

# ANALISA MANFAAT BIAYA PROYEK PEMBAHARUAN UNIT PENGOLAHAN SAMPAH KOTA GRESIK DENGAN TEKNOLOGI HYDROTHERMAL

**Kuntum Khoiro Ummatin<sup>†</sup>**

*Jurusan Manajemen Rekayasa Universitas Internasional Semen Indonesia Gresik*

Jl. Veteran, Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, 61122

*E-mail: kuntum.ummatin@uisi.ac.id*

**Dewi Annisa Yakin**

*Jurusan Manajemen Rekayasa Universitas Internasional Semen Indonesia Gresik*

Jl. Veteran, Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, 61122

*E-mail: nisayakin@gmail.com*

**Qurrotin Ayunina MOA**

*Jurusan Manajemen Rekayasa Universitas Internasional Semen Indonesia Gresik*

Jl. Veteran, Kompleks PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, 61122

*E-mail: qurrotin.arifianti@uisi.ac.id*

## ABSTRAK

Proyek pembaharuan unit pengolahan sampah kota Gresik perlu dilakukan untuk menjaga keberlanjutan pengolahan sampah kota menjadi bahan bakar alternatif pengganti semen, *Refused Derived Fuels (RDF)*. Beberapa permasalahan yang ditemukan dalam sistem pengolahan sampah saat ini, diantaranya produksi RDF hanya mencapai 1% dari target, kadar air melebihi standar, dan kalori yang kurang dari standar. Terdapat alternatif pembaharuan yakni dengan teknologi *hydrothermal*. Dalam penelitian ini dilakukan analisa manfaat dan biaya yang timbul akibat adanya proyek pembaharuan tersebut, sehingga dapat diketahui kelayakan investasinya. Metode yang digunakan adalah metode perbandingan manfaat dan biaya, *Benefit Cost Ratio (BCR)*. Metode ini digunakan untuk menaksir kemanfaatan proyek, dan membandingkan dengan biaya yang timbul selama masa investasi proyek., yaitu selama 20 tahun umur mesin pengolah sampah *hydrothermal* dan tingkat suku bunga 12%. Dari hasil analisa diperoleh nilai manfaat total senilai Rp. 4.968.800.000 per tahun. Sedangkan biaya yang muncul adalah biaya investasi awal senilai Rp. 13.245.898.932 dan biaya operasional & *maintenance* senilai Rp. 3.068.117.397. Nilai BCR yang dihasilkan dari perbandingan manfaat dengan biaya adalah 1,07. Nilai BCR yang lebih dari 1 menunjukkan proyek dapat dilaksanakan dan layak. Analisa sensitivitas menunjukkan nilai tersebut masih layak hingga tingkat suku bunga kurang dari 14%.

*Kata Kunci: Analisa biaya, hydrothermal, Sampah Kota, Gresik, RDF*

---

<sup>†</sup> Corresponding Author

## 1. PENDAHULUAN

Pengolahan sampah kota Gresik menjadi bahan bakar alternatif telah dilakukan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Hal ini sebagai komitmen perusahaan untuk menyelesaikan permasalahan sampah kota, sekaligus sebagai upaya untuk melakukan substitusi bahan bakar batubara dengan bahan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Beberapa bahan bakar alternatif yang telah digunakan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. saat ini antara lain sekam padi, limbah pabrik tembakau, dan batok kelapa. Telah banyak penelitian yang menunjukkan keunggulan sampah kota yang dapat diolah menjadi energi (Cheng & Hu, 2010). Sehingga dengan deposit sampah di area *landfill* TPA Gresik sebesar 210.000 ton, ditambah sampah yang masuk setiap harinya sebesar 225 ton, maka keberlanjutan bahan energi alternatif *Refused Derived Fuels* (RDF) ini, dapat diandalkan. (Ummatin, Kuntum; Setyaningrum, 2015).

Selain jumlah bahan baku sampah kota yang melimpah, RDF juga mempunyai keunggulan memiliki kalori yang tinggi, yaitu 5178 kcal/kg. Nilai kalori ini lebih tinggi dibandingkan dengan batubara yang mempunyai 4500 kcal/kg. Namun dalam pelaksanaannya, proyek pengolahan sampah kota tersebut tidak bisa beroperasi secara kontinyu. Hal ini disebabkan beberapa faktor yang berhubungan dengan mesin RDF.

