

Penurunan Emisi Gas CO₂ Pada Proses Pembuatan Ekosemen Dengan Pemanfaatan Abu Limbah Padat Dari Industri Minyak Kelapa Sawit

Suratni Afrianti

Ilmu Lingkungan PascaSarjana Universitas Andalas

suratniafrianti@yahoo.com

Abstract

The presence of a cement plant can be a serious ecological threat to the environment. In this study attempts to utilize ash from Solid Waste Palm Oil for material substitution limestone. Ekosemen research process was preceded by burning raw materials such as limestone, silica, iron sand, earth view to form clinker, then grind clinker and ash solid waste until homogeneous to form ecosement. Then to see the quality ekosemen physical testing and chemical analysis by X-ray analysis, then analyze the CO₂ emissions produced. The results of the analysis of the physical and chemical properties of this study are above SNI 15 -7064-2004 while for the analysis of CO₂ emissions ekosemen this research is to produce cement at 3,272,557 tons / year will result in CO₂ emissions 2,722,767,424 Kg CO₂ / year and when using ash as much as 1%, 3%, 5% limestone substitution for ingredients that will reduce emissions, respectively Kg CO₂/tahun 26,180,456 Kg CO₂/tahun 75,268,811 and 124,357,166 Kg Kg CO₂/year.

Kata Kunci : Limbah Padat, Kelapa Sawit, Ekosemen

1. Pendahuluan

Keberadaan pabrik semen dapat menjadi ancaman ekologis yang serius mulai dari pengambilan bahan bakunya, proses produksinya, sampai dengan dampak polusi debu yang ditimbulkannya. Ancaman bahaya yang pertama, dapat dilihat mulai dari bahannya, karena bahan baku semen sebagian merupakan jenis bebatuan

yang tergolong sumber daya alam yang tidak terbarukan. Eksploitasi yang terus menerus dan berlebihan, pasti akan mengganggu keseimbangan lingkungan, misalnya, berkurangnya ketersediaan air tanah.

Mengingat pentingnya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang merajut tiga unsur yang menyatu,

yakni *sustainability* ekonomi, *sustainability* sosial, dan *sustainability* ekologi-lingkungan. Agar usaha ekonomi berlanjut, perlu diperhitungkan dampaknya pada keberlanjutan kehidupan masyarakat sosial yang ditopang keberlanjutan fungsi ekologi-lingkungan sebagai sistem penunjang kehidupan makhluk alam.

Seiring dengan proses produksi semen, dihasilkan pula gas karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah yang banyak sehingga sangat mempengaruhi kondisi atmosfer dan mempercepat terjadinya pemanasan global. Misalnya meningkatnya suhu udara perkotaan, produksi semen portland menyumbang tujuh persen dari keseluruhan karbon dioksida yang dihasilkan.

Teknologi produksi semen cenderung boros energi dan menimbulkan emisi CO₂ yang menyumbang pada kenaikan suhu global. Karena itulah para produsen semen berbagai negara, antara lain Jepang, sudah menerapkan pola

produksi blended cement yang bisa menurunkan separuh emisi CO₂.

Merujuk pada besarnya sumbangan industri semen terhadap total emisi CO₂, perlu segera dicarikan upaya untuk bisa menekan angka produksi gas yang mencemari lingkungan ini. Penggantian sejumlah bagian semen dalam proses pembuatan beton, atau secara total menggantinya dengan bahan lain yang lebih ramah lingkungan menjadi pilihan yang lebih menjanjikan.

Dari ancaman ekologis itulah keberadaan pabrik semen perlu dilakukan penelitian terus menerus secara berkala untuk mencegah meningkatnya bahaya ekologis dari ketiga sumber ancaman tersebut.

Penelitian ini akan memanfaatkan limbah padat kelapa sawit untuk bahan substitusi batu kapur, sehingga bermanfaat untuk mengurangi pemakaian bahan baku untuk pembuatan semen dan bisa memanfaatkan limbah padat kelapa sawit lebih bermanfaat lagi. Dengan memanfaatkan limbah padat kelapa sawit sebagai bahan substitusi juga

bisa mengurangi pemakaian energi sehingga bisa mengurangi emisi CO₂.

