

SIMULASI SOLIDWORK PADA KETEBALAN BATU TAHAN API TERHADAP HEAT TRANSFER PADA TUNGKU INCENERATOR

SOLIDWORK SIMULATION ON THE THICKNESS OF REFIRE STONES ON HEAT TRANSFER IN THE INCENERATOR FURNACE

**¹Syaiful Arif, ²Bagus Prayoga, ³Dhika Rafliansyah, ⁴Dimas Dahlan Pangestu,
⁵Munzir Qadri**

*^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pamulang Serang Kota Serang
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183*

email : ¹dosen10017@unpam.ac.id, muhsukron1202@outlook.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ketebalan batu tahan api terhadap perpindahan panas (heat transfer) pada tungku incinerator menggunakan simulasi SolidWorks. Ketebalan batu tahan api merupakan faktor krusial dalam efisiensi tungku incinerator, terutama dalam mempertahankan suhu tinggi dan mencegah kehilangan panas yang berlebihan. Dalam studi ini, berbagai variasi ketebalan batu tahan api disimulasikan untuk mengidentifikasi ketebalan optimal yang dapat meminimalkan kehilangan panas sambil menjaga efisiensi pembakaran. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan batu tahan api berbanding lurus dengan penurunan laju perpindahan panas keluar dari tungku, namun terdapat batasan optimal di mana penambahan ketebalan tidak lagi memberikan pengurangan signifikan dalam kehilangan panas. Temuan ini memberikan wawasan penting bagi desain tungku incinerator yang lebih efisien dan hemat energi. Untuk mengetahui ketahanan panas pada tungku A dan B dilakukan metode perhitungan teori dan simulasi *thermal* menggunakan *software solidworks 2022* dengan temperatur uji 600°C, 700°C, dan 800°C. Dari perhitungan teori dan simulasi *thermal* tungku B memiliki ketahanan panas yang lebih baik dengan nilai temperatur pada dinding 208°C dan temperature minimal pada simulasi 84°C pada temperature uji 800°C.

Kata kunci : *fire brick, thermal, solidworks, Simulasi SolidWorks, Ketebalan Batu Tahan Api, Perpindahan Panas, Tungku Incinerator*

ABSTRACT

This research aims to analyze the effect of refractory stone thickness on heat transfer in an incinerator furnace using SolidWorks simulation. The thickness of the refractory rock is a crucial factor in the efficiency of the incinerator furnace, especially in maintaining high temperatures and preventing excessive heat loss. In this study, various thickness variations of refractory stone were simulated to identify the optimal thickness that can minimize heat loss while maintaining combustion efficiency. Simulation results show that increasing the thickness of refractory stone is directly proportional to decreasing the rate of heat transfer out of the furnace, but there is an optimal limit where increasing thickness no longer provides a significant reduction in heat loss. These findings provide important insights for the design of more efficient and energy-saving incinerator furnaces. To determine the heat resistance of furnaces A and B, theoretical calculation methods and thermal simulations were carried out using Solidworks 2022 software with test temperatures of 600°C, 700°C and 800°C. From theoretical calculations and thermal simulations, furnace B has better heat resistance with a wall temperature value of 208°C and a minimum temperature in the simulation of 84°C at a test temperature of 800°C.

Keywords: *fire brick, thermal, solidworks, SolidWorks Simulation, Refractory Rock Thickness, Heat Transfer, Incinerator Furnace*

I. PENDAHULUAN

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 temperatur lebih dari 800°C untuk mereduksi sampah mudah terbakar (combustible) yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi, membunuh bakteri, virus, dan kimia toksik, Jenis incinerator yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah padat B3 ialah rotary kiln, multiple hearth, fluidized bed, open pit, single chamber, multiple chamber, aqueous waste injection, dan starved air unit. Dari semua jenis insinerator tersebut, rotary kiln mempunyai kelebihan karena alat tersebut dapat mengolah limbah padat, cair, dan gas secara simultan.

