

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/362223736>

Experimental Study of Heat Transfer on Household Scale Mini Incinerators

Conference Paper · October 2018

CITATIONS

0

READS

3

5 authors, including:



Wahyu H. Piarah

Universitas Hasanuddin

49 PUBLICATIONS 222 CITATIONS

SEE PROFILE



Zuryati Djafar

Universitas Hasanuddin

47 PUBLICATIONS 130 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Biomass material of capasitor [View project](#)



Light energi [View project](#)



SNTTM XVII

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin 2018

PROSIDING

“Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan”

Organized by :



**Program Studi
TEKNIK MESIN**

45 Oktober 2018

Hotel Swiss Belinn Kupang, Nusa Tenggara Timur

Indonesia

Kata Pengantar

Segala puji syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena hanya dengan rahmat-Nya buku prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) XVII dapat diterbitkan. SNTTM XVII dengan tema "Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global Dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan" merupakan kegiatan tahunan Badan Kerja Sama Teknik Mesin (BKS-TM) Indonesia. SNTTM kali ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana (UNDANA) Kupang pada tanggal 4-5 Oktober 2018 di hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang.

Dengan terlaksananya seminar ini, diharapkan adanya kerjasama antar Program Studi Teknik Mesin seluruh Indonesia yang semakin erat dan baik, dalam pengembangan peran ilmu teknik mesin dalam mendukung pembangunan nasional. Mulai tahun 2017, BKS-TM menggunakan sistem *Open Conference System* (OCS) dalam tahapan pengiriman abstrak dan makalah, sehingga seluruh prosiding yang dihasilkan dari SNTTM nantinya dapat diakses secara daring. Upaya ini merupakan bagian dari usaha BKS-TM untuk meningkatkan mutu publikasi karya ilmiah teknik mesin ke level yang lebih tinggi.

Perlu diketahui bahwa seleksi SNTTM XVII dilakukan dalam dua tahapan: 1) seleksi abstrak untuk kegiatan seminar dan 2) seleksi makalah lengkap untuk prosiding daring. Penyelenggaraan kali ini telah berhasil menjaring 198 abstrak untuk diseminarkan yang berasal dari berbagai institusi. Dari 198 abstrak yang diseminarkan, jumlah makalah yang sampai pada tahap prosiding adalah 143 artikel ilmiah, dengan perincian 35,66% konversi energi, 22,37% perancangan dan mekanika terapan, 13,98% proses manufaktur, 23,77% rekaya material dan 4,19% pendidikan teknik mesin.

Pada kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya kepada BKS-TM Indonesia, para pimpinan Program Studi Teknik Mesin, *keynote speaker*, tim peninjau, sponsor, para pemakalah, serta segenap panitia yang telah berpartisipasi aktif atas terselenggaranya SNTTM XVII dan terbitnya prosiding dari acara ini. Tidak lupa kami selaku panitia pelaksana memohon maaf atas kekurangan dan ketidaksempurnaan yang terjadi dalam keseluruhan proses penyelenggaraan seminar dan penerbitan buku prosiding. Akhir kata, semoga prosiding SNTTM XVII ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Salam hangat,

Dominggus G. H. Adoe, S. T., M. Eng
Ketua Panitia Pelaksana

Tentang Kupang

Kota Kupang adalah kota madya dan sekaligus sebagai ibu kota provinsi Nusa Tenggara Timur, Indonesia. Kota Kupang adalah kota yang terbesar di Pulau Timor. Dengan jumlah penduduk lebih dari 450 ribu jiwa (perhitungan pada tahun 2014) yang terdiri dari berbagai macam suku dan bangsa yaitu Timor, Rote, Sabu, Tionghoa, Flores, Alor, Lembata serta sebagian kecil pendatang dari Ambon, Bali, Sulawesi dan Jawa. Kota Kupang merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri dan pendidikan di Nusa Tenggara Timur.

Kota Kupang sering dijuluki sebagai Kota Karang. Julukan ini disebabkan oleh kondisi geografis kota Kupang dipenuhi oleh batu karang. Nama Kupang berasal dari nama seorang raja yang memerintah Kota Kupang sebelum bangsa Portugis dan Belanda datang ke Nusa Tenggara Timur yaitu Lai Kopan. Nama Lai Kopan kemudian disebut oleh Belanda sebagai Koeipan dan dalam bahasa sehari-hari menjadi Kupang.