Kendala yang terjadi antara lain adalah kuantitas RDF yang bisa diproduksi hanya 6% saja dari kapasitas total mesin. Selain itu, kendala kadar air tinggi dan adanya zat pengotor (tanah, kerikil) yang mengakibatkan kalori RDF menjadi rendah (Ummatin, Kuntum; Arifianti, 2016).

Observasi lapangan menunjukkan bahwa kuantitas RDF sangat kecil dikarenakan mesin yang seringkali mati akibat sampah yang dicacah dalam keadaan basah. Sehingga terjadi penyumbatan pada mesin, dan arus pendek listrik. Selama mesin berhenti, dilakukan perbaikan atau pembersihan mesin.

Dari *benchmarking* yang dilakukan pada beberapa pengolahan sampah, didapatkan bahwa teknologi *hydrothermal* merupakan teknologi yang efisien dalam pengolahan sampah (Prawishuda, Pandji; Namioka, Tomoaki; and Yoshikawa, 2012). Pengolahan sampah dilakukan melalui *hydrothermal reactor*, untuk diberikan *treatment* berupa pengadukan selama  $\pm 45$  menit. Selain sampah, masukan lain *hydrothermal reactor* adalah uap jenuh dengan temperatur antara 200°C hingga 250°C, dan tekanan sebesar 25-28 bar. Teknologi *hydrothermal* ini telah di aplikasikan di Indonesia di diresmikan tahun 2016 di Summarecon, Tangerang. ("Serpong Updates," 2016).

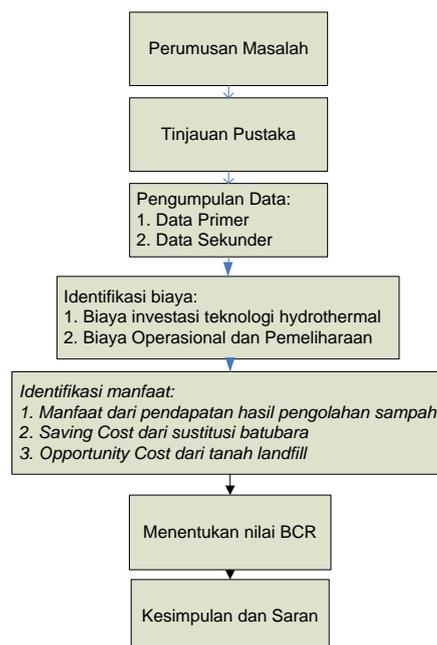
Dalam penelitian ini, akan menganalisa manfaat dan biaya dari proyek pembaharuan proyek pengolahan sampah kota dengan teknologi

*hydrothermal*, sehingga dapat diketahui kelayakan proyek. Metode yang digunakan adalah perbandingan manfaat dan biaya, yang dikenal dengan *Benefit Cost Ratio* (BCR), yang merupakan metode yang sering digunakan untuk mengkaji kelayakan fasilitas publik. Dan mengetahui signifikansi kebermanfaatan dari pembaharuan dengan teknologi *hydrothermal* dalam memperbaiki proyek pengolahan sampah saat ini.

## 2. METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan analisa manfaat dan biaya dari sistem pembaharuan pengolahan sampah kota Gresik dengan teknologi *hydrothermal*, maka dilakukan identifikasi variabel komponen manfaat dan biaya. Data primer diambil berdasarkan *Focus Group Discussion* (FGD) dengan pelaksana proyek Waste To Zero, Departemen Bahan Bakar Alternatif PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk, serta PT. Shinko Teknik sebagai *technology provider* Pengolahan Sampah Summarecon. Sedangkan data sekunder diperoleh melalui studi literatur dan laporan tahunan PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk.

Tahapan metode penelitian ditampilkan dalam Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Setelah data primer dan sekunder terkumpul, dilakukan identifikasi variabel manfaat dan biaya yang akan dibandingkan sebagai input analisa *Benefit Cost Ratio*.

