

Studi Pemanfaatan Limbah Karbon Aktif sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton Ringan (Studi Kasus di PT PETRONIKA)

Ryan Ardiansyah^{1*}, Moch. Luqman Ashari², Denny Dermawan³

¹Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 6011

²Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

³Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya 60111

Email : ryansyah1995@gmail.com

Abstrak

PT. Petronika merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri kimia yang menghasilkan DOP (*Diocetyl phthalate*), limbah yang dihasilkan yaitu limbah karbon aktif merupakan limbah beracun dengan kode limbah CA dan bentuk limbah padat mencapai sekitar 2,5-3 ton dalam satu tahun. Selama ini pemanfaatan limbah karbon aktif di PT. Petronika belum optimal dan dibiarkan begitu saja sehingga membuat pekerja mengalami gangguan pernapasan, pusing, dan mual. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian tentang pengolahan dan pemanfaatan limbah karbon aktif di PT. Petronika sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan. Pada penelitian ini, limbah karbon aktif digunakan sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian material, perhitungan *mix design*, pembuatan beton, pengujian *setting time*, *curing*, pengujian kuat tekan dan pengujian TCLP. Metode *mix design* yang digunakan yaitu SNI 03-2834-2000 dengan $f'c$ 10 MPa dan nilai slump 8 ± 3 cm. Penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengujian *setting time* menunjukkan bahwa penambahan jumlah limbah karbon aktif berpengaruh terhadap waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *final setting* dengan waktu terlama mencapai 300 menit. Pada kuat tekan beton ringan, semua variasi beton ringan dengan campuran limbah karbon aktif memenuhi kuat tekan rencana yaitu berturut-turut sebesar 17,15 MPa; 13,11 MPa; 17,88 MPa; dan 14,85 MPa. Kandungan logam berat pada beton ringan pengganti agregat halus sebesar 15% berdasarkan hasil uji TCLP berada di bawah baku mutu sehingga beton ringan tersebut dinyatakan layak secara teknis dan aman dari segi lingkungan.

Kata kunci: Karbon aktif, beton ringan, agregat halus, kuat tekan, *setting time*, TCLP.

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

PT. Petronika merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang industri kimia dan merupakan perusahaan pertama di Indonesia yang menghasilkan DOP (*Diocetyl phthalate*). Produksi tersebut merupakan salah satu bahan pembantu utama dalam pembuatan barang-barang plastik. Salah satu limbah padat industri yang dihasilkan oleh PT Petronika adalah limbah B3 karbon aktif. Limbah karbon aktif yang dihasilkan berasal dari pengolahan air limbah dimana karbon aktif tersebut digunakan sebagai adsorber.

Berdasarkan jenis dan karakteristik limbah pada PT. Petronika, limbah karbon aktif merupakan limbah dengan karakteristik limbah beracun dengan kode limbah CA dan bentuk limbah padat. . Selama ini limbah padat B3 tersebut hanya dibiarkan menggenung selama enam bulan di TPS limbah B3 dan selanjutnya dikelola oleh pihak ketiga. Lokasi TPS limbah B3 terletak dekat dengan area pejalan kaki, aktifitas pekerjaan, dan proses pengambilan produksi pada penyimpanan tangki (*loading & unloading*).

Salah satu limbah industri yang dapat dimanfaatkan tersebut adalah limbah karbon aktif Cs-137, yang berpengaruh terhadap kerapatan dan kuat tekan beton limbah (Heru, dkk. 2005). Hasil uji laboratorium debu limbah ini mempunyai blok semen yang memenuhi standar IAEA pada uji densitas dan uji kuat tekan dengan nilai yang optimum adalah blok semen dengan ukuran butir karbon aktif -50+60 mesh dan kandungan limbah sebanyak 50%. Hasil pengukuran dan pengujian densitas blok semen sebesar 1,7543 g/cm³ dengan kuat tekan sebesar 25 N/mm² (Heru, dkk, 2005).

Pada riset ini peneliti berharap dapat memperoleh komposisi campuran yang menghasilkan kuat tekan optimum dan memenuhi persyaratan kuat tekan minimum pada beton,

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui komposisi terdapat dalam limbah karbon aktif berdasarkan hasil uji SEM-EDX.
2. Menganalisis waktu pengikatan semen dengan dan tanpa campuran limbah karbon aktif, menganalisis hasil uji kuat tekan dan berat jenis beton ringan berbahan baku limbah karbon aktif.
3. Menganalisis hasil uji TCLP (*Toxicity characteristic leaching procedure*) pada beton ringan yang berbahan baku limbah karbon aktif berdasarkan PP No. 101 Tahun 2014 dan menganalisis komposisi terbaik karbon aktif sebagai bahan campuran pembuatan beton ringan berdasarkan hasil uji kuat tekan dan uji TCLP.