Sebagai ibu kota provinsi Nusa Tenggara Timur, Kota Kupang memiliki sarana pendidikan milik pemerintah dan yang dikelola oleh swasta untuk pendidikan formal dan informal dari tingkat PAUD, Play Group, TK, SD, SLTP dan SLTA serta Perguruan Tinggi. Perguruan Tinggi yang ada di Kota Kupang sebanyak 19 Perguruan Tinggi yang terdiri dari 4 Perguruan Tinggi Negeri dan 15 Perguruan Tinggi Swasta.

Kupang juga memiliki beberapa objek wisata yang dapat memanjakan setiap orang yang berkunjung dengan hamparan pasir putih yang indah dan laut biru yang cantik. Sejak beberapa tahun terakhir ini menjadi langganan persinggahan peserta lomba perahu layar internasional, pemandangan yang indah serta keramahan para pedagang yang berjualan di sekitar area wisata yang tidak ternoda oleh pikiran mencari untung sebanyak-banyaknya, yang masih kental akan budaya persaudaraan antar sesama serta kekhasan budaya dan adat. Wisatawan yang berkunjung ke kota ini biasanya terkesan dengan ikan bakar yang ukurannya besar-besar dengan harga yang relatif murah. Pasar malam yang populer di Kota Kupang yang menyajikan makanan sari laut terletak di daerah Kampung Solor di sekitar bekas bioskop Raja. Dinikmati dengan sambal khas Kupang, tentu wisatawan akan langsung berjanji pada diri sendiri: "suatu saat nanti, beta akan kembali lagi".

ISSN 2623-0313

Buku Prosiding SNTTM XVII – 2018

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVII

Tema Seminar

**Peran Ilmu Teknik Mesin yang Berorientasi Global
Dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan**

Pelaksanaan

Hotel Swiss-Belinn Kristal Kupang, 4-5 Oktober 2018

Penerbit

**Program Studi Teknik Mesin
Kampus UNDANA Penfui Kupang 85148**

SNTTM XVII – 2018

SEMINAR NASIONAL TAHUNAN TEKNIK MESIN XVII

**Perancangan dan Mekanika Terapan, Proses Manufaktur, Konversi Energi,
Material Material, Pendidikan Teknik Mesin**

Penanggung Jawab

**Prof. Fredik L. Benu, Rektor Undana Kupang
Drs. Hery L. Sianturi, Dekan Fakultas Sains & Teknik, UNDANA Kupang
Dr. Jefri S. Bale, Ketua Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang**

Penasehat

**Dr. Arifin Sanusi, Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang
Dr. Matheus M. Dwinanto, Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang
Wenseslaus Bunganaen, M. T., Program Studi Teknik Mesin, UNDANA Kupang**

Panitia Pelaksana

**Ketua Umum: Dominggus G. H. Adoe, M. Eng
Bendahara: Gusnawati, M. Eng
Publikasi: Muhamad Jafri, M. Eng
Perlengkapan: Ben V. Tarigan, M. M.**

Editor

**Dr. Jefri S. Bale
Dr. Arifin Sanusi
Yeremias M. Pefl, M. Eng
Kristomus Boimau, M. T.
Muhamad Jafri, M. Eng
Boy Bistolen, M. Eng**

Reviewer

Perancangan dan Mekanika Terapan	Daud Pulo Mangesa, M. T. Rima N. Selan, M. T. Jack C. A. Pah, M. T.
Proses Manufaktur	Wenseslaus Bunganaen, M. T. Adi Y. Tobe, M. T. Defmit B. N. Riwu, M. T.
Konversi Energi	Dr. Arifin Sanusi Muhamad Jafri, M. Eng Gusnawati, M. Eng Ben V. Tarigan, M. M. Yuftriani Littik, M. Eng
Rekayasa Material	Dr. Jefri S. Bale Yeremias M. Pell, M. Eng Kristomus Boimau, M. T. Dominggus G. H. Adoe, M. Eng Boy Bistolen, M. Eng
Pendidikan Teknik Mesin	Wenseslaus Bunganaen, M. T. Daud Pulo Mangesa, M. T. Rima N. Selan, M. T. Jack C. A. Pah, M. T. Adi Y. Tobe, M. T.