Pembakaran dengan teknologi fluidized bed merupakan satu rancangan alternatif untuk pembakaran limbah padat. Harapan pasir tersebut diletakkan di atas distributor yang berupa grid logam dengan dilapisi bahan tahan api. Grid ini berisi suatu pelat berpori nosel-nosel injeksi udara atau tuyere di mana udara dialirkan ke dalam ruang bakar untuk menfluidisasi hampan (bed) tersebut. Aliran udara melalui nosel menfluidisasi hampan sehingga berkembang menjadi dua kali volume sebelumnya. Fluidisasi meningkatkan pencampuran dan turbulensi serta laju perpindahan panas yang terjadi. Bahan bakar bantu digunakan selama pemanasan awal untuk memanaskan hampan sampai temperatur operasi sekitar 750 sampai 900 °C sehingga pembakaran dapat terjaga pada temperatur konstan. Dalam beberapa instalasi, suatu sistem water spray digunakan untuk mengendalikan temperatur ruang bakar. Fluidized bed incinerator telah digunakan untuk macam-macam limbah termasuk limbah perkotaan dan limbah lumpur. Reaktor unggun atau hampan fluidisasi (fluidized bed) meningkatkan penyebaran umpan limbah yang datang dengan pemanasan yang cepat sampai temperatur pengapiannya (ignition) serta meningkatkan waktu kontak yang cukup dan juga kondisi pencampuran yang hebat untuk pembakaran sempurna. Pembakaran normalnya terjadi sendiri, kemudian sampah hancur dengan cepat, kering dan terbakar di dalam hampan pasir. Laju pembakaran sampah meningkat oleh kontak langsung dengan partikel hampan yang panas. Aliran udara fluidisasi meniup abu halus dari hampan. Gas-gas pembakaran biasanya diproses lagi di wet scrubber dan kemudian abunya dibuang secara landfill.

Incenerator adalah suatu alat yang menggunakan sistem insenerasi, metodenya dengan cara menghancurkan sampah padat (*solid*) dengan membakar. Teknologi ini bekerja dengan membakar sampah secara optimal dengan pembakaran sempurna hingga sampah menjadi abu yang ramah lingkungan. Dengan sistem kerja *incenerator* di atas peranan isolator sangatlah penting, baik dalam menjaga dan meningkatkan temperatur

tungku maupun menjaga temperatur sekitar tungku agar ramah lingkungan. Pemilihan isolator *glasswool* berfungsi sebagai pelapis tungku bagian dalam sedang cat semprot (*heat resistant*) sebagai pelapis bagian luar agar panas terhambat keluar ketika alat sedang digunakan (Agustin et al., 2021). Material isolator yang akan diterapkan pada bagian tungku menjadi bahan pertimbangan sesuai dengan pemanfaatan panas yang dihasilkan dari tungku *incenerator*. Penggunaan *water jacket* pada bagian tungku diharapkan menjadi isolator sekaligus dapat menghasilkan uap air. Uap air yang dihasilkan ini kemudian dijadikan energi yang menggerakkan turbin kemudian diteruskan ke generator penghasil listrik (Atifah et al., 2020).

Melihat kondisi diatas maka perlunya alat yang digunakan untuk mengurangi sampah dengan proses kerja yang optimal. Perancangan *incenerator* dengan tungku bakar berbahan material batu tahan api merupakan pilihan yang baik agar proses pembakaran optimal dengan temperatur tinggi. Dengan temperatur yang tinggi saat pembakaran yang mencapai lebih dari 800⁰c maka perlu memperhatikan aspek keamanan terhadap lingkungan sekitar pada saat *incenerator* sedang bekerja. Oleh karena itu perlu perhitungan untuk mengetahui nilai temperatur yang aman pada dinding luar *incenerator*. Perhitungan temperatur menggunakan metode simulasi menggunakan *solidworks* dan perhitungan teori atau manual dengan pendekatan temperatur maksimal pada saat *incenerator* bekerja, dari 600⁰c, 700⁰c, dan temperatur maksimalnya 800⁰c.

II. METODE PELAKSANAAN

A. Proses Pembuatan Desain Tungku *Incenerator*

Berikut proses pembuatan desain tungku *incenerator* dengan *software solidworks*.

