

SKRIPSI

“ANALISIS PERUBAHAN ALIRAN PANAS DENGAN MODIFIKASI BUKAAN TUNGKU *RE-HEARTING* PORTABEL UNTUK PRATIUM LABORATORIUM TEKNOLOGI MATERIAL”

*Diajukan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan program
Strata Satu (S1) pada program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*



Disusun Oleh:

RAMA FEBRIAN

17.10.002.21201.022

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT
2022**

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISIS PERUBAHAN ALIRAN PANAS DENGAN MODIFIKASI
BUKAAN TUNGKU *RE-HEATING* PORTABEL UNTUK PRATIUM
LABORATORIUM TEKNOLOGI MATERIAL



Disusun Oleh :

RAMA FEBRIAN
NPM. 17.10.002.21201.022

Bukittinggi, 26 Februari 2022

Disetujui :

Dosen Pembimbing I

(Armila, S.T., M.T.)
NIDN : 1008017404

Dosen Pembimbing II

(Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.)
NIDN : 1023068103

Dekan Fakultas Teknik
UM Sumatera Barat

(Masril, S.T., M.T.)
NIDN : 1005057407

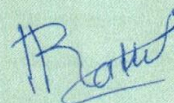
Ketua Program Studi
Teknik Mesin

(Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.)
NIDN : 1023068103

LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 26 Februari 2022 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 12 Mei 2022
Mahasiswa



Rama Febrian
171000221201022

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 26 Februari 2022

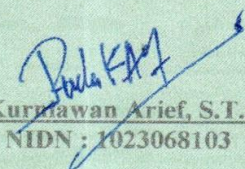
1. Muchlisinalahuddin, S.T., M.T.

1. 

2. Riza Muharni, S.T., M.T.

2. 

Mengetahui
Ketua Prodi Studi
Tekni Mesin


(Rudi Kurnawan Arief, S.T., M.T.)

NIDN : 1023068103

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Rama Febrian
Tempat dan tanggal Lahir : Medan, 13 Februari 1994
NIM : 171000221201022
Judul Skripsi : Analisis Perubahan Aliran Panas Dengan
Modifikasi Bukaannya Tungku *Re-Heating*
Portabel Untuk Pratikum Laboratorium
Teknologi Material

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Bukittinggi, 12 Mei 2022
Yang membuat pernyataan



Rama Febrian
171000221201022

Abstrak

Tungku metalurgi dibutuhkan dalam proses pembentukan logam, tungku yang telah dianalisa oleh Ongki prima widodo hanya mampu sampai temperatur tertinggi 1400°C, dengan proses pembakaran lama, maka dibuat suatu modifikasi dengan memindahkan lubang bukaan tungku dengan perbandingan 30cm:70cm terhadap 15cm:85cm. Perubahan posisi lubang bukaan diharapkan mampu meningkatkan aliran panas terhadap laju tekanan kompresor, sehingga aliran panas mudah merambat dan temperatur naik. Dengan perubahan posisi lubang bukaan dan pembesaran lubang, dimana temperatur awal 300°C naik menjadi 1432°C, dengan waktu 300 detik, sehingga laju perubahan panas setara dengan laju perubahan tekanan kompresor 38,6 km/h dengan perubahan temperatur 713°C. Pengujian tungku dengan penambahan tekanan kompresor dan mengukur laju perubahan temperatur. Dari hasil pengukuran didapat perubahan aliran panas dari 300°C menjadi 1432°C, dalam waktu 30 detik sampai 300 detik. Hasil pengambilan data didapatkan tekanan udara (P) 18,2 km/h, 19,3 km/h, 20 km/h, 22,5 km/h, 38,6 km/h. Hasil dari analisa dalam waktu 30s dengan tekanan udara 18,2 km/h diperoleh temperatur 305,8°C terjadi kenaikan temperatur, tekanan udara 38,6 km/h diperoleh temperatur 713,5°C, pada waktu 300 detik dengan tekanan udara 18,2 km/h diperoleh temperatur 665,3°C terjadinya kenaikan temperatur. Tekanan 38,6 km/h diperoleh temperatur 1110°C. Modifikasi perubahan bukaan tungku ini dapat mencapai temperatur akhir 1432°C.

Kata kunci: tungku, *re-heating*, perpindahan panas, temperatur dan tempa.



Abstract

Metallurgical furnaces are needed in the metal forming process, the furnaces that have been analyzed by Ongki prima widodo are only capable of reaching the highest temperature of 1400oC, with a long burning process, a modification was made by moving the furnace openings in a ratio of 30:70cm to 15:85cm. Changes in the position of the openings are expected to increase the heat flow to the compressor pressure rate, so that the heat flow easily propagates and the temperature rises. With changes in the position of the opening and enlargement of the hole, where the initial temperature of 300oC increases to 1432oC, with a time of 300 seconds, so that the rate of heat change is equivalent to the rate of change of compressor pressure of 38.6 km/h with a temperature change of 713oC. Testing the furnace with the addition of compressor pressure and measuring the rate of change of temperature. From the measurement results, the heat flow changes from 3000C to 14320C, within 30 seconds to 300 seconds. The results of data collection obtained air pressure (P) 18.2 km/h, 19.3 km/h, 20 km/h, 22.5 km/h, 38.6 km/h. The results of the analysis within 30s with an air pressure of 18.2 km/h obtained a temperature of 305.8oC an increase in temperature, 38.6 km/h air pressure obtained a temperature of 713.5oC, at a time of 300 seconds with an air pressure of 18.2 km/h. h obtained a temperature of 665.3oC the increase in temperature. Pressure 38.6 km/h obtained a temperature of 1110oC. This modification of the furnace opening changes can reach a final temperature of 1432°C.

Keywords: *furnace re-heating, heat transfer, temperature and forging.*



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis persembahkan atas kehadiran Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Analisis Perubahan Aliran Panas Dengan Modifikasi Bukaannya Tungku *Re-Hearting* Portable Untuk Pratikum Laboratorium Teknologi Material”**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan menyelesaikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UMSB).

Dalam penyelesaian skripsi ini penulis banyak mendapatkan kesulitan bahan maupun bacaan maupun informasi, namun walaupun demikian atas usaha bantuan, bimbingan, motivasi, dan kemurahan dari berbagai pihak baik dari secara formal maupun informal hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Bapak Masril, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
2. Bapak Rudi K Arief, ST, MT selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
3. Ibu Dosen Armila, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
4. Bapak Dosen Rudi K Arief, ST, MT selaku Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis.
5. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.
6. Orangtua, kakak, dan adik yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang.
7. Selanjutnya kepada rekan-rekan seperjuangan.

Semoga semua bantuan, bimbingan dan dorongan yang telah diberikan dengan ketulusan hati menjadi amal ibadah dan semoga mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik mesin.

Bukittinggi, Februari 2022

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR SIMBOL.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	3
2.1 Tungku Re Heating	3
2.2 Pembakaran	3
2.3. Kebutuhan Udara Pembakaran.....	4
2.4 Perpindahan Panas.....	4
2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi	5
2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi	6
2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi.....	7
2.5 Tempa.....	7
2.6 Klasifikasi Proses Tempa	8
2.6.1 Tempa Cetak Terbukak	8
2.6.2 Tempa Cetak Tertutup.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Diagram Alir.....	12
3.2 Tungku Awal	13

3.3	Tungku Modifikasi	13
3.4	Alat dan Bahan	14
3.4.1	Alat Penelitian	14
3.4.2	Bahan Penelitian.....	16
3.5	Pengujian Tungku.....	17
3.6	Proses Pengambilan Data	17
BAB IV DATA DAN ANALISA		20
4.1	Data.....	20
4.1.1	Data Tungku Awal	20
4.1.2	Pengambilan Data.....	20
4.1.3	Pengujian Data.....	25
4.1.4	Hasil Perbandingan Data	34
4.2	Analisa	40
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA.....		43
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram temperatur vs posisi.....	5
Gambar 2.2	Perpindahan panas	6
Gambar 2.3	Aliran pada konveksi paksa.....	7
Gambar 2.4	Tempa cetak terbuka.....	9
Gambar 2.5	Tempa cetak tertutup	10
Gambar 3.1	Diagram alir.....	12
Gambar 3.2	Tungku awal	13
Gambar 3.3	Tungku modifikasi.....	13
Gambar 3.4	Thermocouple.....	14
Gambar 3.5	Anemometer	14
Gambar 3.6	Pressure gauge.....	15
Gambar 3.7	Kompresor	15
Gambar 3.8	Timer	16
Gambar 3.9	Batu bara.....	16
Gambar 3.10	Minyak tanah	17
Gambar 3.11	Pembakaran batu bara.....	18
Gambar 3.12	Pemasangan selang kompresor ke tungku.....	18
Gambar 3.13	Menghidupkan kompresor.....	19
Gambar 4.1	Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 18,2 (km/h).....	22
Gambar 4.2	Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 19,3 (km/h).....	22
Gambar 4.3	Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 20 (km/h).....	23
Gambar 4.4	Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 22,5 (km/h).....	24
Gambar 4.5	Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 38,6 (km/h).....	24
Gambar 4.6	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 30 (s)	25

Gambar 4.7	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 60 (s)	26
Gambar 4.8	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 90 (s)	27
Gambar 4.9	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 120 (s)	28
Gambar 4.10	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 150 (s)	29
Gambar 4.11	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 180 (s)	30
Gambar 4.12	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 210 (s)	31
Gambar 4.13	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 240 (s)	32
Gambar 4.14	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 270 (s)	33
Gambar 4.15	Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 300 (s)	34
Gambar 4.16	Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 17,2$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 18,2$ km/h)	35
Gambar 4.17	Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 18,1$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 19,3$ km/h)	36
Gambar 4.18	Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 19,7$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 20$ km/h)	37
Gambar 4.19	Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 21,4$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 22,5$ km/h)	39
Gambar 4.20	Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 23,2$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 38,6$ km/h)	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pengambilan data pada tungku awal	20
Tabel 4.2	Hasil pengambilan data	21
Tabel 4.3	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 30 detik.....	25
Tabel 4.4	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 60 detik.....	26
Tabel 4.5	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 90 detik.....	27
Tabel 4.6	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 120 detik.....	27
Tabel 4.7	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 150 detik.....	28
Tabel 4.8	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 180 detik.....	29
Tabel 4.9	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 210 detik.....	30
Tabel 4.10	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 240 detik.....	31
Tabel 4.11	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 270 detik.....	32
Tabel 4.12	Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 300 detik.....	33
Tabel 4.13	Hasil perbandingan data pengujian 1	34
Tabel 4.14	Hasil perbandingan data pengujian 2	35
Tabel 4.15	Hasil perbandingan data pengujian 3	37
Tabel 4.16	Hasil perbandingan data pengujian 4	38
Tabel 4.17	Hasil perbandingan data pengujian 5	39