Daftar Isi

KONVERSI ENERGI [KE]

KODE MAKALAH	JUDUL MAKALAH	HALAMAN
KE - 01	Computational Analysis of Fluid Flows Crossing Square Cylinder Dimpled Half Ball Nasaruddin Salam, Rustan Tarakka, Jalaluddin dan Andi Machfud	001-007
KE - 02	Analyse Coefficient Of Performance System To Result Of Condensation At Appliance Of Converter Portable Fathir Muhammad, Dominggus G.H.Adoe, Gusnawati	008-013
KE - 03	Analysis of heat loss of hot mix asphalt during the waiting time the overlay Muhammad Muhammad, Ahmad Syuhada, Syifaul Huzni, Zahrul Fuadi	014-021
KE - 04	Analysis of Seal Gas Supply Conditioning and Numerical Simulation of The Influence of Seal Gas Supply Pressure on the Compressor Balance Line Pressure of Labyrinth Dry Gas Seal MSK Tony Suryo Utomo, Syaiful dan Riszcky Fermansah	022-031
KE - 05	Analysis of The Effect of Temperature and Time of Distillation toward Bioethanol Alcohol content of Lontar (Borassus Flabellifer) Fruit Mesocarp Dominggus Adoe, Defmit Riwu, Musa Magang	032-036
KE - 06	Analysis Of The Utilization Of Corn Cobs Waste As An Alternative Fuel Based On Grain Variations Sallolo Suluh, Petrus Sampelawang, Frans Robert Bethony, Yafet Bontong, Gabriel Padda Pabisa	037-042
KE - 07	Analysis of Water Hyacinth Dryers Using Fluent 6.2.16 Noviyanti Nugraha, M. Alexin Putra, Aep Syaeful Rohman, Danang Pinanditio	043-048
KE - 08	Analysis On Solar Heating System Error On Public Road Lighting Power Plant In Banda Aceh And Sabang Ahmad Syuhada, M. Ilham Maulana	049-054
KE - 09	Analysis Performance of Savonius Wind Turbines with combined blade without loaded Arifin Sanusi, Nurhayati dan Hikmah	055-059
KE - 10	Analysis Type of Fluid With Thermosyphon Cooling System Against With Output Power Thermoelectric Generator Ben Vasco Tarigan, Arifin Sanusi dan Marsel Marthinus Liu	060-063
KE - 11	Application of 3-inch Hydraulic Ram Pump in Dryland Irrigation at The Baumata Village, Taebenu District, Kupang Regency Muhamad Jafri, Wenseslaus Bunganaen, Nurhayati dan Gusnawati	064-068
KE - 12	Characteristic Testing of Solar Still X Desalination Technology in Indonesia using Seawater Raldi Artono Koestoer, Ibnu Roihan, dan Valerie Deva Simangunsong, Adi Surjosatyo	069-077
KE - 13	Characteristics Of Pet Plastic Pyrolysis Products With Temperature Variations	078-082

KE - 42	The Effects Of Mango Biodiesel Seed Oil To Diesel Engine Performance Willyanto Anggono, R. Santoso, Sutrisno, Fandi D. Suprianto dan Gabriel J. Gotama	235-241
KE - 43	Thermal Characteristic Study of Biomass for Heating Rate and Liquid Yield on Pyrolysis Process to Produce Bio-Oil Nasruddin A. Abdullah , Rachmat Rahardian , Imansyah Ibnu Hakim , Nandy Putra, Raldi A. Koestoer	242-248
KE - 44	Thermal Heating Study Of Microwave Reactor For Pyrolysis Of Vegetable Wastes Defani Alrasyidi Nugraha, Wirawan Sumbodo dan Samsudin Anis	249-252
KE - 45	Vortex Shedding Passing Through Four Cylinders Benny Dwika Leonanda	253-263
KE - 46	PRELIMINARY RESEARCH ON QUADCOPTER WITH PHOTOVOLTAIC TO INCREASE FLIGHT TIME Evi Sofia, Hery Sonawan dan Dian Kurniawan, Ahmad Iqbal	264-270
KE - 47	PROCESS OF COFFEE PROCESSING OF ARABIC POWDER AND PHYSICAL CHANGES DUE TO ADJUSTMENT TEMPERATURE Musa Bondaris Palungan , Charmia Iradat Rapa, Salma Salu	271-274
KE - 48	Sistem Pendingin Central Processing Unit (CPU) Berbasis Cascade Straight Heat Pipe Wayan Nata Septiadi, I Nyoman Budiarsa, Imanuel Adam Tnunay, IGAA Desy Wulandari dan Wayan Ainun Wildan Ula	275-281
KE - 49	Analysis of the Influence of Engineering Waste Measures on 3 inch Single Compression Hydraulic Pump Efficiency Gusnawati, Rima N Selan, Daud P Mangesa, dan Adi Tobe	282-289
KE - 50	Experimental Study of Heat Transfer on Household Scale Mini Incinerators Wahyu H. Piarah, Zuryati Djafar, Thomas Tjandinegara, Zulkifli Djafar, Putri Githa	290-294
KE - 51	Analysis of Heat and Mass Transfer on Fungi Growth Inside of Building Walls and Increasing of Energy Consumption, Case Study: Jakarta and Medan Weather Data Nasruddin, M. Rifqi Audi, Hafidho Ilham, Juno Dwi Putra, Yovan Okta Ananda	295-299

