

SIMULATOR BOILER HYBRID SEBAGAI FUNGSI PENGERING DAN PENGOLAH LIMBAH MEDIS JENIS PLASTIK

Burhan Liputo¹⁾ Yunita Djamalu²⁾ Syaiful Umela³⁾, Leni Gobel⁴⁾, Romi Djafar⁵⁾,

^{1,2,5} Program Studi Teknologi Rekayasa Energi Terbarukan, Program Vokasi, Universitas Negeri Gorontalo

³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Umana Gorontalo

⁴ Penelitian dan Pengembangan Daerah Provinsi Gorontalo

Email: liputoburhan@gmail.com

Nomor Telp : 081356684279

Asal Negara: Indonesia

ABSTRAK

Simulator boiler hybrid adalah mesin simulasi yang didesain dengan dua fungsi kerja yakni sebagai fungsi pengolah limbah medis dan sebagai fungsi lemari pengering. Sebagai pengolah limbah medis, maka mesin ini akan difokuskan pada limbah medis jenis plastik, dan sebagai fungsi pengering, maka mesin ini akan menjadi sebuah alat atau lemari pengering pakaian. Sehingga berdasarkan multi fungsi mesin, maka sistem ini memiliki karakteristik kerja secara *hybrid*. simulator *boiler hybrid* dapat menjadi solusi, memberikan fungsi proses pengolahan limbah medis jenis plastik dan memberikan fungsi manfaat untuk pengeringan yang ekonomis serta ramah lingkungan. Oleh sebab itu penelitian ini bertujuan untuk membuat alat simulator *boiler hybrid* yang dapat digunakan sebagai mesin pengolah limbah medis jenis plastik dan juga sebagai mesin pengering pakaian. Sistem *boiler hybrid* didesain dengan menerapkan konsep teknologi tepat guna agar pada penerapannya dapat dilakukan dengan mudah dan praktis. Metode pelaksanaan penelitian adalah klasifikasi limbah medis jenis plastik, desain konsep dan analisis, perancangan konstruksi sistem *boiler hybrid* kombinasi insinerator untuk pembakaran limbah medis, pengujian fungsi sistem dan observasi data uji. Fokus penelitian adalah kalor pembakaran limbah plastik, radiasi kalor, sirkulator dan sistem kendali aliran dan karakteristik hasil pembakaran limbah plastik. Hasil dari penelitian ini adalah mesin simulator boiler hybrid dapat berfungsi sebagai mesin insinerator untuk pembakaran material sampah medis jenis plastik, dan berfungsi sebagai pengering pakaian; fungsi insinerator pada mesin ini hanya melalui dua proses yakni proses pembakaran bahan baku sampah medis jenis plastik dan proses pembakaran gas karbon atau asap yang dihasilkan dari proses pembakaran material bahan baku; mesin sumulator belum dilengkapi dengan proses pengkabutan untuk fungsi filter pembersih asap dan kontrol pengkabutan; mesin simulator boiler hybrid bekerja dengan prinsip pengontrolan otomatis berdasarkan pendektsian temperatur menggunakan sensor temperatur; temperatur pembakaran pada mesin boiler dapat dikontrol pada standar 830 °C dan temperatur ruang pengering dapat diatur pada temperatur ruang 50 - 150 °C.