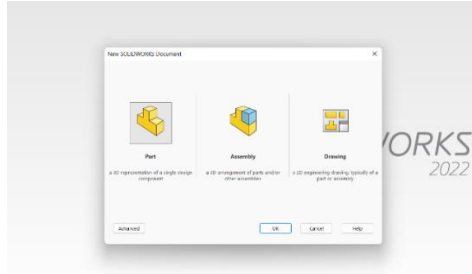
- ***Install solidworks 2022. Tampilan sebagaimana pada 1. dibawah ini.***



Gambar 1 *install solidworks*

(Sumber : Teknik mesin Univrersitas pamulang, 2024)

- Setelah selesai *install*, lalu buka *solidworks* maka akan muncul tampilan halaman utama solidwork 2022. Langkah berikutnya klik *new part* pada *toolbar* untuk memulai membuat desain. Seperti pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. *New part solidworks 2022*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

- Kemudian Langkah berikutnya klik *sketch* untuk memulai menggambar dengan memilih pada kolom dialog perintah *top plane* seperti pada gambar 3 dibawah ini.

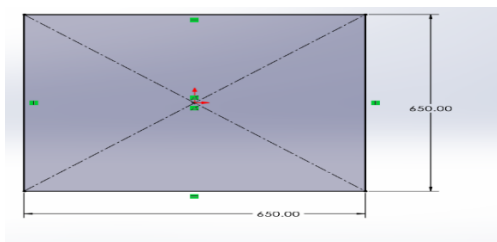


Gambar 3. *Top plane solidworks 2022*

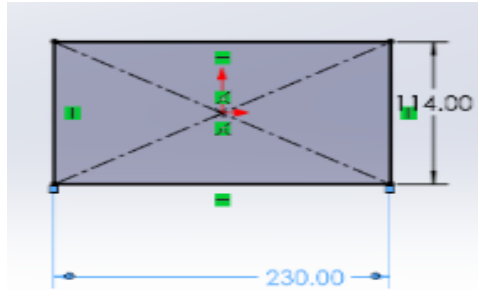
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

Sebelum memulai meggambar pastikan satuan dimensi sesuai dengan yang dibutuhkan.

- Langkah berikutnya membuat *sketch* 2D dinding tungku dari besi plat dan batu tahan api. Dengan klik *rectangle* kemudian beri dimensi dengan ukuran 650 mm ke arah X dan 650 mm ke arah Y untuk ukuran dinding besi plat. Sedangkan untuk ukuran batu tahan api 230 mm ke arah X dan 114 mm ke arah Y. Ditampilkan pada gambar 4 dan gambar 5 dibawah ini.

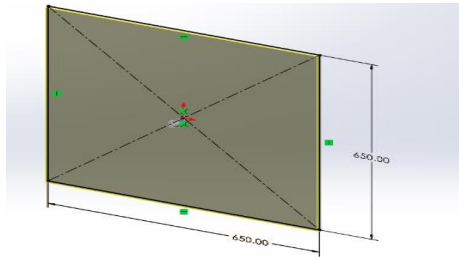


Gambar 4. *2D sketch besi plat 650 x 650 x 3 mm*
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2023)

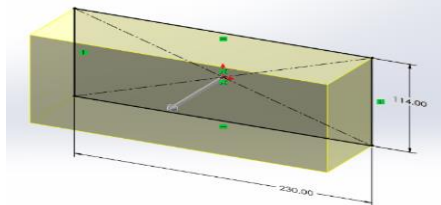


Gambar 5. 2D *sketch fire brick* 114 x 230 x 65 mm
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

- Setelah *sktech* 2D jadi , berikutnya membuat ketebalan part dengan klik *features* di baris *toolbar* lalu klik *extruded boss/base* maka akan muncul tampilan pada layar seperti pada gambar 6 dan gambar 7. dibawah ini.

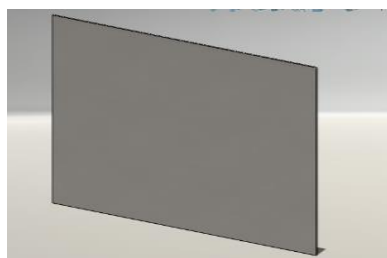


Gambar 6 *Extruded boss* plat besi
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

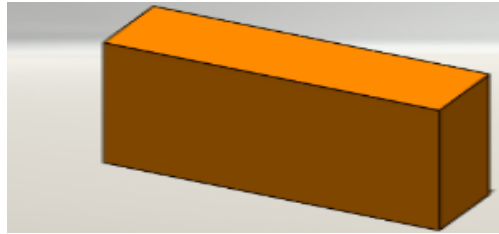


Gambar 7. *Extruded boss* fire brick
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

Maka *parts* tersebut akan menjadi bentuk 3D, ditunjukkan pada gambar 8 dan gambar 9. dibawah ini. Lalu kemudian *save file* tersebut.