DAFTAR SIMBOL

q	= Laju perpindahan panas (W)
k	= Konduktivitas panas (W/moC)
A	= Luas perpindahan panas (m ²)
q	= Laju perpindahan panas (W)
h	= Koefisien perpindahan panas (w/m ² oC)
A	= Luas perpindahan panas (m ²)
T_w	= Temperatur dinding (oC)
T_{∞}	= Temperatur sekeliling (oC)
q	= Laju perpindahan panas (W)
A	= Luas perpindahan panas (m ²)
α	= Konstanta Stefan Boltzman
T_1, T_2	= Temperature permukaan 1,2, (oC)



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Praktikum adalah salah satu mata kuliah wajib di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, untuk saat sekarang ini ada beberapa alat yang sudah dimiliki oleh kampus, salah satu yaitu tungku *re-heating*. Harga satu unit tungku *re-heating* untuk standar praktikum kampus cukup mahal, harga mencapai ratusan juta rupiah perunitnya, maka dari itu dilakukan inisiatif untuk memodifikasi tungku *re-heating* portabel dari bukaan tungku awal diameter 10cm menjadi bukaan tungku modifikasi diameter 10cm dengan letak presisi lubang bukaannya berbeda yang bertujuan untuk mencari hasil temperatur maksimal. Hasil dari penelitian ini lebih meningkatkan kualitas pembelajaran dan praktikum di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Tungku metalurgi salah satu kebutuhan labor teknologi material untuk melaksanakan pratikum proses pembentukan logam dengan deformasi plastis media pemanas untuk proses *forging* (Umardhani & Fuad, Muhammad, n.d.). Tungku awal sebelum dimodifikasi adalah panjang tungku 100cm, lebar 50cm, tinggi 50cm, dan diameter lubang bukaan tungku 10cm. Presisi letak lubang bukaan berada pada perbandingan lebar 50cm : 50cm, dan pada perbandingan panjang 15cm : 85cm. Tungku yang telah dimodifikasi adalah panjang tungku 100cm, lebar 50cm, tinggi 50cm, dan diameter lubang bukaan tungku 10cm. Presisi letak lubang bukaan berada pada perbandingan lebar 50cm : 50cm, dan pada perbandingan panjang 30cm : 70cm.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Mempelajari perbandingan lubang bukaan setelah dimodifikasi pada tungku *re-heating* portabel.

1.2.2 Tujuan

Menganalisa tungku *re-heating* portabel dengan melakukan modifikasi pada diameter dan posisi lubang bukaan.

1.3 Batasan Masalah

Melakukan modifikasi pada lubang bukaan tungku *re-heating* di laboratorium teknik material pada proses *forging*.

1.4 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai isi laporan tugas akhir, maka laporan ini disusun dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan di jelaskan hal-hal yang menjadi latar belakang penulisan, maksud dan tujuan penulisan, dan batasan masalah.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan di bahas tentang dasar teori perubahan aliran panas dengan modifikasi bukaan tungku *re-heating* portabel.

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

Pada bab ini akan di bahas tentang diagram alir perencanaan ,alat dan bahan, proses pengerjaan.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Pada bab ini akan melakukan penganalisaan terhadap perubahan aliran panas dengan modifikasi bukaan tungku *re-heating* portabel.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan kesimpulan dari apa yang telah di bahas lebih lanjut dalam penulisan tugas akhir.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tungku *Re-Heating*

Tungku adalah perangkat yang digunakan untuk pemanasan. Nama ini berasal dari bahasa Latin *Fornax*, oven. Dalam bahasa Inggris Amerika dan Kanada penggunaan bahasa Inggris, tungku istilah sendiri mengacu pada sistem pemanas rumah tangga didasarkan pada tungku sentral (dikenal baik sebagai *boiler* atau pemanas di British bahasa Inggris), dan kadang-kadang sebagai sinonim untuk *kiln*, perangkat yang digunakan dalam produksi keramik. Di Inggris Bahasa Inggris, tungku adalah tungku industri digunakan untuk banyak hal, seperti ekstraksi logam dari bijih (*smelter*) atau dalam kilang minyak dan pabrik kimia lainnya, misalnya sebagai sumber panas untuk kolom distilasi fraksional (Centeno, 2012). Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya *rolling*/penggulungan, penempaan) atau merubah sifat-sifatnya (perlakuan panas) (Rizal et al., 2016). Tungku adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (*heat Treatment*) (Purwanto & Nasa, 2021). Tungku *re-heating* adalah pemanas untuk *forging* yang dibuat khusus sebagai alat untuk pemanas logam, tungku *re-heating* ini tersusun dari batu yang telah diatur untuk memanaskan logam, alat ini terlindungi dan panas dapat diarahkan. Namun, kebanyakan tungku dibuat sedemikian rupa sehingga api atau panas yang terbentuk tidak terlalu membahayakan pengguna, Tungku memiliki ragam dan jenis yang berbeda-beda, sehingga pemilihan material dan energi yang digunakan akan sangat berpengaruh terhadap kinerja tungku (Rachmat & Sulaeman, 2020).

2.2 Pembakaran

Pembakaran merupakan suatu proses reaksi kimia antara suatu bahan bakar dengan oksigen, yang memerlukan panas sebagai media penyalannya. Pengertian pembakaran secara umum yaitu terjadinya oksidasi cepat dari bahan bakar disertai dengan produksi panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi jika ada pasokan oksigen yang cukup. Dalam setiap bahan bakar, unsur yang mudah

terbakar adalah karbon, hidrogen, dan sulfur (Almu et al., 2014). Pembakaran sempurna terjadi ketika semua energi yang ada di batu bara terbakar seluruhnya dan kandungan karbon dan hydrogen terbakar secara keseluruhan tanpa terkecuali. Pembakaran sempurna terjadi ketika jumlah udara untuk pembakaran bernilai tepat dan juga terjadi mixing yang tepat antar udara dan bahan bakar. Tujuan dari pembakaran yang sempurna adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar.

2.3 Kebutuhan Udara Pembakaran

Kebutuhan udara yang digunakan untuk proses pembakaran berasal dari udara primer yang dihembuskan bersamaan dengan serbuk batu bara hasil. Kebutuhan udara minimum dapat dihitung berdasarkan hasil analisis ultimate batu bara (Susetyo et al., 2020). Dalam suatu proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen, dibutuhkan oksigen murni untuk proses pembakaran didalam ruang bakar. Namun hal ini merupakan hal yang tidak efisien karena harga oksigen murni yang sangat mahal, selain itu dapat mengakibatkan suhu lokal yang sangat tinggi di dalam ruang bakar sehingga dapat merusak pipa-pipa dan logam pembungkus *boiler*. Namun hal ini dapat diatasi dengan menggunakan oksigen yang cukup banyak tersedia yaitu udara. Jika mengabaikan kandungan kecil dari gas-gas mulia yang ada di dalam udara seperti neon, xenon, dan sebagainya, maka dapat menganggap udara kering sebagai campuran dari gas nitrogen dan oksigen.

2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energy karena perbedaan temperature diantara benda atau material (Mangesa et al., 2017). Perpindahan Panas merupakan bentuk laju panas dari energi ataupun jenis panas yang dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu (Yustianto, n.d.) (Hantaran et al., 2021). Dalam proses perpindahan panas, aliran panas sendiri dapat berlangsung dengan lebih dari satu cara perpindahan panas (Dr. Drs. Jamaluddin P, 2018). Persamaan fundamental didalam perpindahan panas merupakan persamaan kecepatan yang menghubungkan kecepatan perpindahan panas diantara dua system dengan sifat termodinamika dalam system tersebut (Burlian & Khoirullah, 2014). Gabungan persamaan kecepatan, kesetimbangan energy, dan persamaan keadaan termodinamis

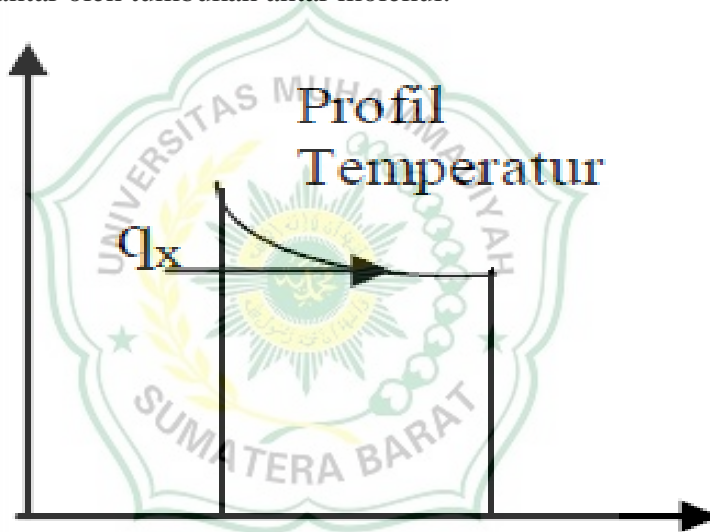
menghasilkan persamaan yang dapat memberikan distribusi temperature dan kecepatan perpindahan panas.

Mekanisme perpindahan panas dibagi menjadi tiga, yakni:

- a. Aliran panas konduksi
- b. Aliran panas konveksi
- c. Aliran panas radiasi

2.4.1 Perpindahan Panas Konduksi

Adanya gradien temperature akan terjadi perpindahan panas. Dalam benda padat perpindahan panas timbul karena gerakan antar atom pada temperature yang tinggi, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan panas. Didalam cairan atau gas, panas dihantar oleh tumbukan antar molekul.



Gambar.2.1 Diagram temperature vc posisi.