Dari identifikasi manfaat dan biaya yang dilakukan pada proyek pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal* maka ditentukan nilai BCR dengan persamaan (1) berikut:

$$BCR = \frac{B}{C} = \frac{\text{Manfaat - By.Operasional \& Maintenance}}{\text{By.Investasi Proyek}} \quad (1)$$

Bila rasio B/C lebih besar dari satu maka proyek pembaharuan pengolahan sampah dengan teknologi *hydrothermal* tersebut bisa diterima. (Pujawan, 2012)

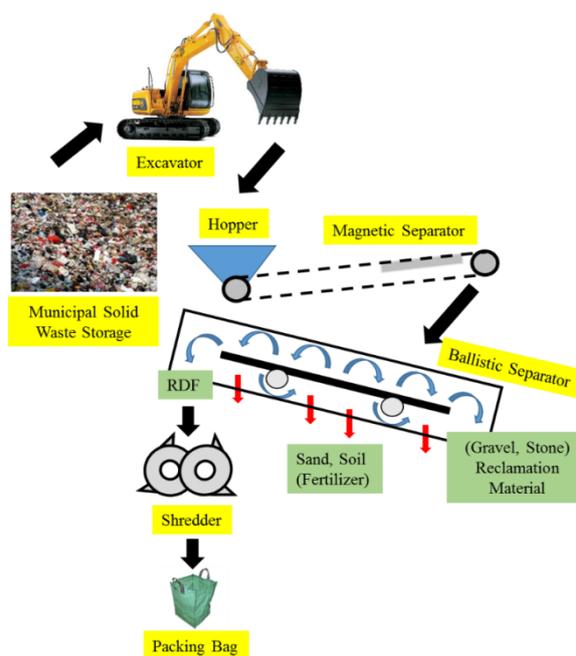
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengolahan Sampah Kota Gresik (*Waste to Zero Project*)

Pengolahan Sampah Kota Gresik dilakukan di area bekas tambang PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk. Lahan TPA Ngipik seluas 6 ha, digunakan untuk area *landfill*. Kebutuhan lahan tersebut akan semakin bertambah jika sampah masuk tidak diolah dengan baik.

##### 1. Kondisi Eksisting Pengolahan Sampah (*Produksi RDF*)

Proses pengolahan sampah, dimulai dari *landfill*. Dimana deposit sampah sudah mencapai 210.000 ton. Jumlah itu merupakan timbunan sampah sejak tahun 1998, yang tidak diolah. Maka, sejak tahun 2015 proyek *waste to zero* yang mengolah sampah menjadi RDF beroperasi. Proses pengolahan sampah adalah seperti ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Proses Produksi RDF

Proses pengolahan sampah dimulai dari tumpukan sampah dari *landfill* yang diangkut menggunakan *excavator* menuju *hopper*. Kemudian sampah dikirim ke *ballistic separator* menggunakan *belt conveyor*. Di dalam *belt conveyor*, terdapat *magnetic separator*, yang memisahkan komponen magnet dari sampah

kota. Proses pemisahan selanjutnya dilakukan di *ballistic separator*, dalam proses ini sampah dibagi menjadi 3 kategori. Material kasar berupa batu menjadi material reklamasi, sampah organik menjadi pupuk, sedangkan material lainnya seperti plastik dan kayu diolah dengan mesin *shredder* agar menjadi potongan lebih kecil ukuran 2-3 cm. Hasil pengolahan sampah dengan ukuran terkecil itulah yang kemudian dikemas menjadi RDF, yang siap dikirim sebagai bahan bakar alternatif pengganti batubara.

Dalam, pengolahan ini beroperasi diluar spesifikasinya, karena hanya 3 ton RDF saja yang bisa diproduksi per hari (dengan jam kerja 7 jam per hari selama 5 hari kerja). Padahal, mesin diharapkan dapat memproduksi 3.3 ton RDF per jam. Selain masalah kuantitas, produksi RDF juga tidak sesuai dengan kualitas yang diharapkan. Perusahaan menetapkan standart kelembaban (kadar air) tidak lebih dari 10%. Namun berdasarkan observasi di lapangan, kadar air RDF bisa mencapai 30%. Kadar air yang tinggi ini juga menyebabkan kalori yang dihasilkan menjadi rendah.

Kendala kuantitas disebabkan mesin yang sering mati akibat *shredder* yang bermasalah. Mesin tersebut seringkali mati akibat sampah yang dicacah dalam keadaan basah, sehingga terjadi penyumbatan pada mesin, dan terjadi arus pendek listrik. Selama mesin berhenti, dilakukan perbaikan atau pembersihan mesin.

