

**KECEPATAN PEMBAKARAN SAMPAH DENGAN
FLOW RATE PRIMARY AIR DENGAN VARIASI
MOISTURE DALAM *INCINERATOR*
PORTABLE SKALA RUMAH TANGGA**



TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan
Dalam Menyelesaikan Program Strata-1 (S1)
Pada Jurusan Teknik Mesin
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun Oleh :

**WELLY PRASTYO
3331091358**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON-BANTEN
2016**

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

No : 032/UN.43.3.1/TA/2016

TUGAS AKHIR

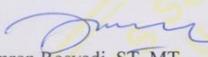
KECEPATAN PEMBAKARAN SAMPAH DENGAN FLOWRATE PRIMARY AIR DENGAN VARIASI MOISTURE DALAM INCENERATOR PORTABLE SKALA RUMAH TANGGA

Dipersiapkan dan disusun oleh:

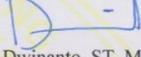
Welly Prastyo
3331091358

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal 2 Agustus 2016

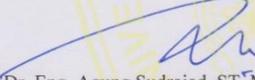
Pembimbing Utama

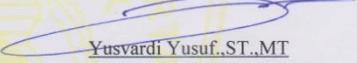

Imron Rosyadi..ST..MT
NIP. 197605042006041001

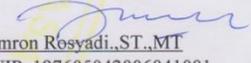
Anggota Dewah Penguji Lain


Dwinanto..ST..MT
NIP. 198301122008121001

Pembimbing Pendamping


Dr. Eng. Agung Sudrajad..ST..M.Eng
NIP.197505152014041001


Yusvardi Yusuf..ST..MT
NIP. 197910302003121001


Imron Rosyadi..ST..MT
NIP. 197605042006041001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 11 Agustus 2016


Ipick Setiawan..ST..M.Eng
NIP. 197705012003121001

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/ seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Welly Prastyo

NPM : 3331091358

Judul : "KECEPATAN PEMBAKARAN SAMPAH DENGAN *FLOWRATE*
PRIMARY AIR DENGAN VARIASI *MOISTURE* DALAM *INCINERATOR*
PORTABLE SKALA RUMAH TANGGA"

Mahasiswa jurusan teknik mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain,
kecuali sumber informasi yang telah disebutkan dalam daftar pustaka dibagian akhir
skripsi ini.

Cilegon, Agustus 2016

Yang Menyatakan



Welly Prastyo

NIM.3331091358

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji hanya milik Allah SWT yang telah memberikan rahmat, karunia serta nikmat-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam kepada Rasullullah SAW yang telah membawa umat manusia dalam kehidupan yang sarat ilmu pengetahuan dan menjunjung tinggi nilai-nilai *akhlakul karimah*.

Tugas akhir ini berisikan mengenai hasil dari perencanaan yang telah dilakukan, di mana dalam penyusunannya merupakan aplikasi dari beberapa matakuliah yang dipelajari di bangku kuliah. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan untuk meraih gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Mesin FT. UNTIRTA.

Tersusunnya tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, untuk itu ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Bapak Dr.Eng.A.Ali Alhamidi, ST., MT. Selaku Dekan FT. UNTIRTA.
2. Bapak Imron, ST., MT. Selaku Pembimbing I, terima kasih atas ilmu, waktu dan kesabarannya dalam membimbing.
3. Bapak Dr.Eng. Agung Sudrajad, ST., M.Eng. Selaku Pembimbing II. Terima kasih atas ilmu, waktu dan kesabarannya dalam membimbing.
4. Bapak Haryadi, ST., MT. selaku Koordinator Tugas Akhir.
5. Ibu Erni Listijorini, ST., MT selaku Pembimbing Akademik.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin FT. UNTIRTA. Terima kasih atas ilmu yang telah kalian berikan.
7. Kedua Orang Tua, adik tercinta (Bimo Krisna Yuda), dan Nurlita Utami yang telah memberikan dukungan serta motivasi yang tidak akan pernah tergantikan, dan Doa yang tak pernah berhenti.
8. Kawan – kawan seperjuangan, khususnya BLNK 26 (Imin, joy, mayaw, jango, jupri, usro,acang) yang telah memacu semangat untuk menyelesaikan tugas akhir

ini dan yang lainnya, terima kasih banyak atas dukungannya serta bantuan tenaga dan pikirannya.

9. Bel N Key brand, selaku pendanaan untuk menyelesaikan tugas akhir ini
10. Teman – teman teknik mesin angkatan 2009 yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungannya. *“Machine is the best”*.

Menyadari akan kelemahan serta kekurangan diri sebagai manusia biasa, oleh karena itu segala saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan. Akhir kata, semoga tugas akhir ini bermanfaat dan dapat dipergunakan sebagai tambahan pustaka serta menjadi sumber ide – ide bagi peneliti yang akan datang.

Wassalammu'alaikum Wr.Wb.

Cilegon, Agustus 2016

Penulis



ABSTRAK

KECEPATAN PEMBAKARAN SAMPAH DENGAN *FLOW RATE PRIMARY AIR* DENGAN VARIASI *MOISTURE* DALAM *INCINERATOR PORTABLE* SKALA RUMAH TANGGA

Incinerator digunakan sebagai salah satu bagian pengolahan limbah dengan cara pembakaran pada temperatur yang sangat tinggi ($>800^{\circ}\text{C}$) untuk mereduksi timbunan sampah yang tergolong mudah terbakar, yang tidak dapat didaur ulang lagi. *Air fuel ratio* (AFR) adalah faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses pembakaran didalam ruang bakar yang paling umum digunakan untuk campuran dalam mesin pembakaran internal.

Tujuan dari *incinerator* ini adalah mengelola limbah sehingga dapat mengurangi volume buangan padat (sampah) sampai 85- 95% dan pengurangan berat sampai 80% selain itu panas yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengkonversi suatu materi menjadi materi lain dan energi, misalnya untuk pembangkitan listrik. Sehingga pada prinsipnya sampah dapat dikelola dengan pembakaran yang ramah lingkungan

Waktu pembakaran dilakukan dalam waktu 30 menit dengan berat maksimal 7kg didalam *incinerator*, setelah pembakaran sisa pembakaran ditimbang kembali. Pengambilan data dilakukan dengan suplay udara primer bukaan katup 60% dengan laju udara sebesar 0.023 kg/s pada pembakaran sampah dengan variabel *moisture* 40,58%, 50,58%, 60,58%.

Diperoleh data dengan variabel *moisture* 40,58% temperatur tertinggi mencapai 702°C pada menit 12 dan sampah habis selama 30 menit dengan berat sampah sebanyak 6.32 kg. Variabel *moisture* 50,58% temperatur tertinggi mencapai 742°C pada menit 20 dan sampah habis selama 30 menit dengan berat sampah sebanyak 6,92 kg. Dan variabel *moisture* 60,58% temperatur tertinggi mencapai 779°C pada menit 11 dan sampah habis selama 30 menit dengan berat sampah sebanyak 7.52kg. Kemampuan *incinerator* untuk membakar sampah dirata-rata setiap pembakaran dengan menggunakan variasi *moisture* yang berbeda mampu mengurangi volume sampah hingga 88,43 %.

Kata Kunci : *Incinerator*, *Air fuel ratio* (AFR), sampah.

ABSTRACT

SPEED BURN TRASH WITH PRIMARY AIR FLOW RATE VARIATION OF MOISTURE IN INCINERATOR PORTABLE HOUSEHOLD SCALE

Incinerator is used as one of the waste processing by burning at extremely high temperatures ($> 800\text{C}$) to reduce landfill trash classified as flammable , which can not be recycled again . Air fuel ratio (AFR) is a factor that affects the perfection of the combustion process in the combustion chamber which is most commonly used for the mixture in an internal combustion process.

The purpose of this incinerator is to manage trash so as can reduce the volume of solid effluent (trash) to 85 to 95 % and a weight reduction of up to 80 % in addition to the heat generated from the combustion process can be utilized to convert the material into other materials and energy , for example for electricity generation . So that in principle trash can be managed with an environmentally friendly combustion

The burning time is done within 30 minutes with maximal weight 7kg in incinerator, after burning the combustion residue is weighted again . Data were collected by primary air supply valve opening is 60 % with an air flow of 0,023 kg / s on burning trash with moisture variable 40.58 % , 50.58 % , 60.58 %

Data obtained by 40.58 % moisture variable has highest temperature reached $702\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 12 minutes and trash was run out for 30 minutes with a weight of 6,32 kg of trash .Moisture variable 50.58 % has highest temperature reached $742\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 20 minutes and trash was run out for 30 minutes with a weight of 6.92 kg of trash . variable moisture 60.58 % has high temperatures reaching $779\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 11 minutes and trash was run out for 30 minutes with a weight of 7,52 kg of trash . Ability incinerator to burningwaste averaged each combustion using different variations of moisture can reduce waste volume by 88.43 % .

Keywords:Incinerator, Air fuel ratio (AFR) ,trash



Dipersembahkan
kepada kedua
orang tua,
kekasih dan
teman-temanku.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR KEASLIAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian/ Rancangan.....	3
BAB II TEORI DASAR	
2.1 <i>Incinerator</i>	4
2.1.1 Jenis-Jenis <i>Incinerator</i>	5
2.1.2 Manfaat Teknologi <i>Incinerator</i>	7
2.1.3 Dampak Penggunaan <i>Incinerator</i>	8
2.2 Teori Pembakaran	9

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/ seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

2.2.1	Udara Primer dan Udara Sekunder.....	10
2.3	Flow Rate Primary Air.....	11
2.4	<i>Air Fuel Ratio</i> (AFR).....	11
2.4.1	Cara Menentukan Kontrol AFR.....	12
2.4.2	AFR Pengujian Bahan Bakar Biomassa.....	13
2.5	Sampah.....	13
2.5.1	Jenis Sampah.....	13
2.5.2	Sumber – Sumber Sampah.....	14
2.5.3	Sampah di Kota Cilegon.....	15
2.6	Hasil Uji Proximat dan Ultimat.....	16
2.7	Proses Pembakaran Pada Tungku Pembakaran Fixed Bed.....	18
BAB III METODOLOGI PERANCANGAN		
3.1	Tahapan Penelitian.....	19
3.1.1	Diagram Alir Penelitian.....	19
3.2	Metode Yang Digunakan.....	21
3.3	Objek Penelitian.....	22
3.4	Variabel Penelitian.....	22
3.5	Waktu dan Lokasi Pengujian.....	22
3.6	Garis Besar <i>Incinerator</i>	23
3.7	Bagian – Bagian <i>Incinerator</i>	23
3.7.1	Kipas/ Blower.....	23
3.7.2	Primary Air.....	24
3.7.3	Ruang Pembakaran.....	24

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

3.8	Alat dan Bahan Pengujian.....	26
3.8.1	Peralatan Pengujian	26
3.8.2	Cara Pengambilan Data <i>Incinerator</i>	29
3.9	Parameter Prestasi <i>Incinerator</i>	30
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA		
4.1	Perhitungan Laju Masa Udara Pembakaran (m udara)	32
4.2	Perhitungan Laju Masa Bahan Bakar (m sampah).....	33
4.3	Pengujian Kadar Air.....	35
4.4	Nilai Air Fuel Ratio (AFR)	36
4.5	Data dan Hasil	39
4.5.1	Pengambilan Data Temperatur	40
4.5.2	Perbandingan Data Hasil Percobaan.....	45
4.5.3	Perbandingan Grafik Temperatur	46
4.5.4	Pengukuran Berat Sisa Pembakaran	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		50

LAMPIRAN – LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Incinerator.....	4
Gambar 2.2	Rotary Kiln Incinerator.....	6
Gambar 2.3	Fluidized Bed Incinerator.....	6
Gambar 2.4	Multiple Hearth Incinerator.....	7
Gambar 2.5	Jenis Sampah Kota Cilegon.....	15
Gambar 3.1	Blower Primary Air.....	23
Gambar 3.2	Ruang Bakar Pada Incinerator.....	24
Gambar 3.3	Bata Tahan Api.....	25
Gambar 3.4	Semen Tahan Api.....	25
Gambar 3.5	Anemometer.....	26
Gambar 3.6	Thermocouple.....	27
Gambar 3.7	Thermocontrol.....	27
Gambar 3.8	Stopwatch.....	28
Gambar 3.9	Timbangan Digital.....	28
Gambar 3.10	Titik Pengukuran.....	29
Gambar 4.1	Skema Laju Udara Primer.....	32
Gambar 4.2	Letak Titik T1 dan T2.....	40
Gambar 4.2	Letak Titik T3 dan T4.....	40
Gambar 4.3	Sisa Hasil Pembakaran.....	48

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Sampah Rata-Rata di Kota Cilegon	16
Tabel 2.2	Hasil Pengujian Proximat Pada Kondisi Air Dry Bases.....	17
Tabel 2.3	Hasil Pengujian Ultimat Pada Kondisi Air Dry Bases	17
Tabel 3.1	Spesifikasi Blower Primary	23
Tabel 3.2	Titik Pengambilan Data	29
Tabel 4.1	Kecepatan Blower Udara Primer.....	32
Tabel 4.2	Presentasi Berat Sampah	33
Tabel 4.3	M _{pembakaran}	34
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Proximat Pada Kondisi Air Dry Bases.....	34
Tabel 4.5	Perhitungan Kadar Air	35
Tabel 4.6	Perbandingan AFR Terhadap Moisture.....	36
Tabel 4.7	Kandungan Hasil Pengujian Proximat Sampah Kota Cilegon	37
Tabel 4.8	Kandungan Hasil Pengujian Ultimat Sampah Kota Cilegon.....	37
Tabel 4.9	Konsumsi O ₂ dan Pembakaran Unsur-Unsur Dalam 1 Kg Sampah...	37
Tabel 4.10	Komposisi Udara.....	38
Tabel 4.11	Perbandingan Nilai Equivalent Ratio	39
Tabel 4.12	Pengujian Pembakaran Sampah Dengan Moisture 40,58 %	41
Tabel 4.13	Pengujian Pembakaran Sampah Dengan Moisture 50,58 %	42
Tabel 4.14	Pengujian Pembakaran Sampah Dengan Moisture 60,58 %	44
Tabel 4.15	Data Pengujian Pembakaran.....	45
Tabel 4.16	Ash Sisa Pembakaran	46

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan penduduk perkotaan pada dekade terakhir ini mengalami tingkat pertumbuhan yang tinggi dan pertumbuhan ini akan berlangsung terus dengan percepatan yang tinggi, tingkat pertumbuhan penduduk yang cepat akan menambah beban yang tidak ringan bagi suatu kota, salah satu beban yang timbul adalah limbah padat atau sering disebut sampah. Sampah merupakan materi atau zat, baik yang bersifat organik maupun anorganik yang dihasilkan dari setiap aktivitas manusia baik itu dalam rumah tangga, industri, maupun kegiatan yang lainnya.

