

ANALISA PENGARUH KETEBALAN BATU TAHAN API TERHADAP TEMPERATUR TUNGKU INCENERATOR MENGGUNAKAN SOLIDWORKS

ANALYSIS OF THE EFFECT OF REFIRE STONE THICKNESS ON INCENERATOR FURNACE TEMPERATURE USING SOLIDWORKS

¹Muhamad Sukron, ²Wahid Hasim, ³Agil Rizkon Mauladi, ⁴Arif Budi Santoso,
⁵Ahmad Shihabudin

^{1,2,3,4,5}Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pamulang

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

ABSTRAK

Ruang bakar atau tungku *incenerator* merupakan bagian utama dari mesin *incenerator* yang berfungsi untuk menampung sampah yang akan di bakar. Pada saat pembakaran sampah temperatur mencapai lebih dari 800°C. Dengan temperatur yang tinggi tersebut perlu adanya pengkajian berkaitan dengan desain dan jenis material yang cocok yang mampu menahan temperatur tinggi. Material digunakan untuk menahan panas bagian dinding dalam atau isolator menggunakan *fire brick* SK 34 dan lapisan luar menggunakan besi plat ASTM A36 dengan dimensi luar tungku 650 x 650 x 650 mm. Tungku terdiri dari dua tipe yaitu tipe A dan tipe B. 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 : *incinerator, fire brick, thermal, solidworks.*

ABSTRACT

The combustion chamber or incinerator furnace is the main part of the incinerator engine that functions to accommodate the waste to be burned. At the time of burning garbage, the temperature reaches more than 800°C. With such high temperatures, it is necessary to study related to the design and type of suitable material that is able to withstand high temperatures. The material is used to withstand the heat of the inner wall or insulator using SK 34 fire bricks and the outer layer using ASTM A36 plate iron with outer dimensions of the furnace 650 x 650 x 650 mm. Tungku consists of two types, namely type A and type B. To determine the heat resistance in furnaces A and B, theoretical 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 simulations thermal furnace B has better heat resistance with a wall temperature of 208°C and a minimum temperature in the simulation of 84°C at a test temperature of 800°C.

Keywords: *incinerator, fire brick, thermal, solidworks.*

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi telah membuat kehidupan manusia semakin praktis dan memudahkan dalam berbagai hal dalam menjalani kehidupan sehari-hari. Kemajuan teknologi juga merubah gaya hidup manusia meski mungkin masih ada sebagian yang belum tersentuh atau tidak ingin tersentuh oleh teknologi di abad XXI ini. Meski di era dunia yang sudah begitu maju dengan berbagai teknologi yang ada saat ini, masih ada permasalahan lingkungan yang belum sepenuhnya tuntas diselesaikan dengan teknologi. [1]. Permasalahan besar ini adalah sampah, baik sampah dari rumah tangga maupun sampah dari industri yang berupa organik dan anorganik. [2] Indonesia menduduki

peringkat ke 2 dunia sebagai negara penghasil sampah plastik, jumlah penambahan sampah setiap harinya mencapai 175.000 ton. Kebiasaan dan kebanyakan daerah di Indonesia pengelolaan sampah dengan menggunakan *open dumping* atau menimbun sampah di lahan terbuka luas. Akibat pengelolaan sampah yang ada saat ini menimbulkan masalah baru dari pencemaran lingkungan dan penyakit yang menyerang manusia dan makhluk hidup lainnya. [3]

Banyak gagasan yang berupaya untuk menyelesaikan permasalahan diatas dari memperbaiki pola pikir masyarakat umum yang menjadikan pola hidup sehat dan merubah pandangan terhadap sampah hingga pengelompokan sampah. Regulasi sampah melalui Undang-Undang juga menjadi solusi atas volume sampah yang setiap harinya bertambah [4,5]. Pola hidup *zero waste* juga hadir dalam memberikan solusi untuk mengurangi sampah dengan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) agar menciptakan lingkungan hidup *sustainable* [6,7]. Dengan berbasis teknologi bank sampah memotori untuk mengurangi *open dumping*, sampah dikelompokkan yang kemudian sampah di dikelola menjadi energi atau biasa dikenal dengan istilah WTE. Pengelolaan sampah agar berubah menjadi energi dengan metode gasifikasi yang memanfaatkan teknologi berupa *pyrolysis, plasma arc, landfill Gas (LFG)*, dan *incineration*. [8,9,10]