##### 2. Pembaharuan Pengolahan Sampah dengan Teknologi *Hydrothermal*

Teknologi *hydrothermal* merupakan teknologi baru di Indonesia. Teknologi yang memanfaatkan tekanan tinggi ini telah diterapkan di Summarecon, dan dapat mengatasi permasalahan sampah kota tanpa membutuhkan energi panas yang tinggi.

Proses pengolahan sampah, dimulai dengan masukan sampah ke dalam *hopper*, dan dibawa menuju *hydrothermal reactor* menggunakan *belt conveyor*, dan dikeringkan secara konvensional (menggunakan *greenhouse*).

Komponen utama dalam pengolahan sampah ini adalah mesin *hydrothermal reactor*, serta boiler yang dibutuhkan untuk men-generate uap panasnya dengan temperatur antara 200°C hingga 250°C, dan tekanan sebesar 25-28 bar.

Dengan observasi dan *benchmarking* yang dilakukan pada Summarecon, pembaharuan pengolahan sampah teknologi *hydrothermal* dapat memperbaiki dan meningkatkan kuantitas serta kualitas bahan bakar alternatif RDF. Kuantitas bahan bakar alternatif yang dihasilkan adalah sebesar 12.8 ton per hari. Di samping bahan bakar alternatif RDF, sistem ini juga menghasilkan produk pupuk organik sebesar 10 ton per hari.

Analisa pembaharuan yang dilakukan adalah dengan memperhitungkan manfaat dan biaya yang

muncul dari pembaharuan sistem yang dilakukan. Dari sejumlah investasi dari pembaharuan sistem, dianalisa berapa pendapatan yang dihasilkan dari sistem baru, dan berapa biaya-biaya yang keluar akibat sistem baru tersebut.

### 3.2 Analisa Manfaat

Manfaat atau benefit adalah semua manfaat positif yang akan dirasakan oleh masyarakat umum dengan adanya pembaharuan pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal* (Pujawan, 2012). Manfaat tersebut antara lain adalah:

1. *Saving Cost* dari substitusi batubara menjadi bahan bakar alternatif RDF. Harga batubara (dengan kalori sedaang ke tinggi) saat ini adalah sebesar Rp. 360.000 per ton, dan harga bahan bakar alternatif RDF adalah disesuaikan dengan harga sekam padi yaitu Rp. 290.000 per ton, sehingga terdapat *saving cost* sebesar Rp. 70.000 per ton.
2. Peningkatan kuantitas dan kualitas produksi RDF. Dengan pembaharuan pengolahan sampah dengan *hydrothermal* diharapkan menambah kuantitas hasil produksi bahan bakar alternatif RDF sebesar 12.8 ton per hari, ditambah dengan sistem awal yang bisa menghasilkan 0.8 ton per hari.
3. *Saving cost* dari penambahan kebutuhan lahan TPA, sebesar 0.35 ha per tahun (tanah seluas 6 ha telah penuh dalam kurun waktu 15 tahun, sejak 1998 hingga 2013). Harga tanah di sekitar area *landfill* adalah sebesar Rp. 7M/ha (berdasarkan taksiran harga tanah di Gresik).
4. Mengurangi bahan-bahan pencemar air tanah dari sampah ke lingkungan.
5. Pendapatan-pendapatan, yang diperoleh dari penjualan bahan bakar alternatif RDF dan pupuk. Harga pupuk disesuaikan dengan Harga Eceran Tertinggi pupuk bersubsidi berdasarkan Permentan Nomor 60/Permentan/SR.310/12/2015, seharga 500.000 per ton.

Dari manfaat-manfaat tersebut, kemudian dihitung nilainya, ditampilkan pada tabel 1 berikut, dengan jumlah hari kerja 300 hari/tahun. Manfaat yang dihitung berikut hanyalah manfaat yang terwujud dalam bentuk pendapatan, *saving cost* kebutuhan penambahan lahan apabila sampah tidak terolah, dan *opportunity cost* dari substitusi batubara dengan bahan bakar alternatif RDF. Pada kenyataannya, manfaat yang timbul mungkin tidak hanya itu, namun juga berupa pengurangan risiko-risiko yang timbul yang diakibatkan adanya sampah, yaitu pencemaran air tanah dan sebagainya yang dalam penelitian ini belum diperhitungkan.