Sampah menjadi salah satu permasalahan serius yang sampai saat ini merupakan tantangan bagi masyarakat terutama di wilayah perkotaan. Pengelolaan sampah umumnya tidak dilakukan secara konsisten dan konsekuen sesuai dengan konsep awal, selama ini masyarakat membuang begitu saja sampah ke tempat-tempat sampah dan menyerahkan urusan selanjutnya kepada petugas kebersihan. Pengaturan dan pengelolaan sampah saat ini pada dasarnya hanya terpaku kepada teknis saja, padahal yang terpenting adalah bagaimana caranya pihak pengelola dapat mengedepankan kepentingan masyarakat melalui sosialisasi yang transparan dalam penanganan sampah.

Saat ini cara paling banyak yang digunakan pemerintah kabupaten/ kota dalam pengelolaan sampah adalah dengan penimbunan sampah yang dipusatkan ditempat tertentu dengan cara pengurugan dan penimbunan (*landfill*) yang dianggap murah dan mudah, atau bahkan terkadang kenyataannya sering dilakukan dengan cara penumpukan bebas (*open dumping*) karena tanah timbunan dan lahan yang tidak lagi mencukupi. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2015 jumlah

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

peningkatan timbulan sampah di Indonesia telah mencapai 175.000 ton/hari atau setara 64 juta ton/tahun. Bahkan pada tahun 2012 pola pengelolaan sampah di Indonesia : diangkut dan ditimbun di TPA (69%), dikubur (10%), dikompos dan didaur ulang (7%), dibakar (5%) dan sisanya tidak terkelola (7%). Dengan cara seperti ini sampah yang sebagian besar ditangani dan dibuang dengan cara yang tidak saniter, boros dan mencemari lingkungan. Dengan tidak terencana pembuangan sampah yang baik dan penimbunannya dilakukan sembarangan, kurang profesional dan tidak sesuai konsep *sanitary landfill* yang seharusnya sesuai dengan persyaratan mutlak sebuah tempat pembuangan akhir (TPA), maka tidak jarang dijumpai sampah di TPA menjadi menggunung.

Dari permasalahan yang timbul kita dapat meminimalisir jumlah timbunan sampah yang ada dengan berbagai cara dan upaya, salah satunya dengan metode pola pembakaran berteknologi (*Incinerator Portable*). *Incinerator* digunakan untuk rentang yang sangat luas sebagai salah satu bagian pengolahan limbah dengan cara pembakaran pada temperatur yang sangat tinggi ($>800^{\circ}\text{C}$) untuk mereduksi timbulan yang tergolong mudah terbakar, yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi. Sasaran teknologi ini mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas serta materi padatan yang sulit terbakar seperti abu dan debu.

Tujuan dari *incinerator* ini adalah mengelola limbah sehingga dapat mengurangi volume buangan padat (sampah) sampai 85- 95% dan pengurangan berat sampai 80% dan bahayanya selain itu panas yang dihasilkan dari proses pembakaran tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengkonversi suatu materi menjadi materi lain dan energi, misalnya untuk pembangkitan listrik. Sehingga pada prinsipnya sampah dapat dikelola dengan pembakaran yang ramah lingkungan, karena keluaran emisi yang dihasilkan dapat memenuhi persyaratan dari Kementerian Lingkungan Hidup sesuai dengan Kep.Men LH No.13/MENLH/3/1995. Sehingga teknologi ini sangat membantu pemerintah dalam menangani masalah sampah baik ditingkat rumah tangga maupun nasional.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana cara membuat suatu alat pembakar sampah yang hemat energi

1.3 Asumsi dan Batasan Masalah

Terdapat beberapa batasan masalah dalam penelitian ini. Hal ini bertujuan agar penelitian dapat berjalan dengan lancar. Berikut beberapa batasan yang ditetapkan :

1. Pengujian dilakukan pada sampah rumah tangga
2. Tidak membahas rancang bangun incinerator
3. Hanya menganalisa pembakaran dengan konsumsi udara primer
4. Tidak membahas kualitas hasil pembakaran
5. Tidak membahas kadar air pada sampah.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini dimaksudkan atau bertujuan untuk :

1. Menganalisa pembakaran untuk bahan bakar sampah,serta menganalisa berapa konsumsi udara yang dibutuhkan untuk menghasilkan pembakaran yang baik.(AFR)
2. Mengetahui temperatur yang dihasilkan pada pembakaran dengan konsumsiudara primer.

1.5 Manfaat Penelitian / Rancangan

Dilihat dari latar belakang yang ada, maka manfaat dari penelitian ini adalah menjadikan solusi sebuah pembakar sampah rumah tangga yang ramah lingkungan serta murah dalam perawatannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Incinerator*

Incinerator adalah suatu alat pemusnah sampah yang dioperasikan dengan menggunakan teknologi pembakaran pada suhu tertentu, sehingga dapat menghancurkan sampah-sampah organik dan anorganik dan juga sampah-sampah berbahaya dan beracun ataupun sampah-sampah infeksi, sehingga sisa pembakaran dapat dibuang dengan aman ke tempat pembuangan sampah umum.



Gambar 2.1 *Incinerator*

(Sumber : www.indonetwork.co.id)

Bagian-bagian dalam *incinerator*, antara lain :

1. *Charging apparatus*

Charging apparatus adalah tempat penampungan sampah yang berasal dari kendaraan pengangkut sampah. Di tempat ini sampah yang terkumpul ditumpuk dan diaduk.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

2. *Furnace*

Furnace atau tungku merupakan alat pembakar yang dilengkapi dengan jeruji besi yang berguna untuk mengatur jumlah masuk sampah dan untuk memisahkan abu dengan sampah yang belum terbakar. Dengan demikian tungku tidak terlalu penuh.

3. *Combustion*

Combustion atau tungku pembakar kedua, memiliki nyala api yang lebih panas dan berfungsi untuk membakar benda-benda yang tidak terbakar pada tungku pertama.

4. *Chimmey* atau *stalk*

Chimmey atau *stalk* adalah cerobong asap untuk mengalirkan asap keluar dan mengalirkan udara ke dalam

5. *Miscellaneous features*

Miscellaneous features adalah tempat penampungan sementara dari debu yang terbentuk, yang kemudian diambil dan dibuang.

2.1.1 Jenis –Jenis *Incinerator*

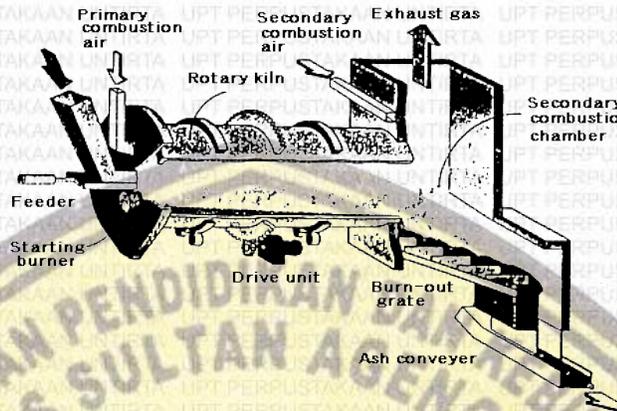
Terdapat berbagai jenis *incinerator* yang telah di kembangkan, namun teknologi *incinerator* yang paling umum digunakan selama ini adalah seperti *rotary kiln incenerator*, *multiple heart incenerator*, dan *fluidzed bed incenerator*.

a. *Liquid Injection Incinerator*, *incinerator* yang hanya dapat menerima limbah dalam bentuk cair, gas, lumpur cair (*slurry*) yang dapat dipompakan melalui nozzle.

b. *Rotary Kiln Incinerator*, *incinerator* yang dapat dipakai untuk mengolah limbah dalam bentuk padat termasuk limbah yang dimasukkan dalam drum, gas, cair, lumpur pekat.

PERINGATAN !!!

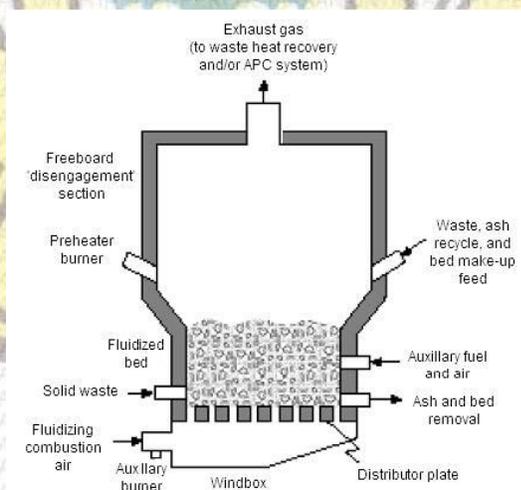
1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



Gambar 2.2 Rotary Kiln Incinerator

(Sumber : www.infohouse.p2ric.org)

c. *Fluid Bed Incinerator*, *incinerator* ini memakai media pasir sebagai penghantar panas sehingga menghasilkan turbulensi yang sangat tinggi dan luas daerah transfer panas untuk bercampurnya oksigen dan media lebih besar.



Gambar 2.3 Fluidized Bed Incinerator

(Sumber : www.wteinternational.com)

d. Statis (*incinerator* modular atau kecil); *Incinerator* tungku statis merupakan salah satu *incinerator* yang tidak terlalu mahal. Tungku

PERINGATAN !!!

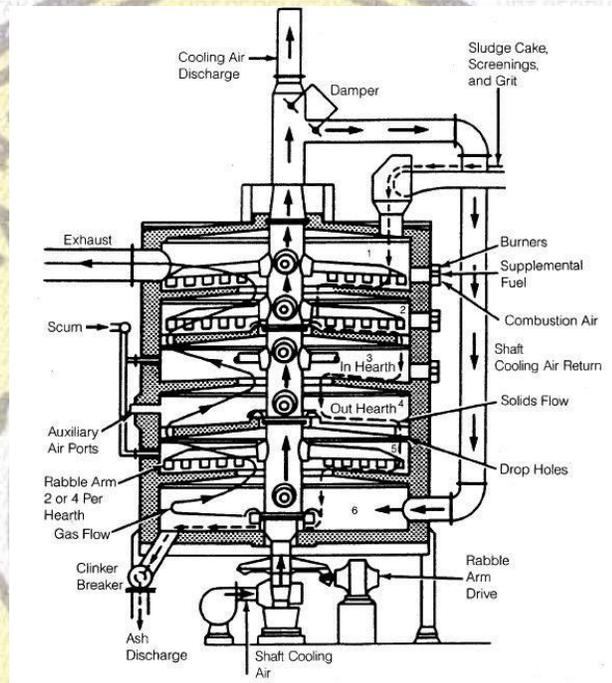
1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

ini sesuai untuk limbah dengan jumlah yang relatif sedikit pada suatu alas batch (batch basis).

e. *Mechanical stoker* ; biasanya untuk sampah kota

f. *Multiple hearth* : untuk limbah industri



Gambar 2.4 Multiple Hearth Incinerator

(Sumber : www.combustionportal.org)

2.1.2 Manfaat Teknologi Incinerator

Teknologi pembakaran sampah dalam skala besar/ skala kota dilakukan di instalasi pembakaran *incinerator*. Teknologi ini mampu mengurangi sampah hingga 80% berat, sehingga yang 20% merupakan sisa pembakaran yang harus dibuang ke TPA atau dimanfaatkan lebih lanjut. Sisa pembakaran ini relatif stabil dan tidak dapat membusuk lagi, sehingga lebih mudah penanganannya. Teknologi *incinerator* mempunyai beberapa sasaran, yaitu:

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

- a. Mengurangi massa/ volume limbah, proses oksidasi limbah pada pembakaran temperature tinggi dihasilkan abu, gas dan energi panas.
- b. Mendestruksi komponen berbahaya, *incinerator* tidak hanya digunakan untuk membakar sampah kota (sampah rumah tangga), namun juga digunakan untuk limbah industri (termasuk limbah B3), limbah medis (limbah *infectious*). *Incinerator* juga dipakai untuk limbah non padat seperti *sludge* dan limbah cair yang sulit terdegradasi.
- c. Pemanfaatan energi panas, *incinerator* dapat menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan. Faktor penting yang harus diperhatikan adalah kuantitas dan kontinuitas limbah yang akan dipasok. Kuantitas harus cukup untuk menghasilkan energi secara kontinu agar suplai energi tidak terputus.

2.1.3 Dampak Penggunaan *Incinerator*

Incinerator merupakan sumber terbesar polusi dioxin dan logam berat, seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), arsen (As) dan kromium (Cr) di udara. Merkuri merupakan racun saraf yang sangat kuat dan dapat mengganggu sistem syaraf, dan panca indera. Dioxin adalah polutan paling berbahaya yang dihasilkan dari proses *incinerator* karena dapat menyebabkan kanker, kerusakan sistem kekebalan, reproduksi, dan permasalahan dalam pertumbuhan. Dioxin terakumulasi dalam tubuh, melalui rantai makanan dari pemangsa ke predator, terkonsentrasi dalam daging dan susu-mentega, dan terakumulasi dalam tubuh manusia.

Dioksin dihasilkan dari reaksi oksidasi atau pembakaran senyawa dikloro benzene yang banyak ditemukan pada pestisida atau herbisida, pemutih kertas, bahan plastik pembungkus makanan, dan alat medis sekali pakai. Dioksin juga terbentuk dari pembakaran bahan organik

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

seperti kayu dan lemak. Batasan paparan dioksin pada manusia sesuai baku mutu 1406 EPA adalah 1-4 nanogram per meter kubik asap.

Polutan-polutan lain yang dihasilkan dari *incinerator* yang juga perlu diperhatikan antara lain adalah senyawa-senyawa hidro karbon halogen (non-dioxin), gas-gas penyebab hujan asam, partikulat-partikulat yang dapat mengganggu fungsi paru-paru dan gas-gas efek rumah kaca. Abu *incinerator* sangat berbahaya tetapi seringkali tidak ketat pengaturannya. Selain menghasilkan berbagai residu yang berbahaya *incinerator* merupakan teknologi yang sangat mahal dan rumit. Dibutuhkan kemampuan yang tinggi untuk mengoperasikannya, belum lagi biaya perawatannya yang juga mahal. Tenaga kerja yang terlibat dalam proses *incinerator* sangatlah sedikit karena semua pengerjaannya dilakukan secara otomatis sehingga menghasilkan sedikit kesempatan lapangan pekerjaan.