Limbah

Limbah adalah sisa suatu usaha atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, atau jumlahnya, baik secara langsung atau tidak langsung akan dapat membahayakan lingkungan, kesehatan, kelangsungan hidup manusia atau makhluk hidup lainnya (Mahida, 1984).

Limbah Karbon Aktif

Karbon aktif sering disebut juga dengan arang aktif. Limbah karbon aktif di PT Petronika adalah limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah sebagai adsorber (Zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fluida). Pada tahap proses pengolahan air limbah di PT Petronika, air limbah yang berasal dari proses produksi ditampung pada tangki DV-01, kemudian dipompa menuju DV-03 untuk dilakukan proses pemanasan dengan suhu 90°C bertujuan memisahkan kandungan isopropil alkohol (IPA), dari tangki DV-03 kemudian limbah cair masuk ke tangki DE-01 untuk dilakukan proses pendinginan. Selanjutnya masuk ke tangki DV-02 yang terdapat karbon aktif sebagai adsorber, fungsi dari karbon aktif yaitu menyerap komponen volatil yang ada dalam air limbah. Pada saat karbon aktif mulai jenuh atau tidak mampu lagi menyerap komponen volatile akan diganti dengan karbon aktif yang baru. Pergantian tersebut berkisar antara 2-3 bulan sekali.

Beton Ringan

Menurut SNI 03-2461-2002, Beton ringan struktural adalah beton yang memiliki agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan tidak boleh melampaui berat isi maksimum beton 1.850 kg/m³ dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan untuk tujuan struktural.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Benda Uji

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan bahan literature yang berhubungan dengan penelitian ini, kemudian dilakukan persiapan bahan (semen, pasir, batu apung, dan air), selanjutnya pada bahan dilakukan pengujian di laboratorium. Setelah pengujian bahan, dilakukan perencanaan campuran beton (*mix design*) guna mendapatkan perbandingan campuran bahan. Selanjutnya dilakukan *slump test* pada beton segar. Kemudian dilakukan pembuatan benda uji sesuai dengan *mix design*. Setelah itu dilakukan perawatan pada benda uji (*curing*) dengan cara merendam benda uji akan menghasilkan data yang akan dianalisis yang kemudian menghasilkan kesimpulan dari penelitian ini. Dengan perhitungan *mix design* diperoleh perencanaan komposisi dan mutu beton berdasarkan SNI 03-2834-2000 dengan mutu beton $f'c = 10$ MPa dan slump (8 ± 3) cm. Peneliti merencanakan 5 variasi penggunaan campuran limbah karbon aktif sebagai

pengganti agregat halus dengan menggunakan 3 buah benda uji pada masing-masing variasi campuran. Variasi jumlah limbah karbon aktif yang diteliti adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%.

Pengujian Kuat Tekan

Meletakkan benda uji pada mesin tekan secara sentris. Menjalankan mesin tekan dengan penambahan beban yang konstan berkisar anatar 2 sampai 4 kg/cm² per detik. Melakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan mencatat beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji. Menggambar bentuk pecah dan mencatat keadaan benda uji. Melakukan perhitungan kuat tekan.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

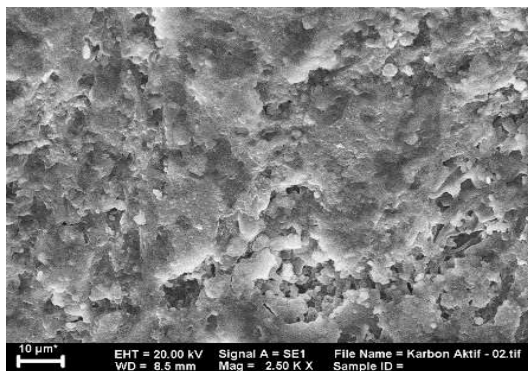
P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Karbon Aktif

Komponen penyusun karbon aktif, dianalisis dengan menggunakan alat SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy*) pada Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Data tersebut tersaji pada Gambar dan Tabel berikut ini.