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. [11] 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, [12,13]. 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 [14,15]

Refraktori merupakan bahan anorganik non-logam yang sulit meleleh pada temperatur tinggi, tahan terhadap degradasi, dan hemat biaya. [16] Bahan yang digunakan

dalam penelitian ini adalah semen alumina, dimana bahan ini berbentuk serbuk, berwarna abu-abu, tidak berbau, titik lebur 1440°C , Secara umum bahan ini dijadikan sebagai pengikat mortar dan beton. Pembentukan lempengan dengan ketebalan 4-5 cm diaplikasikan dalam tungku pembakaran dengan maksud untuk mengetahui kemampuan menahan panas[17,18].

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. [18] Dengan temperatur yang tinggi saat pembakaran yang mencapai lebih dari 800°C 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 600°C , 700°C , dan temperatur maksimalnya 800°C .

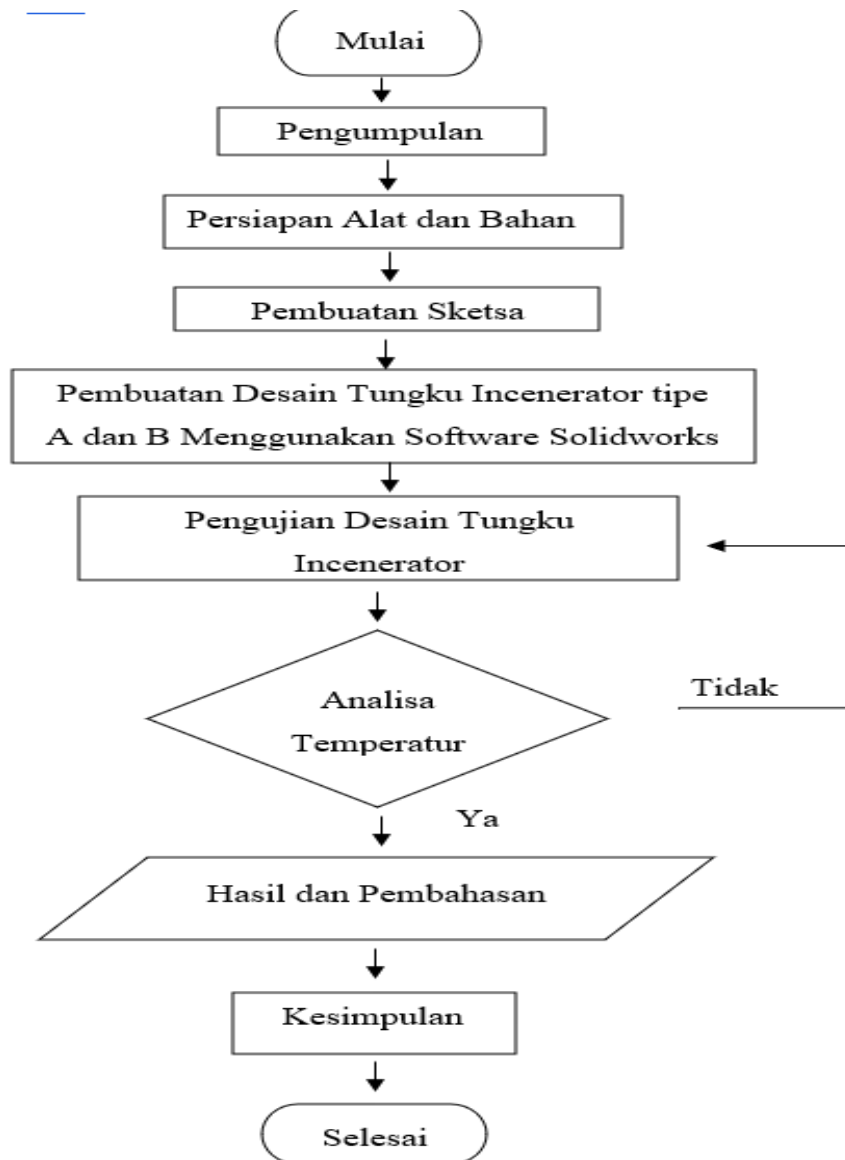
II. METODE PELAKSANAAN

Dalam metode penelitian ini mengambil data Pengumpulan data dan informasi yang berkaitan dengan temperatur ruang bakar pada mesin *incenerator* antara lain :