Persamaan dasar konduksi:

$$q = - k A \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (1.1)$$

Keterangan:

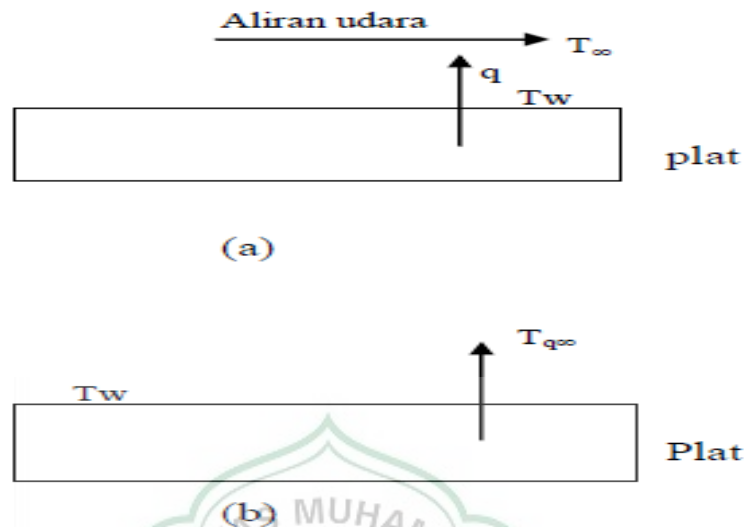
q = laju perpindahan panas, W

k = konduktivitas panas, W/m°C

A = luas perpindahan panas, m²

2.4.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas terjadi secara konveksi dari pelat ke sekeliling atau sebaliknya. Perpindahan panas konveksi dibedakan menjadi dua yakni konveksi alamiah dan konveksi paksa.



Gambar.2.2 Perpindahan panas (a). konveksi paksa (b). konveksi alamiah.

Pada konveksi paksa, pelat akan mendingin lebih cepat.

Persamaan dasar konveksi:

$$T_w > T_\infty$$

$$q = h \times A \times (T_w - T_\infty) \dots\dots\dots(1.2)$$

Keterangan:

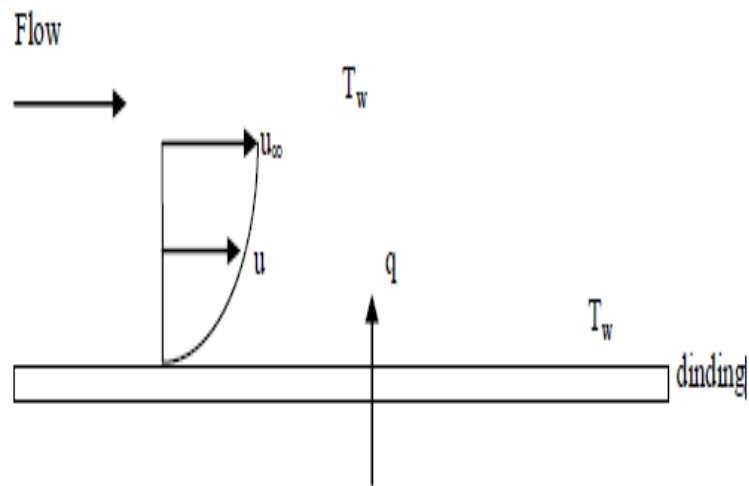
q = laju perpindahan panas, W

h = koefisien perpindahan panas, $W/m^2 \cdot ^\circ C$

A = Luas perpindahan panas, m^2

T_w = temperature dinding, $^\circ C$

T_∞ = temperatur sekeliling, $^\circ C$



Gambar.2.3 Aliran pada konveksi paksa.

2.4.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas oleh perjalanan foton yang tak terorganisasi. Setiap benda terus menerus memancarkan foton secara serampangan didalam arah, waktu, dan energy netto yang dipindahkan oleh foton tersebut, diperhitungkan sebagai panas.

Persamaan dasar radiasi:

$$q = \alpha \times A \times (T_1^4 - T_2^4) \dots\dots\dots(1.3)$$

Keterangan:

- q = laju perpindahan panas, W
- A = luas perpindahan panas, m²
- α = konstanta Stefan Boltzman
- T₁, T₂ = temperature permukaan 1,2, °C

2.5 Tempa

Tempa adalah proses pengerjaan logam menjadi suatu bentuk yang diinginkan dengan menggunakan palu atau penekan (Armila, 2018). Proses penempaan tangan juga dikenal sebagai kerja yang digunakan untuk produksi skala kecil menggunakan palu pada pekerjaan yang dipanaskan. Ini adalah proses kontrol manual meskipun beberapa mesin seperti palu listrik dapat digunakan. Oleh karena itu, pekerjaan suatu proses logam dapat dipanaskan dan dibentuk berdasarkan kebutuhannya dengan menggunakan alat dengan palu tangan atau palu listrik. Proses tempa merupakan proses pembentukkan suatu logam dengan cara penekanan logam ke dalam suatu cetakan sehingga terbentuk suatu produk (Mardjuki, 2009). Beberapa produk tempa

yang dihasilkan oleh industri pandai besi seperti parang, pisau, cangkul, sabit, alat-alat kebutuhan rumah tangga, pertanian, maupun peralatan untuk hasil pertanian dan perkebunan (Adriansyah, Junaidi, 2013).

Mesin tempa adalah suatu mesin yang digunakan untuk pengerjaan logam dengan memanaskan kemudian membentuknya dengan cara penempaan yaitu memukul-mukul, menekuk, menggiling dan sebagiannya sampai diperoleh bentuk yang diinginkan. Pemanasan dilakukan dengan membakarnya dalam bara api sampai logam berwarna kemerah-merahan. Penempaan didefinisikan sebagai deformasi plastik logam pada suhu tinggi dengan ukuran atau bentuk yang ditentukan dengan menggunakan gaya tekan palu atau mesin press (Sufiyanto, 2018).

2.6 Klasifikasi Proses Tempa

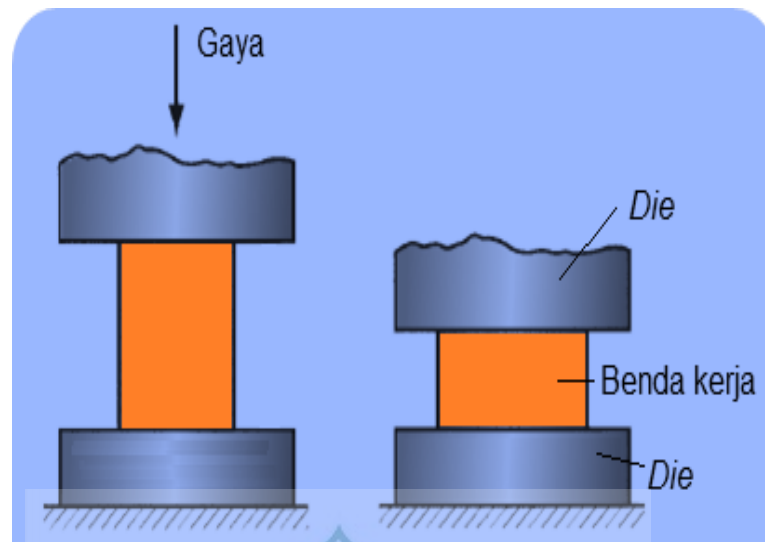
Proses penempaan konvensional yang dilakukan adalah dengan memukulkan palu pada material bilah logam sampai mempunyai bentuk sesuai dengan yang diinginkan. Hasil pada proses penempaan secara manual tentu banyak dipengaruhi oleh keahlian, pengalaman serta kondisi perajin serta lingkungan (S & Aji, 2019). Tempa merupakan proses pengolahan logam dengan perubahan bentuk dalam keadaan panas dengan sistem pukulan. Beberapa produk tempa yang dihasilkan oleh industri pandai besi seperti parang, pisau, cangkul, dodos, alat-alat kebutuhan rumah tangga, pertanian, maupun peralatan untuk hasil pertanian dan perkebunan (Rancang Bangun Mesin Tempa Sistem Spring Hammer Untuk Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Logam Tempa Pada Industri Kecil Pandai Besi Design of machine Forging Hammer Spring Systems for Improving Productivity and Quality of Metal Forging On mall Indust, 2013).

2.6.1 Tempa Cetak Terbuka (*Open Die Forging*)

Open-die forging adalah jenis penempaan (*forging*) yang paling sederhana. Proses penempaan ini dioperasikan dengan menekan benda kerja berbentuk rata. *Open-die forging* mampu mengerjakan benda-benda mulai dari yang kecil hingga yang besar.

Proses *open-die forging* mirip dengan proses pengujian tekan pada uji material. Proses ini dikenal dengan sebutan *upsetting* atau penempaan *upset* atau *flat-die*

forging. *Upsetting* adalah pengurangan tinggi suatu benda kerja yang berakibat pada meningkatnya dimensi penampang benda kerja tersebut.



Gambar.2.4 Tempa cetak terbuka (*open-die forging*).

Pada permukaan *die* yang digunakan memiliki kontur yang tipis. Kontur tersebut berfungsi untuk membantu pembentukan benda kerja. Bila perlu, benda kerja dapat diputar atau diposisikan ke berbagai macam posisi supaya perubahan bentuk yang diinginkan bisa tercapai. *Open-die forging* menghasilkan bentuk-bentuk yang masih kasar. *Open-die forging* memerlukan proses lanjutan supaya bisa mencapai bentuk dan ukuran akhir yang mendekati toleransi. Walaupun menghasilkan bentuk yang kasar, proses *open-die forging* tetap dibutuhkan karena dapat menciptakan aliran butir dan struktur metalurgi yang baik pada logam.