2.2 Teori Pembakaran

Definisi proses pembakaran adalah suatu reaksi kimia eksotermal dengan kalor yang dibangkitkan sangat besar dan menghasilkan nyala, dimana reaksi ini berlangsung spontan dan berkelanjutan karena adanya suplai kalor yang dibangkitkan oleh reaksi itu sendiri. Dalam proses pembakaran, jenis bahan baku merupakan salah satu parameter yang penting dalam proses pembakaran.

Pembakaran yang baik diperlukan lima syarat yaitu :

- a. Pencampuran reaktan secara murni
- b. Suplai udara yang cukup
- c. Suhu yang cukup untuk memulai pembakaran
- d. Waktu yang cukup untuk kelangsungan pembakaran
- e. Kerapatan yang cukup untuk merambatkan nyala api

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan : CO₂, air, dan SO₂. Pada pembakaran yang tidak sempurna pada gas asap akan terdapat sisa bahan bakar,

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

gas CO, hidrosil (OH), aldehid (RCHO) dan nitrogen, serta senyawa-senyawa oksida nitrat dan oksida nitrogen. Semua produk pembakaran diatas bersifat polusi kecuali H₂O dan N₂.

Penyebab proses pembakaran menjadi tak sempurna, dimana ditandai dengan terbentuknya C, H₂, CO, OH atau yang lain dalam produk pembakaran:

- Kekurangan oksigen (O₂)
- Kurangnya kualitas campuran
- Terjadi disosiasi (peruraian gas produk karena suhu tinggi)

Jumlah udara yang masuk dalam *incinerator* mempengaruhi jumlah udara pembakaran secara sempurna. Jumlah udara yang dibutuhkan dapat didekati dengan perbandingan kebutuhan udara dan bahan dalam reaksi pembakaran biomassa dan melalui pendekatan kandungan karbon dan hidrogen dalam bahan bakar. Reaksi pembakaran biomassa secara umum adalah sebagai berikut menurut Pichtel (2005)



Dalam sebuah pembakaran, biasanya oksigen didapat dari udara bebas. Oksigen yang terkandung didalam udara adalah 21% dari total udara bebas. Pada pembakaran bahan bakar merupakan reaksi kimia yang berdasarkan pada hukum kekekalan massa yaitu jumlah massa setiap elemen adalah sama selama reaksi kimia, dan jumlah total massa setiap elemen diruas kanan (produk) dan ruas kiri (reaktan) pada reaksi kimia harus sama.

2.2.1 Udara Primer dan Udara Sekunder

Dalam pembakaran, ada pengertian udara primer yaitu udara yang dicampurkan dengan bahan bakar di dalam *incinerator* (sebelum pembakaran) dan udara sekunder yaitu udara yang dimasukkan dalam ruang pembakaran setelah *incinerator*, melalui ruang sekitar ujung *incinerator* atau melalui tempat lain pada ruang bakar. Adanya udara

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

primer dimaksudkan supaya pembakaran pada ruang bakar *incinerator* terbakar sempurna.

Untuk mengontrol udara primer yang masuk pada *incinerator* terlebih dahulu kita mengukur kecepatan udara pada *blower* dengan menggunakan anemometer . kemudian untuk mendapatkan suplai udara yang maksimal ke ruang bakar pada *incinerator* dengan cara mengontrol bukaan *valve*.

2.3 Flow Rate Primary Air

Flow rate primary air adalah banyaknya atau jumlah fluida yang mengalir pada udara primer yang diukur persatuan waktu. Hal ini dapat dinyatakan dengan rumus :

$$Q = v \cdot A \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

Q = laju alir

v = kecepatan

A = luas penampang

2.4 Air Fuel Ratio (AFR)

Air fuel ratio (AFR) adalah faktor yang mempengaruhi kesempurnaan proses pembakaran didalam ruang bakar yang paling umum digunakan untuk campuran dalam mesin pembakaran internal. Istilah ini juga digunakan untuk menentukan campuran yang digunakan untuk tungku industri yang dipanaskan oleh pembakaran.

Nilai kuantitas pada analisa pembakaran untuk mengetahui jumlah udara dan bahan bakar dinyatakan dengan *Air-Fuel Ratio* (AFR) yaitu perbandingan antara massa udara dengan massa bahan bakar.

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} = \frac{(N.M)_a}{(N.M)_f} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- m_a = massa udara (kg)
- m_f = massa bahan bakar (kg)
- N_a = jumlah mol udara (kmol)
- N_f = jumlah mol bahan bakar (kmol)
- M_a = massa molar udara (kg/kmol)
- M_f = massa molar bahan bakar (kg/kmol)

Besarnya AFR dapat diketahui dari uji coba reaksi pembakaran yang benar-benar terjadi, nilai ini disebut AFR aktual. Sedangkan AFR lainnya adalah AFR stoikiometri, merupakan AFR yang diperoleh dari persamaan reaksi pembakaran. Dari perbandingan nilai AFR tersebut dapat diketahui nilai Rasio Ekuivalen (ϕ) :

$$\phi = \frac{AFR_{sto}}{AFR_{akt}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Pada proses pembakaran sampah di dalam *incinerator* hal yang terpenting adalah jumlah oksigen yang harus masuk ke dalam ruang pembakaran. Karena hal tersebut akan mempengaruhi kesempurnaan pembakaran. Selain itu permulaan pembakaran juga harus diperhatikan baik jenis dan panas yang dibutuhkan untuk memulai pembakaran.

2.4.1 Cara Menentukan Kontrol AFR

Untuk menentukan control AFR pada penelitian ini yaitu dengan terpasangnya *valve* penghubung antara pipa udara primer dengan blower maka control AFR ini tinggal menyesuaikan bukaan *valve* untuk mendapatkan distribusi udara yang optimal pada tungku utama pembakaran.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

2.4.2 AFR Pengujian Bahan Bakar Biomassa

Secara harfiah biomassa adalah material biologis yang berasal dari tumbuhan, hewan, termasuk manusia yang dapat dijadikan sumber energi dengan terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk cair atau bentuk gas.

Biomassa dapat dimanfaatkan untuk memproduksi energi salah satunya melalui proses termokimia contohnya pirolisis, gasifikasi, dan pembakaran. Perbedaan jenis konversi energi tersebut terletak pada banyaknya suplai oksigen saat konversi berlangsung. Konsumsi oksigen yang diperlukan saat pembakaran setidaknya memiliki AFR 6,25. Pada proses gasifikasi memiliki batasan AFR 1,5. Sedangkan pirolisis cenderung tidak membutuhkan oksigen pada prosesnya.

2.5 Sampah

Menurut WHO, sampah adalah sesuatu yang tidak digunakan, tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang dibuang berasal dari kegiatan manusia dan tidak terjadi dengan sendirinya.

2.5.1 Jenis Sampah

Pada prinsipnya sampah dibagi menjadi sampah padat, sampah cair dan sampah dalam bentuk gas. Sampah padat dapat dibagi menjadi beberapa jenis yaitu :

1. Berdasarkan zat kimia yang terkandung didalamnya, yaitu :
 - a. Sampah anorganik misalnya : logam-logam, pecahan gelas, dan plastik
 - b. Sampah Organik misalnya : sisa makanan, sisa pembungkus dan sebagainya
2. Berdasarkan dapat tidaknya dibakar, yaitu :
 - a. Mudah terbakar misalnya : kertas, plastik, kain, kayu
 - b. Tidak mudah terbakar misalnya : kaleng, besi, gelas

3. Berdasarkan dapat tidaknya membusuk, yaitu :

- a. Mudah membusuk misalnya : sisa makanan, potongan daging
- b. Sukar membusuk misalnya : plastik, kaleng, kaca

2.5.2 Sumber-Sumber Sampah

Sampah yang ada di permukaan bumi ini dapat berasal dari beberapa sumber berikut :

1. Pemukiman penduduk

Sampah di suatu pemukiman biasanya dihasilkan oleh satu atau beberapa keluarga yang tinggal dalam suatu bangunan atau asrama yang terdapat di desa atau di kota. Jenis sampah yang dihasilkan biasanya sisa makanan dan bahan sisa proses pengolahan makanan atau sampah basah (*garbage*), sampah kering (*rubbsih*), perabotan rumah tangga, abu atau sisa tumbuhan kebun.

2. Tempat umum dan tempat perdagangan

Tempat umum adalah tempat yang memungkinkan banyak orang berkumpul dan melakukan kegiatan termasuk juga tempat perdagangan. Jenis sampah yang dihasilkan dari tempat semacam itu dapat berupa sisa-sisa makanan (*garbage*), sampah kering, abu, sisa bangunan, sampah khusus, dan terkadang sampah berbahaya.

3. Sarana layanan masyarakat milik pemerintah

Sarana layanan masyarakat yang dimaksud disini, antara lain, tempat hiburan dan umum, jalan umum, tempat parkir, tempat layanan kesehatan (misalnya rumah sakit dan puskesmas), kompleks militer, gedung pertemuan, pantai empat berlibur, dan sarana pemerintah lain. Tempat tersebut biasanya menghasilkan sampah khusus dan sampah kering.

4. Industri berat dan ringan

Dalam pengertian ini termasuk industri makanan dan minuman, industri kayu, industri kimia, industri logam dan tempat pengolahan

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

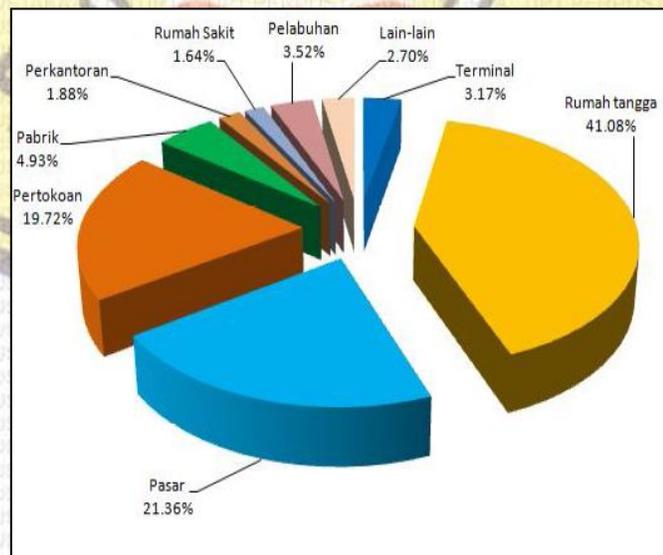
air kotor dan air minum, dan kegiatan industri lainnya, baik yang sifatnya distributif atau memproses bahan mentah saja. Sampah yang dihasilkan dari tempat ini biasanya sampah basah, sampah kering, sisa-sisa bangunan, sampah khusus dan sampah berbahaya.

5. Pertanian

Sampah dihasilkan dari tanaman dan binatang. Lokasi pertanian seperti kebun, ladang ataupun sawah menghasilkan sampah berupa bahan-bahan makanan yang telah membusuk, sampah pertanian, pupuk, maupun bahan pembasmi serangga tanaman.

2.5.3 Sampah di Kota Cilegon

Perkembangan pembangunan Kota Cilegon selama lebih dari sepuluh tahun terakhir telah banyak mengalami kemajuan dalam berbagai bidang. Berbagai kemajuan yang telah dicapai tersebut telah dirasakan oleh masyarakat. Kemajuan tersebut juga memicu adanya peningkatan jumlah penduduk yang bersumber dari meningkatnya angka kelahiran dan adanya pendatang yang ingin mengadu nasib di Kota Cilegon.



Gambar 2.5 Jenis Sampah Kota Cilegon

(Sumber : Imron Rosyadi, Agung Sudrajat, Diki M Nurdin, 2013)

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/ seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Pada gambar 2.5 terlihat bahwa jenis sampah yang ada didominasi oleh sampah dari rumah tangga sebesar 41,08% dan terus meningkat disetiap tahunnya dikarenakan pesatnya pertumbuhan penduduk di Kota Cilegon. Peningkatan jumlah penduduk tersebut sebanding dengan peningkatan jumlah volume sampah yang ada.

Tabel 2.1 Komposisi Sampah Rata-Rata di Kota Cilegon

Komponen	Volume (m ³)	Persentase (persen)
Organik	16685.32	65.05
Plastik	2842.02	11.08
Kertas	2593.21	10.11
Kayu	800.28	3.12
Kain	800.28	3.12
Metal/logam	628.42	2.45
Kaca/gelas	418.9	1.63
Tulang	279.58	1.09
Karet	141.07	0.55
Baterai	71.82	0.28
Lain-lain	702.81	2.74

(Sumber: Dinas Kebersihan Kota Cilegon)

2.6 Hasil Uji Proximat dan Ultimat

Pengujian analisa proksimat dilakukan untuk menentukan kandungan *moisture*, *volatile matter*, abu dan fixed carbon. Sedangkan pengujian analisa *ultimat* dilakukan untuk menentukan kandungan C, H, O, N, S dan Cl. Hasil pengujian *proximat* dan *ultimat* tersebut kemudian dilakukan analisa berupa perhitungan nilai kalor berdasarkan kadar air dari bahan bakar sampah yang divariasikan (*Data processing*). Nilai kalor bahan bakar menjadi pertimbangan kelayakan sampah sebagai bahan bakar.

Pengujian proximat sampah dilakukan pada beberapa komponen sampah. Setelah dikelompokkan seperti terlihat pada tabel 2.2 dan 2.3. Semakin besar kadar abu maka semakin kecil nilai kalornya karna jumlah karbon padat yang

berpengaruh semakin kecil. Hal ini berarti apabila kadar karbon padatnya tinggi, maka akan menghasilkan nilai kalor yang tinggi.