Kata Kunci: Boiler, Hybrid, Limbah medis, Pengering, Sistem kontrol

ABSTRACT

The hybrid boiler simulator is a simulation machine designed with two working functions, namely as a medical waste processing function and as a drying cabinet function. As a medical waste processor, this machine will focus on plastic medical waste, and as a dryer function, this machine will be a clothes-drying tool or cabinet. So based on the multifunctionality of the machine, this system has hybrid working characteristics. Hybrid boiler simulators can be a solution, providing the function of processing plastic medical waste and providing the advantageous function of economical and environmentally friendly drying. Therefore, this research aims to create a hybrid boiler simulator that can be used as a plastic medical waste processing machine and also as a clothes drying machine. The hybrid boiler system is designed by applying the concept of appropriate technology so that its implementation can be done easily and practically. The research implementation method is a classification of plastic medical waste, concept design, and analysis, construction design of a hybrid boiler system combined with an incinerator for burning medical waste, system function testing, and observation of test data. The focus of his research is the heat of burning plastic waste, heat radiation, circulators, and flow control systems as well as the characteristics of the results of burning plastic waste. The results of this research are that the hybrid boiler simulator machine can function as an incinerator machine to burn plastic medical waste and function as a clothes dryer; The function of the incinerator in this machine is only through two processes, namely the process of burning plastic medical waste raw materials and the process of burning carbon gas or smoke produced from the process of burning raw materials; the simulator machine is not yet equipped with a fogging process for the function of smoke cleaning filter and fogging control; the hybrid boiler simulator machine works on the principle of automatic control based on temperature detection using a temperature sensor; The combustion temperature in the boiler machine can be controlled at a standard of 830 °C and the drying room temperature can be set at a room temperature of 50 – 150 °C.

Keywords: Boiler, Hybrid, Medical Waste, Dryer, Control System

1. PENDAHULUAN

Sistem *boiler hybrid* adalah mesin yang memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai mesin pengolah limbah medis atau dikenal sebagai *insinerator*, dan sebagai mesin pembangkit energi panas (*biler*) untuk dimanfaatkan sebagai alat pengering. Sebagai pengolah limbah medis, mesin ini hanya difokuskan untuk mengolah limbah medis jenis plastik, dan sebagai alat pengering, maka mesin ini hanya digunakan untuk pengering pakaian. Berdasarkan dua prinsip tersebut maka mesin isi didesain menjadi *boiler* fungsi *hybrid* kombinasi insinerator untuk pembakaran limbah medis jenis plastik.

Motivasi dasar penelitian ini adalah adanya kontinyuitas produksi limbah medis jenis plastik di salah satu Rumah Sakit di Kabupaten Gorontalo, proses pengolahannya hanya sebatas pada pemusnahan, dan penggunaan energi listrik pada lemari pengering. Ketersediaan limbah medis jenis plastik pada instansi ini, tentu sangat mendukung dengan frekuensi produksi yang cukup signifikan dan berkesinambungan. Sehingga pemanfaatannya sebagai bahan bakar pada sistem simulator *boiler hybrid* sangat berpeluang. Disisi lain penggunaan energi listrik pada lemari pengering ini masih menjadi solusi tetapi berdambak pada penyerapan daya listrik yang cukup signifikan. Sementara ketersediaan daya listrik di salah satu Rumah Sakit tersebut sedang mengalami devisit akibat adanya peningkatan kebutuhan peralatan elektromedis yang setiap tahunnya diadakan.

Berdasarkan uraian di atas maka penelitian ini dapat dirumuskan bahwa sistem *boiler hybrid* adalah mesin simulator yang dapat digunakan sebagai *incinerator* skala kecil, sekaligus sebagai pengering dengan konsep teknologi praktis, dan ramah lingkungan. Oleh karena itu konsep ini dapat menjawab isu penumpukan sampah limbah medis yang belum terolah dan termanfaatkan dan juga kebutuhan Rumah Sakit pada proses pengeringan pakaian rumah sakit dan lain sebagainya.

Tujuan penelitian adalah membuat sebuah mesin simulator *boiler hybrid* dengan fungsi *incinerator* dan pengering menggunakan bahan bakar limbah medis jenis plastik. Rencana target capaian penelitian adalah rekomendasi alat prototipe dan sebagai *project pilot* untuk instansi rumah sakit dan instansi kesehatan lain di Provinsi Gorontalo. Metode pelaksaan penelitian adalah desain konsep dan analisis, perancangan konstruksi sistem *boiler hybrid* dan insinerator, pengujian fungsi sistem dan observasi data uji.