- Data tentang penelitian incinerator terdahulu.
 - Data tentang perpindahan kalor
 - Data mengenai isolator batu tahan api
1. Persiapan alat dan bahan yaitu mempersiapkan alat kerja untuk penelitian seperti komputer.
 2. Sketsa desain yaitu membuat sketsa desain dengan CAD (*Computer Aided Design*) untuk mendapatkan data yang di butuhkan dalam pemodelan dan perhitungan pada *solidworks* diantaranya : Dimensi ruang bakar, material yang dipakai, desain, temperatur Operasi, ketebalan isolator.
 3. Desain tungku *incenerator* yaitu membuat desain tungku *incenerator* menggunakan software *solidworks* dengan tipe A dan tipe B.
 4. Pengujian desain tungku *incenerator* dilakukan untuk mengetahui desain yang optimal ketika tungku diberikan beban termal. Agar hasil produksi tidak mengalami kesalahan fungsi saat di operasikan.

5. Analisa temperatur dengan tujuan melihat perbebaan nilai temperatur pada tiap dinding, laju aliran panas.
6. Hasil dan pembahasan data diambil dari proses pengujian yang disimulasikan menggunakan *software*.

Kesimpulan dan saran bagian pembahsan akhir dari penelitian, hasil pengujian menjadi bahan pertimbangan untuk penelitian terlihat pada gambar 1 berikut

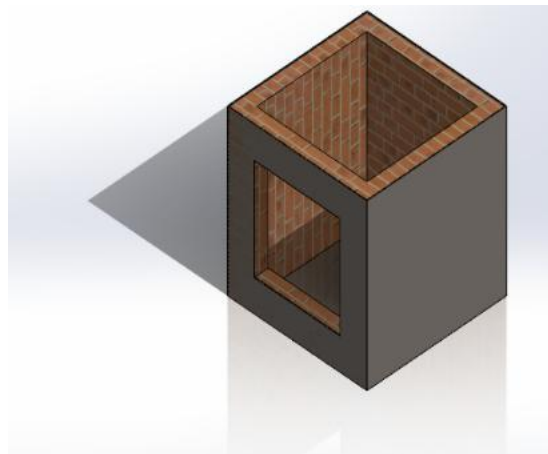


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

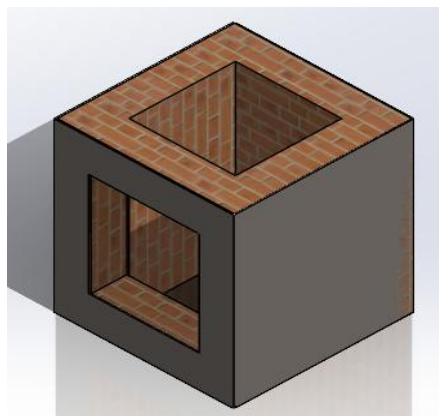
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

- A. Penelitian heat transfer pada struktur incenerator yang akan dirancang oleh jurusan Teknik mesin dari Universitas Pamulang dengan menggunakan program CAE

dengan menggunakan software solidworks dilakukan pada komponen dinding tungku incenerator. Simulasi dilakukan guna mengetahui perbedaan temperature pada dinding bagian dalam dan dinding bagian luar tungku incenerator, temperature dinding luar tungku saat mesin mencapai temperatur maksimal dengan nilai 800°C , serta hasil perhitungan temperature secara manual. Material yang digunakan sesuai dengan data structural properties. Berikut desain dinding dari ruang bakar incenerator pada gambar 2 dan gambar 3. dibawah ini.