Tabel 2.2 Hasil Pengujian Proximat Pada Kondisi Air Dry Bases

No	Komponen sampah	Kandungan air % adb	Abu % adb	Zat terbang % adb	Karbon padat %adb
1	Organic	10,48	5,99	70,58	12,95
2	Sisa makanan	11,76	0,56	74,54	13,14
3	Plastik	0,2	6,75	85,92	7,13
4	Tekstil	11,74	2,15	79,5	6,61
5	Karet	0,82	20,82	73,4	4,97
6	Styrofoam	0,25	0,38	98,79	0,58

(Sumber: Diki Nurdin, 2013)

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Ultimat Pada Kondisi Air Dry Bases

No	Komponen sampah	S %adb	Cl %adb	C %adb	H %adb	N %adb	O %adb
1	Organik	0,11	0,05	41,21	5,63	0,85	46,20
2	Sisa makanan	0,21	0,24	37,93	6,79	1,54	52,97
3	Plastic	0,07	0,12	53,74	6,57	0,00	32,86
4	Tekstil	0,15	0,59	36,25	6,63	0,85	53,97
5	Karet	0,71	0,04	54,56	6,92	0,43	16,58
6	Styrofoam	0,06	0,06	88,92	6,48	0,00	4,16

(Sumber: Diki Nurdin, 2013)

Secara teoritis batasan komposisi kandungan dari pengujian proksimat agar mampu terbakar tanpa bahan tambahan yaitu memiliki kandungan air (W) dibawah 50%, kandungan abu (A) dibawah 60, dan kandungan zat terbakar (C) diatas 25% dalam basis massa pada wilayah berwarna abu-abu.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

2.7 Proses Pembakaran Pada Tungku Pembakaran Fixed bed

Incinerator pada umumnya menggunakan tungku pembakaran jenis fixed-bed. Pada tungku ini, distribusi bahan bakar ke dalam ruang pembakaran dilakukan secara memasukan bahan bakar melalui atas (*overfeed*). Udara pembakaran dialirkan melalui dua buah saluran udara, yaitu satu saluran untuk udara primer (*primary air*) yang terletak di bawah bahan bakar, sehingga udara langsung bercampur dengan bahan bakar, yang kedua merupakan saluran udara sekunder (*Secondary air*) yang terletak pada bagian atas bahan bakar.

Tungku pembakaran jenis *fixed-bed* merupakan tungku pembakaran biomassa menggunakan *grate* dengan model alas tetap atau tidak bergerak. Di mana bahan bakar yang akan dibakar ditumpuk di atas alas dasar (bed) tungku pembakaran. Pada insenerator ini proses pengumpanan bahan bakar dilakukan dengan manual. Kebanyakan prosedur pengisian bahan bakar kedalam ruang pembakaran dilakukan dengan menggunakan sebuah “*feeling*” dari seorang operator berdasarkan indikator temperatur yang terdapat pada ruang bakar, dan juga berdasarkan ketinggian api pada ruang bakar, jika tinggi api terlihat sudah mulai mengcil, maka perlu penambahan bahan bakar sehingga proses pembakaran terus berlanjut.

Cara pengisian bahan bakar dilakukan tanpa mempertimbangkan aspek stokiometri yaitu (memenuhi prinsip kesetimbangan campuran antara bahan bakar dengan udara). Proses pembakaran tidak sempurna yang diindikasikan dengan suatu konsumsi bahan bakar yang boros akan memberikan dampak lain yang tidak kalah penting, yaitu penurunan kualitas lingkungan akibat peningkatan emisi pembakaran di udara.

Pengisian bahan bakar yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kelebihan bahan bakar dalam ruang pembakaran, tumpukan bahan bakar atau sampah yang melebihi beban *grate* tersebut dapat menyebabkan bahan bakar atau sampah sulit dibakar atau sulit teroksidasi dengan baik karena propagasi menjadi lebih lambat akibat padatnya bahan bakar atau sampah.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

3.1.1 Diagram Alir Penelitian

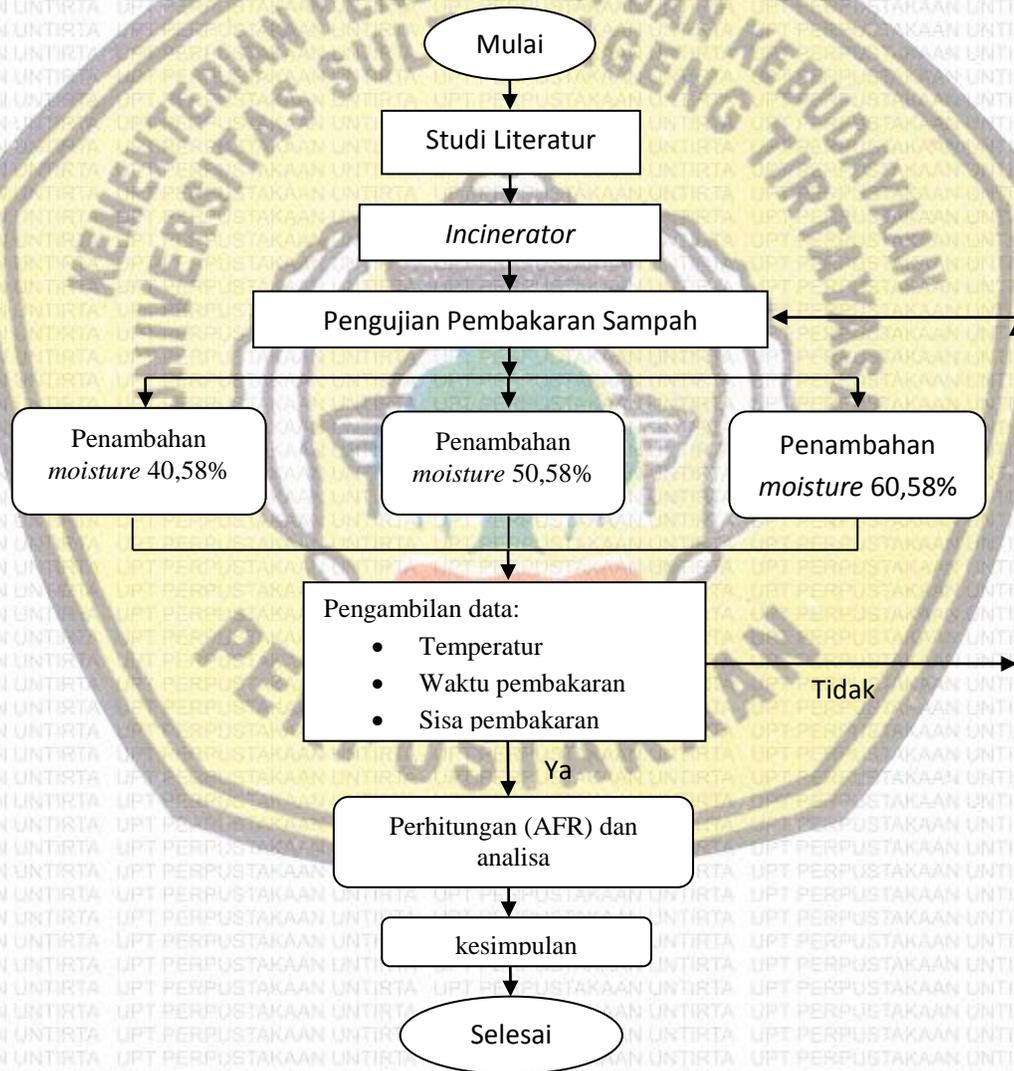


Diagram 3.1 Alur Penelitian

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjual belikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

3. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjual belikan.
4. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Dari diagram alir diatas, maka dapat di jelaskan tahapan yang akan dikerjakan oleh penulis yaitu sebagai berikut :

1. Mulai

Penulis memulai penelitian dengan niat ingin lulus terlebih dahulu dengan membaca basmalah lalu penulis mempelajari data sampah yang berada di Cilegon dan cara kerja pembakaran dengan menggunakan bahan bakar biomass.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data yang berkaitan dengan tugas akhir. Data diperoleh dari berbagai sumber, seperti buku, jurnal, dan sumber lainnya. Metode ini bertujuan untuk mempelajari proses pembakaran pada tungku *incinerator*, mulai dari stoikiometri, kadar air sampah hingga alat ukur yang digunakan pada pengujian analisa AFR *incinerator* untuk mendapatkan hasil AFR terbaik pada *Incinerator* tersebut.

3. *Incinerator*

Incinerator adalah suatu alat pembakar sampah yang di operasikan dengan menggunakan teknologi pembakaran pada suhu tertentu, sehingga dapat menghancurkan sampah – sampah organik dan anorganik dan juga sampah – sampah berbahaya dan beracun ataupun sampah – sampah infeksi, sehingga sisa pembakaran dapat dibuang dengan aman ke tempat pembuangan sampah umum.

Pembakaran dalam *incinerator* dilakukan pada *chamber* tertutup, untuk menghindari bahaya toksin maupun infeksi dari sampah yang akan dimusnahkan. Proses pembakaran ini memerlukan waktu yang bervariasi, tergantung jenis sampahnya serta volume sampah yang akan dimusnahkan. Pada *incinerator*, biasanya memiliki dua buah ruang pembakaran untuk membakar obyek dan membakar asap sebelum difilter, sehingga sisa – sisa karbon dari pembakaran yang terbawa asap akan semakin berkurang,

sehingga gas CO yang dihasilkan juga semakin berkurang, dan tidak membahayakan bagi lingkungan.

4. Pengujian pembakaran sampah

Sebelum melakukan pengujian pembakaran sampah pada *incinerator* ada baiknya mempersiapkan dulu alat ukur serta mengecek jenis sampah yang akan diambil data pengujiannya. Mempersiapkan seperti termokopel untuk mengetahui temperature pembakaran serta pengecekan pada blower dan valvenya.

Pengujian *incinerator* dilakukan sesuai dengan SOP pengujian yang telah dibuat, yaitu dengan penambahan *moisture* pada sampah yang akan dibakar sebanyak (40%, 50%, dan 60%). Data hasil pengujian dimasukkan kedalam lembaran data untuk di analisa lebih lanjut.

5. Pengambilan data percobaan

Pengambilan data ini dimaksudkan untuk mengetahui temperatur pembakaran pada *incinerator* serta lamanya waktu pembakaran selama sekali pembakaran dan juga dapat diketahui banyaknya sisa hasil pembakaran pada *incinerator* tersebut

6. Perhitungan dan analisa

Data yang telah didapatkan pada pengujian akan di hitung serta di analisa untuk mengetahui hasil AFR terbaik dari pembakaran pada *incinerator* tersebut, kemudian setelah mendapatkan hasil yang diinginkan selanjutnya data diolah lebih lanjut agar dapat ditarik kesimpulan untuk menjawab tujuan penelitian ini. selain itu saran saran berdasarkan hasil penelitian dapat diajukan untuk pengembangan penelitian berikutnya.

3.2 Metode Yang Digunakan

Metode yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini menggunakan metode eksperimental, yaitu suatu cara yang digunakan untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

3.3 Objek Penelitian

Adapun objek penelitian yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini yaitu alat pembakar sampah (*incinerator*) skala rumah tangga yang di desain pada penelitian sebelumnya.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel adalah sesuatu yang dapat berubah atau bergam, sedangkan variable penelitian adalah gejala-gejala yang menunjukkan perubahan.

1. Variabel bebas

Variabel bebas yang digunakan yaitu jenis sampah campuran (tabel 2.2) di Cilegon untuk pembakaran pada *incinerator* skala rumah rumah tangga.

2. Variabel kontrol

Variabel kontrol yang digunakan yaitu perbedaan *moisture* sebanyak (40,58%, 50,58%, dan 60,58%) yang bertujuan untuk melihat sejauh mana *incinerator* ini mendapatkan temperatur yang ideal untuk pembakaran yang sempurna.

3.5 Waktu dan Lokasi Pengujian

Lokasi pengujian pembakaran sampah dengan menggunakan *incinerator* dilakukan di depan kremur dan lahan terbuka fakultas teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Banten. Dilakukan pada lahan terbuka karena peralatan pengujian yang memerlukan lahan luas dan berbahaya dikarenakan pengujian berkaitan dengan api dan asap.

Waktu pengujian dilakukan pada malam hari ketika cahaya matahari tidak lagi bersinar. Hal tersebut dilakukan agar kepulan asap ketika pembakaran terlihat sehingga dapat dilihat pembakaran sempurna atau tidak pada saat melakukan pengujian pembakaran pada *incinerator* ini

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

3.6 Garis Besar Incinerator

Incinerator adalah suatu alat pembakar sampah yang di operasikan dengan menggunakan teknologi pemhakaran pada suhu tertentu, sehingga dapat menghancurkan sampah – sampah organik dan anorganik dan juga sampah – sampah berbahaya dan beracun ataupun sampah – sampah infeksi, sehingga sisa pembakaran dapat dibuang dengan aman ke tempat pembuangan sampah umum.

3.7 Bagian-Bagian Incinerator

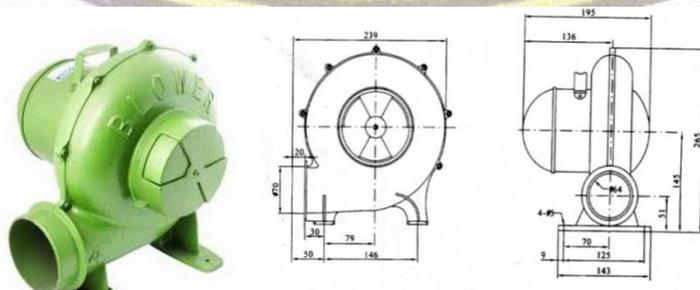
Pada penelitian ini menggunakan *incinerator* skala rumah tangga dengan desain yang berbeda dari yang beredar di pasaran.berikut alat dan bahan yang digunakan pada *incinerator*.

3.7.1 Kipas/Blower

Blower merupakan komponen utama untuk memasok udara primer ke bahan bakar. Blower pada alat pengujian ditunjukan pda gambar 3.1. data spesifikasi blower yang digunakan ditunjukan pada tabel 3.1, yaitu:

Tabel 3.1 Spesifikasi Blower Primary

Ukuran (inch)	Tegangan	Daya	R.P.M
3"	220V	370W	3000



Gambar 3.1 Blower Primary Air

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Perhitungan laju massa aliran udara yang memasuki pipa udara primer pada *incinerator*, dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\dot{m}_{udara} = V_b \times A_{pipa} \times \rho_h \dots\dots\dots (3.1)$$

$$A_b = \pi r^2 \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

- \dot{m}_{udara} : Laju massa aliran udara (kg/s)
- Kecepatan udara pada blower (m/s) : V_b
- Luas penampang pipa (m²) : A_{pipa}
- Massa jenis udara (kg/m³) = 1,2kg/m³ : ρ_h
- Jari-jari penampang blower (m) : r

3.7.2 Primary Air

Aliran udara pembakaran pada ruang bakar *incinerator* melalui udara primer dimaksudkan untuk mengoksidasi *fixedcarbon* dan mendinginkan grat, karena aliran udara primer ini ada dibawah ruang bakar.