2. METODE PENELITIAN

Air umpan dari ketel uap diolah di pengolahan air (water treatment plant) yang berasal dari kali Bengawan Solo. Air dari pengolahan air kemudian diolah kembali di boiler plant dengan menggunakan filter pasir, softener, dan deaerator untuk memenuhi

kebutuhan air umpan boiler. Air dari deaerator ditampung pada tangki air lembut, dan kemudian dipompa ke dalam boiler. Di dalam tangki air lembut, air dipompa ke dalam boiler. (Winson : 1976).

Pipa kalor terdiri dari tabung hampa yang ditutup pada kedua ujungnya dan diisi dengan cairan. Pada ujung yang dipanaskan, salah satu ujung pipa kalor dilepaskan ke pemanas (evaporator), dan ujung lainnya didinginkan (kondensor). Tujuannya adalah untuk membawa panas dari evaporator ke kondensor melalui pipa. Banyak peneliti menyelidiki parameter dan karakteristik pipa panas secara teoretis dan eksperimen (J. M. Tourniera, 1994).

Insinerator

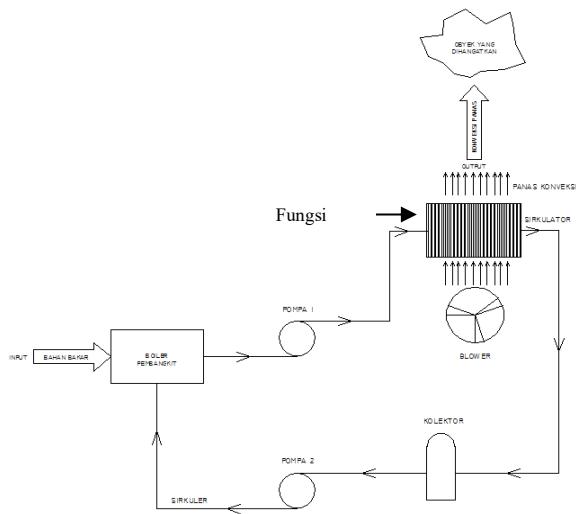
Insinerator adalah tungku pembakaran untuk mengolah limbah padat, yang mengonversi materi padat (sampah) menjadi materi gas, dan abu, (bottom ash dan fly ash). Insinerasi merupakan proses pengolahan limbah padat dengan cara pembakaran pada temperature lebih dari 800°C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (combustible) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik. Proses insinerasi berlangsung melalui 3 tahap, yaitu: 1) mengubah air dalam sampah menjadi uap air, hasilnya limbah menjadi kering yang akan siap terbakar, 2) proses pirolisis, yaitu pembakaran tidak sempurna, dimana temperature belum terlalu tinggi, 3) proses pembakaran sempurna. Insinerasi dapat mengurangi berat sampah 70-80 % atau volume 85-95 %.

Karakteristik sampah seperti jenis sampah, kadar air, bentuk dan ukuran sampah yang masih sangat beragam. Akibatnya, proses pembakaran dengan insinerator tersebut membutuhkan bahan bakar minyak yang cukup banyak dan emisi gas yang dihasilkan cukup tinggi. (Li dkk. 2004), keuntungan dan kerugian penggunaan insinerator diantaranya: Keuntungan Insinerator Pemakaian incenerator memiliki beberapa keuntungan antara lain:

- Dapat mereduksi atau menurunkan sebagian besar volume sampah
- Membersihkan atau menurunkan kandungan bakteri yang pencemar lingkungan.
- Sangat cocok untuk pengolahan sampah yang membutuhkan waktu cepat.
- Kerugian Insinerator Disamping keuntungan pemakaian incenerator, tentunya ada juga kerugiannya yaitu:
- Gas buang dari proses pembakaran berpotensi mencemar lingkungan karena kandungan bahan beracun seperti substansi
- Gas buang merupakan pembawa sebagian besar CO₂ penyebab pemanasan global.
- Unsur merkuri akan terlepas ke udara dalam bentuk uap yang terbawa pada gas buang.
- kandungan kadmium, timbal atau bahan-bahan yang berpotensi sebagai pencemar - lingkungan. (Trisaksono Bagus P, 2002)