Kelebihan *Open-die Forging*:

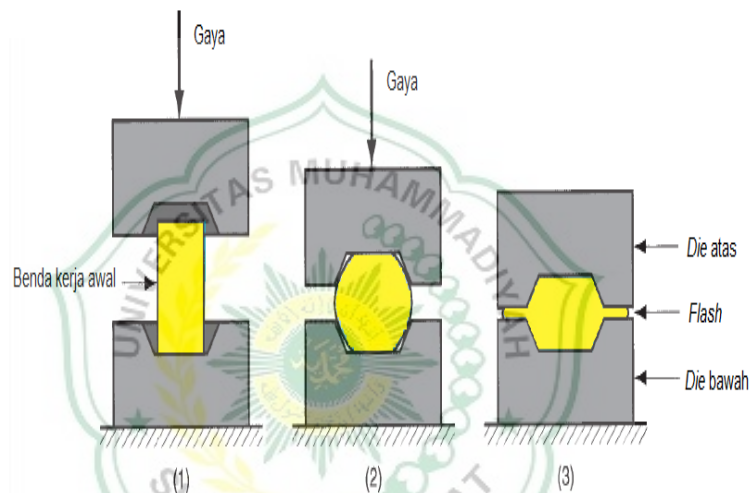
1. *Die* (cetakan) sederhana dan murah.
2. Kisaran dimensi benda yang dapat dibuat, tergolong luas.
3. Benda hasil tempaan memiliki tingkat kekuatan yang baik.

Kelemahan *Open-die Forging*:

1. Hasil terbatas pada bentuk yang sederhana.
2. Sulit untuk mencapai ukuran yang mendekati toleransi.
3. Memerlukan proses permesinan supaya dapat mencapai bentuk akhir yang sesuai.
4. Produktivitas rendah.
5. Butuh operator yang memiliki keterampilan tinggi.

2.6.2 Tempa Cetak Tertutup (*Closed Die Forging*)

Closed die forging atau *impression die forging* adalah proses penempaan dengan cetakan tertutup yang langsung bisa menghasilkan bentuk benda kerja sesuai yang diinginkan. Proses penempaan digambarkan dalam tiga tahap. Pertama benda kerja dan *die* saling bersentuhan lalu diberi tekanan. Tahap selanjutnya benda kerja berubah bentuk akibat tekanan. Kedua proses ini mirip dengan *open die forging*. Tahap terakhir kedua buah *die* sudah sangat dekat dan mencapai posisi akhir. Pada tahap ini benda kerja sudah menyerupai bentuk cetakan. Selain itu pada tahap terakhir juga terjadi pembentukan *flash*. *Flash* terbentuk dari celah yang berada di antara kedua *die*.



Gambar.2.5 Tempa cetak tertutup (*closed-die forging*).

Beberapa langkah pembentukan juga sering dibutuhkan dalam *closed die forging* untuk menghasilkan benda *blank* menjadi bentuk yang diharapkan. Bentuk rongga yang berbeda dibutuhkan dalam tiap langkah. Langkah awal dirancang untuk mendistribusikan logam pada perubahan bentuk yang seragam. Langkah berikutnya untuk menciptakan struktur metalurgi yang diharapkan. Langkah akhir dirancang untuk membentuk benda kerja sesuai dengan geometri final.

Dibandingkan dengan *open die forging*, *closed die forging* membutuhkan gaya yang lebih besar. *Closed die forging* menghasilkan *flash*. Ketika menekan benda kerja, *flash* akan terbentuk. *Flash* yang terbentuk akan bergesekan dengan permukaan *die*. Gesekan pada *flash* bisa membatasi perubahan bentuk benda kerja. Pada kasus penempaan panas, *flash* di celah die akan cepat dingin. *Flash* yang dingin juga membatasi benda kerja untuk berubah bentuk. Agar perubahan bentuk benda

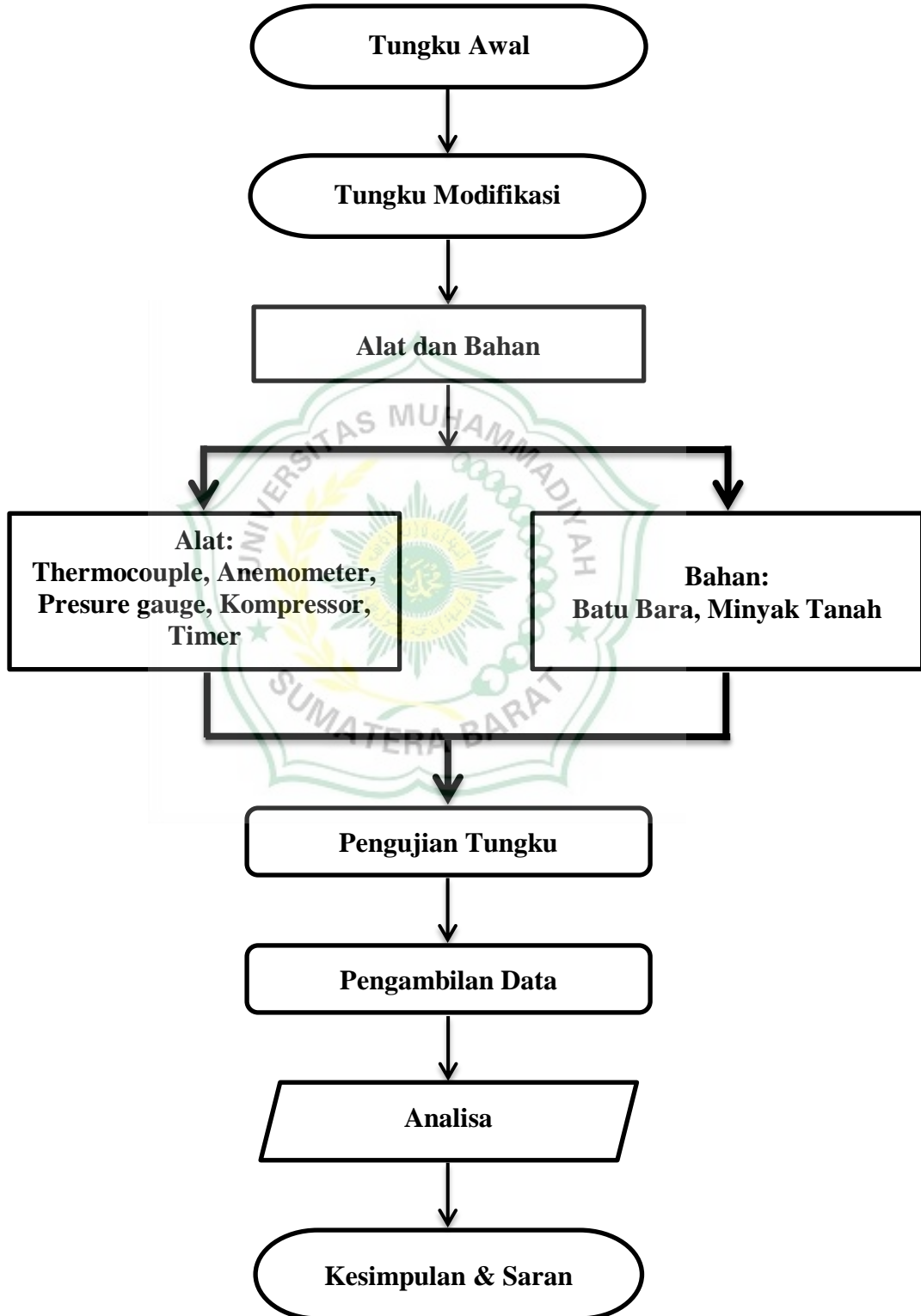
kerja yang terhalang oleh fenomena pada *flash* tetap terjadi, diperlukan gaya yang lebih besar. Selain karena *flash*, bentuk yang kompleks pada *closed die forging* juga menyebabkan proses ini memerlukan gaya yang lebih besar.

Closed die forging kerap kali diikuti dengan proses permesinan (*machining*) atau *cutting*. Proses permesinan dibutuhkan agar dimensi benda kerja bisa lebih mendekati toleransi yang ditentukan. Untuk *finishing*, proses permesinan juga digunakan untuk membuat lubang, ulir, dan kebutuhan lain sesuai bentuk yang diinginkan.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

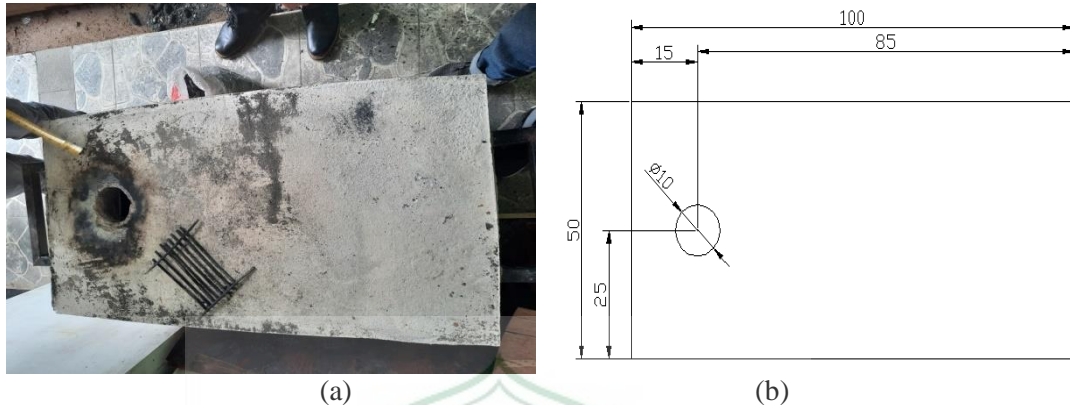
3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar.3.1. Diagram alir.

3.2 Tungku Awal

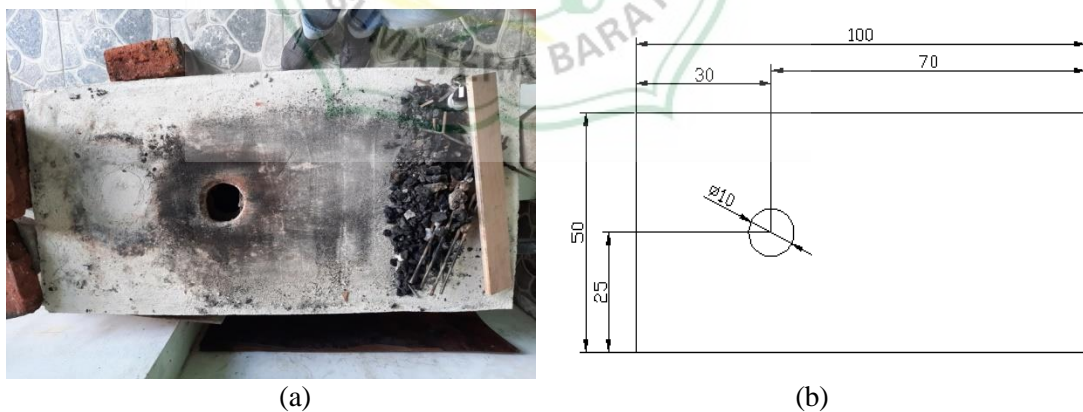
Pada gambar 3.2 menjelaskan dimensi tungku awal sebelum dimodifikasi adalah panjang tungku 100cm, lebar 50cm, tinggi 50cm, dan diameter lubang bukaan tungku 10cm. Presisi letak lubang bukaan berada pada perbandingan lebar 50cm : 50cm, dan pada perbandingan panjang 15cm : 85cm.