3.7.3 Ruang Pembakaran

Merupakan tempat dimana terjadi pembakaran sampah, pembakaran sampah memiliki ruangan tertutup, dan suplai udara dialirkan melalui blower dari luar ruang bakar, contoh ruang bakar pada *incinerator* dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Ruang Bakar Pada Incinerator

Bagian dalam ruang bakar dilapisi oleh glass wool dan batu bata tahan api (*refraktori*) untuk mengisolasi panas agar dapat mengoptimalkan pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar.

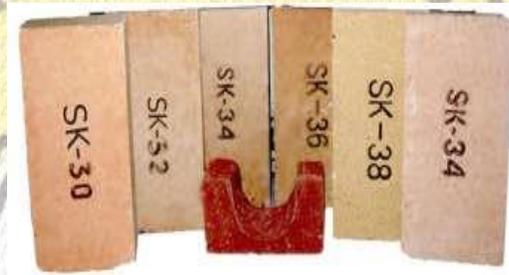
Adapun spesifikasi *refraktori*, sebagai berikut:

a. Bata tahan api SK-32

Maximum operasi : 1200°C

Konduktivitas panas : 1, 07 W/m°C

Berat Jenis : 2000kg/m³



Gambar 3.3 Bata Tahan Api

(Sumber : www.batatahanapi.net)

b. Semen Tahan Api

Maximum operasi : 1300°C

Konduktivitas panas : 1, 16 W/m°C

Berat Jenis : 1750 kg/m³



Gambar 3.4 Semen Tahan Api

(Sumber : www.batuapimedan.com)

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

3.8 Alat dan Bahan Pengujian

3.8.1 Peralatan Pengujian

1. Anemometer

Anemometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin, pada pengujian anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang keluar dari blower primer dan blower sekunder, dimana anemometer ini memiliki tiga skala pengukuran yaitu meter/second, kilometer/jam dan north.



Gambar 3.5 Anemometer

2. Thermocouple

Thermocouple adalah salah satu dari beberapa jenis sensor temperatur yang menggunakan metode secara elektrik yang terdiri dari dua logam konduktor yang berbeda yang menjadi satu pada ujung yang lainnya. *Thermocouple* ini digunakan untuk mengetahui besarnya temperatur api yang terjadi pada pembakar di dalam *incinerator*.



Gambar 3.6 Thermocouple
(Sumber : dtec.net.au)

3. *Thermocontrol*

Thermocontrol ini berfungsi untuk mengetahui berapa derajat temperatur yang diterima oleh *thermocouple*. *Thermocontrol* ini bekerja dengan cara menerima panas yang terjadi pada *thermocouple* lalu menghitung temperaturnya dan mengeluarkannya dalam bentuk angka pada *display*.



Gambar 3.7 Thermocontrol

4. *Stopwatch*

Stopwatch digunakan sebagai alat ukur waktu atau lamanya kegiatan. Pada penelitian ini *stopwatch* berfungsi untuk mencatat lamanya waktu yang dibutuhkan untuk waktu pembakaran sampah, kenaikan temperatur pada *incinerator*, dan lain-lain.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



Gambar 3.8 Stopwatch

(Sumber : www.softwareag.com)

5. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk mengukur berat, pada pengujian ini timbangan digunakan untuk mengukur berat sampah sebelum dibakar dan sesudah di bakar.

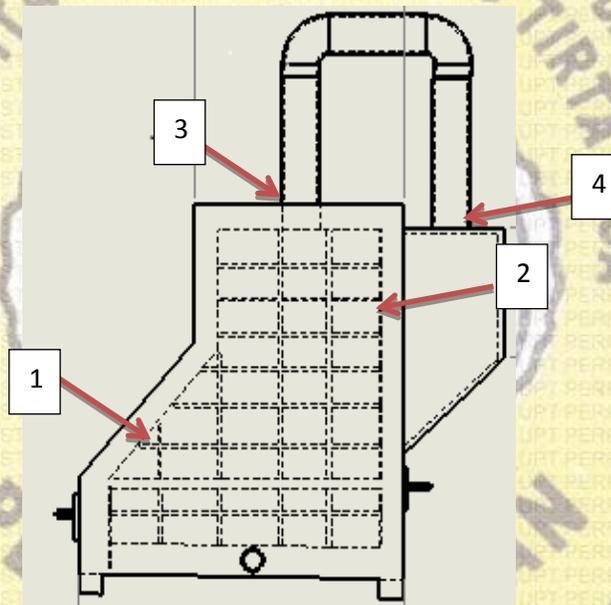


Gambar 3.9 Timbangan Digital

(Sumber : alatternakunggas.com)

Tabel 3.2 Titik Pengambilan Data

No.	Bagian	Jumlah titik
1	Ruang bakar utama	1
2	Ruang bakar kedua	1
3	Pangkal cerobong asap	1
4	Ujung cerobong asap	1



Gambar 3.10 Titik Pengukuran

3.8.2 Cara pengambilan data *Incinerator*

Cara pengambilan data *incinerator* skala rumah tangga pada pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampah yang sudah di pilih pilih untuk pembakaran di masukan ke dalam tempat penampungan sampah pada sisi belakang *incinerator*.(maksimal 7kg)

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

2. Pintu masuk sampah dibuka, sehingga sampah masuk kedalam ruangbakar *incinerator*.
3. Udara primer dinyalakan dengan kecepatan yang sudah di tentukan sebelumnya, dengan tujuan ruang bakar di penuh udara untuk melakukan pembakaran
4. Pembakaran awal dilakukan dengan menggunakan nozzel gas lpg, setelah sudah ada nyala api di dalam ruang bakar kemudian nozzel gas dimatikan
5. Setelah pembakaran terjadi maka termocontrol menampilkan suhu didalam *incinerator*.
6. Catat waktu dan suhu pembakaran yang terbaca pada termokople dari 0 menit sampai 30 menit (pembakaran selesai)
7. Setelah sampah habis didalam pembakaran, lalu sisa pembakaran ditimbang kembali sehingga dapat dilihat efisiensi pembakaran pada *incinerator*.

3.9 Parameter Prestasi Incinerator

Dalam melakukan pengujian ini telah ditentukan parameter –parameter yang dicari nilainya, berikut adalah parameter – parameter yang biasa digunakan untuk menentukan prestasi dari sebuah *incinerator*, yaitu

1. Temperatur

Temperatur sangatlah penting untuk sebuah proses pembakaran, begitu juga pada pembakaran *incinerator*, temperatur yang diukur adalah temperatur didalam *incinerator*, pengukuran temperatur ini digunakan untuk memperkirakan pembakaran didalam *incinerator* terjadi secara sempurna atau tidak. Pembakaran yang sempurna akan memberikan temperatur yang lebih tinggi didalam *incinerator*. Dan temperatur pada luar *incinerator* juga diukur dengan menggunakan *termocouple*, dengan tujuan untuk mengetahui seberapa layak *incinerator* ini di gunakan, jika panas

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

yang keluar terlalu panas maka *incinerator* tersebut tidak layak pakai, karena dapat membahayakan si pengguna.

2. Ash

Pengamatan Ash pada pembakaran dilakukan setelah pembakaran selesai, dengan cara menimbang sisa pembakaran.



PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

BAB IV

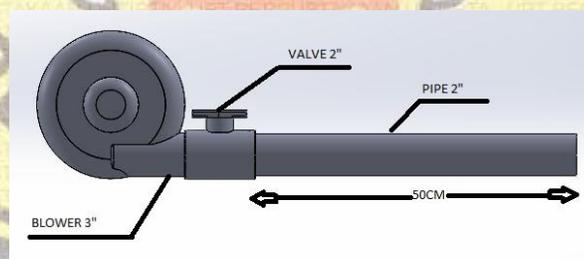
PEMBAHASAN DAN ANALISA

4.1 Perhitungan Laju Massa Udara Pembakaran (m_{udara})

Perhitungan laju udara yang dihasilkan dari blower primer dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (3.1) dan (3.2), dan untuk banyaknya udara yang masuk keruang bakar melalui pipa primary air diatur oleh valve dengan bukaan valve 60%, dimana 100% adalah bukaan valve full terbuka sehingga data $V_{b\text{ primary}}$ didapat :

Tabel 4.1 Kecepatan Blower Udara Primer

Bukaan Katup (%)	$V_{b\text{ primary}}$ (m/s)
60	8.4
50	6.9
40	4.2
30	3.4



Gambar 4.1 Skema Laju Udara Primer

Dari skema diatas diketahui diameter pipa 5cm, jarak dari blower sampai ujung pipa 60cm dimana jarak valve dari blower adalah 10cm sehingga jarak untuk dilakukannya penempatan anemometer 50cm dari valve.

$$\begin{aligned}
 A_{\text{pipa}} &= \pi \cdot r^2 \\
 &= 3.14 \times (0.027)^2 \\
 &= 0.0023 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m_{\text{udara}} &= V_{\text{udara}} \times A_{\text{pipa}} \times \rho_b \\
 &= 8.4 \text{ m/s} \times 0.0023 \text{ m}^2 \times 1.2 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0.023 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Laju Massa Bahan Bakar (\dot{m}_{sampah})

Pengujian pembakaran dilakukan dengan mengacu pada komposisi sampah kota cilegon pada penelitian sebelumnya. Perhitungan lama habis terbakaranya sampah dengan menggunakan stopwatch, berat sampah awal sebelum penambahan moisture adalah seberat 6kg, dimana moisture tersebut sebagai variasi penielitian. Laju massa bahan bakar (sampah) dapat dihitung dengan melihat waktu pada stopwatch sehingga terlihat sampah habis pada menit beberapa sehingga laju massa sampah pada incinerator dapat dihitung.komposisi sampah dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 4.2 Presentasi Berat Sampah

Unsur	Persentase Unsur %	Massa Unsur (kg)
Organik	47.87	2.87
Sisa makanan	32.33	1.94
Platik	5.52	0.33
Karet	1.25	0.08
Sterofoam	2.63	0.16
Testil	5.26	0.32
Dll	5.14	0.31
TOTAL	100.00	6

(Sumber: Diki Nurdin,2013)

Dari tabel diatas maka sampah dapat dibagi menjadi 6 kg sampah untuk pembakaran pada incinerator ini. setelah diketahui komposisi sampah yang akan di uji maka pembakaran dapat dilakukan dengan cara menggunakan presentase masukan udara yang sudah di hitung sebelumnya.

m_{sampah} dengan menggunakan udara primer

$m_{\text{sampah}} = \text{massa sampah awal} - \text{massa sampah akhir} / \text{waktu sampah habis}$

$$= 6 \text{ kg} - 0.38 / 1800 \text{ s}$$

$$= 0.003122 \text{ kg/s}$$

Tabel 4.3 $M_{\text{pembakaran}}$

Berat Akhir (kg)	Waktu (s)	Msampah (kg)
0.79	1800	0.004
0.84	1800	0.004
0.87	1800	0.005

Penambahan moisture (kadar air) sampah dapat dilihat pada tabel pengujian proximat pada penelitian sebelumnya.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Proximat Pada Kondisi *Air Dry Bases*

No	Komponen Sampah	Kandungan Air % adb	Abu % adb	Zat Terbang % adb	Karbon Padat %adb
1	Organik	10,48	5,99	70,58	12,95
2	Sisa makanan	11,76	0,56	74,54	13,14
3	Plastik	0,2	6,75	85,92	7,13
4	Tekstil	11,74	2,15	79,5	6,61
5	Karet	0,82	20,82	73,4	4,97
6	<i>Styrofoam</i>	0,25	0,38	98,79	0,58

(Sumber: Diki Nurdin, 2013)

4.3 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air di lab Sucofindo dilakukan dengan metode ASTM D. 3173-03. Dimana sampel tersebut dipanggang pada suhu 105°C dengan massa sampel sebanyak ± 10 gram. Berikut ini adalah persamaan untuk menghitung kadar air :

$$\text{Kadarair}(\%) = \frac{(\text{massaawal} (g) - \text{massaakhir} (g))}{\text{massaawal} (g)} \times 100\%$$

Keterangan:

MassaAwal = massa awal sampel sebelum dikeringkan dalam oven (gram)

MassaAkhir = massa akhir setelah dikeringkan dalam oven (gram)

Setelah dilakukan perhitungan seperti diatas, maka akan didapat data kadar air untuk seluruh sampel pada penelitian. Berikut ini terdapat tabel hasil perhitungan kadar air.

Tabel 4.5 Perhitungan Kadar Air (kg)

Unsur	Persentase Unsur (%)	Massa Unsur(kg)	kadar air (%)	kadar air (kg)	massa unsur kering (kg)
Organik	47.87	2.87	10.48	0.301	2.569
Sisa makanan	32.33	1.94	11.76	0.228	1.712
Platik	5.52	0.33	0.2	0.001	0.329
Karet	1.25	0.08	11.74	0.009	0.071
Sterofoam	2.63	0.16	0.82	0.001	0.159
Testil	5.26	0.32	0.25	0.001	0.319
Dll	5.14	0.31			
TOTAL	100	6			

(Sumber: Diki Nurdin, 2013)

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

4.4 Nilai Air Fuel Ratio (AFR)

Nilai AFR didapat setelah didapatkan nilai laju massa bahan bakar dan udara. Nilai ini telah didapatkan sebelumnya sehingga nilai AFR untuk tiap-tiap pembakaran adalah sebagai berikut

$$AFR = \frac{\dot{m}_{\text{udara pembakaran}}}{\dot{m}_{\text{bahan bakar (sampah)}}$$

$$AFR = \frac{0.023}{0,004} = 5.75$$

Dari perhitungan di atas dapat ditentukan nilai AFR pada pembakaran dengan menambahkan kadar air sampah pada tabel 4.7

Tabel 4.6 Perbandingan AFR terhadap Moisture

Moisture (%)	$\dot{m}_{\text{udara}} \text{ (kg/s)}$	$\dot{m}_{\text{sampah}} \text{ kg/s}$	AFR
35,25	0.023	0.003	7.367
40,58	0.023	0.004	5.906
50,58	0.023	0.004	5.476
60,58	0.023	0.005	5.092

Dari tabel diatas bisa kita lihat AFR terbaik dari pembakaran dengan penambahan moisture pada sampah yang ingin dibakar pada laju udara 0.023 dengan AFR sebesar 5.906 pada moisture 40,58%, untuk moisture 50,58% didapat AFR sebesar 5,476 dengan laju udara yang sama, dan juga pada moisture 60,58% diperoleh AFR sebesar 5,092 pada laju udara yang sama sebesar 0.023.