Kelapa sawit Indonesia merupakan salah satu komoditi yang mengalami perkembangan yang terpesat. Sejalan dengan perluasan areal, produksi juga meningkat dengan laju 9,4% per tahun. Pada awal tahun 2001-2004, luas areal kelapa sawit dan produksi masing-masing tumbuh dengan laju 3,97% dan 7,25% per tahun, sedangkan ekspor meningkat 13,05% per tahun Isroi (2008). Tahun 2010 produksi Crude Palm Oil (CPO) diperkirakan akan meningkat antara 5%-6%, sedangkan untuk periode 2010-2020, pertumbuhan produksi diperkirakan berkisar antara 2% - 4% (Isroi dkk, 2008).

Salah satu limbah yang dihasilkan dalam pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit adalah Limbah padat berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS), fiber dan cangkang. Setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah di pabrik akan menghasilkan 220 kg Tandan Kosong Sawit (TKS), 670 kg limbah cair, 120 kg serat mesocarp, 70 kg

cangkang, dan 30 kg kernel (Buana dan Sihaan, 2003).

Pertumbuhan produksi kelapa sawit yang semakin meningkat sejalan dengan jumlah limbah yang dihasilkan. Upaya untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan upaya-upaya untuk memanfaatkan limbah tersebut sehingga tidak merusak lingkungan untuk bagi kelanjutan hidup manusia.

Pengolahan atau pemanfaatan limbah padat kelapa sawit oleh pabrik kelapa sawit masih sangat terbatas di Indonesia, selama ini pengolahan dilakukan dengan menimbun (open dumping), dijadikan mulsa diperkebunan kelapa sawit atau diolah menjadi kompos. (Zein, R, 2011., Unpublish)

Limbah padat yang digunakan adalah abu sisa pembakaran sabut kelapa sawit dan abu tandan kosong kelapa sawit, abu sabut kelapa sawit didapatkan dari sisa pembakaran pada boiler untuk Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di pabrik pengolahan kelapa sawit pembakaran dilakukan pada temperature 500-700 oC. TKKS atau SKS sbila dibakar

akan diperoleh abunya sebanyak 1.65% dari berat tandan kosong (Chan et al, 1982)

Dalam penelitian ini akan dicoba memanfaatkan limbah padat kelapa sawit sebagai bahan substitusi CaCO_3 pada pembuatan ekosemen, sehingga penelitian ini bisa menghasilkan jenis semen lain yang dapat mengurangi emisi gas karena adanya pengurangan persentase pemakaian kiln pada rotary kiln. Maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah limbah padat kelapa sawit bisa dimanfaatkan untuk bahan substitusi pada pembuatan ekosemen, apakah kualitas ekosemen yang dihasilkan dengan substitusi abu limbah padat kelapa sawit sesuai dengan standar SNI 15-7064-2004 dan berapa banyakkah bisa mengurangi emisi udara jika menggunakan bahan substitusi limbah padat kelapa sawit. Sehingga tujuan penelitian ini adalah melihat apakah rumusan masalah diatas bisa dicapai.

2. Metodologi

2.1. Pembuatan Ekosemen

Metodologi yang dilakukan bahan baku berupa batu kapur, batu silika, pasir besi dan tanah liat dibakar pada temperature $1.450\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai membentuk klinker kemudian didinginkan sampai dingin pada temperatur *reference* setelah itu digiling sampai halus kemudian hasil penggilingan di ayak menggunakan screening hingga lolos ayakan $850\ \mu$, setelah di ayak dicampurkan dalam ball mill dengan abu dari limbah padat kelapa sawit dimana abu tersebut lolos ayakan $850\ \mu$, pencampuran dilakukan sampai homogen, setelah itu ekosemen di uji secara sifat fisik dan kimia dan dihitung emisi udara yang dihasilkan. Untuk lebih jelas bisa dilihat pada gambar 1 dibawah ini

2.2. Prosedur Kerja Menghitung

Polusi Udara

Prosedur kerja untuk menghitung polusi udara atau gas CO_2 adalah dengan menggunakan metode perhitungan emisi yang digunakan oleh PT. Semen Padang menggunakan

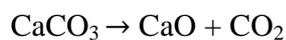
sebuah formula yang pada dasarnya adalah menghitung semua gas CO₂ yang dihasil sewaktu produksi semen, seperti gas CO₂ pada kalsinasi dan jumlah gas CO₂ yang dihasilkan saat pembakaran bahan bakar pada proses rotary klinker.