Gambar.3.2. Bentuk aktual tungku awal (a), dimensi tungku awal (b).

3.3 Tungku Modifikasi

Pada gambar 3.3 menjelaskan dimensi tungku yang telah dimodifikasi adalah panjang tungku 100cm, lebar 50cm, tinggi 50cm, dan diameter lubang bukaan tungku 10cm. Presisi letak lubang bukaan berada pada perbandingan lebar 50cm : 50cm, dan pada perbandingan panjang 30cm : 70cm.



Gambar.3.3. Bentuk aktual tungku yang telah dimodifikasi (a), dimensi tungku yang telah dimodifikasi (b).

3.4 Alat dan Bahan Tungku *Re-Heating* Portabel

3.4.1 Alat Penelitian

Alat yang akan di pergunakan untuk analisa tungku *re-heating* adalah:

1. *Thermocouple*



Gambar.3.4. *Thermocouple*.

Thermocouple adalah alat untuk mengukur suhu cairan / uap dan suhu permukaan benda padat, dengan rentang pengukuran yang cukup lebar dari pada termometer merkuri dan alkoholmeter.

2. *Anemometer*



Gambar.3.5. *Anemometer*.

Anemometer adalah sebuah perangkat ukur (alat ukur) untuk mengetahui kecepatan angin dan temperatur angin dengan tingkat akurasi, efisiensi dan sensitivitas yang lebih baik.

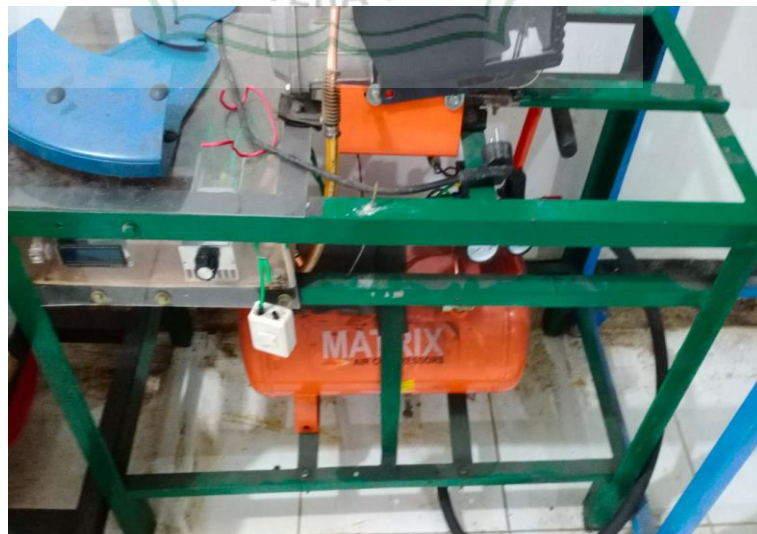
3. *Pressure gauge*



Gambar.3.6. *Pressure gauge*.

Pressure Gauge digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) dalam tabung tertutup.

4. Kompresor



Gambar.3.7. Kompresor.

Kompresor adalah alat mekanik yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan fluida mampu mampat, yaitu gas atau udara. tujuan meningkatkan tekanan dapat

untuk mengalirkan atau kebutuhan proses dalam suatu system proses yang lebih besar.

5. *Timer*



Gambar.3.8. *Timer*.

Timer adalah sebagai penghitung waktu.

3.4.2 Bahan Penelitian

Bahan adalah temperatur udara di dalam tungku *re-heating* yang berkerja pada saat pemanasan besi.

1. Batu Bara



Gambar.3.9. Batu bara.

Batu bara adalah sebagai bahan bakar tungku *re-heating*.

2. Minyak Tanah



Gambar.3.10. Minyak tanah.

Minyak Tanah adalah sebagai pemancing nyala api.

3.5 Pengujian Tungku

Untuk pengujian tungku dilakukan proses percobaan mengetahui apakah tungku berfungsi dengan semestinya atau tidak, maka perlu melakukan persiapan diantaranya:

1. Pemasangan kompresor bertujuan sebagai sumber penghasil udara yang akan menekan pembakaran batu bara.
2. Pembakaran batu bara menggunakan minyak tanah dan pastikan batu bara sudah terbakar dan memerah.
3. Hidupkan kompresor dengan kecepatan berbeda disetiap pengujian sehingga kompresor mengalirkan udara ke tungku.
4. Pengambilan data pada tungku *re-heating* dengan temperatur yang di tetapkan.

3.6 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan proses pengujian pada alat tungku *re-heating* (Sidik et al., 2022).

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengambilan data sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan untuk proses pengambilan data.

2. Cek kondisi tungku apakah sudah sempurna pengeringannya untuk proses pengambilan data.

3. Hidupkan bara diatas tungku.

Pembakaran batu bara menggunakan minyak tanah dan pastikan batu bara sudah terbakar dan memerah.



Gambar.3.11. Pembakaran batu bara.

4. Sambungkan selang kompresor ke tungku.

Bertujuan untuk mengalirkan udara dari kompresor ke tungku.



Gambar.3.12. Pemasangan selang kompresor ke tungku.

5. Menghidupkan kompresor, setelah kompresor hidup pengambilan data dengan cara menghitung temperatur dan laju aliran udara.

Hidupkan kompresor dengan kecepatan berbeda disetiap pengujian sehingga kompresor mengalirkan udara ke tungku.



Gambar.3.13. Menghidupkan kompresor



BA B IV DATA DAN ANALISA

4.1 DATA

4.1.1 Data Tungku Awal

Pada proses pengambilan data ini dilakukan pada tungku *re-heating* yang bertujuan untuk menganalisa suhu temperatur yang di hasilkan oleh tungku *re-heating* untuk mencapai suhu tertinggi dalam waktu 5 menit dengan perbandingan tekanan udara yang berbeda dalam setiap pengujian. Pengambilan data ini terbagi dalam 5 macam tekanan udara dari terendah samapi tekanan tinggi. Dalam proses pengambilan data pada saat awal hanya melakukan pengujian temperatur awal yaitu 300°C, posisi lubang bukaan yaitu 15cm : 85cm dengan diameter 10cm dan letak yang tidak dipresisikan, adapun data yang di dapat seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Pengambilan data pada tungku awal

No	Time (s)	Pengujian 1 P = 17,2 (km/h)	Pengujian 2 P = 18,1 (km/h)	Pengujian 3 P = 19,7 (km/h)	Pengujian 4 P = 21,4 (km/h)	Pengujian 5 P = 23,2 (km/h)
1	30	309,2°C	375,2°C	458,4°C	493,9°C	530,3°C
2	60	344,9°C	386,4°C	475,4°C	518,1°C	675,3°C
3	90	391,6°C	404,5°C	575,6°C	605,8°C	713,4°C
4	120	398,8°C	423,8°C	628,8°C	685,3°C	897,7°C
5	150	401,5°C	447,5°C	639,7°C	757,4°C	923,6°C
6	180	409,4°C	464,3°C	650,1°C	848,7°C	1013°C
7	210	414,5°C	508,8°C	686,4°C	868,5°C	1218°C
8	240	430,2°C	543,3°C	706,5°C	957,6°C	1297°C
9	270	459,1°C	585,1°C	720,4°C	1071°C	1397°C
10	300	556,9°C	678,7°C	778,7°C	1187°C	1432°C

4.1.2 Pengambilan Data

Pada pegujian ini dilakukan pengambilan data terhadap tungku *re-heating* yang telah dimodifikasi pada lubang bukaan dengan menghitung temperatur yang dihasilkan dalam waktu 5 menit dengan tekanan udara yang berbeda dalam 5 kali pengujian. Proses pengambilan data ini menggunakan *anemometer* sebagai

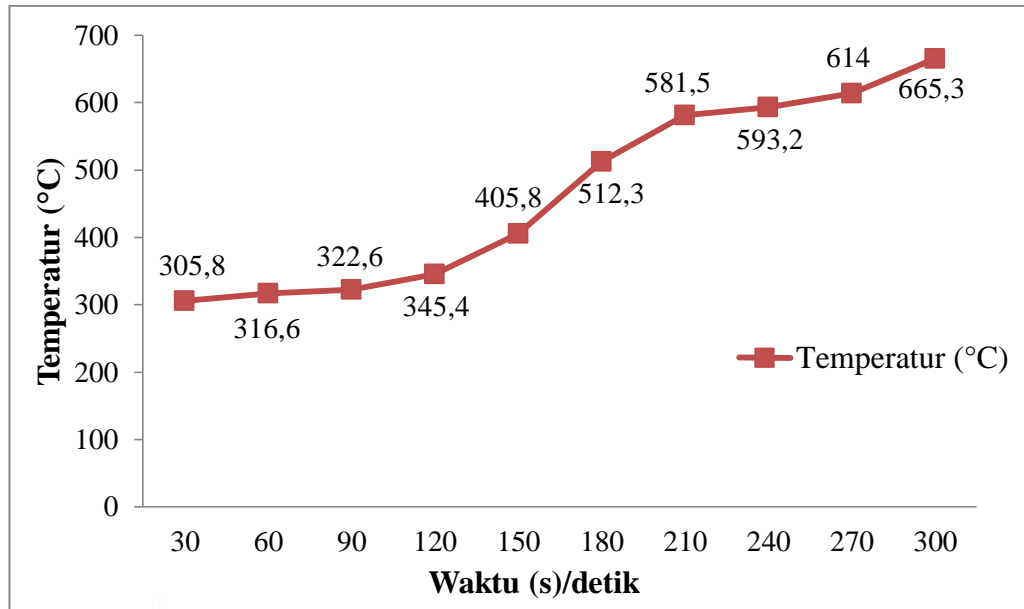
penghitung tekanan udara dan *thermocouple* dalam menghitung temperatur, dibawah ini adalah data yang diambil dalam pengujian. Pengambilan data dilakukan secara berurutan dari suhu rendah ke suhu tinggi. Tabel 4.2 berikut ini merupakan hasil data dari pengujian.