Jumlah kebutuhan udara stokiometri disbanding dengan suplay bahan bakar dapat disebut juga dengan *stoichiometric air fuel ratio* (AFRs). Untuk menghitung nilai tersebut dibutuhkan karakteristik dari sampah.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Tabel 4.7 Kandungan Hasil Pengujian Proksimat Sampah Kota Cilegon

Komponen	Presentase (%)
Zat terbang	34.45
Karbon padat	5.55
Abu	20
Air	40

(Sumber:Diki Nurdin,2013)

Tabel 4.8 Kandungan Hasil Pengujian Ultimate Pada Sampah Kota Cilegon

Komponen	Presentase (%)
Sulfur (S)	0.062
Carbon	17.496
Hidrogen	2.562
Nitrogen	0.415
Oksigen	19.405

Dengan mengamsusikan massa sampah atau massa bahan bakar seberat 1kg, maka reaksi oksidasi yang terjadi dan AFRs adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Konsumsi O₂ dan Pembakaran Unsur-unsur dalam 1Kg Sampah

Komponen	Massa (per kg)	O ₂ (per kg)	Produk (per kg)
C	0,175	0.46	0.64
H	0,025	0,2	0,22
S	0,00062	0,00062	0,00124

Sehingga total konsumsi oksigen dalam pembakaran 1kg sampah adalah jumlah konsumsi O₂ dari pembakaran unsur karbon,hydrogen,dan sulfur.

$$\begin{aligned} \text{Oksigen total} &= 0.46 + 0,2 + 0,00062 \\ &= 0.66062 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{sampah}} \end{aligned}$$

Total jumlah konsumsi oksigen dari pembakaran unsur tersebut sebesar 0.66062 kg_{udara}/kg_{sampah}

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan,dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Didalam pengujian sampah terdapat kandungan oksigen sebesar 19.405%, sehingga perhitungan oksigen total harus dikurangi dengan oksigen yang terdapat pada kandungan sampah

$$\begin{aligned} \text{Oksigen pembakaran total} &= 0.46 + 0,2 + 0,00062 - 0.19405 \\ &= 0.66062 - 0.1940 \\ &= 0.46657 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{sampah}} \end{aligned}$$

Jadi untuk menghitung konsumsi udara teoritis maka harus diketahui komposisi dari udara. Komposisi dari udara adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10 Komposisi Udara

Komponen	Fraksi volume (vf)	Vf x MW	Fraksi massa
Oksigen	0,21	6,72	$6,72/28,84 = 0,232$
Nitrogen	0,79	$22,12/28,84$	$22,12/28,84 = 0,768$

Dalam 1% berat, udara mengandung:

$$\text{Oksigen} = 0.232 \text{ atau setara dengan } 23,2 \%$$

$$\text{Nitrogen} = 0.768 \text{ atau setara dengan } 76,8 \%$$

Dalam persen volume, udara mengandung

$$\text{Oksigen} = 21 \%$$

$$\text{Nitrogen} = 79 \%$$

Karena dalam 1% berat udara mengandung 23,2 %, maka konsumsi udara teoritis untuk pembakaran sampah adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Udarateoritis}(AFR_s) &= \text{Oksigentotal} \times 100/23,2 \\ &= 0.46657 \times 100/23,2 \\ &= 2.011078 \text{ kg}_{\text{udara}}/\text{kg}_{\text{sampah}} \end{aligned}$$

Sehingga kita dapat memperoleh equivalent ratio antara $AFR_{\text{stoikiometri}}$ dengan AFR_{aktual} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut

$$\phi = \frac{AFR_{\text{sto}}}{AFR_{\text{akt}}}$$

Sehingga didapat hasil dari perhitungan diatas sebagai berikut :

Tabel 4.11 Perbandingan Nilai Equivalent Ratio

Moisture (%)	AFRa	AFRs	\emptyset
35,25	7.367	2.011	0.273
40,58	5.906	2.011	0.341
50,58	5.476	2.011	0.367
60,58	5.092	2.011	0.395

$\emptyset > 1$ Terdapat kelebihan udara bahan bakar dan campurannya di sebut sebagai campuran kaya bahan bakar

$\emptyset < 1$ Campurannya disebut sebagai campuran miskin bahan bakar

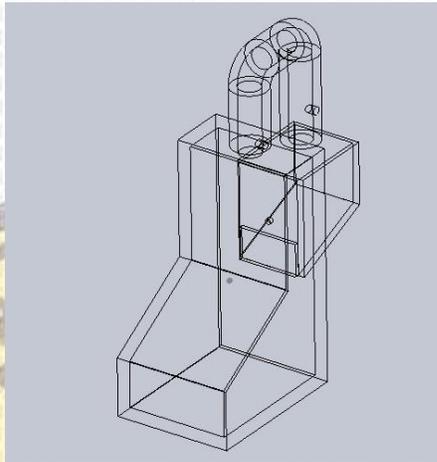
$\emptyset = 1$ merupakan campuran stoikiometrik (Pembakaran sempurna)

4.5 Data dan Hasil

Pengambilan data temperature dilakukan dengan alat ukur untuk mengetahui panas pembakaran menggunakan *thermocouple* tipe K. termokopel ini memiliki pembacaan temperature maksimal hingga 1200°C. gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan termokopel yang digunakan beserta alat pembacanya.

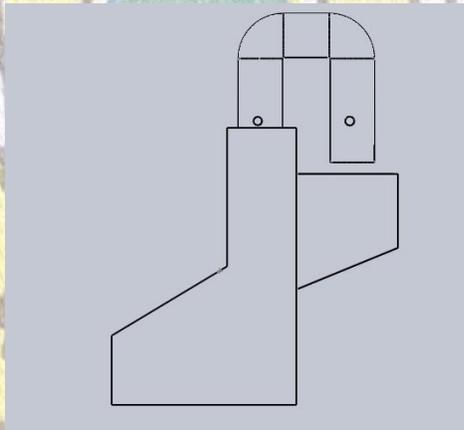
Adapun peletakkan probe pada masing-masing titik dapat dilihat pada gambar berikut :

Peletakan probe T1 berada di ruang bakar dan T2 berada di atas ruang bakar. (lihat gambar 4.1)



Gambar 4.2 Letak Titik T1 dan T2

Peletakan probe T3 berada di pangkal cerobong tempat keluarnya udara dari ruang bakar dan T4 berada di ujung pipa cerobong.



Gambar 4.3 Letak Titik T3 dan T4

4.5.1 Pengambilan Data Temperatur

Pengambilan data temperature dilakukan dengan komposisi sampah yang terdapat pada tabel 4.3 , dan waktu pembakaran dilakukan dalam waktu 30 menit, pencatatan temperature dilakukan setiap 5 menit, setelah pembakaran sisa pembakaran ditimbang kembali. Berikut adalah hasil pengambilan data:

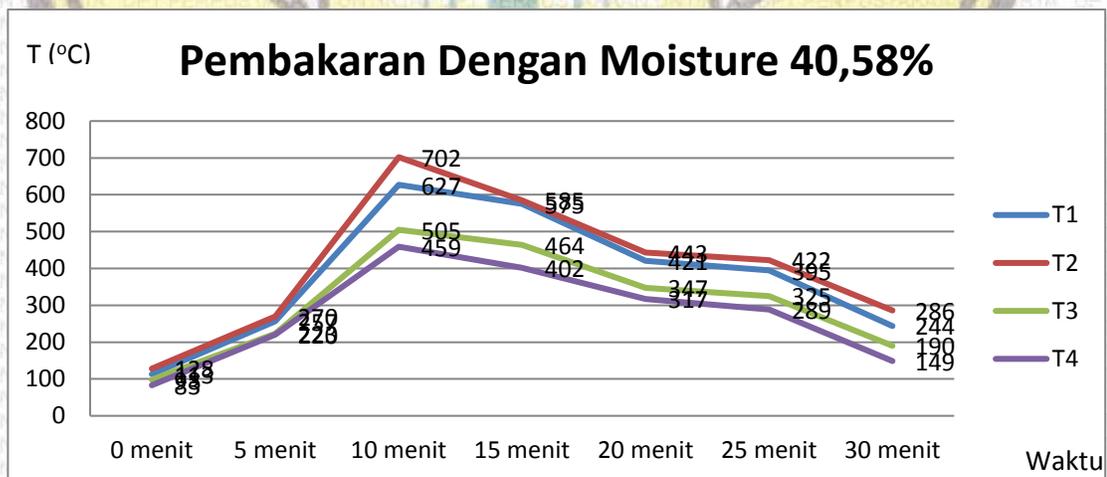
PERINGATAN !!!
1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Pengambilan data dengan suplay udara primer bukaan katup 60% dengan laju udara sebesar 0.023 kg/s pada pembakaran sampah dengan variabel moisture 40,58%;50,58%;60,58%.

Tabel 4.12 Pengujian Pembakaran Sampah dengan Moisture 40,58 %

Waktu(menit)	Suhu (°C)			
	T1	T2	T3	T4
0	113	128	98	83
5	257	270	223	220
10	627	702	505	459
15	575	585	464	402
20	421	443	347	317
25	395	422	325	289
30	244	286	190	149



Grafik 4.1 Pembakaran dengan Moisture 40,58%

Dari pengujian I dengan kadar air 40,58% dapat dilihat proses pembakaran berlangsung cepat, dari menit 0 hingga menit ke 5 terjadi proses pembakaran

tidak sempurna yaitu dimana pada fase ini temperatur belum terlalu tinggi, fase berikutnya dari menit ke 10 hingga menit 20 terjadi pembakaran sempurna yaitu suhu ruang bakar dapat mencapai 702°C, pada menit ini pula asap yang keluar dari cerobong menjadi transparan. Setelah mencapai menit 25 hingga 30 temperatur terus menurun hingga sampah terbakar habis. Dapat di simpulkan bahwa proses pembakaran sampah organik di incenerator dengan kadar air 40,58% ini berlangsung baik.

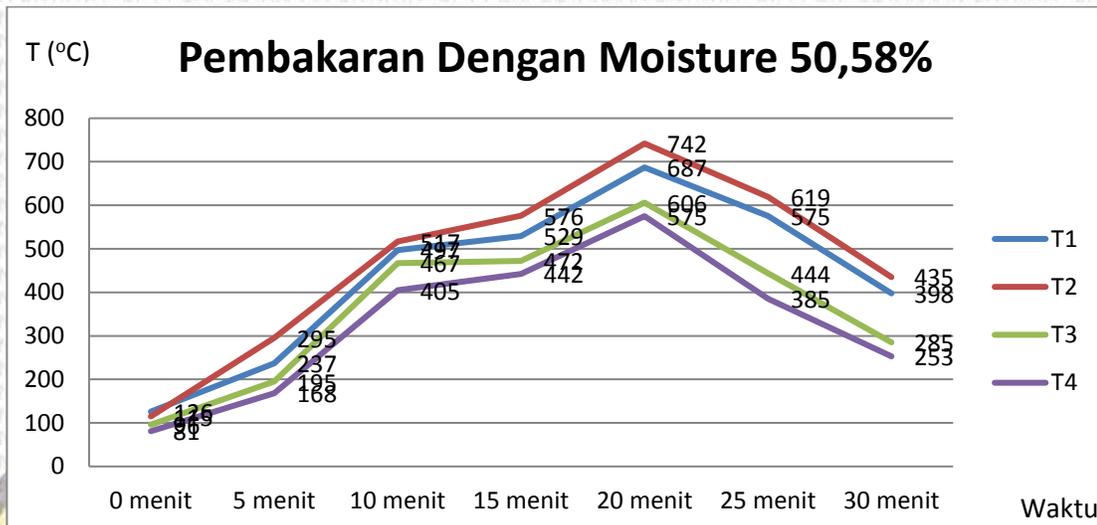
Tabel 4.13 Pengujian Pembakaran Sampah dengan Moisture 50,58 %

Waktu(menit)	Suhu (°C)			
	T1	T2	T3	T4
0	126	115	96	81
5	237	295	195	168
10	497	517	467	405
15	529	576	472	442
20	687	742	606	575
25	575	619	444	385
30	398	435	285	253

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



Grafik 4.2 Pembakaran dengan Moisture 50,58%

Dari pengujian II dengan kadar air 50,58% dapat dilihat proses pembakaran berlangsung cepat, dari menit 0 hingga menit ke 5 terjadi proses pembakaran tidak sempurna yaitu dimana pada fase ini temperatur belum terlalu tinggi, fase berikutnya dari menit ke 10 hingga menit 20 terjadi pembakaran sempurna yaitu suhu ruang bakar dapat mencapai 742°C, pada menit ini pula asap yang keluar dari cerobong menjadi transparan. Setelah mencapai menit 25 hingga 30 temperatur terus menurun hingga sampah terbakar habis. Dapat disimpulkan bahwa proses pembakaran sampah organik di incinerator dengan kadar air 50,58% ini berlangsung baik.

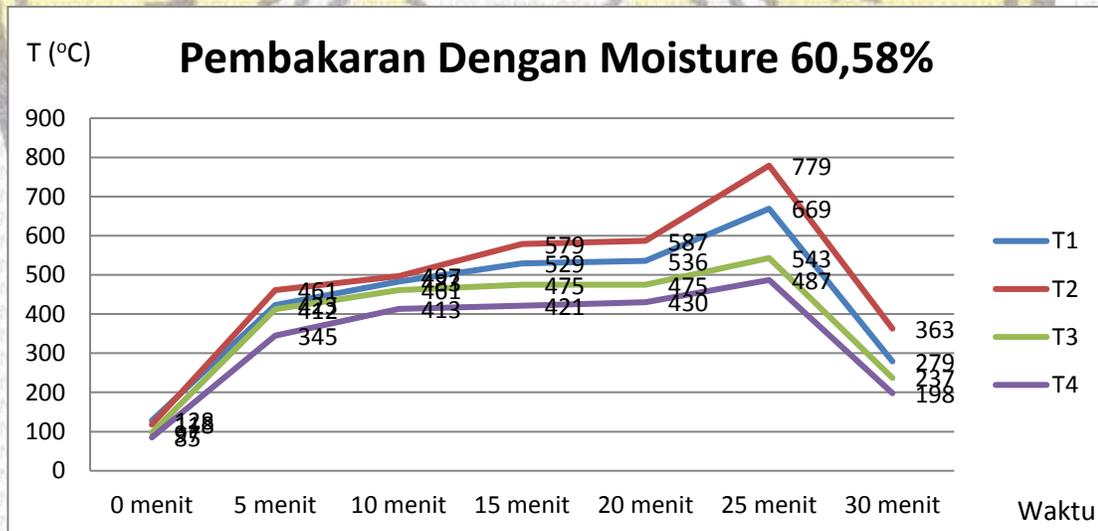
PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Tabel 4.14 Pengujian Pembakaran Sampah dengan Moisture 60,58 %

Waktu (menit)	Suhu (°C)			
	T1	T2	T3	T4
0	128	118	97	85
5	423	461	412	345
10	483	497	461	413
15	529	579	475	421
20	536	587	475	430
25	669	779	543	487
30	279	363	237	198



Grafik 4.3 Pembakaran dengan Moisture 60,58%

Dari pengujian III dengan kadar air 60,58% dapat dilihat proses pembakaran berlangsung cepat, dari menit 0 hingga menit ke 5 terjadi proses pembakaran tidak sempurna yaitu dimana pada fase ini temperatur belum terlalu tinggi, fase berikutnya dari menit ke 10 hingga menit 25 terjadi pembakaran sempurna yaitu suhu ruang bakar dapat mencapai 779°C, pada menit ini pula asap yang keluar

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

dari cerobong menjadi transparan. Setelah mencapai menit 25 hingga 30 temperatur terus menurun hingga sampah terbakar habis. Dapat di simpulkan bahwa proses pembakaran sampah organik di incenerator dengan kadar air 60,68% ini berlangsung baik.