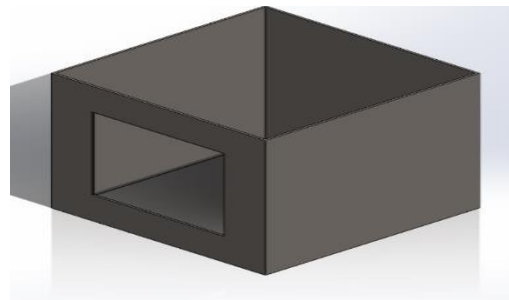
Gambar 8. 3D besi plat 3 mm
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)



Gambar 9. 3D *fire brick*

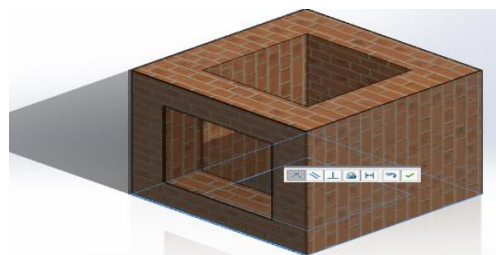
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

- Setelah beberapa part tadi di *save* selanjutnya dilakukan perancangan tungku dengan membuka solidworks pilih *assembly*. Lalu pilih perintah *assembly* kemudian klik *insert component* lalu pilih file yang akan digabungkan. Sehingga dari tiap komponen tadi menjadi desain tungku terlihat pada gambar 10. , gambar 11, gambar 12, dan gambar 13 dibawah ini.



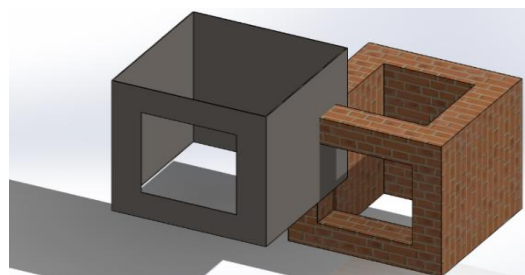
Gambar 10. 3D Lapisan plat ruang bakar *incenerator*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)



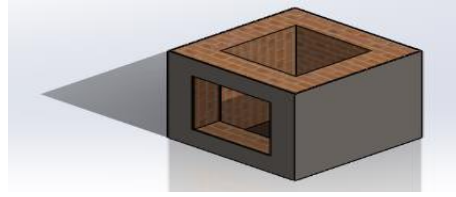
Gambar 11. 3D Lapisan isolator ruang bakar *incenerator*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)



Gambar 12. *Assembly part*

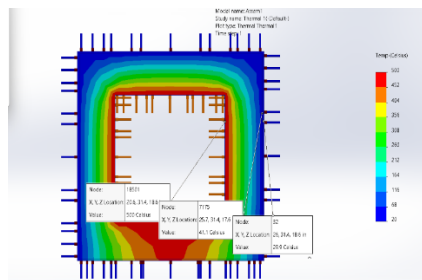
(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2023)



Gambar 13 Tungku *incenerator*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

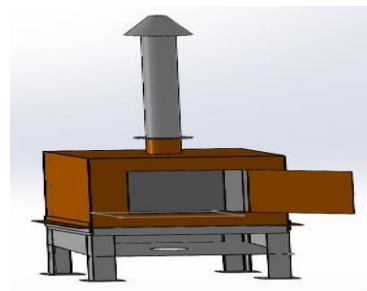
- Kemudian membuat desain tungku dengan ketebalan isolator yang berbeda yaitu model A dan model B, berikutnya dilakukan pengujian *thermal* dengan temperatur yang berbeda dari 600C,700C, dan 800C. Seperti pada gambar 14. dibawah ini.