Perhitungan tersebut dilandasi dengan cara perhitungan neraca massa, perhitungan neraca massa dilakukan berdasarkan hukum kekekalan massa yaitu pada persamaan dibawah ini :

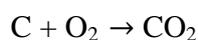
$$\sum m_{in} = \sum m_{out} \quad (\text{Walter, H Duda, 1985})$$

Menurut Cembureau (1999) emisi yang dihasilkan berasal dari dua sumber yaitu dari proses kalsinasi dan proses pembakaran energy dimana reaksinya adalah

1. Reaksi yang menghasilkan CO₂ pada proses kalsinasi



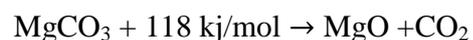
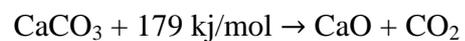
2. Reaksi proses pembakaran energy yang menghasilkan CO₂ untuk kalsinasi



Cara perhitungan jumlah emisi CO₂ dari reaksi diatas adalah

1. Menghitung jumlah massa CaCO₃ dan MgCO₃

Massa CaCO₃ dan MgCO₃ yang masuk kerotary klin akan mengalami reaksi kalsinasi didalam klin 100 % reaksi Calsinasi adalah pelepasan CO₂ dari senyawa CaCO₃ dan MgCO₃.



untuk menghitung CaCO₃ dan MgCO₃ hasil kalsinasi adalah

m CaCO₃ terkalsinasi =

derajat kalsinasi x m CaCO₃

m MgCO₃ terkalsinasi

= derajat kalsinasi x m MgCO₃

2. Menghitung massa CaO dan MgO hasil kalsinasi

m CaO (hasil kalsinasi) = m CaCO₃

terkalsinasi x $\frac{\text{BM CaO}}{\text{BM CaCO}_3}$

m MgO (hasil kalsinasi) = m MgCO₃

terkalsinasi x $\text{BM} \frac{\text{BM MgO}}{\text{BM MgCO}_3}$

3. Menghitung massa CO₂ hasil kalsinasi pada rotary klin

$m \text{ CO}_2 \text{ hasil kalsinasi} = m \text{ CaCO}_3$
(terkalsinasi) \times BM CO₂ / BM CaCO₃

4. Menghitung neraca massa pada $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

Massa CO₂ pada pembakaran energy adalah

$$\text{Massa CO}_2 = \text{mol CO}_2 \times \text{Mr CO}_2$$

Jadi total emisi CO₂ yang dihasilkan adalah jumlah dari emisi CO₂ dari proses kalsinasi ditambah dengan emisi yang digunakan pada ebergi yang digunakan untuk proses pembakaran tersebut.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil dan Pembahasan Pengujian kuat Tekan Ekosemen

Hasil pengujian kuat tekan ekosemen dari limbah padat kelapa sawit dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini yaitu gambar hasil kuat tekan ekosemen dari Abu Tandan Kosong Kelapa Kelapa Sawit (TKKS) dan Abu Sabut Kelapa Sawit (SKS)

Dari gambar 2 dibawah ini dapat dilihat bahwa kuat tekan ekosemen semakin naik dengan bertambahnya umur mortar tersebut dan tertinggi pada umur 28 hari. Karena menurut Neville ketika semen bercampur dengan air maka terjadilah reaksi antara komponen-komponen semen dengan air yang disebut reaksi kimia hidrasi, hal ini dikarenakan semakin sempurnanya reaksi hidrasi semen (Neville, 2000).

Senyawa C₃S (trikalsium silikat) sangat cepat bereaksi dan berperan sebagai pembentukan kekuatan awal, sedangkan senyawa C₂S (dikalsium silikat) reaksinya lambat dan berperan untuk kekuatan tekan pada umur yang lebih panjang. Senyawa C₃A (trikalsium aluminat) mempengaruhi kekuatan tekan sampai pada tingkat tertentu, pada umur 28 hari dan pengaruhnya akan semakin kecil hingga menuju nol pada umur setelah satu atau dua tahun. Sedangkan C₄AF tidak mempengaruhi kekuatan tekan terlalu banyak (Mulyono, 2005).

Hasil pengujian kuat tekan ekosemen dengan substitusi abu

TKKS dan SKS sebanyak 1%, 3 % dan 5% bisa dilihat pada lampiran 1 dimana hasilnya semakin besar persentasi substitusi Abu TKKS dan SKS semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan akan tetapi dengan substitusi abu dari TKKS dan SKS untuk mengasilkan ekosemen nilai kuat tekannya masih diatas nilai Standar Nasional Indonesia (SNI-15-7064-2004).