Tabel 1. Total Pendapatan per Tahun

Keterangan	Unit	Harga Satuan (Rp)	Total Benefit (Rp per Tahun)
<i>Produk Keluaran</i>			
a. RDF hasil hidrothermal	13 ton/hari	290.000	1.113.600.000
b. RDF sistem lama	0,8 ton/hari	290.000	69.600.000
b. Pupuk	10 ton/hari	500.000	1.500.000.000
<i>Opportunity Cost</i>			
a. Lahan (Landfill)	0,4 h/thn	5.000.000.000	2.000.000.000
b. Saving Cost Batubara	14 ton/hari	70.000	285.600.000
<b>TOTAL BENEFIT</b>			<b>4.968.800.000</b>

### 3.3 Analisa Biaya

Faktor biaya yang akan diperhitungkan dalam analisa ini adalah biaya awal proyek atau biaya investasi, atau biaya tahunan yang dibutuhkan untuk operasional dan *maintenance* (Pujawan, 2012).

#### 1. Biaya Investasi

Masa investasi yang direncanakan adalah selama umur hidup mesin selama 20 tahun dengan tingkat bunga 12%. Biaya yang muncul dalam investasi awal ini antara lain adalah biaya *equipment*, biaya instalasi. Nilai biaya-biaya ini didapatkan dari pengelola proyek serta data dari produsen *hydrothermal*, yang telah beroperasi di Summarecon. Rincian biaya investasi awal dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Total Biaya Investasi Awal

No	Material	Quantity	Price of Material
1	Hydrothermal Reactor, Boiler Combi, Condenser	1 set	Rp10.000.000.000
2	Water Pump	2 units	Rp23.617.248
3	Pipe Installations	5 m/Ton	Rp23.271.500
4	Water Tank	1 unit	Rp20.597.500
5	Screw Conveyor	1 unit	Rp56.703.184
6	Drying Equipment (Greenhouse)	120 m2	Rp159.576.000
7	Belt Conveyor	2 m	Rp46.596.000
8	Excavator (used)	1 unit	Rp332.725.000
9	Gedung Pergudangan	1 bangunan	Rp2.200.000.000
10	Civil Installations	1 work	Rp382.812.500
<b>TOTAL</b>			<b>Rp13.245.898.932</b>

#### 2. Biaya Operasional dan Maintenance

Biaya Operasional dan *maintenance* ini adalah seluruh biaya yang dibutuhkan untuk operasional dan pemeliharaan proyek pembaharuan pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal*. Operasional proyek ini dilakukan selama 2 shift, 16 jam per hari, dan 300 hari kerja per tahun.

Rincian total biaya operasional dan *maintenance* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Biaya Operasional dan *Maintenance*

Keterangan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Total Pengeluaran per Tahun (Rp)
Maintenance	2 kali per thn	735.512.221	735.512.221
Biaya Tenaga Kerja			
a. Pemasaran	3 orang	5.692.628 Rp/bln	204.934.608
b. Operasional	11 orang	3.294.474 Rp/bln	434.870.568
Biaya listrik	400 kw/jam	1.645 Rp/KwH	123.157.478
BBM boiler	3,29 ton/hari	377.172 Rp/ton	372.042.522
Transportasi			
a. RDF	12,8 ton/hari	140.000 Rp/ ton	537.600.000
b. Pupuk	10 ton/hari	140.000 Rp/ ton	420.000.000
Operasional Pupuk			
a. Marketing Cost			240.000.000
b. Box pupuk			
<b>TOTAL O&amp;M</b>			<b>3.068.117.397</b>

### 3.4 Analisa Manfaat Biaya

Dari analisa manfaat dan biaya yang telah dianalisa pada bab sebelumnya, maka secara keseluruhan, perbandingan manfaat dan biayanya adalah sebagai berikut, sesuai dengan persamaan (1). Perhitungan manfaat serta biaya yang dikeluarkan dihitung dalam nilai *Annual Value*.

$$\frac{B}{C} = \frac{4.968.800.000 - 3.068.117.397}{13.245.898.932 (A/P, 12\%, 20)}$$

$$= \frac{600.682.604}{13.245.898.932 (0,1339)} = 1,07$$

Karena rasio B/C lebih besar dari 1 maka rencana pembaharuan sistem pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal* layak untuk dikerjakan. Nilai B/C sebesar 1,07 ini juga bisa diartikan bahwa untuk setiap 1 rupiah yang diinvestasikan pada proyek, akan memperoleh penghematan netto sebesar 1,07 Rupiah.