Konsep Alat Simulator Bosiler

Alat simulator boiler penghangat ayam ternak dibagi menjadi 4 bagian utama yakni *boiler* pembangkit dan insinerator, sirkulator, *blower*, dan unit *controller*. Gambaran umum sistem alat simulator ini ditampilkan pada Gambar 1 diagram blok berikut ini



Gambar 1. Sistem alat simulator boiler

Analisis Desain Simulator Boiler

Sebelum pembuatan dan perancangan konstruksi alat, analisis pendahuluan harus dilakukan pada bagian-bagian alat simulator boiler pengering untuk memastikan fungsinya bekerja sesuai dengan rancangan konsep. Tindakan ini dilakukan selain untuk memastikan alat ini berfungsi dengan baik, juga untuk mengantisipasi segala kemungkinan yang mungkin terjadi, terutama dalam kasus kegagalan uji fungsi. Fokus analisis akan berada pada desain komponen utama sistem alat, seperti boiler pembangkit kombinasi insinerator, sirkulator, blower, dan controller.

Untuk memastikan fungsi alat simulator boiler pengering bekerja sesuai rancangan konsep, maka perlu dilakukan analisis pendahuluan pada bagian-bagian alat simulator sebelum dilakukan pembuatan dan perancangan konstruksi alat. Tindakan ini bertujuan selain untuk memastikan alat ini dapat berfungsi dengan baik, juga untuk mengantisipasi segala kemungkinan yang akan terjadi terutama ketika terjadi gagal uji fungsi. Analisis akan berfokus pada desain bagian-bagian utama sistem alat yaitu boiler pembangkit kombinasi insinerator, sirkulator, blower, dan controller.

Salah satu hal yang harus diperhatikan tentang unit boiler adalah model dan dimensi ruang pembakarannya. Ini termasuk bagian masukan bahan bakar, bagian keluaran hasil pembakaran, ruang letak pipa kapiler, jarak pembakaran terhadap pipa sirkuler, dan saluran penguapan asap karbon. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa proses pembangkitan energi panas berjalan dengan

sempurna.

Sirkulator aliran panas adalah komponen yang berfungsi sebagai wadah untuk mengalirkan panas konduksi dari boiler pembangkit. Material pipa yang digunakan dalam desain unit ini dimaksudkan untuk memiliki ukuran dimensi yang ideal dan praktis serta memiliki tingkat konduktivitas panas yang tinggi. Pengaturan sirkulasi aliran panas harus disesuaikan dengan bagian-bagian sensor yang mengontrol aliran melalui kerja kontrol pengendali.

Kecepatan putaran motor penggerak dan waktunya kerja penghembusan harus diatur dan diukur oleh unit penghembus panas atau blower. Unit ini bekerja sesuai dengan instruksi sensor yang mengamati perubahan suhu pada unit sirkuler aliran. Untuk mengeluarkan panas konduksi dari unit sirkuler, waktu kerja dapat diatur untuk memenuhi kebutuhan objek. Untuk mendapatkan hasil pengamatan berkualitas posisi yang akurat, pengontrol atau unit pengendali sensor pendekripsi temperatur panas harus ditempatkan atau diposisikan pada area yang sesuai. Pengaturan bus-bus pengantar listrik menuju komponen sensor dan rangkaian kontrol dimaksudkan untuk menghindari panas dari lingkungan sekitar alat simulator boiler. Lemari pengering adalah penampung output panas dari ruang pembakaran pada boiler, panas yang dihasilkan dihembuskan dari blower ke lemari pengering yang difungsikan untuk mengeringkan baju.