Tabel 4.2 Hasil pengambilan data

No	Time (s)	Pengujian 1 P = 18,2 (km/h)	Pengujian 2 P = 19,3 (km/h)	Pengujian 3 P = 20 (km/h)	Pengujian 4 P = 22,5 (km/h)	Pengujian 5 P = 38,6 (km/h)
1	30	305,8°C	466,4°C	525,5°C	630,2°C	713,5°C
2	60	316,6°C	536,5°C	537,1°C	783,4°C	909,6°C
3	90	322,6°C	545,1°C	612°C	882,9°C	1006°C
4	120	345,4°C	552,1°C	685,2°C	947,7°C	1016°C
5	150	405,8°C	560,9°C	730,8°C	985,7°C	1023°C
6	180	512,3°C	570°C	808,2°C	1010°C	1042°C
7	210	581,5°C	746,8°C	882,9°C	1025°C	1084°C
8	240	593,2°C	899,3°C	942,2°C	1030°C	1107°C
9	270	614°C	991,9°C	1033°C	1052°C	1108°C
10	300	665,3°C	1034°C	1038°C	1093°C	1110°C

Berdasarkan pengambilan data diatas hasil pengujian ditampilkan bentuk gambar grafik dapat dilihat dibawah ini:

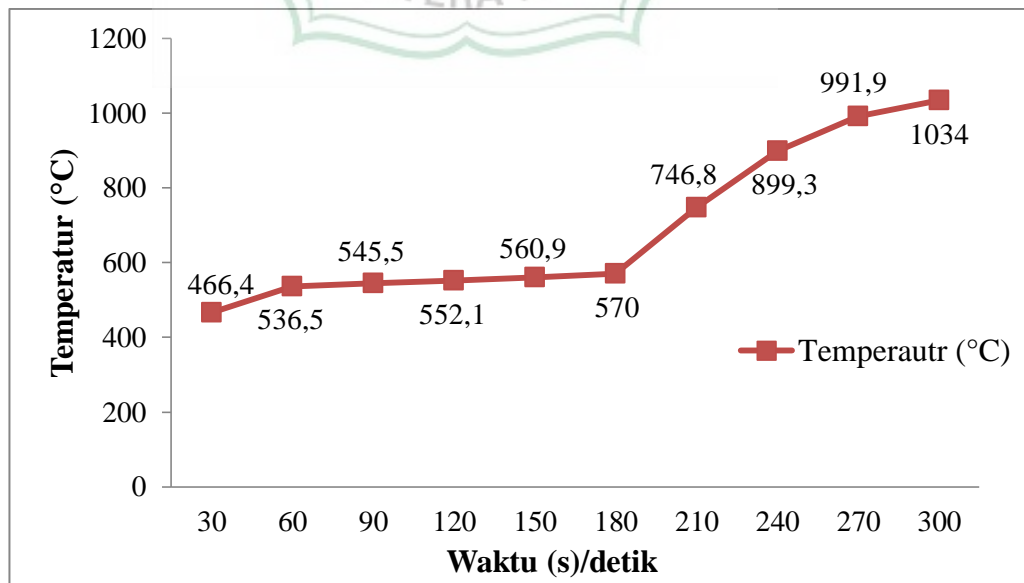
1. Pada gambar 4.1 menjelaskan bahwa grafik hubungan temperatur keluar (T_{out}) terhadap waktu (s) dan tekanan udara (km/h) 18,2 km/h seperti gambar berikut ini:



Gambar.4.1. Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 18,2 (km/h)

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa grafik, dalam waktu (s) 30 detik pada temperatur keluar (T_{out}) 305,8°C terjadinya kenaikan temperatur dalam waktu (s) 300 detik dengan temperatur keluar (T_{out}) 665,3°C terhadap tekanan udara 18,2 km/h.

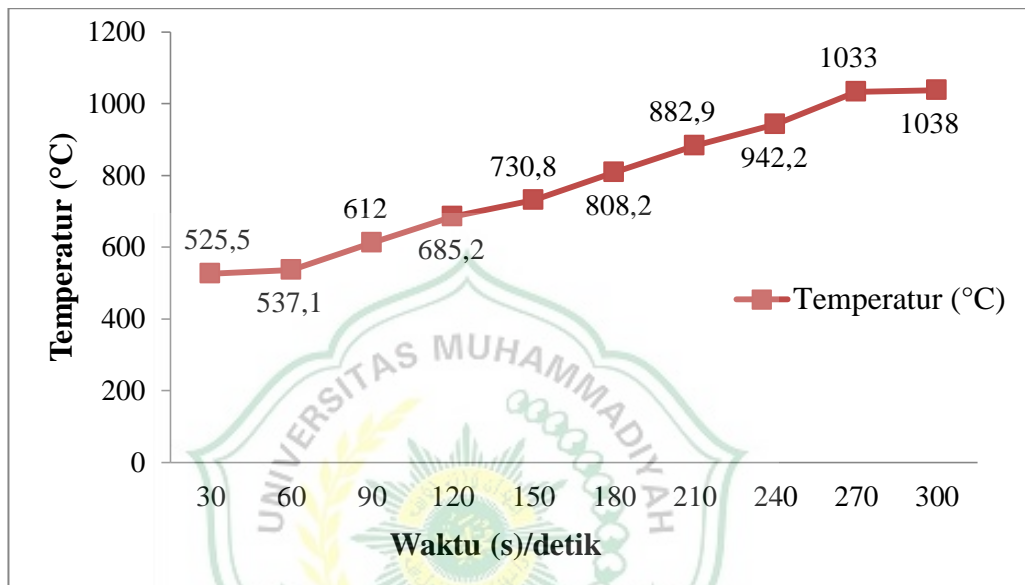
2. Pada gambar 4.2 menjelaskan bahwa grafik hubungan temperatur keluar (T_{out}) terhadap waktu (s) dan tekanan udara (km/h) 19,3 km/h seperti gambar berikut ini:



Gambar.4.2. Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 19,3 (km/h)

Dari gambar 4.2 dapat dilihat bahwa grafik, dalam waktu (s) 30 detik pada temperatur keluar (T_{out}) 466,4°C terjadinya kenaikan temperatur dalam waktu (s) 300 detik dengan temperatur keluar (T_{out}) 1034°C terhadap tekanan udara 19,3 km/h.

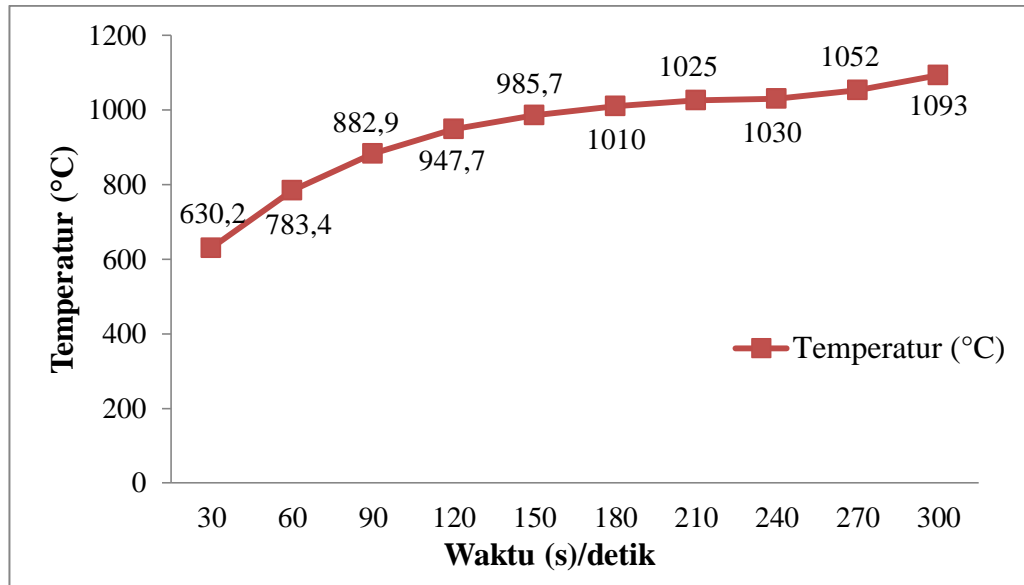
3. Pada gambar 4.3 menjelaskan bahwa grafik hubungan temperatur keluar (T_{out}) terhadap waktu (s) dan tekanan udara (km/h) 20 km/h seperti gambar berikut ini:



Gambar.4.3. Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 20 (km/h)

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa grafik, dalam waktu (s) 30 detik pada temperatur keluar (T_{out}) 525,5°C terjadinya kenaikan temperatur dalam waktu (s) 300 detik dengan temperatur keluar (T_{out}) 1038°C terhadap tekanan udara 20 km/h.