REKAYASA MATERIAL [RM]

KODE MAKALAH	JUDUL MAKALAH	HALAMAN
RM - 01	Application Of Graphene Material As A Co₂ Gas Sensor Maula Nafi, Edi Santoso dan Ichlas Wahid	001-004
RM - 02	Behavior Analysis of Widuri Fiber Effluence of NaOH Treatment to Wettability and Adhesiveness with Polyester Resin Yeremias M. Pell, Wenseslaus Bunganaen , Vinsensius Wowa	005-010
RM - 03	Characterization of Babbitt in Steam Turbine Sliding Bearings Mohammad Reza Hermawan, Bukti Tatigan dan Dedi Lazuardi	011-017

Experimental Study of Heat Transfer on Household Scale Mini Incinerators

Wahyu H. Piarah^{1,*}, Zuryati Djafar^{1,*}, Thomas Tjandinegara¹, Zulkifli Djafar¹, Putri Githa¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin – Makassar

*Corresponding author: wahyupiarah@unhas.ac.id; zuryatidjafar@unhas.ac.id

Abstract. This Incineration technology is an alternative to biological waste treatment methods such as composting and biogas. The purpose of this study was to determine the heat loss on the body and incinerator chimney with three variations of waste density (compacted, medium compacted, non-compacted) and three variations of the chimney's height (1 meter, 2 meters, and 3 meters). The method has been done by taking the measured temperature data directly through the thermocouple and display temperature. From the convection heat transfer and radiation analysis, the largest amount of heat is found in the height variation of the 3-meter chimney with compacted solid waste (9 kg).

Abstrak. Teknologi insinerasi merupakan salah satu alternatif untuk metode pengolahan limbah *landfill* dan proses biologis seperti pengomposan dan biogas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan panas yang hilang pada badan dan cerobong insinerator pada tiga variasi kepadatan sampah (dipadatkan, dipadatkan sedang, tidak dipadatkan) dan tiga variasi tinggi cerobong (1 meter, 2 meter, dan 3 meter). Metode penelitian yang telah dilakukan dengan mengambil data temperatur yang terukur langsung melalui termokopel dan display temperatur. Dari hasil analisa perpindahan panas konveksi dan radiasi maka jumlah panas terbesar terdapat pada variasi tinggi cerobong 3 meter dengan sampah dipadatkan (9 kg).

Keywords: insinerator, karakteristik, perpindahan panas, pengelolaan, sampah.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Kota Makassar merupakan kota terbesar di kawasan Indonesia Timur dan terbesar kedua di luar Pulau Jawa setelah kota Medan. Makassar memiliki wilayah seluas 199,26 km² dengan jumlah penduduk sebesar 1,700,571 juta jiwa [1] yang menghasilkan volume timbunan sampah 800 ton per hari [2].

Insinerasi (*incineration*) merupakan suatu teknologi pengolahan limbah yang melibatkan pembakaran limbah pada temperatur tinggi. Teknologi insinerasi dan sistem pengolahan limbah temperatur tinggi lainnya digambarkan sebagai "perlakuan termal".

Pada hakekatnya, insinerasi barang-barang sisa atau sampah mengkonversi limbah menjadi panas yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi seperti listrik. Salah satu cara teknologi pengolahan limbah adalah dengan teknologi insinerasi, dan alat yang digunakan biasa disebut dengan insinerator. Pengolahan limbah dengan insinerator terutama bertujuan untuk mengurangi volume dari limbah itu sendiri sampai sekecil mungkin, kemudian juga untuk mengolah limbah tersebut supaya menjadi tidak berbahaya bagi lingkungan serta stabil secara kimiawi [3].

Insinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengkonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (*bottom ash dan fly ash*). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperature lebih dari 800° C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (*combustible*) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik [4].

Proses insinerasi berlangsung melalui 3 tahap [5], yaitu:

- Mengubah air dalam sampah menjadi uap air, hasilnya limbah menjadi kering yang akan siap terbakar
- Proses pirolisis, yaitu pembakaran tidak sempurna, dimana temperature belum terlalu tinggi
- Proses pembakaran sempurna. Insinerasi dapat mengurangi berat sampah 70-80 % atau volume 85-95 %.