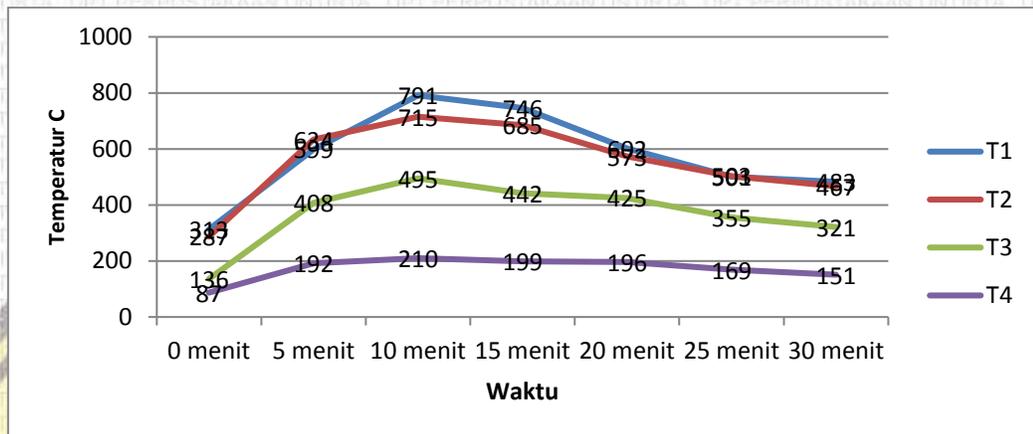
Dari data pembakaran diatas dapat di lihat proses pembakaran dengan moisture 60,58% mencapai titik suhu tertinggi dibandingkan dengan pembakaran pada moisture 40,58% karena pada pembakaran moisture 60,58% berlangsung cukup lama pada proses pirolisisnya sehingga memungkinkan adanya lebih banyak hydrogen yang keluar dari proses pirolisis tersebut membuat suhu menjadi lebih tinggi pada pembakaran dengan moisture 60,58%.

4.5.2 Perbandingan Data Hasil Percobaan

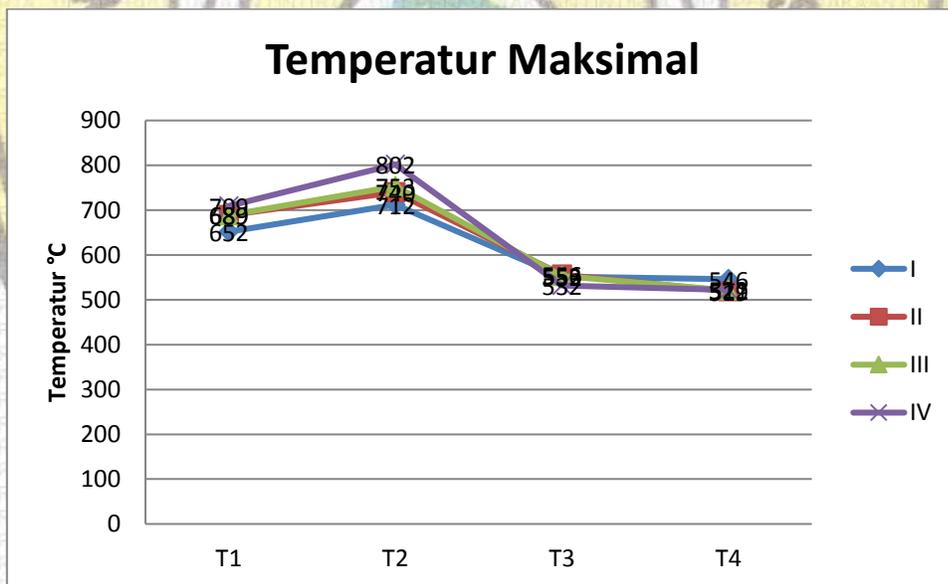
Tabel 4.15 Data Pengujian Pembakaran

$M_{udara}=0,019 \text{ kg/s}$ $V = 6,9 \text{ m/s}$				$M_{udara} \text{ primer} = 0,019 \text{ kg/s}$ $V_{primary} = 6,9 \text{ m/s}$				$M_{udara} = 0,023\text{kg/s}$ $V_{primary} = 8,4 \text{ m/s}$					
T maksimal °C				M_{udara} sekund er	T maksimal °C				moisture	T maksimal °C			
T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4		T1	T2	T3	T4
791	715	495	210	0,040	652	712	552	576	40,58	627	702	505	459
				0,034	689	753	556	519	50,58	687	742	606	575
				0,030	689	740	553	521	60,58	669	779	543	487
				0,019	769	802	532	522					

4.5.3 Perbandingan Grafik Temperatur



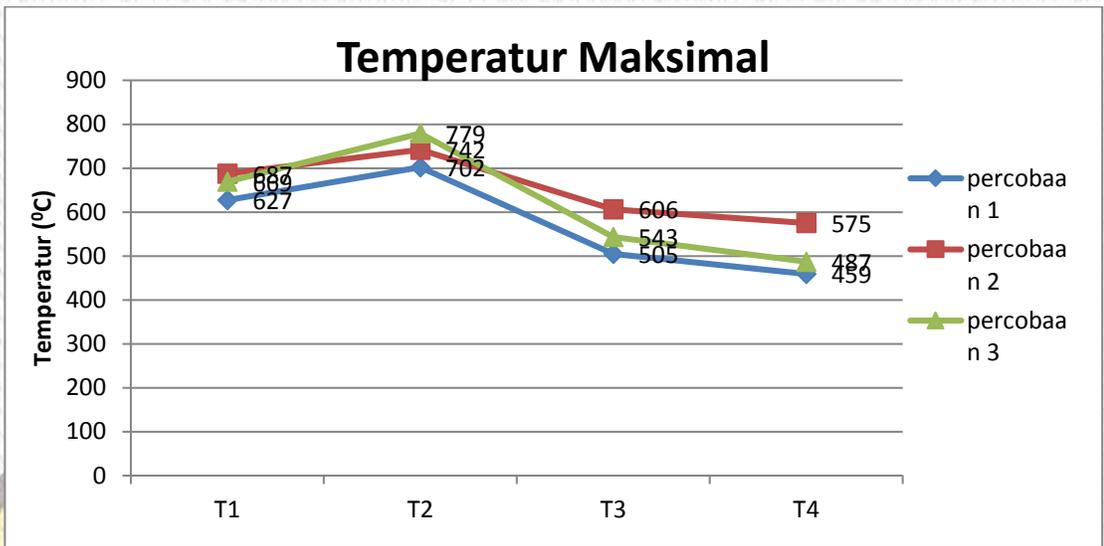
Grafik 4.4 Pembakaran dengan Udara Primer



Grafik 4.5 Pembakaran dengan *Secondary Air*

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



Grafik 4.6 Temperatur Maksimal dengan Penambahan Moisture

Dari data grafik diatas bisa disimpulkan bahwa kerja incinerator untuk sampah yang di bakar hingga 60,58% kadar air masih sanggup hingga temperatur 779°C, maka dari itu sudah cukup maksimal incinerator ini bekerja karena pada saat pembakaran dengan moisture 60,58% terjadi proses priolisis yang cukup lama sehingga memungkinkan adanya lebih banyak hydrogen yang keluar dari proses priolisis tersebut.

4.5.4 Pengukuran Berat Sisa Pembakaran

Setelah pembakaran selesai dilakukan dengan memperoleh temperature ada baiknya juga berat sisa pembakaran di perhitungkan untuk maksimalnya kerja alat incinerator ini, pada umumnya incinerator dapat mengurangi berat sampah sebesar 80%, berikut adalah pengurangan berat sampah setelah pembakaran.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Tabel 4.16 Persentase Sisa Pembakaran

Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Persentase (%)
6,32	0,79	87,50
6,92	0,84	87,86
7,52	0,87	88,43

Kemampuan incinerator untuk membakar sampah terlihat dari tabel diatas, dapat dilihat rata-rata setiap pembakaran dengan menggunakan variasi moisture yang berbeda mampu mengurangi volume sampah hingga 88,43 %.



Gambar 4.4 Sisa Hasil Pembakaran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil pengamatan bahwa AFR terbaik dari pembakaran pada incinerator yaitu pada bukaan *valve* sebesar 60% dengan kecepatan udara 8,4m/s di dapat AFR sebesar 5,906 pada moisture 40,58%, 5,476 pada moisture 50,58%, dan 5,092 pada moisture 60,58%, dimana kecepatan udara tersebut adalah kecepatan udara terbaik untuk pembakaran pada pengujian ini.
2. Untuk hasil pembakaran suhu terbaik terjadi pada pembakaran dengan moisture 60,58% sebesar 779°C karena proses reduksi sampah di ruang bakar berlangsung lebih lama.
3. Kemampuan *incinerator* ini sudah maksimal karena dapat mengurangi volume sampah hingga 88,43%

5.2 Saran

Pada *incinerator* ini alangkah baiknya ada penambahan *secondary air* untuk menstabilkan udara pembakaran yang ada di ruang bakar agar panas yang dihasilkan dapat bersirkulasi dengan lebih baik sehingga waktu pembakaran lebih cepat selesai.

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

DAFTAR PUSTAKA

Nurdin M,Diki .2013, “Uji Karakteristik Sampah Kota Cilegon Sebagai Bahan Bakar Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Sampah”,Cilegon: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Kurniawan,Bangbang,2014.”Analisa Pembakaran Batubara Pada Cyclone Burner”,Cilegon: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Septiariandani,2016.”Analisa Air Fuel Ratio (AFR) Pada Pembakaran Incenerator Portable Kapasitas 6kg / 30 menit Dengan Penambahan Secondary Air”.Cilegon: Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Handoyo,2013.”Pengaruh Variasi Kecepatan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Tungku Gasifikasi Sekam Padi”,Surakarta:Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah.

Chirstian Hans. 2008. ModifikasiSistem Burner..., Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

AuguptaErlanda. 2013. ModifikasiDisain Incinerator MultifungsiTipeKontinyu. FakultasTeknologiPertanian, InstitutPertanian Bogor, Bogor, Indonesia

E. R Kaiser... Combustion and eat calculation for incinerator. Department of Cematical Engineering. New York University. New York

NaryoEko. 2013. Perancangansistempemilihan,pengeringandanpembakaransampah organic rumahtangga.Teknik Kimia, PoliteknikNegeri Malang, Indonesia

www.indonetwork.co.id

www.infohouse.p2ric.org

www.wteinternational.com

www.combustionportal.org

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan,dan atau tinjauan suatu masalah dengan

catatan tidak merugikan Penulis.

www.batatahanapi.net

www.batuapimedan.com

dtec.net.au

www.softwareag.com

alatternakunggas.com



PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



LAMPIRAN

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Lampiran A.1 Perhitungan Kadar Air

Kadar air sampah organik tiap pengujian

Kadar air sampah organik tiap pengujian dalam incenerator divariabelkan menjadi kadar air 40,58%, kadar air 50,58% dan kadar air 60,58%. Berikut adalah persamaan untuk menghitung kadar air yang ditambahkan pada setiap pengujian.

• Air Total

$$\text{Air Total (kg)} = \text{Kadar Air (kg)} + \text{Air Yang Ditambahkan (kg)}$$

Keterangan :

Air Total (kg) = Kadar air total yang pada tiap pengujian

Kadar air (kg) = Kadar air adalah massa kadar air sampah organik dalam 6 kg sampah tiap pengujian.

Air Yang Ditambahkan = Air yang ditambahkan ialah massa air yang ditambahkan di tiap pengujian

Berikut ini adalah contoh perhitungan air total pada kadar air 35,25% :

Kadar air (kg) = 2,115 kg

Air yang ditambahkan (kg) = 0 kg

$$\text{Air Total (kg)} = 2,115 \text{ kg} - 0 \text{ kg} = 2,115 \text{ kg}$$

• Massa Total

$$\text{Massa Total (kg)} = \text{Sampah Kering (kg)} + \text{Air Total (kg)}$$

Keterangan :

Massa total (kg) = massa keseluruhan sampah yang dibakar dalam incenerator

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

Sampah kering(kg) = massa sampah organik tanpa kadar air

Air Total (kg) = Kadar air total yang pada tiap pengujian

Berikut ini adalah contoh perhitungan massa total (kg) sampah organik pada kadar air 35,25%.

Sampah kering (kg) = 3,885 kg

Air Total (kg) = 2,115 kg

$$\text{Massa Total} = 3,885 \text{ kg} + 2,115 \text{ kg} = 6 \text{ kg}$$

- **Kadar air sampah organik**

$$\text{Kadar Air sampah organik (\%)} = \frac{\text{Air Total(kg)}}{\text{Massa Awal (kg)}} \times 100\%$$

Keterangan :

Kadar air sampah organik (%) = kadar air sampah organik adalah % kadar air sampah organik dalam sampah tiap pengujian.

Air Total (kg) = Kadar air total yang pada tiap pengujian

Massa awal (kg) = Massa sampah awal tiap pengujian.