Gambar 14. Simulasi *thermal*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

- Berikut ini desain icenerator secara utuh, untuk penelitian *thermal* hanya dilakukan pada bagian tungku *incenerator* saja. Terlihat pada gambar 15. dibawah ini.



Gambar 15. Gambar mesin *incenerator*

(Sumber : Teknik mesin Univerrsitias pamulang, 2024)

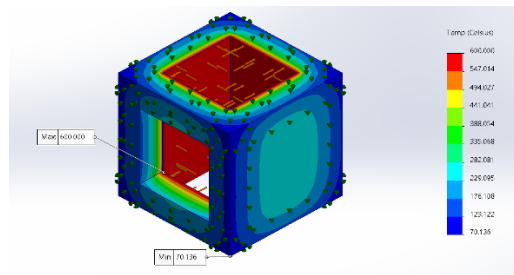
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Dengan Tungku Tipe B Cara Simulaasi Thermal Menggunakan Solidworks

A. Tungku Tipe B Dengan Temperatur 600⁰ C

Pengujian simulasi *thermal* ruang bakar *incenerator* menggunakan material *fire brick* sk-34 yang memiliki konduktivitas termal 2 W/m.K dan ketebalan 130 mm sebagai dinding isolator dan ASTM A36 *steel* yang memiliki konduktivitas termal 52 W/m.K

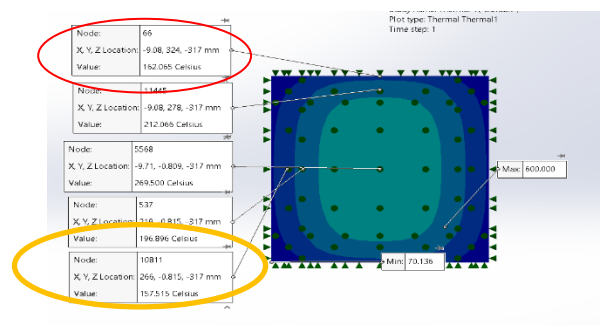
dan ketebalan plat 3 mm sebagai dinding lapisan luar, dengan temperatur pengujian 600⁰c pada bagian dalam tungku. Hasil pengujian terlampir pada gambar 16.



Gambar 16. Hasil simulasi *thermal* ruang bakar tipe B dengan temperatur 600⁰c

Hasil pengujian simulasi *thermal* menunjukkan temperatur maksimal dengan angka 600⁰c yang di tandai warna merah pada skala dan pada bagian dala tungku. Temperatur pada bagian dalam mengarah ke bagian luar dinding tungku akibat dari beda temperatur yang melalui dinding isolator *fire brick* sk-34 dan lapisan bagian luar plat ASTM A36 dengan temperatur minimal pada pengujian yang ditandai dengan warna biru pada skala dan tungku dengan nilai 70,136⁰c sebagaimana tertera pada gambar 4.17. Penurunan temperatur terjadi akibat dari adanya isolator yang berbentuk solid dan memiliki konduktivitas termal yang rendah yaitu 2 W/m.K serta dipengaruhi oleh luas penampang serta ketebalan dari isolator yang digunakan sehingga laju panas dari dalam tungku terhambat.

Pada gambar 17. di bawah ini menunjukkan temperatur dinding tungku bagian luar di salah satu sisi dengan *split line* untuk melihat temperatur di beberapa titik dinding luar tungku.



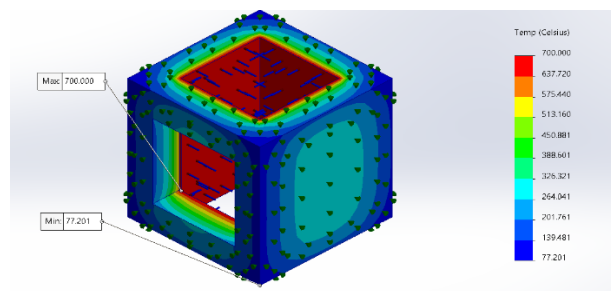
Gambar 17. *Split line* dinding luar incenerator dengan temperatur uji 600⁰c

Perhitungan teori permukaan dinding bagian luar menghasilkan nilai 162,52⁰c, dengan bagian permukaan yang dianalisa ditunjukkan pada gambar 8 Hasil simulasi *thermal* permukaan dinding bagian luar pada lokasi dengan node 66 dengan nilai temperatur 162,06⁰c sama dengan hasil perhitungan teori. Dari gambar 17. diatas

daerah dengan temperature terendah pada node 10811 dengan capaian temperature 157.51⁰c.