Menurut Sobolev (2002) untuk ekosemen dengan substitusi perlite sebanyak 0%, 15%, 30%, 45%, 60 % maka masing-masing akan menghasilkan nilai kuat tekan 135,4 kg/cm², 121,1 kg/cm², 95,7 kg/cm², 79,9 kg/cm² dan 42, 3 kg/cm² sedangkan jika dengan mensubstitusi menggunakan fly ash sebanyak 0, 15, 30, 45, 60 % menghasilkan kuat tekan masing-masing adalah 135, 4 kg/cm², 121,5 kg/cm², 84,2 kg/cm², 73,1 kg/cm², 61,4 kg/cm² dan 35,2 kg/cm² hal ini sama dengan penelitian ekosemen dengan bahan substitusi TKKS dan SKS semakin besar persentasi substitusi Abu TKKS dan

SKS semakin rendah kuat tekan yang dihasilkan.

3.2. Hasil Pengujian Sifat Fisika Ekosemen

Pengujian sifat fisika ekosemen dilakukan dengan pengujian kehalusan semen menggunakan alat blaine dan sieving selain itu juga dengan pengujian pengikat awal dan pengikat akir dimana hasilnya bisa dilihat pada tabel 1 dibawah ini

Untuk kehalusan sangat mempengaruhi penggeseran ekosemen dan juga kekuatannya, makin halus semen makin cepat dan lebih efektif terjadinya reaksi semen dengan air dan kekuatannya pun makin tinggi. (Laintarawan, et al. 2010), dilihat pada tabel 2. untuk uji kehalusan dengan pengujian sieving on 45 μ sisa diatas ayakan untuk abu TKKS 1%, 3% dan 5% masing adalah 15,45 %, 15 85 %, dan 16,65 % sedangkan untuk SKS 1%, 3% dan 5% masing adalah 16,00 %, 17,45 % dan 19, 66 % dan kehalusan diuji dengan alat Blaine menggunakan SKS sebanyak 1%, 3% dan 5% masing-masing adalah

3553(cm^2/g), 3506(cm^2/g) dan 3309(cm^2/g) sedangkan menurut Standar Nasional Indonesia minimal 2800 (cm^2/g), ini menandakan berdasarkan kehalusan ekosemen yang dihasilkan memenuhi standar.

3.3. Hasil Analisa Sifat Kimia Ekosemen

Hasil analisa Sifat kimia Ekosemen dari limbah padat kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 2. dibawah ini dimana semua hasil analisis sifat kimia ekosemen tersebut berada diatas baku mutu SNI 15-7064-2004.

Hasil pengujian kimia yang diperoleh terhadap uji bagian tak larut saat substitusi abu 5 % menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan substitusi 1 % hal ini disebabkan oleh meningkatnya senyawa impuriti. Impuriti ini terutama berasal dari SiO_2 yang tidak terikat didalam klinker karena substitusi Abu TKKS dan SKS dilakukan setelah proses pembakaran maka menyebabkan impuritanya meningkat seiring dengan tinggi

%substitusi abu akan tetapi dengan substitusi abu sebanyak 1%, 3% dan 5 % ini tidak berpengaruh terhadap kualitas semen yang dihasilkan karena bisa kita lihat dari hasil kuat tekan yang didapat.

Pengujian hilang pijar yang bertujuan untuk mengetahui kadar komponen hilang pijar pada semen. Bagian yang hilang menunjukkan jumlah air dan CO_2 dalam semen. Pada tabel 2 hasil analisa kimia yang diperoleh antara abu limbah tandan kosong dan abu limbah sabut kelapa sawit tidak terlalu berbeda, hal ini menandakan kalau jumlah kadar air dan penguapan CO_2 dalam abu sedikit.

Ekosemen yang dihasilkan dari limbah padat kelapa sawit ini sangat bagus dilihat dari hasil uji fisik dan uji kimia, oleh sebab itu dengan adanya penelitian ini berarti bisa memanfaatkan limbah padat kelapa sawit tersebut.

3.4. Hasil Analisa Emisi CO₂ Pembuatan Ekosemen dari Limbah Padat Kelapa Sawit

Hasil analisa Emisi CO₂ pembuatan ekosemen dari limbah padat kelapa sawit bias dilihat pada table 3. dibawah ini. Selama pembuatan semen, CO₂ dihasilkan dari tiga sumber yaitu pembakaran bahan bakar dalam kiln untuk mempertahankan suhu tungku yang diperlukan, dekarbonasi batu kapur dalam kiln, dan penggunaan listrik di instalasi seperti pabrik penggilingan (Cembureau, 1999).