Simulator Boiler Hybrid

Pembuatan konstruksi alat simulator boiler dilakukan bertahap, mulai dari bagian boiler pembangkit, sirkulator, blower, dan rangkaian kontrol. Pembuatan konstruksi boiler pembangkit harus berdasarkan konsep gambar pola. Pembentukan bagian-bagian alat harus sesuai batas-batas ukuran dengan toleransi 0,5 mm. Ketentuan ini dimaksudkan untuk mendapatkan keakuratan perakitan perbagian-bagian alat. Selain itu agar pelaksanaan perancangan akan mudah dilakukan.

Uji Pembangkitan Kalor

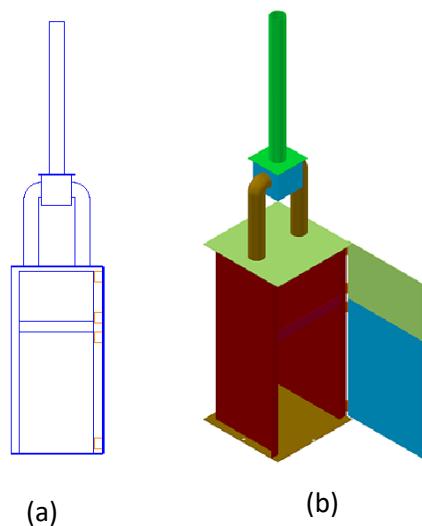
Pengujian pembangkitan panas yang dihasilkan pada boiler dilakukan pada aspek, yaitu energi panas yang dihasilkan pada bahan baku limbah plastik dan energi panas yang dikonduksikan pada media sirkulator. Untuk mendapatkan data hasil uji harus dengan melakukan pengukuran langsung temperatur panas pada dua aspek tersebut. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mendapatkan data referensi sebagai acuan *set point* komponen sensor sistem rangkaian kontrol. Selain temperatur panas yang diukur, lama pembakaran dan lama konduktivitas penyimpanan energi panas pada media sirkulator juga harus dilakukan pengukuran. Sehingga menentukan kapan waktu sistem kontrol bekerja dapat dilakukan.

Uji Konveksi Panas Pada Pengering

Pengukuran energi panas pada ruang lingkungan dalam pipa sirkulator harus dilakukan untuk mengetahui berapa besar panas yang terbuang ke lingkungan ruangan. Hal ini dimaksudkan agar efektivitas dan efisiensi pengolahan panas sejak dibangkitkan sampai pemanfaatan dapat diketahui. Sehingga strategi antisipasi dapat dilakukan sebaik mungkin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulator boiler *hybrid* sebagai fungsi pengering dan fungsi insinerator atau pengolah limbah medis jenis plastik, telah memberikan hasil sesuai tahapan pengerjaan berdasarkan konsep desain yang direncanakan.



Gambar 2. Desain simulator boiler hybrid

- (a). Tampak simulator
- (b). Model simulator

Proses pengerjaan pembuatan konstruksi mesin boiler dilakukan berdasarkan skema penelitian dengan alokasi waktu yang sesuai dalam perencanaan. Proses ini dimulai dengan penyediaan material yang dibutuhkan berdasarkan hasil rencana desain. Dari gambar 2 diketahui, terdapat dua akses pada mesin boiler yaitu akses bagian atas dan akses bagian bawah. Akses bagian atas adalah pintu untuk memasukan material sampak ke dalam mesin boiler, dan akses bagian bawah adalah pintu untuk mengeluarkan arang hasil pembakaran material.