Proyek-proyek yang menyangkut fasilitas publik seperti pengolahan sampah ini, memang perlu untuk dilanjutkan, dari hasil perhitungan *Benefit Cost Ratio* tersebut juga menunjukkan bahwa manfaat-manfaat yang didapat lebih banyak daripada kerugian ataupun biaya-biaya yang dikeluarkan.

### 3.5 Analisa Sensitivitas

Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah nilai dari suatu parameter, sehingga ketika pada suatu saat nilai parameter tersebut berubah dapat diketahui seberapa signifikan perubahan tersebut mempengaruhi nilai BCR. Dalam penelitian parameter yang akan dianalisa adalah perubahan nilai suku bunga, sehingga dapat diketahui batas suku bunga maksimum sampai proyek dikatakan tidak layak untuk dilaksanakan.

Perubahan nilai BCR terhadap perubahan tingkat suku bunga dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Perubahan nilai BCR terhadap Tingkat Suku Bunga

Tingkat Suku Bunga	Nilai BCR
10%	1,22
12%	1,07
13%	1,01
14%	0,95

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa suku bunga yang diijinkan adalah selama kurang dari 14%. Jika suku bunga semakin rendah, maka proyek pembaharuan pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal* semakin layak untuk dijalankan.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dalam penelitian analisa manfaat dan biaya proyek pembaharuan sistem pengolahan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari identifikasi manfaat berupa pendapatan, *saving cost* kebutuhan penambahan lahan apabila sampah tidak terolah, dan *opprtunity cost* dari substitusi batubara dengan bahan bakar alternatif RDF, didapatkan nilai manfaat senilai Rp. 4.968.800.000 per tahun.
2. Total biaya yang muncul dari proyek pembaharuan pengelolaan sampah kota dengan teknologi *hydrothermal* adalah berupa biaya investasi awal senilai Rp. 13.245.898.932, ditambah dengan biaya operasional dan *maintenance* senilai Rp. 3.068.117.392 per tahun.
3. Nilai *Benefit Cost Ratio* (BCR) yang dihasilkan adalah 1,07 yang berarti proyek layak untuk dijalankan. Nilai itu juga berarti setiap 1 rupiah yang diinvestasikan pada proyek, akan memperoleh penghematan netto sebesar 1,07.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Internasional Semen Indonesia tahun 2017. Judul dalam penelitian ini adalah Kajian Sistem Pembaharuan Unit Pengolahan Sampah Kota dalam Menghasilkan Bahan Energi Alternatif: Studi Kasus Proyek *Waste To Zero* PT. Semen Indonesia.

**PUSTAKA**

Cheng, H., & Hu, Y. (2010). Bioresource Technology Municipal solid waste ( MSW ) as a renewable source of energy : Current and future practices in China. *Bioresource Technology*. doi: 10.1016/j.biortech.2010.01.040.

Prawishuda, Pandji; Namioka, Tomoaki; and Yoshikawa, K. (2012). Coal Aternative Fuel Production from Municipal Solid Waste Employing Hydrothermal Treatment. *ScienceDirect: Applied Energy*, 90, 298-304.

Pujawan, N. (2012). *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Penerbit Guna Widya.

Serpong Updates. (2016). .

Ummatin, Kuntum; Arifianti, Q. (2016). Review and Analysis of Coal Substitution with Refuse Derived Fuel (RDF) in Cement Plant using System Dynamic. *Proceeding ICEMIT Engineering Management Institut Teknologi DEL, North Sumatra*.

Ummatin, Kuntum; Setyaningrum, P. (2015). Pemodelan Pengelolaan Sampah Kota sebagai Bahan Energi Alternatif di Kabupaten Gresik. *Proceeding Seminar Satelit Universitas Brawijaya*.