Limbah padat yang baik untuk insinerasi ialah limbah kertas, plastik, dan karet. Limbah padat kertas sangat bagus untuk diinsenerasi karena mudah dibakar dan menghasilkan panas yang besar namun kertas dengan tinta cetak sedikit berbahaya karena jika dibakar akan menghasilkan senyawa toksin sejenis dioksin yang terbang di udara sehingga membahayakan kesehatan manusia.

Limbah padat plastik polinilkhlorida jika dibakar akan menghasilkan panas dan dioksin serta senyawa racun lainnya. Limbah racun ini akan didetoksifikasi oleh panas dengan suhu tinggi sehingga struktur kimianya berubah dan tidak membahayakan [6].

Kehilangan Panas pada Insinerator

Pada keadaan ideal, semua panas yang dimasukkan ke tungku digunakan untuk memanaskan muatan. Tetapi pada prakteknya banyak panas yang hilang. Untuk menghitung kehilangan panas pada insinerator bisa didapatkan dengan cara ilmu perpindahan panas.

Ilmu Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi karena perbedaan temperatur di antara benda atau material. Perpindahan panas yang terjadi pada insinerator yaitu:

a. Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah di dalam medium yang bersinggungan langsung. [7]

$$\dot{Q}_{kond} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \tag{1}$$

Dimana:

- \dot{Q}_{kond} = Laju Panas Konduksi (kJ/det) atau Watt
- k = Daya hantar konduktivitas termal (W/m2 °C)
- A = Luas penampang (m²)
- ΔT = perbedaan temperatur (°C)
- Δx = jarak (m), diukur tegak lurus terhadap permukaan

b. Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi merupakan perpindahan panas antara permukaan solid dan berdekatan dengan fluida yang bergerak atau mengalir dan itu melibatkan pengaruh konduksi dan aliran fluida [7].

$$\dot{Q}_{conv} = hA(T_s - T_{\infty}) \tag{2}$$

Di mana:

- \dot{Q}_{conv} = Laju Panas konveksi (kJ/det) atau Watt
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m²°C)
- A = Luas penampang (m²)
- T_s = Temperatur permukaan (°C)
- T_{∞} = Temperatur sekeliling (°C)

c. Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah energi yang dipancarkan oleh materi dalam bentuk gelombang elektromagnetik (foton) akibat dari perubahan konfigurasi elektronik atom atau molekul [7].

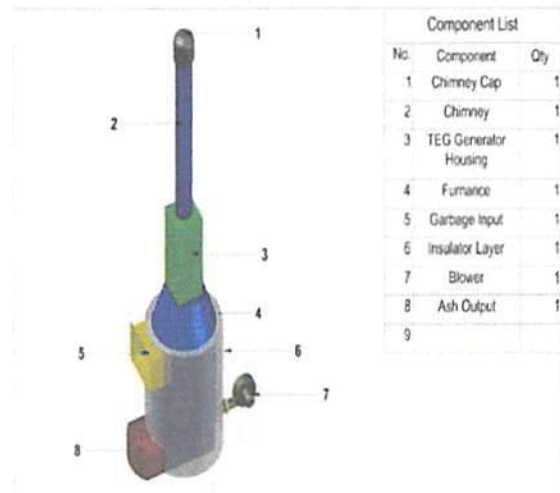
$$\dot{Q}_{radiasi} = \epsilon\sigma A(T_s^4 - T_{surr}^4) \tag{3}$$

Di mana :

- Q = Panas (kJ/det) atau Watt
- ϵ = Emisivitas dari permukaan
- σ = Konstanta Stefan-Boltzmann (5,67 x10⁻⁸ W/m².K⁴)
- A = Luas permukaan (m²)
- T_s = Temperatur permukaan (K)
- T_{sur} = Temperatur sekeliling (K)

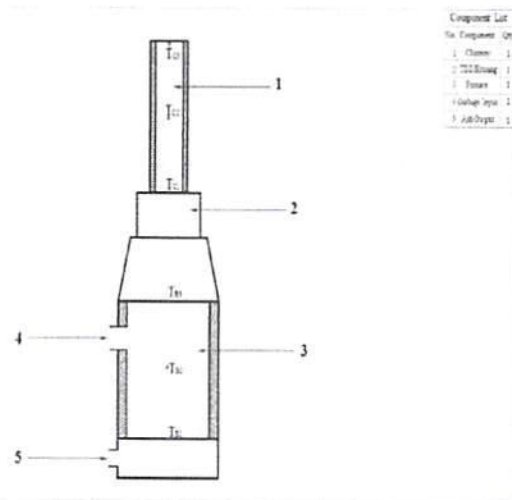
Metode Penelitian

Perancangan Insinerator skala Laboratorium meliputi dua bagian penting yaitu perancangan bagian sistem pembakaran insinerator dari awal proses pembakaran hingga hasil pembakaran, dan untuk mengidentifikasi sampah serta kehilangan panas yang dialami dan karakteristik panasnya.