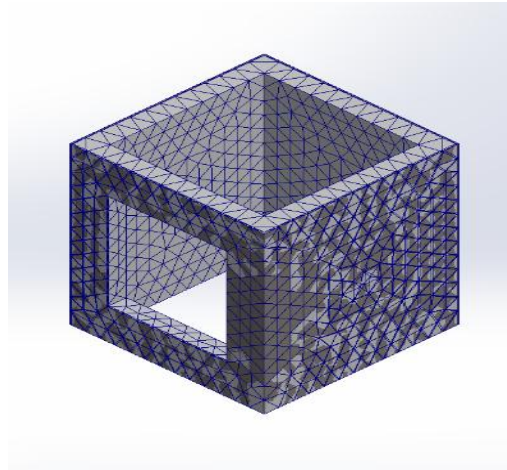


Gambar 2. Ruang bakar tipe A



Gambar 3. Ruang bakar tipe B

Meshing atau *gridding* merupakan suatu cara untuk merubah komponen yang akan dianalisa menjadi elemen – elemen kecil atau diskrit supaya bisa diselesaikan secara numerik. Dengan tujuan untuk mendapatkan nilai perhitungan yang akurat dan kontur yang halus, seperti yang dapat dilihat pada gambar 4. dan gambar 5. dibawah ini.



Gambar 4. Meshing ruang bakar tipe A

Berikut detail nilai *meshing* ruang bakar tipe A, terlampir pada gambar 5. dibawah ini.

Mesh Details	
Study name	Thermal 1* (
DetailsMesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Blended cur
Jacobian points for High quality mesh	16 points
Max Element Size	49.6411 mm
Min Element Size	49.6411 mm
Mesh quality	High
Total nodes	20788
Total elements	11110
Maximum Aspect Ratio	28.755
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	62.7
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	37.2

Gambar 5 *Mesh details* ruang bakar tipe A

Pada gambar 5 menjelaskan hasil *mesh* yang terlihat pada gambar 4. dimana *mesh details* yang tertera pada perintah *mesh* di *solidworks* menjelaskan jumlah total elemen 11.110 dengan ukuran 49 mm dari setiap elemen dengan kualitas mesh tinggi (*high*).

B. Perhitungan tungku tipe A.

Dimana luas dimensi permukaan yang dianalisa sebagai berikut.

$$A = 0,514 \text{ m} \times 0,65 \text{ m} = 0,334 \text{ m}^2 \text{ (terkonversi menjadi satuan meter)}$$

$$\text{Dengan } R_{in} = \frac{1}{10 \frac{W}{m^2} \cdot k \times 0,334 \text{ m}^2} = 0,299^0 \text{ k/W}$$

$$R_{batu \text{ api}} = \frac{0,065 \text{ m}}{2 \frac{W}{m} \cdot k \times 0,334 \text{ m}^2} = 0,097^0 \text{ k/W}$$

$$R_{plat} = \frac{0,003 \text{ m}}{52 \frac{W}{m} \cdot k \times 0,334 \text{ m}^2} = 0,00017^0 \text{ k/W}$$

$$R_{out} = \frac{1}{20 \frac{W}{m^2} \cdot k \times 0,334 \text{ m}^2} = 0,149^0 \text{ k/W}$$

Sehingga $R_{Total} = 0,54517^0 \text{ K/W}$,

Laju perpindahan panas ketika temperatur $600^0 \text{ C} / 873^0 \text{ K}$

$$q = \frac{(873-303)^{\circ}K}{0,54517^0 \text{ k/W}} = 1045,55 \text{ W}$$

sehingga laju perindahan panasnya adalah 1045,55 W

Temperatur pada tiap sisi dinding pada temperatur kerja $600^0 \text{ C} / 873^0 \text{ K}$.

$$T_1 = 873^0 \text{ K} - (1045,55 \text{ W} \times 0,299^0 \text{ K/W}) = 560,38^0 \text{ K}$$

$$T_2 = 560,38^0 \text{ K} - (1045,55 \text{ W} \times 0,097^0 \text{ K/W}) = 458,96^0 \text{ K}$$

$$T_3 = 458,96^0 \text{ K} - (1045,55 \text{ W} \times 0,00017^0 \text{ K/W}) = 458,78^0 \text{ K}$$

Sehingga temperatur dinding bagian luar *incenerator* sekitar $458,78^0 \text{ K}$ ($185,78^0 \text{ C}$)