Tabel Hasil analisa Emisi CO₂ dari pembuatan ekosemen dari limbah padat kelapa sawit bisa dilihat pada tabel diatas jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan proses pembuatan semen dan jumlah pengurangan emisi CO₂ pada pembuatan ekosemen dengan menggunakan abu TKKS dan SKS sebagai bahan substitusi bisa dilihat pada tabel 3. dimana untuk menghasilkan semen sebesar 3.272.557 Ton/Tahun akan menghasilkan emisi gas CO₂ sebesar 2.722.767.424 (Kg CO₂/tahun) dan

apabila menggunakan abu sebanyak 1%, 3%, 5% untuk bahan substitusi abu TKKS dan SKS maka akan bisa mengurangi emisi masing-masing adalah 26.180.456 Kg CO₂/tahun, 75.268.811 Kg CO₂/tahun dan 124.357.166 Kg CO₂/tahun.

Dari nilai analisa CO₂ yang dihasilkan pada pembuatan ekosemen dari substitusi Abu Tandan Kosong Kelapa Kelapa Sawit (TKKS) dan Abu Sabut Kelapa Sawit (SKS) tidak jauh beda dengan penelitian Cembureau (1999) bahwasanya dalam satu ton produk semen akan menghasilkan 830 kg CO₂ atau sebanyak 0,83 ton CO₂ per ton produk, Emisi tersebut terdiri atas emisi CO₂ dari kalsinasi sebanyak 0,45 ton, emisi CO₂ dari pembakaran batu bara sebanyak 0,28 ton, dan CO₂ dari pembangkit listrik untuk keperluan operasional sebanyak 0,1 ton CO₂ ekuivalen. Dari tiga sumber, dekarbonasi batu kapur menghasilkan 60% dari emisi CO₂ yang dikeluarkan dari kiln semen (Cembureau, 1999)

Adanya karbondioksida (CO₂) yang berlebih di udara dapat mengurangi kesegaran dan kebersihan

udara yang kita hirup. Karbondioksida (CO₂) juga bisa menjadi polusi udara apabila kadarnya dalam udara berlebih, karena jika udara mengandung CO₂ yang berlebih dapat mengakibatkan gangguan kesehatan. Gangguan kesehatan itu antara lain gangguan pernapasan juga keracunan terhadap susunan saraf. Bahkan dalam kadar tertentu akan membunuh hewan-hewan yang ada di bumi. Sekarang ini kadar karbondioksida terus meningkat salah satunya bersumber dari produksi semen, Karbondioksida adalah penyebab utama adanya global warming, dengan adanya peningkatan kadar karbondioksida di udara akan semakin membahayakan alam. Sehingga kita perlu memantau kandungan karbondioksida di udara agar kita dapat melakukan pencegahan penambahan kadar CO₂ yang berlebihan di udara.

Dewasa ini meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (CO₂, CH₄, CFC, HFC, N₂O), terutama peningkatan konsentrasi CO₂, di atmosfer menyebabkan terjadinya *global warming* (peningkatan suhu

udara secara global) yang memicu terjadinya *global climate change* (perubahan iklim secara global). Fenomena ini memberikan berbagai dampak yang berpengaruh penting terhadap keberlanjutan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya di planet bumi ini, di antaranya adalah pergeseran musim dan perubahan pola/distribusi hujan yang memicu terjadinya banjir dan tanah longsor pada musim penghujan dan kekeringan pada musim kemarau, naiknya muka air laut yang berpotensi menenggelamkan pulau-pulau kecil dan banjir rob, dan bencana badai/gelombang yang sering meluluhlantakan sarana-prasarana penopang kehidupan di kawasan pesisir (Kusmana.C.,2010)

3.5. Hasil Perhitungan Jumlah Limbah Padat TKKS dan SKS di Sumatera Barat

Menurut Dinas Perkebunan Sumatera Barat luas perkebunan kelapa sawit Sumatera Barat adalah seluas 353.411 Ha, dan menurut Syahza, A (2011) bahwasanya setiap 1 ha luas kebun

sawit akan mempunyai produktivitas 22,8 ton per tahun per hektar.

Dalam setiap 100 Tandan buah segar akan menghasilkan TKKS sebanyak 25 % dan SKS sebanyak 11 % sedangkan apabila TKKS atau SKS dibakar akan diperoleh abunya sebanyak 1.65% dari berat tandan kosong (Chan, Suawandi, dan Tobing, 1982)

Dapat kita hitung bawasanya total abu yang di hasilkan dari pembakaran TKKS adalah 33.238,3045 Ton/Tahun sedangkan total abu SKS adalah 47.863, 1585 Ton/Tahun. Dari total abu 47.863, 1585 Ton/Tahun kalau di subsitusi dalam 5 % untuk menghasilkan 100% produk semen bisa mengasilkan semen sebesar 93.333, 16 Ton/Tahun.