Material yang digunakan dalam pembuatan mesin boiler adalah material pelat besi tipe *easel* dengan dimensi ketebalan 4 mm. Berdasarkan hasil desain mesin boiler memiliki dimensi fisik (500x500x1200) mm. Terdapat dua lapisan pada dinding boiler yakni lapisan dalam dan lapisan luar. Jarak antar lapisan dinding dalam dan dinding luar sebesar 40 mm. Gambar 3. Konstruksi mesin simulator boiler *hybrid*

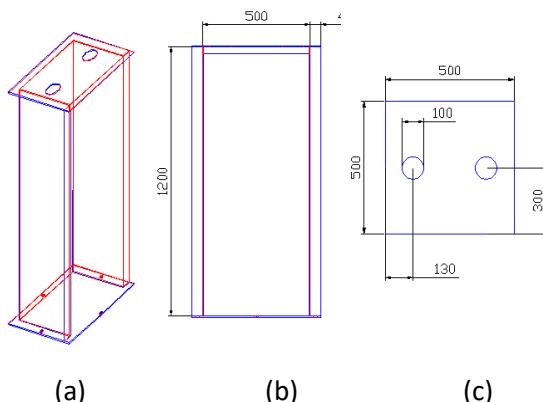


(a) (b)

Gambar 3. Proses konstruksi mesin simulator

- (a). Tampak kiri hasil pengerjaan
- (b). Tampak depan hasil pengerjaan

Gambar tampak dan dimensi ukuran konstruksi mesin simulator dapat dilihat pada Gambar 4. berikut ini :



Gambar 4. Detail mesin boiler

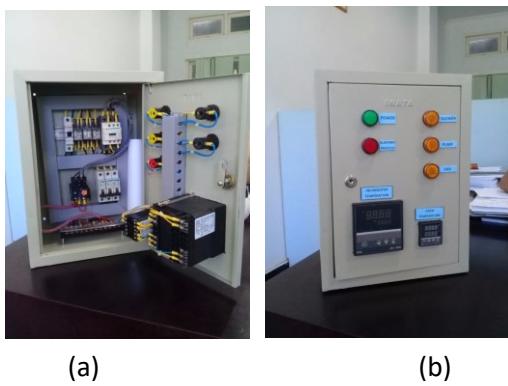
- (a). Model tiga dimensi
- (b). Dimensi tampak depan
- (c). Dimensi tampak atas

Sistem Kelistrikan Simulator

Sistem kelistrikan simulator adalah rangkaian yang dirancang untuk beberapa fungsi dan kegunaan tertentu diantaranya adalah sebagai pengatur aliran panas pada ruang *incinerator* dan ruang lemari pengering. Sistem rangkaian ini dilengkapi dengan sistem instrumen ukur temperatur kerja dan temperatur operasional mesin simulator yang menggunakan detektor sensor *thermocouple* sebagai pendekripsi perubahan temperatur yang terukur. Perubahan temperatur kerja yang terdeteksi sensor dan temperatur operasional yang telah diatur pada mesin simulator akan terbaca pada display ukur *thermostat* digital pada panel.

Secara umum rangkaian listrik pada mesin simulator adalah terdiri dari rangkaian kontrol, rangkaian daya dan rangkaian instrumen ukur. Sistem rangkaian listrik mesin simulator dirancang pada sebuah kotak panel berukuran 400 x 500 x 300 mm dengan tampilan depannya dilengkapi dengan alat ukur dan lampu indikator penanda. Masing-masing

rangkaian utama ini memiliki peranan dan fungsi tersendiri serta karakteristik saling ketergantungan. Gambar 5 menampilkan bentuk panel kontrol mesin simulator boiler hybrid :



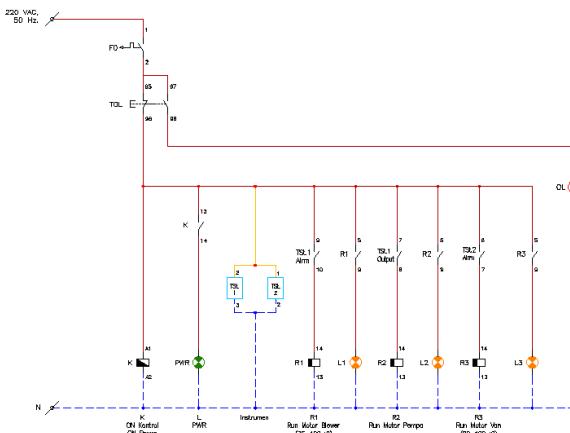
Gambar 5. Panel kontrol insinerator hybrid

- Kondisi bagian dalam panel kontrol
- Kondisi bagian luar panel kontrol

Fungsi bagian-bagian utama sistem rangkaian listrik dan komponen yang digunakan akan dijelaskan dalam uraian paragraf pada subbab berikut ini.