Gambar 1. Desain Insinerator

Termokopel dipasang pada sisi cerobong dan badan insinerator untuk mendapatkan karakteristik temperatur pada bagian dasar, tengah, serta ujung cerobong dan badan insinerator.



Gambar 2. Posisi Termokopel pada Cerobong dan Badan Insinerator

Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Panas yang Hilang ke sekeliling

• Perpindahan Panas Konveksi

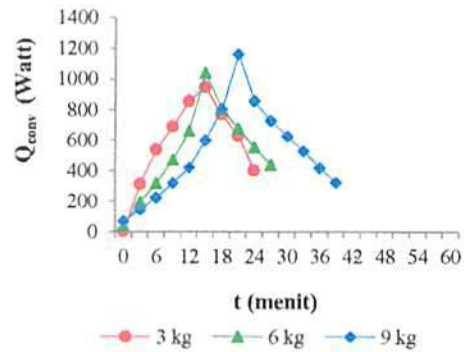
Pada variasi cerobong 1 meter dengan sampah tidak dipadatkan (3kg), *peak point* berada pada menit ke-15 dan diketahui Temperatur udara (T_{∞}) sebesar 32°C sehingga hasil analisa perpindahan panas konveksi untuk variasi cerobong 1 meter pada titik ke-15 diperoleh T_{avg} sebesar $90,21^{\circ}\text{C}$ dengan bilangan Ra_L sebesar $5,5 \times 10^8$. Karena bilangan Rayleigh berkisar 10^4-10^9 , sehingga untuk mendapatkan bilangan Nusselt sebesar 90,4974 dengan bilangan koefisien perpindahan panas konveksinya diperoleh sebesar $5,5879 \text{ W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ sehingga laju panas konveksi yang dihasilkan sebesar 258,854 Watt

Cara yang sama digunakan untuk semua titik pada setiap variasi cerobong insinerator kemudian panas yang didapat pada setiap komponen insinerator (badan atas, peralihan, badan bawah, dan cerobong) dijumlahkan sehingga diperoleh perhitungan perpindahan panas konveksi pada masing-masing variasi cerobong.

Variasi Cerobong 1 meter

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara laju panas konveksi dan waktu pembakaran sampah tidak dipadatkan (3kg), sampah dipadatkan setengah (6kg) dan sampah dipadatkan (9kg) dengan menggunakan cerobong 1 meter. Jumlah panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan

(9 kg) dengan besar panas 1161,68 Watt pada menit ke-21 dengan proses pembakaran selama 39 menit. Selanjutnya pada variasi sampah tidak dipadatkan (3 kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-15 dengan besar panas 949,88 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 24 menit.

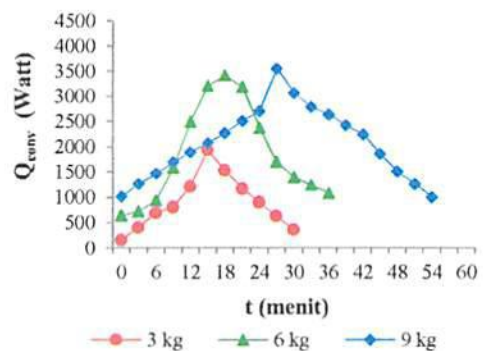


Gambar 3. Laju Panas Konveksi (Q_{conv}) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 1 meter

Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6 kg), proses pembakaran berlangsung selama 27 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-15 dengan besar panas 1041,04 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.

Variasi Cerobong 2 meter

Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara laju panas konveksi dan waktu pembakaran sampah tidak dipadatkan (3 kg), sampah dipadatkan setengah (6 kg) dan sampah dipadatkan (9 kg) dengan menggunakan cerobong 2 meter.