Gambar 1. Limbah Karbon Aktif PT Petronika Melalui Alat SEM-EDX

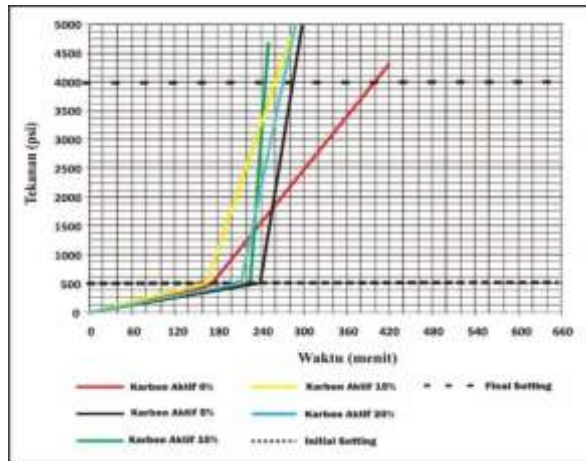
Tabel 1. Hasil Pengujian SEM – EDX Limbah Karbon Aktif PT PETRONIKA

<i>Element Symbol</i>	<i>Element Number</i>	<i>Element Name</i>	<i>Weight Conc. (%)</i>
C	6	Carbon	70.31
O	8	Oxygen	27.25
Ti	22	Titanium	2.18
Al	13	Aluminium	0.16
Si	14	Silicon	0.05

(Sumber, Data Hasil Pengujian 2017)

Setting Time

Pengujian *setting time* menggunakan alat penetrometer dengan jarum *probe* berukuran 1/20” dan 1/40”. Jarum 1/20” digunakan sampai beton ringan mencapai *initial setting*. Sedangkan jarum 1/40” digunakan setelah beton ringan melewati *initial setting* sampai beton ringan mencapai *final setting*. Perbandingan *setting time* masing-masing komposisi beton dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 2. Grafik Setting Time Masing-Masing Komposisi Beton Ringan
(Sumber: Analisis Uji Setting Time, 2017)

Gambar di atas menunjukkan bahwa penggunaan Limbah Karbon Aktif memberikan pengaruh besar terhadap waktu yang dibutuhkan beton ringan untuk mencapai *final setting*. Pemberian komposisi Limbah Karbon Aktif, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai *Final setting* cenderung seragam yaitu pada kisaran 2 jam 45 menit sampai 3 jam. Efek penggunaan Limbah Karbon Aktif memiliki kemiripan dengan penggunaan bahan kimia percepat *setting time* beton ringan atau *accelerators*.

Hasil Uji Kuat Tekan Beton Ringan Umur 28 Hari

Tabel 2. Hasil Kuat Tekan Beton Ringan Selama 28 Hari

Komposisi	Kode Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (MPa)
Normal	A	19,42
Karbon Aktif 5%	B	17,15
Karbon Aktif 10%	C	13,11
Karbon Aktif 15%	D	17,88
Karbon Aktif 20%	E	14,85

(Sumber, Data Hasil Pengujian 2017)

Dapat dilihat dari tabel diatas mengalami nilai kuat tekan yang tidak konstan dan lebih rendah daripada nilai kuat tekan beton ringan normal. Nilai kuat tekan turun pada beton ringan dengan penggunaan limbah karbon aktif sebagai bahan substitusi agregat halus diakibatkan oleh karakteristik limbah karbon aktif yang menghambat pengikatan semen karena dapat menyerap air lebih cepat dibandingkan dengan beton biasa sedangkan nilai kuat tekan naik pada beton ringan diakibatkan butiran limbah karbon aktif yang sesuai sehingga semen dapat masuk kedalam rongga tersebut. Dalam penelitian Sriwahyuni, H, Suryantoro, dan Giyatmi (2013), dijelaskan bahwa limbah karbon aktif berpengaruh besar terhadap terganggunya proses pengikatan semen, sehingga karbon menyerap air sebelum semen mengikat dengan sempurna, sedangkan pada ukuran butir karbon aktif -50/+60 mesh kekuatan tekan lebih tinggi dibandingkan dengan karbon aktif yang mempunyai ukuran butir -60/+70 mesh, karena mempunyai rongga yang dangkal, sehingga semen dapat masuk kedalam rongga secara penuh dan ikatan antara karbon aktif dan semen menjadi lebih besar.