Rangkaian Kendali

Pada prinsipnya fungsi rangkaian kendali adalah untuk mengatur sirkulasi panas yang dihasilkan pada ruang pembakaran mesin simulator menuju ruang lemari pengering. Rangkaian ini bekerja berdasarkan temperatur kerja yang terdeteksi oleh sensor *thermocouple* dan temperatur operasional yang diatur pada alat *digital temperatur controller* atau alat ukur *thermostat*. Komponen yang dikendalikan adalah motor blower yang digunakan sebagai suplai oksigen pada ruang pembakaran boiler dan motor blower yang digunakan sebagai penghembus udara panas dari ruang pembakaran melalui jaringan pipa sirkulator menuju ruang pengering. Gambar 6 diagram rangkaian kelistrikan mesin simulator :



Gambar 6. Diagram kontrol mesin simulator

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa mesin simulator boiler hybrid bekerja dengan prinsip pengontrolan otomatis berdasarkan pendekripsi temperatur menggunakan sensor temperatur. Sedangkan temperatur pembakaran pada mesin boiler dapat dikontrol pada standar 830 °C dan temperatur ruang pengering dapat diatur pada temperatur ruang 50 - 150 °C.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Dapat dikutip beberapa kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut :

- Mesin simulator boiler hybrid dapat berfungsi sebagai mesin insinerator untuk pembakaran material sampah medis jenis plastik, dan berfungsi sebagai pengering pakaian.
- Fungsi insinerator pada mesin ini hanya melalui dua proses yakni proses pembakaran bahan baku sampah medis jenis plastik dan proses pembakaran gas karbon atau asap yang dihasilkan dari proses pembakaran material bahan baku.
- Mesin simulator belum dilengkapi dengan proses pengkabutan untuk fungsi filter pembersih asap dan kontrol pengkabutan.
- Mesin simulator boiler hybrid bekerja dengan prinsip pengontrolan otomatis berdasarkan pendekripsi temperatur menggunakan sensor temperatur.
- Temperatur pembakaran pada mesin boiler dapat dikontrol pada standar 830 °C dan temperatur ruang pengering dapat diatur pada temperatur ruang 50 - 150 °C.

4.2. Saran

Adapun saran yang direkomendasikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

- Perlu adanya desain filter pengkabutan
- Perlu adanya pengujian laboratorium terkait asap hasil pembakaran sampah medis yang dihasilkan mesin simulator boiler tipe hybrid

DAFTAR PUSTAKA

- Incropera, F. (1990). *Introduction to Heat Transfer second Edition*. New York: Jon Wiley and Son.
- Muin, S. A. (1988). *Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap)*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Ruben Siregar, R. I. (2016). Pengaruh Perpindahan Panas Pipa Kalor Pada Posisi Horizontal Volume. *FTEKNIK*, 3.
- Sucipto, T. P. (2013). Analisa Konduktivitas Termal Baja St-37 dan Kuningan. *9 No. 1*, 13-17.
- Tony Suryo U., E. S. (2015). Analisa Efisiensi Energi Boiler Wanson III Pada Unit Kilang di Pusat Pendidikan dan Pelatihan Minyak dan

- Gas Bumi. *Jurnal Teknik Mesin S-1* , 3, 127-137.
- 6) Tourniera, J. M.-G. (1994). A heat pipe transient analysis odel . *International Journal of Heat and Mass Transfer* , 37 (pp. 5), 753-762.
- 7) Wanson. (1976). *Manual Book Wanson Steam Block*. Perancis: PT. Wanson.