B. Tungku Tipe B Dengan Temperatur 700⁰ c

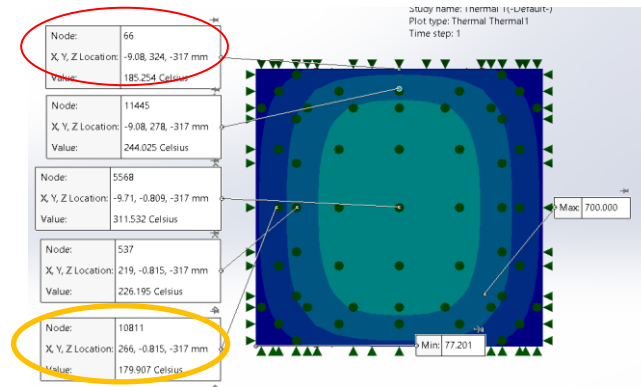
Pengujian simulasi *thermal* ruang bakar *incenerator* menggunakan material *fire brick* sk-34 yang memiliki konduktivitas termal 2 W/m.K dan ketebalan 130 mm sebagai dinding isolator dan ASTM A36 *steel* yang memiliki konduktivitas termal 52 W/m.K dan ketebalan plat 3 mm sebagai dinding lapisan luar, dengan temperatur pengujian 700⁰c pada bagian dalam tungku. Hasil pengujian terlampir pada gambar 18.



Gambar 18. Hasil simulasi *thermal* ruang bakar tipe B dengan temperatur 700⁰c

Hasil pengujian simulasi *thermal* menunjukkan temperatur maksimal dengan angka 700⁰c yang di tandai warna merah pada skala dan pada bagian dala tungku. Temperatur pada bagian dalam mengarah ke bagian luar dinding tungku akibat dari beda temperatur yang melalui dinding isolator *fire brick* sk-34 dan lapisan bagian luar plat ASTM A36 dengan temperatur minimal pada pengujian yang ditandai dengan warna biru pada skala dan tungku dengan nilai 77,201⁰c sebagaimana tertera pada gambar 4.19. Penurunan temperatur terjadi akibat dari adanya isolator yang berbentuk solid dan memiliki konduktivitas termal yang rendah yaitu 2 W/m.K serta dipengaruhi oleh luas penampang serta ketebalan dari isolator yang digunakan sehingga laju panas dari dalam tungku terhambat.

Pada gambar 19. di bawah ini menunjukkan temperatur dinding tungku bagian luar di salah satu sisi dengan *split line* untuk melihat temperatur di beberapa titik dinding luar tungku.



Gambar 19. *Split line* dinding luar incenerator dengan temperatur uji 700⁰c

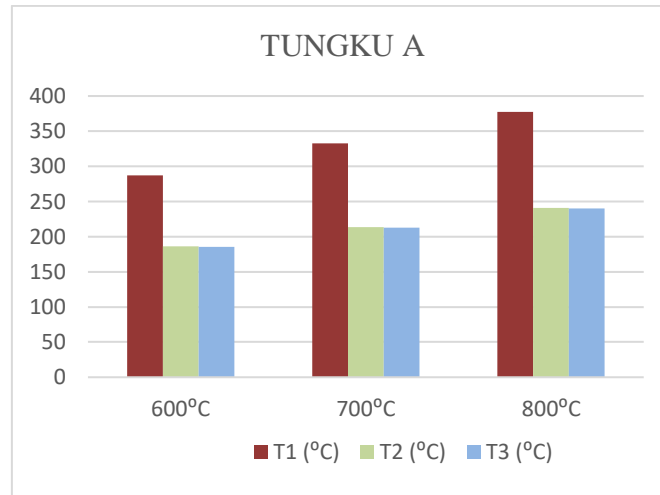
Perhitungan teori permukaan dinding bagian luar menghasilkan nilai 185,78⁰c dengan bagian permukaan yang dianalisa ditunjukkan pada gambar 4.8. Hasil simulasi *thermal* permukaan dinding bagian luar pada lokasi dengan node 66 dengan nilai temperatur 185,254⁰c sama dengan hasil perhitungan teori. Dari gambar 4.18 diatas daerah dengan temperature terendah pada node 10811 dengan capaian temperature 179,907⁰c.