Laju perpindahan panas Ketika temperatur $700^0 \text{ C} / 973^0 \text{ K}$.

$$q = \frac{(973-303)^{\circ}K}{0,54517^0 \text{ k/W}} = 1228,97 \text{ W}$$

sehingga laju perindahan panasnya adalah 1228,97 Watt

Temperatur pada tiap sisi dinding pada temperatur kerja $700^0 \text{ C} / 973^0 \text{ K}$.

$$T_1 = 973^0 \text{ K} - (1228,97 \text{ W} \times 0,299^0 \text{ K/W}) = 605,53^0 \text{ K}$$

$$T_2 = 605,53^0 \text{ K} - (1228,97 \text{ W} \times 0,097^0 \text{ K/W}) = 486,31^0 \text{ K}$$

$$T_3 = 486,31^0 \text{ K} - (1228,97 \text{ W} \times 0,00017^0 \text{ K/W}) = 486,1^0 \text{ K}$$

Sehingga temperatur dinding bagian luar *incenerator* sekitar $486,1^0 \text{ K}$ ($213,1^0 \text{ C}$)

Laju perpindahan panas ketika temperatur $800^0 \text{ C} / 1073^0 \text{ K}$.

$$q = \frac{(1073-303)^{\circ}K}{0,54517^0 \text{ k/W}} = 1412,4 \text{ W}$$

sehingga laju perindahan panasnya adalah 1412,4 Watt

Temperatur pada tiap sisi dinding pada temperatur kerja $800^0 \text{ C} / 1073^0 \text{ K}$.

$$T_1 = 1073^0 \text{ K} - (1412,4 \text{ W} \times 0,299^0 \text{ k/W}) = 650,69^0 \text{ K}$$

$$T_2 = 650,69^0 \text{ K} - (1412,4 \text{ W} \times 0,097^0 \text{ k/W}) = 513,68^0 \text{ K}$$

$$T_3 = 513,68^0 \text{ K} - (1412,4 \text{ W} \times 0,00017^0 \text{ k/W}) = 513,43^0 \text{ K}$$

Sehingga temperatur dinding bagian luar *incenerator* sekitar $513,43^0 \text{ K}$ ($240,43^0 \text{ C}$)

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa perhitungan teori dan simulasi thermal temperatur tungku incenerator dapat disimpulkan secara keseluruhan, bahwa:

1. Hasil perhitungan secara teori dan simulasi *thermal* memiliki nilai yang setara pada setiap pengujian temperatur 600°C, 700°C, dan 800°C. Dengan nilai temperatur pada dinding terluar pada titik tertentu.
2. Dari hasil perhitungan dan simulasi thermal menunjukkan bahwa tungku B memiliki nilai temperatur yang lebih rendah pada setiap temperatur pengujian dibandingkan dengan tungku A.
3. Jenis serta ketebalan material yang dipilih mempengaruhi besar kecilnya hambatan yang mampu menahan panas dari dalam tungku.
4. Hasil simulasi terpengaruh dari kualitas meshing pada komponen yang akan disimulasikan.

B. Saran

Saran yang diharapkan dari penelitian temperatur tungku incenerator dapat disimpulkan :

1. Dalam penelitian berikutnya perlu adanya analisa *stress* efek dari beban *thermal*.
2. Batas jam kerja alat serta masa pekaian dari mesin incinerator.
3. Perlunya mengetahui jenis material yang mampu menahan panas dengan baik untuk digunakan dalam penelitian.

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

1. Agustin, D. E., Wawan, & Heryadi, Y. (2021). (Insinerator) Portable 2 In 1 Analisis Of Glasswool Heat Reduction On Waste B kampus STT Wastukencana Purwakarta . Insinerator adalah sebuah alat yang menggunakan ramah lingkungan . Jenis sampah yang dibakar adalah sampah organik dan non-organik . *Jurnal Analisis Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana*, 1–12.
2. Arif, Z., & Kamaruzzaman, T. (2015). *Simulasi Distribusi Aliran Temperatur*