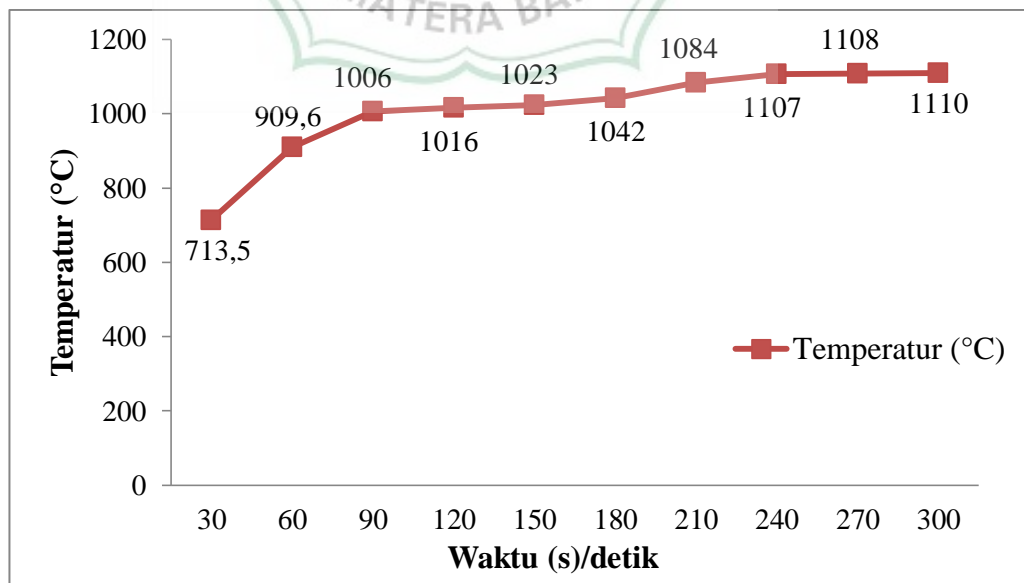
4. Pada gambar 4.4 menjelaskan bahwa grafik hubungan temperatur keluar (T_{out}) terhadap waktu (s) dan tekanan udara (km/h) 22,5 km/h seperti gambar berikut ini:



Gambar.4.4. Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 22,5 (km/h)

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa grafik, dalam waktu (s) 30 detik pada temperatur keluar (T_{out}) 630,2°C terjadinya kenaikan temperatur dalam waktu (s) 300 detik dengan temperatur keluar (T_{out}) 1093°C terhadap tekanan udara 22,5 km/h.

5. Pada gambar 4.5 menjelaskan bahwa grafik hubungan temperatur keluar (T_{out}) terhadap waktu (s) dan tekanan udara (km/h) 38,6 km/h seperti gambar berikut ini:



Gambar.4.5. Grafik perbandingan temperatur (T_{out}) terhadap waktu (s) pada tekanan udara 38,6 (km/h)

Dari gambar 4.5 dapat dilihat bahwa grafik, dalam waktu (s) 30 detik pada temperatur keluar (T_{out}) 713,5°C terjadinya kenaikan temperatur dalam waktu (s) 300 detik dengan temperatur keluar (T_{out}) 1110°C terhadap tekanan udara 38,6 km/h.

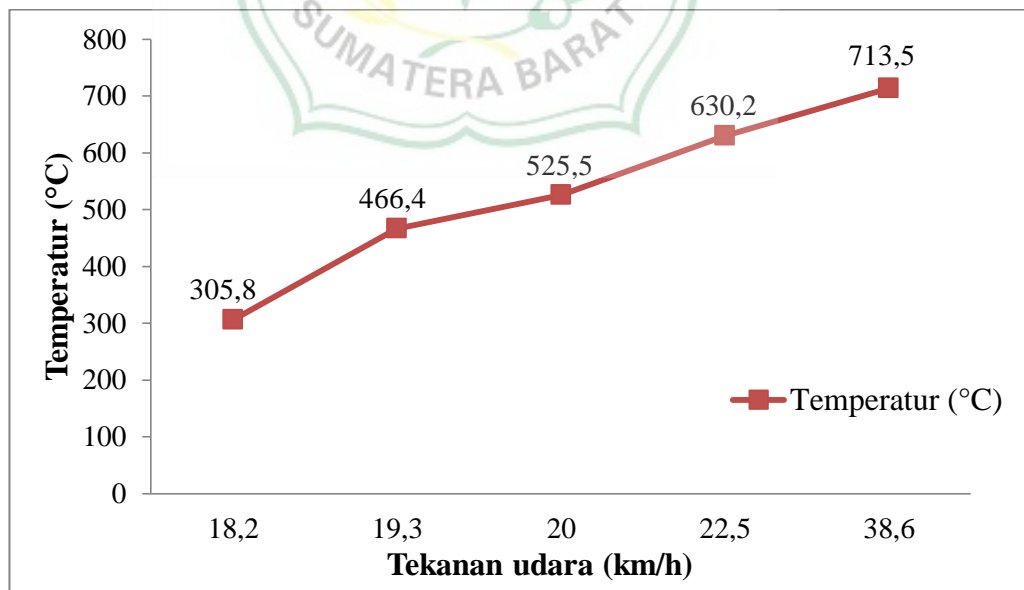
4.1.3 Pengujian Data

Pengujian data ini menggunakan *thermocouple* sebagai pengukur suhu, *anemometer* sebagai pengukur tekanan udara dan *stopwatch* untuk menghitung waktu.

Tabel 4.3 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 30 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	305,8	30
2	19,3	466,4	30
3	20	525,5	30
4	22,5	630,2	30
5	38,6	713,5	30

Pada tabel 4.3 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 30 detik.



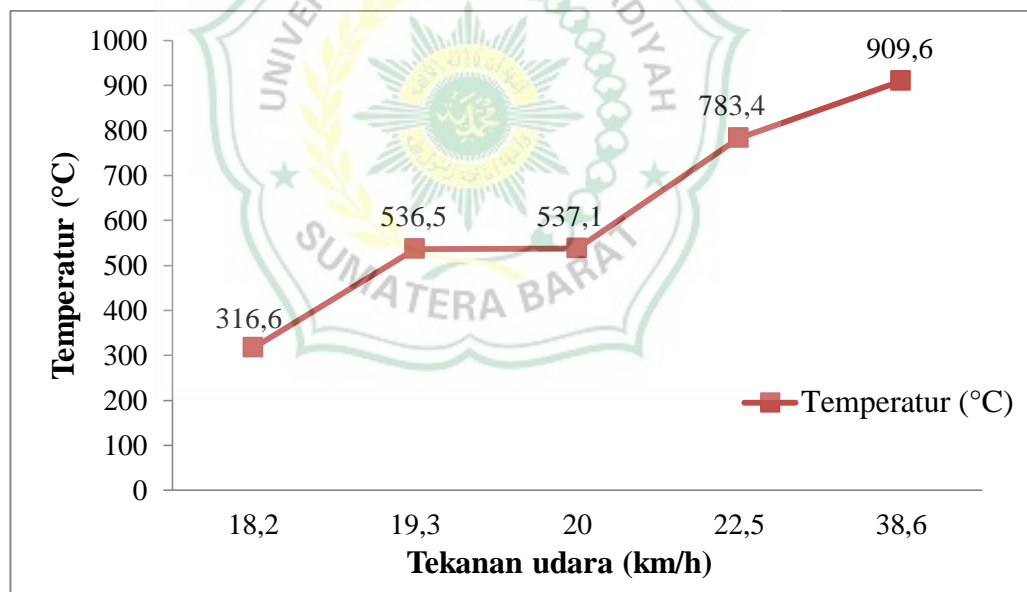
Gambar.4.6. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 30 (s)

Dari gambar 4.6 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.4 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 60 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)	Waktu (s)
1	18,2	316,6	60
2	19,3	536,5	60
3	20	537,1	60
4	22,5	783,4	60
5	38,6	909,6	60

Pada tabel 4.4 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 60 detik.



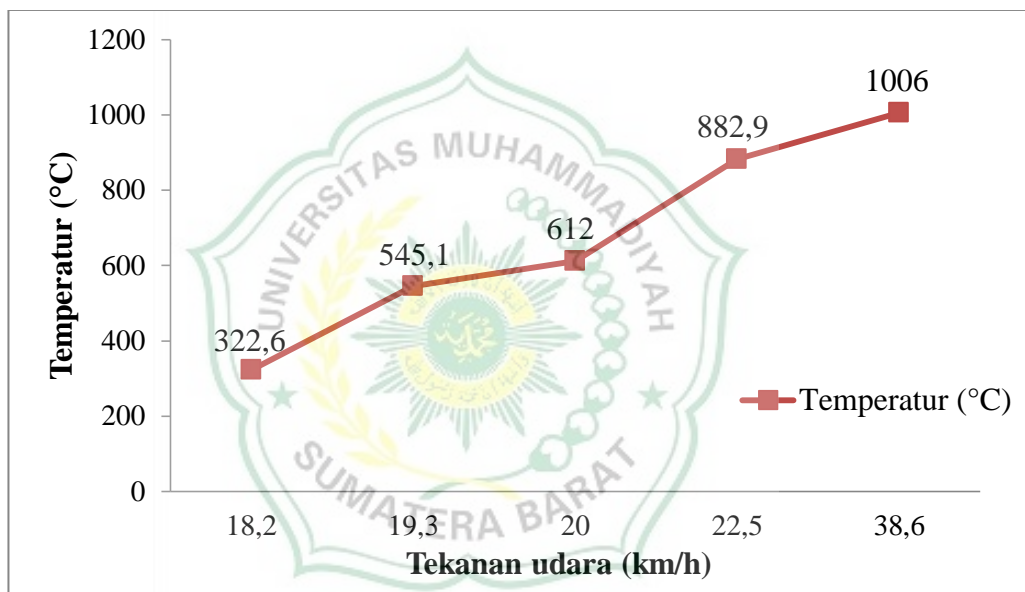
Gambar.4.7. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 60 (s)

Dari gambar 4.7 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.5 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 90 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	322,6	90
2	19,3	545,1	90
3	20	612	90
4	22,5	882,9	90
5	38,6	1006	90

Pada tabel 4.5 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 90 detik.