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini bisa diambil kesimpulan

1. Limbah padat kelapa sawit bisa dijadikan bahan substitusi untuk pembuatan ekosemen. Pada penambahan abu TKKS dan SKS 5 % dan pemdiaman pada umur 28 hari didapatkan hasil kuat tekan

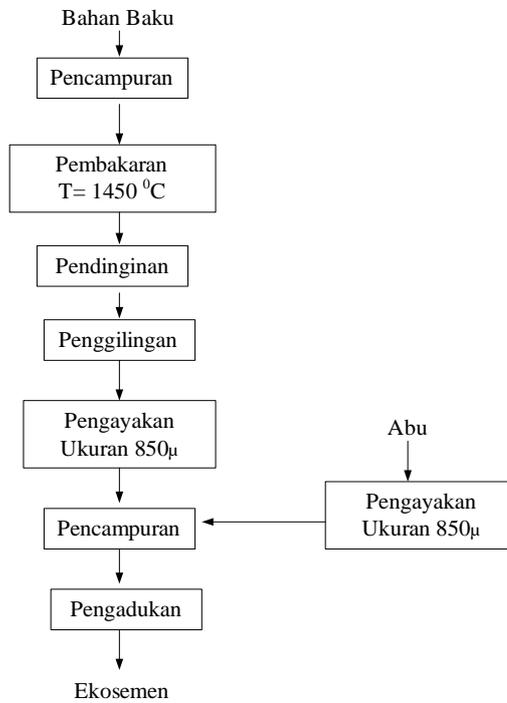
yang masih jauh diatas batas minimum SNI, yang artinya bahwa untuk mengurangi tandan kelapa sawit yang merusak lingkungan dapat dijadikan abu sebagai bahan pengganti CaCO_3 pada proses pembuatan klinker yang merusak lingkungan karena menghasilkan CO_2

2. Berdasarkan pengujian kuat tekan, analisis sifat kimia dan pengujian sifat fisika ekosemen sesuai dengan Standar Nasional Indonesia 15-2064-2004.
3. Jumlah gas emisi CO_2 yang bisa dikurangi dalam pembuatan ekosemen dengan menggunakan limbah padat kelapa sawit sebagai bahan substitusi jika digunakan abu sebanyak 1%, 3%, 5% untuk bahan substitusi abu TKKS dan SKS maka akan bisa mengurangi emisi masing-masing adalah 26.180.456 Kg CO_2 /tahun, 75.268.811 Kg CO_2 /tahun dan 124.357.166 Kg CO_2 /tahun.
4. Pemanfaatan abu limbah padat industri minyak kelapa sawit memberi konstribusi baik pada

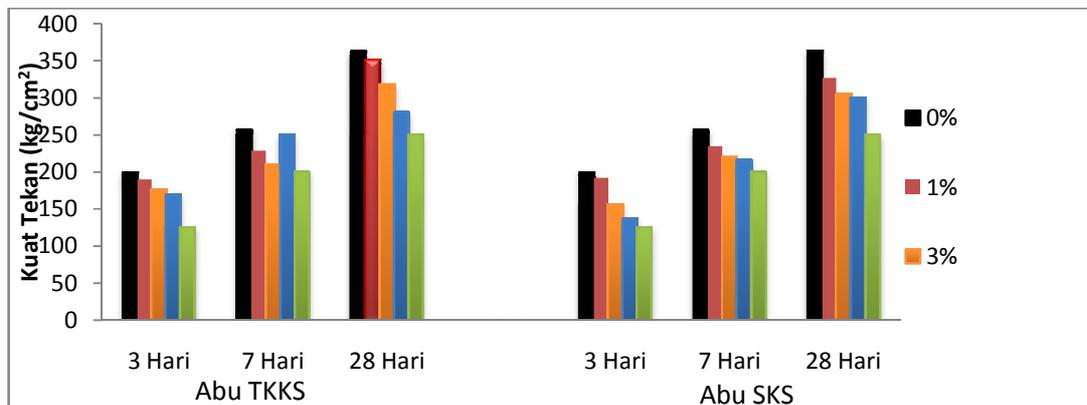
lingkungan yaitu bisa mengurangi massa atau jumlah limbah padat pada lingkungan sehingga bisa bermanfaat dan memberikan estetika lingkungan yang bagus dimana jumlah TKKS yaitu 886.354,788 Ton/Tahun sedangkan sSKS sebesar 14.624,854 Ton/Tahun selain itu juga bisa mengurangi emisi gas CO₂ yang berdampak pada pemanasan global.