Berikut ini adalah contoh perhitungan kadar air 35,25%

Air Total (kg) = 2,115 kg

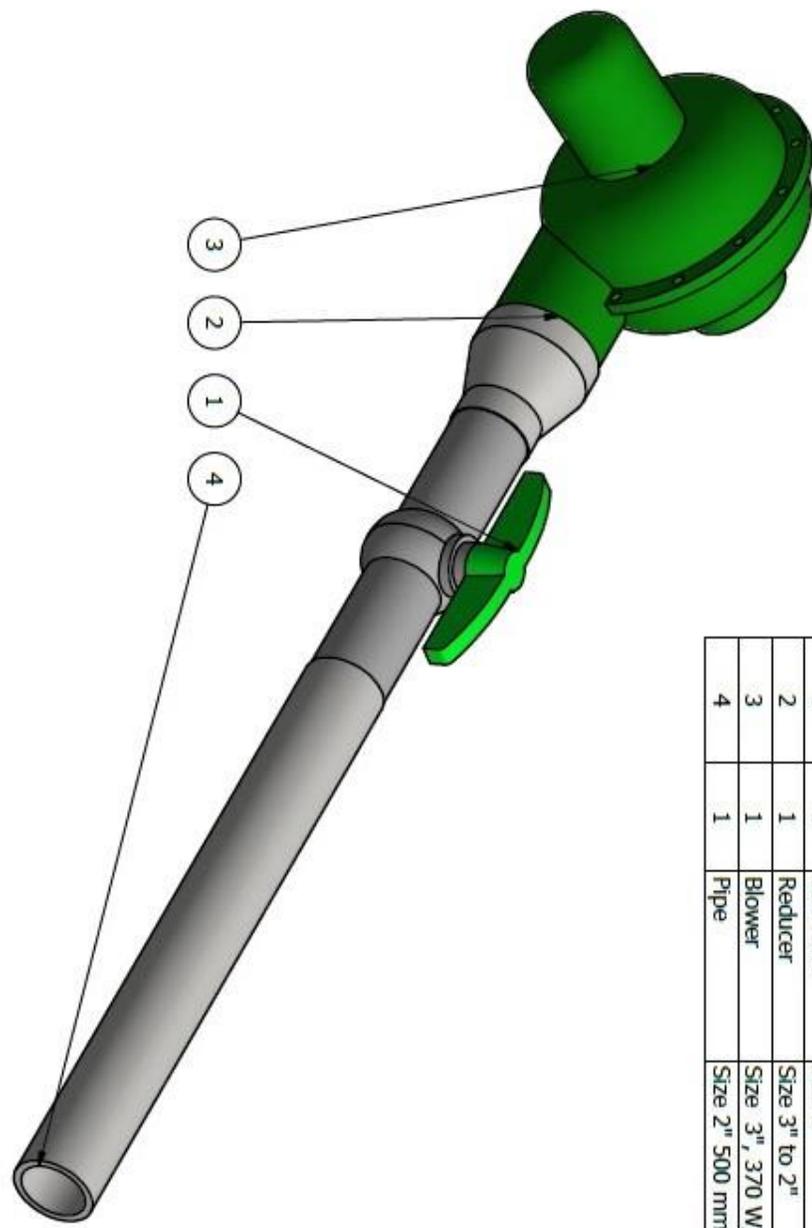
Massa awal (kg) = 6 kg

$$\text{Kadar Air sampah organik (kg)} = \frac{2,115 \text{ kg}}{6 \text{ kg}} \times 100\% = 35,25\%$$

PERINGATAN !!!

1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan.

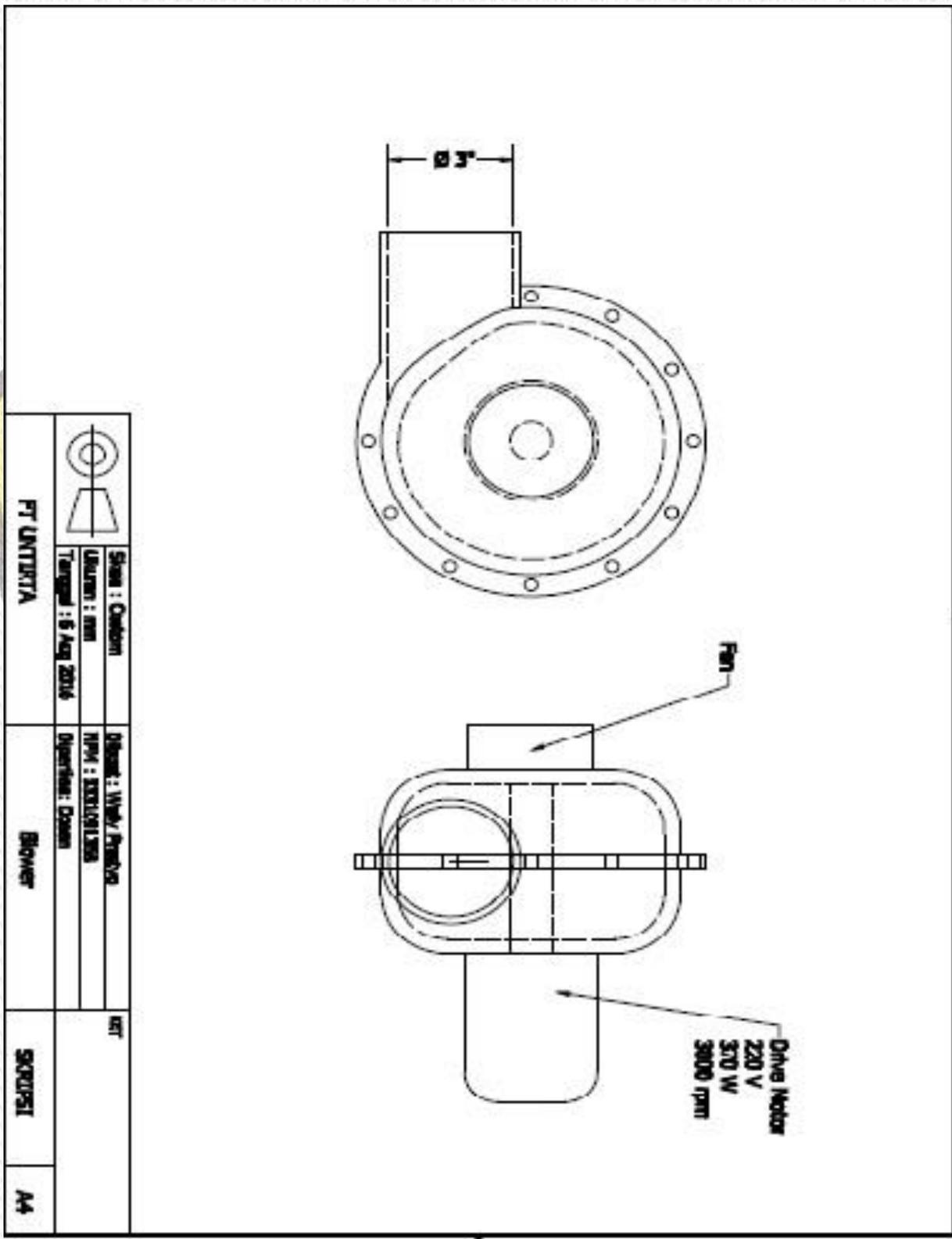
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



PARTS LIST			
ITEM	QTY	DESCRIPTION	MATERIAL
1	1	Ball Valve	PVC
2	1	Reducer	PVC
3	1	Blower	Cast Steel
4	1	Pipe	PVC

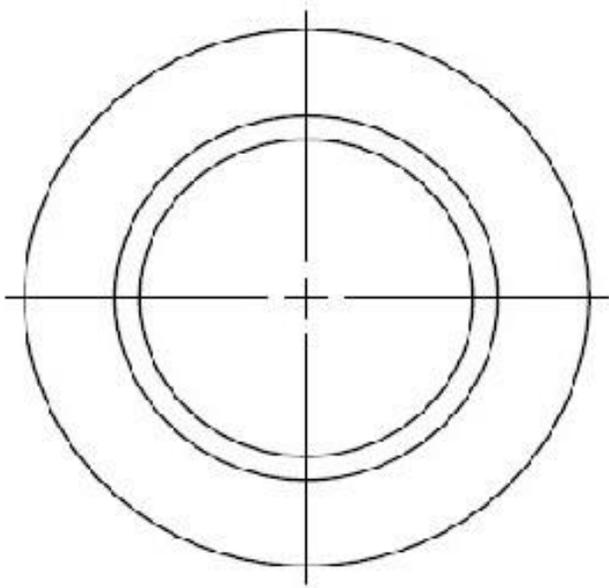
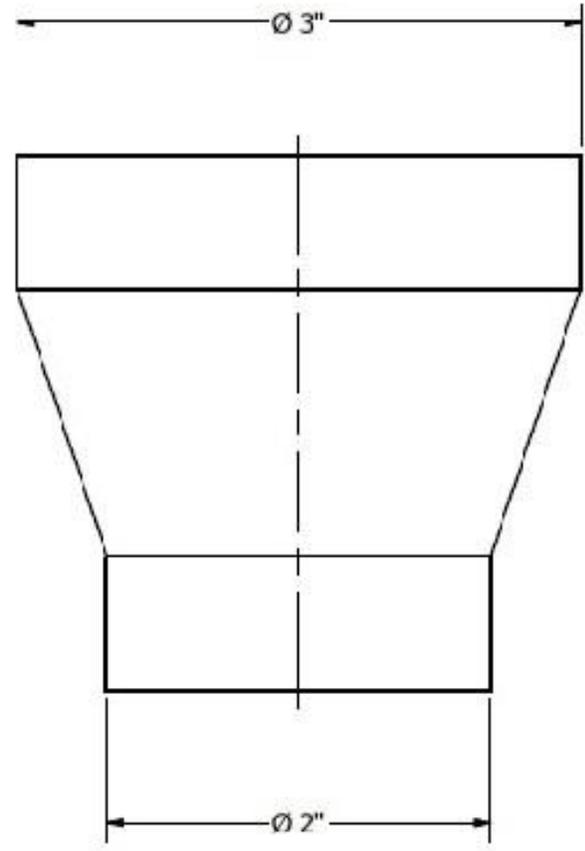
	Skala : Custom	Dibuat : Welly Praetio NPM : 3331091358 Diperiksa : Dosen	KET
	Ukuran : mm		
FT UNTIRTA	Tanggal : 6 Aug 2016	Skema Laju Udara	SKRIPSI
			A4

PERINGATAN !!! 1. Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan. 2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.



PERINGATAN !!! Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

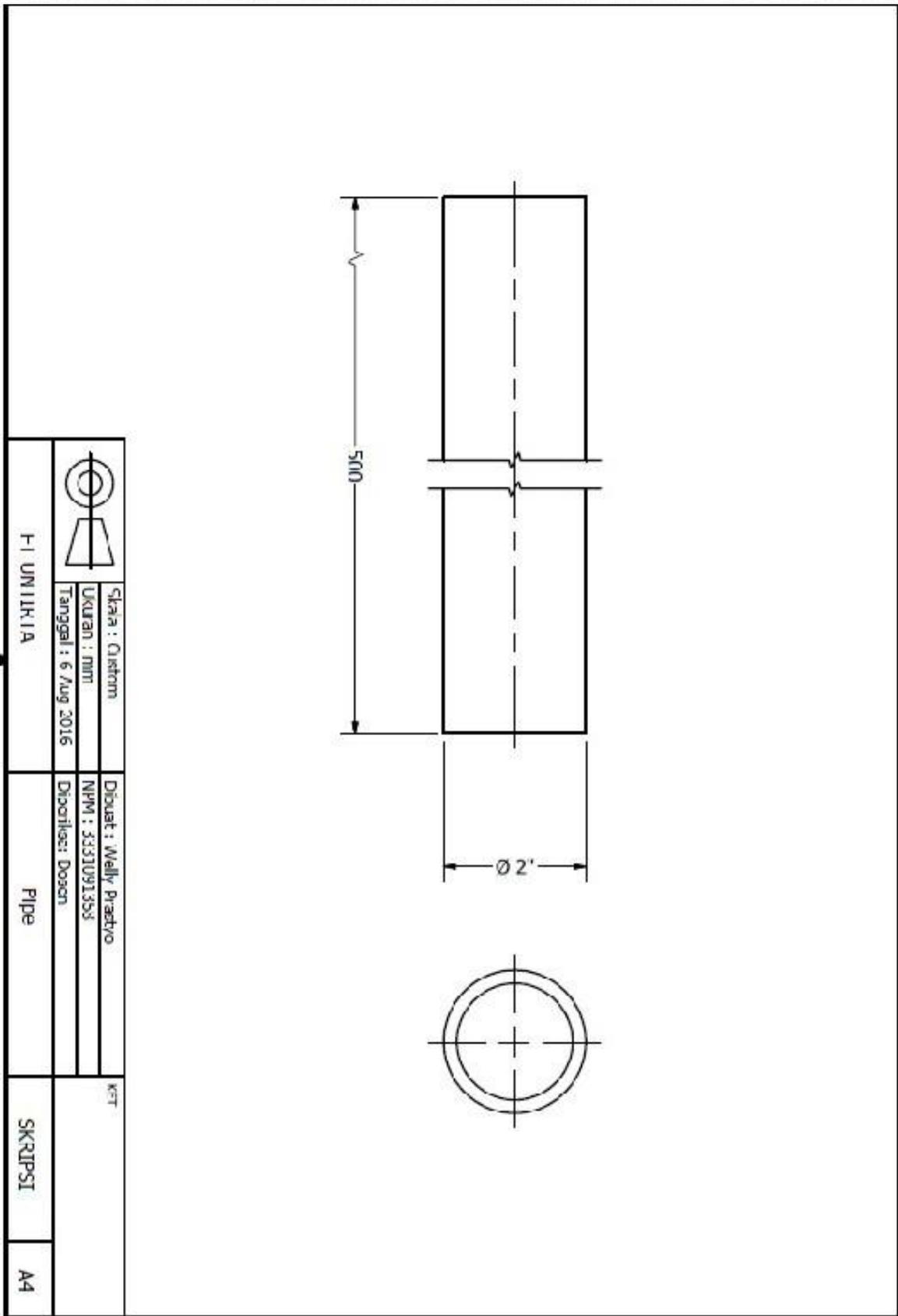
	Skala : Custom Ukuran : mm Tanggal : 5 Aug 2016	Dibuat : Welly Prasetyo NPM : 3331091353 Diperiksa : Dosen	KET SKRIPSI A4
	FT UNTIRTA	Revisi	



PERINGATAN !!! Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

 FT UNTIRTA		Skala : Custom	KCT SKRIPSI A4
	Ukuran : mm	Dibuat : Wellj Praktyu	
	Tanggal : 6 Aug 2016	Diperiksa: Dosen	

Ball Valve



PERINGATAN !!! Dilarang mengutip sebagian/seluruh karya tulis ini untuk digandakan/diperjualbelikan. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya tulis ilmiah, penyusunan laporan, dan atau tinjauan suatu masalah dengan catatan tidak merugikan Penulis.

