril dkk . 2014. Pemanfaatan Abu Limbah Pembakaran Barang Mengandung Aluminium untuk Bahan Campuran Mortar. *TEDC Polban*. 8, pp. 41–49.
- Sebayang, S. .2010. Pengaruh Kadar Abu Terbang sebagai Pengganti Sejumlah Semen pada Beton Alir Mutu Tinggi. *JURNAL REKAYASA*. 14(01).

Halaman ini sengaja dikosongkan