5. Saran

1. Untuk melengkapi penelitian selanjutnya perlu dilakukan proses pembuatan ekosemen semua material dicampurkan di awal sebelum dimasukkan ke *rotary kiln*.
2. Untuk melengkapi penelitian ini perlu dikaji studi kelayakannya, agar dapat diterapkan dalam skala industri dan kecil menengah, adanya usaha penggantian sebagian batu kapur dengan abu limbah padat kelapa sawit dapat memberikan kontribusi pengurangan emisi.



Gambar 1. Blog Diagram Pembuatan Ekosemen



Gambar 2. Hasil Kuat Tekan Ekosemen dari Abu Tandan Kosong Kelapa Kelapa Sawit (TKKS) dan Abu Sabut Kelapa Sawit (SKS)

Tabel 1. Hasil Pengujian Sifat Fisika Ekosemen

Pengujian	Hasil Pengujian Sifat Fisika Tanpa Substitusi	Hasil Fisika Abu TKKS 1 %	Analisa Ekosemen 3%	Sifat Dari 5%	Hasil Fisika Sabut Kelapa Sawit 1 %	Analisa Ekosemen 3%	Sifat Dari 5%	SNI 15-7064-2004
	Blaine (cm ² /g)	3629	3559	3499	3208	3553	3506	3309
Sieving on 45 μ m (%)	14,45	15,45	15,85	16,65	16,00	17,45	19,66	-
Pengikat Awal (menit)	75	79	85	96	106	120	133	45 Minimal
Pengikat Akhir (menit)	162	166	177	183	193	207	225	375 Maksimal

Tabel 2. Hasil Analisa Sifat Kimia

Pengujian	Hasil Sifat Tanpa Substitusi	Analisa Kimia	Hasil Kimia Abu TKKS 1 %	Analisa Ekosemen 3%	Sifat Dari 5%	Hasil Ekosemen Kelapa Sawit 1 %	Analisa Dari 3%	Sifat Abu Sabut 5%	Kimia SNI 15-7064-2004
	SiO ₂	21,11		21,45	22,00	22,42	21,29	21,12	21,25
Al ₂ O ₃	5,06		5,08	5,09	5,06	5,08	4,99	4,96	6,00 Maksimal
FeO ₃	3,11		3,10	3,11	3,10	3,11	3,04	3,01	6,00 Maksimal
CaO	61,95		61,47	60,42	59,58	61,59	59,16	57,48	65,50 Maksimal
MgO	0,82		0,84	0,90	0,91	0,84	0,87	0,94	6,0 Maksimal
SO ₃	1,66		1,67	1,69	1,62	1,69	1,70	1,72	4,0 Maksimal
Bagian Tak Larut Cao Bebas	4,50		4,90	5,20	5,90	5,00	6,05	7,01	-
LOI	0,60		1,13	1,08	0,97	1,97	0,82	0,77	-
	5,18		5,90	6,30	6,80	5,90	8,62	10,14	-

Tabel 3. Hasil Analisa Emisi CO₂ Pembuatan Ekosemen dari Limbah Padat Kelapa Sawit

No	Substitusi Batu kapur	Jumlah Emisi CO ₂ yang dihasilkan (kg CO ₂ / ton Produk Cement)	Jumlah Emisi CO ₂ yang dihasilkan (Kg CO ₂ /tahun)	Jumlah pengurangan Emisi (kg CO ₂ / ton Produk Cement)	Jumlah pengurangan Emisi (Kg CO ₂ /tahun)
1.	0 %	832	2.722.767.424	0	0
2.	1%	824	2.696.586.968	8	26.180.456
3.	3%	809	2.647.498.613	23	75.268.811
4.	5%	794	2.598.410.258	38	124.357.166