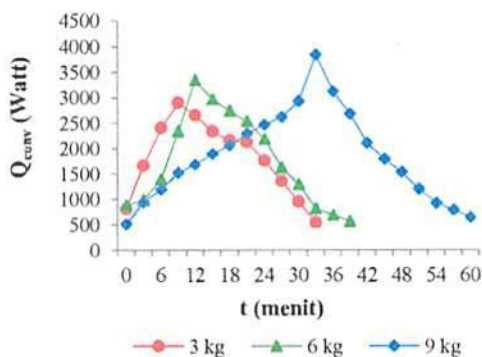
Gambar 4. Laju Panas Konveksi (Q_{conv}) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 2 meter

Jumlah panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan (9kg) dengan besar panas 3550,73 Watt pada menit ke-27 dengan proses pembakaran selama 54 menit. Sementara itu, pada variasi sampah tidak dipadatkan (3kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-15 dengan besar

panas 1943,76 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 30 menit. Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6kg), proses pembakaran berlangsung selama 36 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-18 dengan besar panas 3415,53 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.

Variasi Cerobong 3 meter

Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara laju panas konveksi dan waktu pembakaran sampah tidak dipadatkan (3 kg), sampah dipadatkan setengah (6 kg) dan sampah dipadatkan (9 kg) dengan menggunakan cerobong 3 meter. Jumlah panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan (9 kg) dengan besar panas 3842,13 Watt pada menit ke-33 dengan proses pembakaran selama 60 menit. Sementara itu, pada variasi sampah tidak dipadatkan (3kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-9 dengan besar panas 2898,91 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 33 menit. Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6 kg), proses pembakaran berlangsung selama 39 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-12 dengan besar panas 3357,88 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.



Gambar 5. Laju Panas Konveksi (Q_{conv}) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 3 meter

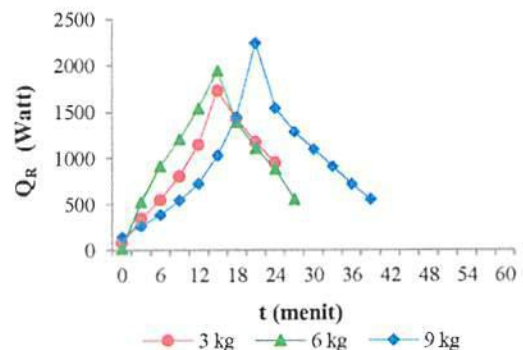
Dari hasil analisa perpindahan panas konveksi, dapat dilihat bahwa Q terbesar berada pada variasi cerobong 3 meter dengan jenis sampah dipadatkan (9kg). Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu, maka panas akan meningkat kemudian turun lagi sampai pada akhir pembakaran karena seiring dengan berjalannya proses pembakaran, panas yang keluar keudara semakin banyak.

• Perpindahan Panas Radiasi

Pada variasi cerobong 1 meter dengan sampah tidak dipadatkan (3kg), *peak point* berada pada menit ke-15 dan diketahui Temperatur udara (T_{∞}) sebesar 32°C sehingga hasil analisa perpindahan panas radiasi untuk variasi cerobong 1 meter pada titik ke-15 diperoleh laju panas radiasi yang dihasilkan sebesar 454,158 Watt. Dengan cara yang sama untuk semua titik pada setiap variasi cerobong insinerator kemudian panas yang didapat pada setiap komponen insinerator dijumlahkan sehingga diperoleh perhitungan perpindahan panas radiasi pada setiap variasi cerobong.

Variasi Cerobong 1 m

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara laju panas radiasi dan waktu pembakaran sampah waktu pembakaran sampah tidak dipadatkan (3 kg), sampah dipadatkan setengah (6 kg) dan sampah dipadatkan (9 kg) dengan menggunakan cerobong 1 meter. Jumlah panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan (9 kg) dengan besar panas 2249.78 Watt pada menit ke-21 dengan proses pembakaran selama 39 menit. Sementara itu, pada variasi sampah tidak dipadatkan (3 kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-15 dengan besar panas 1731,41 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 24 menit. Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6 kg), proses pembakaran berlangsung selama 27 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-15 dengan besar panas 1949,22 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.