C. Analisa Keseluruhan

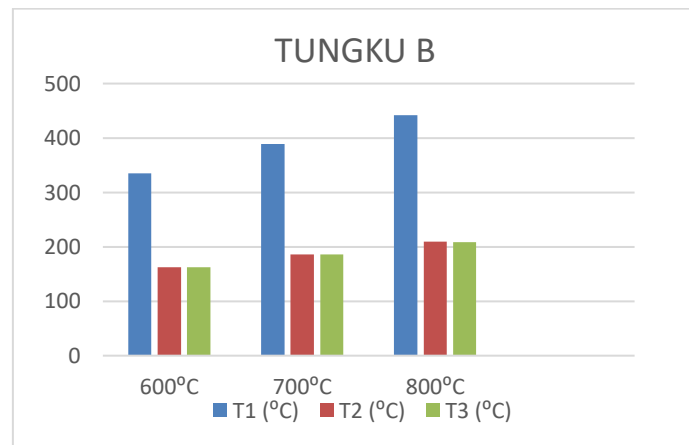
Berdasarkan hitungan secara terori perpindahan panas dan simulasi *thermal* maka didapatkan nilai temperatur pada dinding bagian luar incenerator. Secara keseluruhan nilai temperatur tersebut dapat dilihat pada tabel 1 tabel 2 dan tabel 3 dibawah ini.

Tabel 1. Tabel perhitungan temperatur secara teori

TIPE	Temp. Uji	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)
TUNGKU A	600°C	287.38	185.96	185.78
	700°C	332.53	213.31	213.1
	800°C	377.69	240.68	240.43
TUNGKU B	600°C	334.69	162.68	162.52
	700°C	338.46	185.96	185.78
	800°C	441.96	209.23	209.03



Gambar 20. Grafik hasil perhitungan temperatur tungku A



Gambar 21. Grafik hasil perhitungan temperatur tungku B

melampirkan hasil hitungan temperature secara teori pada lapisan dinding *incenerator* dengan uji temperatur pembakaran 600°C, 700°C, dan 800°C. Dengan pengujian yang dilakukan dalam keadaan tunak (steady) dinding *incenerator* lapisan terluar pada tungku A memiliki nilai 185°C dan lapisan terluar pada tungku B memiliki nilai 162°C dengan temperatur uji 600°C. Ketika temperatur uji dinaikkan maka temperatur dinding luar juga mengalami kenaikan temperaturnya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan teori dan simulasi thermal temperatur tungku *incenerator* dapat disimpulkan secara keseluruhan, simulasi thermal memiliki persamaan nilai temperatur, namu kesamaan nilai tersebut tidak pada satu permukaan penuh, hanya pada dibagian titik tertentu. Persamaan nilai ini pada terjadi pada setiap

perubahan nilai temperatur baik pada tungku A maupun pada tungku B. Hasil perhitungan tungku A memiliki nilai pada T3 sebesar 185,78°C dengan temperatur uji 600°C, 213,1°C dengan temperatur uji 700°C, dan 240,43°C dengan temperatur uji 800°C. sedangkan hasil simulasi tungku A nilai T3 bervariasi namun pada titik/node #16102 memiliki nilai yang mendekati dari hasil perhitungan, yaitu 184°C dengan temperatur uji 600°C, 212°C dengan temperatur uji 700°C, 239°C dengan temperatur uji 800°C. Hasil perhitungan tungku B memiliki nilai pada T3 sebesar 162,52°C dengan temperatur uji 600°C, 185,75°C dengan temperatur uji 700°C, dan 209,03°C dengan temperatur uji 800°C