*Total Produksi PT. Semen Padang Pada Tahun 2012 adalah 3.272.557 Ton/Tahun

6. Daftar Pustaka

- Armadi, R., 2012, *Aplikasi Ekosemen Dalam Pembangunan Infrastruktur Yang Ramah Lingkungan*. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Affandi, 1987, *Teknologi Semen*, Pusat Penelitian PT. Semen Gresik (Persero) Tbk, Gresik.
- Anas E.Roekmini. 1983.*Analisa Kimia dan Fisika Bahan-Bahan yang Dipakai dalam Proses Pembuatan Semen Portland*. PT Semen Padang.
- Barnerjea, H.N., 1980, "Technology Of Porland Cement and Blended Cement", 1st edition, chapter 9-10, Wheeler By Publishing, Bombay.
- Bsn. 2004. *Semen Portland Komposit*. SNI 15-7064 2004. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Buana, L., dan D. Sihaaan. 2003. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Chan, F. Suandi, dan E. L. Thobing. 1982. *Penggunaan Abu Tandan Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Kalium Pada Tanaman Kelapa Sawit*. Pedoman Teknis No 56 Th 1982. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat, Pematang Siantar
- Cembureau. (1999). *Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production*. Brussels, The European Cement Association :25
- Diktat SNI PT Semen Padang, SNI 15-2049-2004 semen portland, badan Standardisasi nasional, 2004
- D. Dyer, Thomas, Ravindra K. Dhir, 2003, *Hidration Reactions Of Cement Combinations Containing Vitrified Incinerator Fly Ash*, Universitas Of Dundee UK.
- Fauzi, Y., Y. E. Widyastuti, I. Satyawibawa, dan R. Hartono. 2008. *Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 166 hal
- Hanenara. S., 2005 *Eco-Cement And Eco-concrete Enviromentally Compatible Cement and Concrete Tecnology*, COE Workshop on "Material Science in 21st Century for the Contruction Industry-Durability, Repair an Recycling Of Concrete Structures"
- Isroi, 2008, *Direktorat Jenderal Bina Produksi Perkebunan*.
- Jinis, Nahar.1993. *Pengertian Tentang Semen*. Biro Pembinaan dan Pengembangan Personil PT. Semen Padang. Padang
- Ketut A. Putra & Suharjo B. 1996. *Penggilingan Bahan Mentah dan Klinker*. PT. Semen Gresik.
- Kusmana.C.,2010. *Respon Mangrove Terhadap Perubahan Iklim Global: Aspek Biologi Dan*

- Ekologi Mangrove*), Institut Pertanian Bogor.
- Laintarawan, et al, 2009, “*Konstruksi Beton I*”, Universitas Indonesia, Denpasar
- Lea, Frederick M., 1970, “The Chemistry Of Cement And Concrete”, Third edition, Edward Arnold Publisher Ltd, London, hal. 158.
- Lin Kae Long, Chung Yi Lin, 2007, *Hydration Characteristics Of Waste Sludge Ash Utilized As Raw Cement Material*, Departement Of Environmental Enggining National I-Lan University, Taiwan
- Murdock, L. J., dan Brook, K. M., 1986, *Bahan dan Praktek Beton*, Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta.
- Mulyono, T. 2005. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi, Jogjakarta
- Naibaho, P. M dan P. L Tobing. 1988. *Pengendalian Limbah Pabrik Minyak Sawit dan Karet*. Prosiding Seminar Nasional. Balai Penelitian Perkebunan. Medan. Vol. I: 46-56.
- Neville, A.M. 2000. *Properties of Cement and Concrete*. Edinburgh : Pearson Ltd
- Priyatna, D.E, 2007, “Semen dari sampah”, www.pmij.org.com.
- Rohmawati, H., 2002, “Laporan Kerja Nyata PT Semen Gresik (persero) Tbk”, Jurusan Tekhnik Kimia, UPN, Surabaya.
- Roekmini. 1998. *Pengertian Umum Semen*. Departemen Penelitian dan Pengembangan. PT Semen padang.
- Sjostrom, E., 1995, *Kimia kayu Dasar-dasar penggunaan*, edisi 2, Gajah Mada University Press.
- Sobolev Konstantin., 2002, ”High Volume Mineral Additive for ECO- Cement” European University of Lefke, Middle East Technical University, Civil Engineering Department, Ankara – Turkey
- Sobolev K.G. and Soboleva S.V., 1996, ”High Performance Indigenous Cement”, XXIVth World Housing Congress, Ankara, Turkey,.
- Syahza, A. 2011,. “Potensi Pengembangan Industri Kelapa Sawit”, Peneliti dan Pengamat Ekonomi Pedesaan Lembaga Penelitian, Universitas Riau
- T. Shimoda, S. Yokoyama, 1999, *Ecocement a new Portland cement to solve municipal and industrial waste problems*, Proc. of International Congress on Creating with Concrete, Dundee.
- Walter, H Duda,. 1985, *Cement Data Book*, Macdonald dan Even. London,

*Wardana, W, A.,1995, Dampak
Pencemaran Lingkungan. Yogyakarta.*
Zein, R., 2011, Pemanfaatan Tandan
Kelapa Sawit Untuk kompos,
Unpublish., Padang.