Berat Jenis Beton Ringan

Tabel 3. Berat Jenis Beton Ringan

	Berat Beton	Rata- Rata		Keterangan

Komposisi Limbah Karbon Aktif	Ringan (Kg)		Berat Jenis Beton Ringan (Kg/m ³)	
0%	8,6	8,56	1.615.09	Memenuhi
	8,6			
	8,5			
5%	8,4	8,27	1.560.37	Memenuhi
	8,2			
	8,2			
10%	8,5	8,37	1.579.24	Memenuhi
	8,2			
	8,4			
15%	8,7	8,57	1.616.98	Memenuhi
	8,5			
	8,5			
20%	8,1	8,17	1.541.50	Memenuhi
	8,3			
	8,1			

(Sumber, Data Hasil Pengujian 2017)

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa semua hasil beton ringan memenuhi standar berat jenis beton ringan yang telah di tentukan yaitu dibawah 1.850 kg/m³.

Hasil Pengujian TCLP

Beton ringan yang dilakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) adalah beton ringan dengan komposisi campuran terbaik yaitu dengan komposisi 15% limbah karbon aktif yang memiliki nilai kuat tekan sebesar 17,88 Mpa. Pengujian TCLP ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kandungan logam berat yang terdapat dalam limbah karbon aktif, Pemilihan parameter logam berat didasarkan pada lampiran 1 PP No. 101 Tahun 2014. Pengujian TCLP dilakukan di Politeknik Kesehatan Kemenkes Surabaya menggunakan 7 (tujuh) parameter yang tersaji dalam Tabel 4.17 berikut ini.

Tabel 4. Hasil Uji TCLP Beton Ringan

No	Jenis Parameter	Satuan	Baku Mutu	Limit Deteksi	Hasil Pemeriksaan	Keterangan
1	Hg	Ppm	0,05	0,0014	0,0008	Memenuhi
2	Pb	Ppm	0,5	0,0405	0,0735	Memenuhi
3	Cd	Ppm	0,15	0,0198	0,0114	Memenuhi
4	Cr 6+	Ppm	2,5	0,0030	< 0,0030	Memenuhi
5	Cu	Ppm	10	0,0378	0,229	Memenuhi
6	Ni	Ppm	3,5	0,0378	0,0746	Memenuhi

7	Zn	Ppm	50,0	0,0075	13,801	Memenuhi
---	----	-----	------	--------	--------	----------

(Sumber, Data Hasil Pengujian 2017)

Berdasarkan hasil pengujian TCLP beton ringan, didapatkan bahwa hasil pengukuran nilai logam berat terhadap seluruh parameter masih memenuhi baku mutu PP. NO. 101 Tahun 2014.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapat pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Komposisi yang terdapat pada limbah karbon aktif antara lain *Carbon* (70,31%); *Oxygen* (27,25%); *Titanium* (2,18%); *Aluminium* (0,16%); *Silicon* (0,05%).
2. Hasil uji *setting time* pada beton ringan dengan pengganti karbon aktif menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif memberikan pengaruh besar terhadap waktu yang dibutuhkan beton untuk mencapai *final setting*. Hasil uji kuat tekan umur 28 hari, beton ringan dengan pengganti karbon aktif memiliki nilai kuat tekan berturut-turut sebesar 17,15 MPa; 13,11 MPa; 17,88 MPa; dan 14,85 MPa. Nilai berat jenis beton ringan usia 28 hari pada seluruh komposisi memenuhi persyaratan nilai berat jenis beton ringan yaitu di bawah 1850 kg/m³.
3. Hasil pengujian TCLP dengan menggunakan parameter mineral logam berbahaya yaitu mercury (Hg), timbal (Pb), cadmium (Cd), krom heksavalen (Cr6+), tembaga (Cu), nikel (Ni), dan seng (Zn) berada di bawah baku mutu berdasarkan Lampiran IV PP No. 101 Tahun 2014. Komposisi terbaik karbon aktif sebagai campuran pembuatan beton ringan adalah beton ringan karbon aktif 15%.

5. SARAN

1. Melakukan pengujian kuat tekan dengan penambahan variasi usia beton seperti 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari.
2. Dilakukan penelitian pembuatan beton ringan dengan memanfaatkan limbah berbahaya yang lain selain karbon aktif, agar limbah berbahaya dapat dimanfaatkan dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

1. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2002. *SNI 03-2847-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: 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, 2002. *SNI 03-2847-2002 Tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.

Mahida, U.N., 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah*. Rajawali. Jakarta.

Sriwahyuni, H, Suryantoro, dan Giyatmi. 2013, *Pengaruh Limbah Karbon Aktif Cs-137 Terhadap Krapatan Dan Kuat Tekan Beton Limbah*. Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah VII, Indonesia.