B. SARAN

Saran yang diharapkan dari penelitian temperatur tungku incenerator

- Validasi Eksperimental Meskipun simulasi memberikan gambaran awal yang baik, validasi eksperimental pada prototipe tungku incinerator sangat penting untuk memastikan bahwa hasil simulasi dapat diterapkan dengan akurasi tinggi dalam kondisi nyata.
- Optimasi Multivariat Pertimbangkan untuk melakukan optimasi multivariat yang melibatkan tidak hanya ketebalan batu tahan api, tetapi juga faktor-faktor lain seperti jenis bahan bakar, laju aliran udara, dan desain tungku. Ini akan memberikan solusi desain yang lebih komprehensif.
- Aplikasi Industri Sebaiknya hasil penelitian ini diterapkan pada studi kasus nyata di industri tertentu untuk mengukur penghematan energi dan efisiensi operasional yang dapat dicapai dengan modifikasi ketebalan batu tahan api pada tungku incinerator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang kampus Serang, rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah membantu dan serta Tim peneliti dari Teknik Mesin dan Semua Pihak yang sudah berperan aktif dan sudah berkontribusi dan mendukung baik secara moral ataupun material

DAFTAR PUSTAKA

Adianta, Andri Willy, et al. "Studi fluiditas dan karakteristik aliran pada pengecoran al-si alloy menggunakan simulasi numerik." *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*. Vol. 1. No. 1. 2018.

- Azzamudin, Rasyid, and S. T. Marwan Effendy. *Analisis Distribusi Aliran Udara Pada Ruangan Dengan Variabel Temperatur dan Penempatan AC Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- Arif, Zainal, and T. Kamaruzzaman. "Simulasi Distribusi Aliran Temperatur Pada Lapisan Dinding Tungku (Furnace) Dengan Menggunakan Program Ansys 5, 4." *J. Ilm. JURUTERA* 2.01 (2015): 096-101.
- Cerrato-Alvarez, Maria, et al. "A portable, low-cost, smartphone assisted methodology for on-site measurement of NO₂ levels in ambient air by selective chemical reactivity and digital image analysis." *Sensors and Actuators B: Chemical* 338 (2021): 129867.
- Duan, Chunfeng, et al. "Portable instruments for on-site analysis of environmental samples." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 154 (2022): 116653.
- Duffield, Rob, et al. "Accuracy and reliability of a Cosmed K4b2 portable gas analysis system." *Journal of Science and Medicine in Sport* 7.1 (2004): 11-22.
- El Shayeb, Mohamed, et al. "Diagnostic accuracy of level 3 portable sleep tests versus level 1 polysomnography for sleep-disordered breathing: a systematic review and meta-analysis." *Cmaj* 186.1 (2014): E25-E51.
- Huda, Miftachul, and Danang Dwi Saputro. "Analisis Aliran Udara Pada Ruang Pengering Low Temperature Dryer Dengan Simulasi CFD." *Jurnal Inovasi Mesin* 3.2 (2021): 35-43.
- McVoy, Larry W., and Carl Staelin. "Lmbench: Portable tools for performance analysis." *USENIX annual technical conference*. 1996.
- Putri, Mega Widias. *Simulasi Distribusi Aliran Udara dan Temperatur Pada Kereta Panoramic dengan Software ANSYS 20.2*. Diss. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2022.
- Santos, Poliana M., Edenir R. Pereira-Filho, and Luis E. Rodriguez-Saona. "Application of hand-held and portable infrared spectrometers in bovine milk analysis." *Journal of agricultural and food chemistry* 61.6 (2013): 1205-1211.
- Simbolon, Silviana, and Yeremia Setia. "Simulasi distribusi suhu tekanan dan kecepatan gas dalam pipa pirolisis pada reaktor-kondensor." *Journal Of Mechanical Engineering Manufactures Materials And Energy* 6.2 (2022): 155-165.
- Supriyanto, Edi, and S. T. Marwan Effendy. *Simulasi distribusi temperatur ruangan ber ac pada berbagai variasi temperatur disekitar evaporator*. Diss. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- Weitgasser, Raimund, Brigitta Gappmayer, and Maximilian Pichler. "Newer portable glucose meters—analytical improvement compared with previous generation devices." *Clinical Chemistry* 45.10 (1999): 1821-1825.