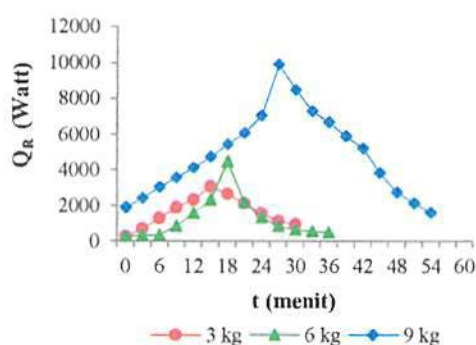


Gambar 6. Grafik Laju Panas Radiasi (Q_R) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 1m

Variasi Cerobong 2 m

Gambar 7 menunjukkan hubungan antara laju panas radiasi dan waktu pembakaran sampah tidak

dipadatkan (3 kg), sampah dipadatkan setengah (6 kg) dan sampah dipadatkan (9 kg) dengan menggunakan cerobong 2 meter. Jumlah panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan (9 kg) dengan besar panas 9939,067 Watt pada menit ke-27 dengan proses pembakaran selama 54 menit. Sementara itu, pada variasi sampah tidak dipadatkan (3 kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-15 dengan besar panas 3061,95 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 30 menit. Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6 kg), proses pembakaran berlangsung selama 36 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-18 dengan besar panas 4470,22 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.



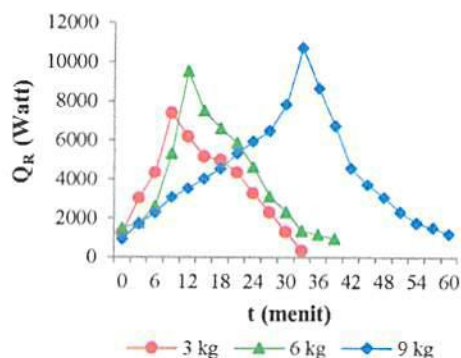
Gambar 7. Laju Panas Radiasi (Q_R) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 2m

Variasi Cerobong 3 m

Gambar 8 memperlihatkan hubungan antara laju panas konveksi dan waktu pembakaran sampah tidak dipadatkan (3 kg), sampah dipadatkan setengah (6 kg) dan sampah dipadatkan (9 kg) dengan menggunakan cerobong 3 meter. Panas tertinggi diperoleh pada variasi sampah dipadatkan (9 kg) dengan besar panas 10732,02 Watt pada menit ke-33 dengan proses pembakaran selama 60 menit. Sementara itu, pada variasi sampah tidak dipadatkan (3 kg) jumlah panas tertinggi diperoleh pada menit ke-9 dengan besar panas 7406,75 Watt dan proses pembakaran berlangsung selama 33 menit. Kemudian pada variasi sampah dipadatkan setengah (6 kg), proses pembakaran berlangsung selama 39 menit dan jumlah panas tertinggi dicapai pada menit ke-12 dengan besar panas 9536,62 Watt. Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu maka panas akan meningkat hingga pada besar tertentu dan akan turun lagi sampai akhir pembakaran.

Dari hasil analisa perpindahan panas radiasi, didapat bahwa jumlah panas terbesar berada pada

variasi cerobong 3 meter dengan jenis sampah dipadatkan (9kg).



Gambar 8 Laju Panas Radiasi (Q_R) terhadap Waktu (t) pada Variasi Cerobong 3m

Terlihat bahwa seiring kenaikan waktu, maka panas akan meningkat kemudian turun lagi sampai pada akhir pembakaran karena seiring dengan berjalannya proses pembakaran, panas yang keluar ke udara semakin banyak.

Kesimpulan

Dari hasil analisa perpindahan panas konveksi dan radiasi maka jumlah panas terbesar terdapat pada variasi tinggi cerobong 3 meter dengan sampah dipadatkan (9kg) sebesar 3842,133 kW (Q_{conv}) dan 10732,022 kW (Q_{rad}).

Penghargaan

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah memberikan dukungan pendanaan pada penelitian ini.

Referensi

- [1] BPS. 2016. *Jumlah Penduduk Kota Makassar Menurut Kecamatan Tahun 2016*.
- [2] E.Hakim. 2016. *Produksi Sampah Makassar Melonjak 100%, Daya Tampung TPA Minim - Regional Liputan6*.
- [3] D.E.Nasional.2003. *Outlook Energi Indonesia*.
- [4] H.Christian. 2008. *Modifikasi Sistem Burner*. pp. 4–20.
- [5] N.T.Fadly. 2014. *Menentukan Konsentrasi NaOH sebagai Penyerap CO2 dari Proses Pembakaran Limbah Secondary Chamber*, Thesis, pp. 6–39.
- [6] Latief, A.S. 2010. *Manfaat dan Dampak Penggunaan Insinerator terhadap Lingkungan*.
- [7] A.Y.Cengel. 2002. *Heat Transfer; A Practical Approach*, 2nd edition. NewYork:McGraw-Hill.