- Pada Lapisan Dinding Tungku (Furnace) Dengan Menggunakan Program Ansys 5 , 4.*
3. Atifah, N., Herlambang, B., Astuti, E. T., Mulyana, Y., & Sebayang, P. (2020). Analisis Perpindahan Panas Pada Water Jacket Di Ruang Bakar Primer Incinerator Sampah Kota. *Jurnal Teknik Mesin Cakram*, 3(2), 63. <https://doi.org/10.32493/jtc.v3i2.7519>
 4. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2018). Teknologi Termal WtE Berbasis Proses Pembakaran (Insinerasi). *Modul Pelatihan*, 1(09), 1–124.
 5. Faisal, B. (2021). *Rancang Desain Alat Peraga Elektro Pneumatik Menggunakan Perangkat Lunak Solidworks 2016*. 2–6.
 6. Khairunisa, N. S., & Safitri, D. R. (2020). Integrasi Data Sampah Sebagai Upaya Mewujudkan Zero Waste Management: Studi Kasus Di Kota Bandung. *Jurnal Analisa Sosiologi*, 9, 108–123. <https://doi.org/10.20961/jas.v9i0.39829>
 7. Lingkungan, K. P. (2018). *Pengelolaan Sampah 3R (Reduce, Reuse, Recycle) Pada Pembelajaran Ips Untuk Menumbuhkan Karakter Peduli Lingkungan 39-51*. 3, 39–51.
 8. Muchid, M., Suwondo, A. J., & Hardjoko, E. (2018). Analisa Static Pada Mesin Penghalus Roll Conveyor Menggunakan Solidwork. *Seminar Nasional Hasil ...*, 123–128.
 9. Prastyo, W. (2016). *Jurusan teknik mesin fakultas teknik universitas sultan ageng tirtayasa cilegon-banten 2016*.
 10. Rahmat, M. R. (2015). Perancangan Dan Pembuatan Tungku Heat Treatment. In *Universitas Islam 45 Bekasi* (Vol. 3, Issue 2). <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>
 11. Rokhman, T. (2015). Perancangan Alat Uji Kemampukerasan Jominy Test Untuk Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam 45 Bekasi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma “45” Bekasi*, 3(1), 68–80.
 12. Rosyadi, I., Pinem, M. P., Aswata, Yusvardi, Satria, D., & A., L. (2017). Analisa Pengaruh Kelembaban Sampah Kayu Dan Sisa Makanan Pada Incenerator Portable Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 3(1), 81–89.
 13. Sapto, A. D., & Mulyana, I. S. (2021). Perancangan Desain Rangka Dan Analisis Pembebanan Statik Sepeda Listrik Roda 3. *Irvansepty.Staff.Gunadarma.Ac.Id*, 1.
 14. Subagiyo, S., Naryono, E., Santoso, S., & Irawan, B. (2015). Potensi Energi Sampah Rumah Tangga Hasil Pembakaran Insenerator Sistem Kontinyu. *Info-Teknik*, 16(2), 185–194.
 15. Sukamta, Wiranata, A., & Thoharuddin. (2017). Pembuatan Alat Incinerator Limbah Padat Medis Skala Kecil. *Semesta Teknika*, 20(2), 147–153.
 16. Susastrio, H., Ginting, D., Sinuraya, E. W., & Pasaribu, G. M. (2020). Kajian Incinerator Sebagai Salah Satu Metode Gasifikasi Dalam Upaya Untuk Mengurangi Limbah Sampah Perkotaan. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 1(1), 26–31. <https://doi.org/10.14710/jebt.2020.8137>
 17. Temperatur, K., Limbah, R., Padat, R., Bakar, R., & Tungku, P. (2013). *C. Tungku pembakar limbah radioaktif yang dibuat dapat mengurangi jumlah limbah*

sebesar 90 – 92 % pada saat pengujian dilakukan dan dapat mereduksi paparan radiasi pengion hingga menjadi rata-rata 0,249 %. Kata kunci: tungku, limbah, radioaktif, pembakara. 2010, 37–50.

18. V.A.R.Barao, R.C.Coata, J.A.Shibli, M.Bertolini, & J.G.S.Souza. (2022). Analisis ketidaklancaran Sistem pembakaran pada incinerator di mv.kali mas. *Braz Dent J.*, 33(1), 1–12.