Gambar.4.8. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 90 (s)

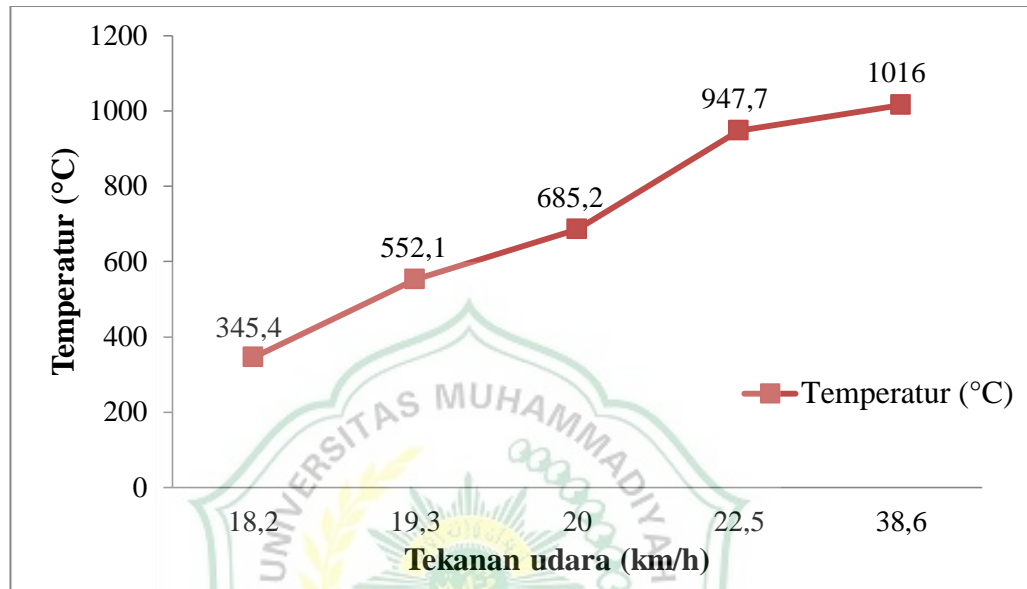
Dari gambar 4.8 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.6 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 120 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	345,4	120
2	19,3	552,1	120

3	20	685,2	120
4	22,5	947,7	120
5	38,6	1016	120

Pada tabel 4.6 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 120 detik.



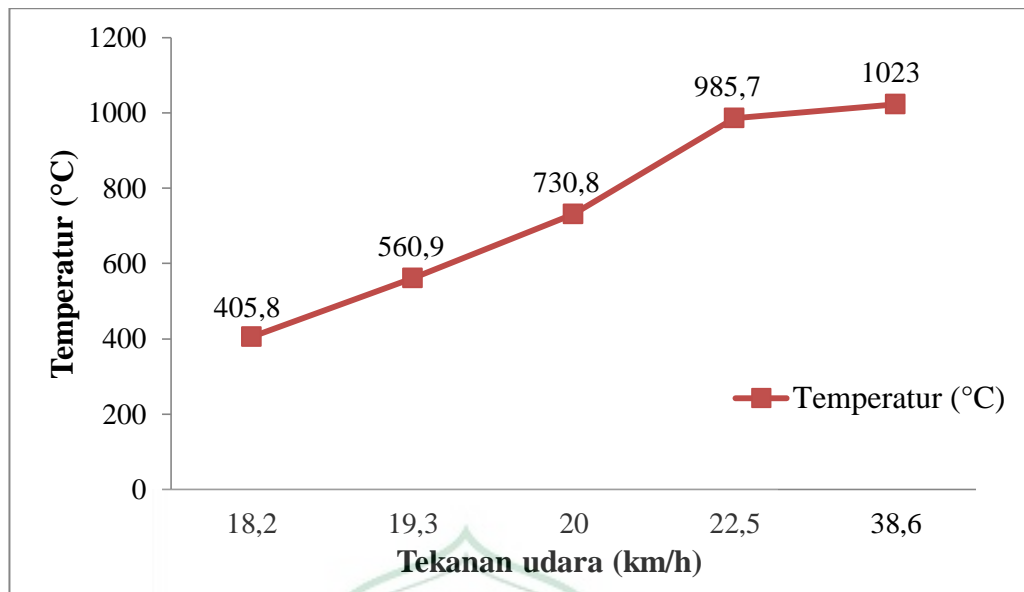
Gambar.4.9. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 120 (s)

Dari gambar 4.9 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.7 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 150 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	405,8	150
2	19,3	560,9	150
3	20	730,8	150
4	22,5	985,7	150
5	38,6	1023	150

Pada tabel 4.7 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 150 detik.



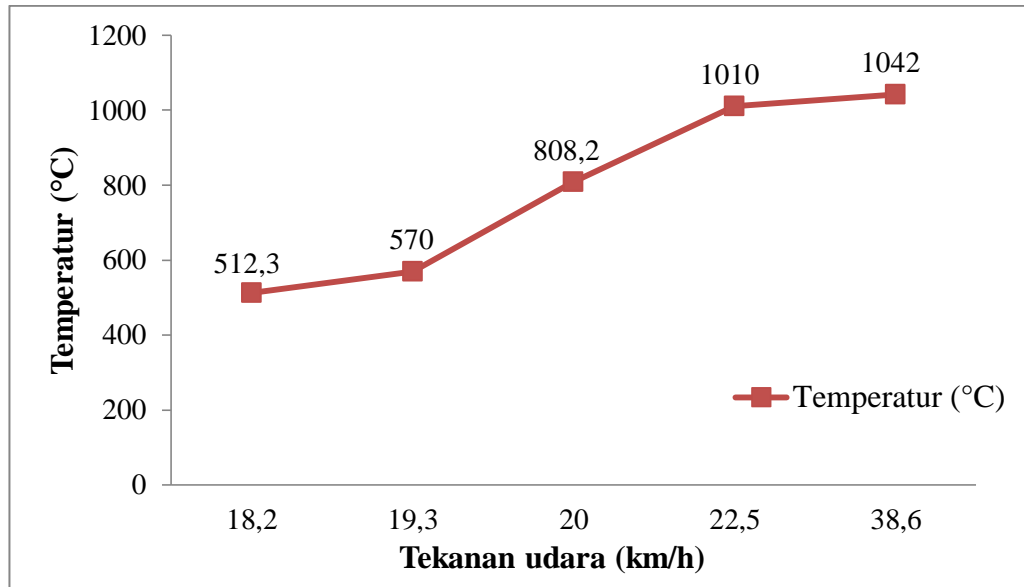
Gambar.4.10. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 150 (s)

Dari gambar 4.10 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.8 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 180 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	512,3	180
2	19,3	570	180
3	20	808,2	180
4	22,5	1010	180
5	38,6	1042	180

Pada tabel 4.8 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 180 detik.



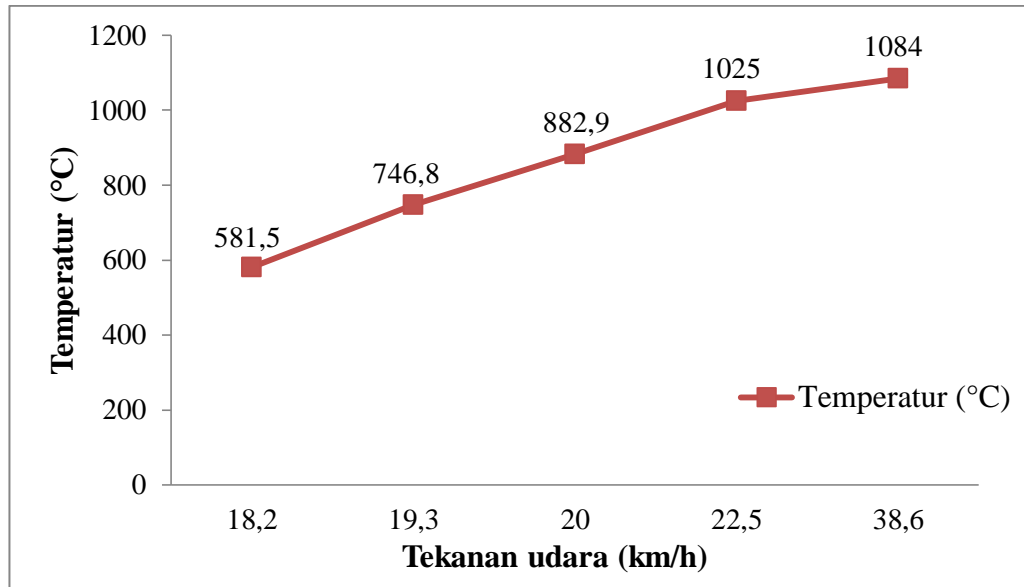
Gambar.4.11. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 180 (s)

Dari gambar 4.11 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.9 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 210 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	581,5	210
2	19,3	746,8	210
3	20	882,9	210
4	22,5	1025	210
5	38,6	1084	210

Pada tabel 4.9 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 210 detik.



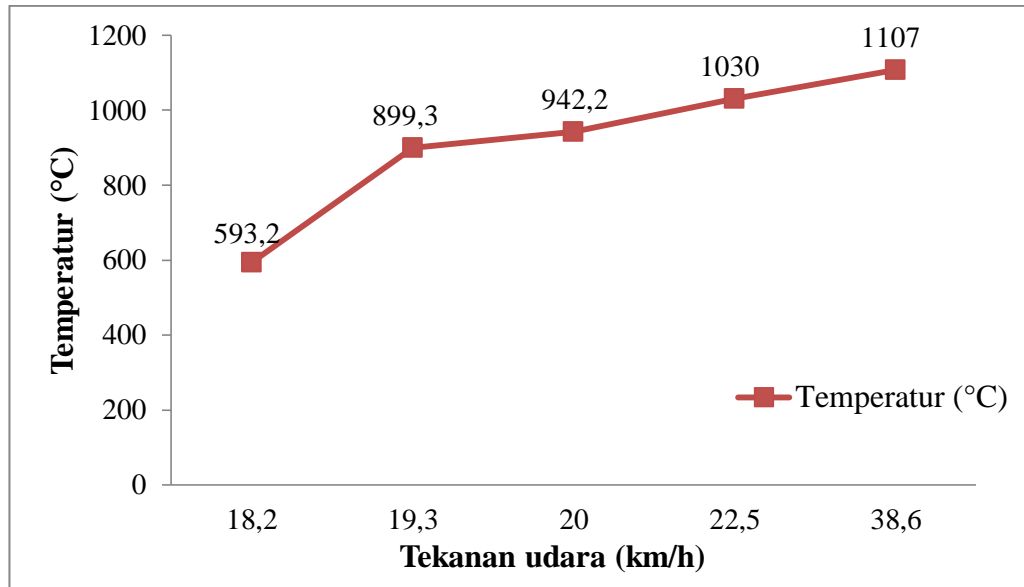
Gambar.4.12. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 210 (s)

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.10 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 240 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	593,2	240
2	19,3	899,3	240
3	20	942,2	240
4	22,5	1030	240
5	38,6	1107	240

Pada tabel 4.10 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 240 detik.



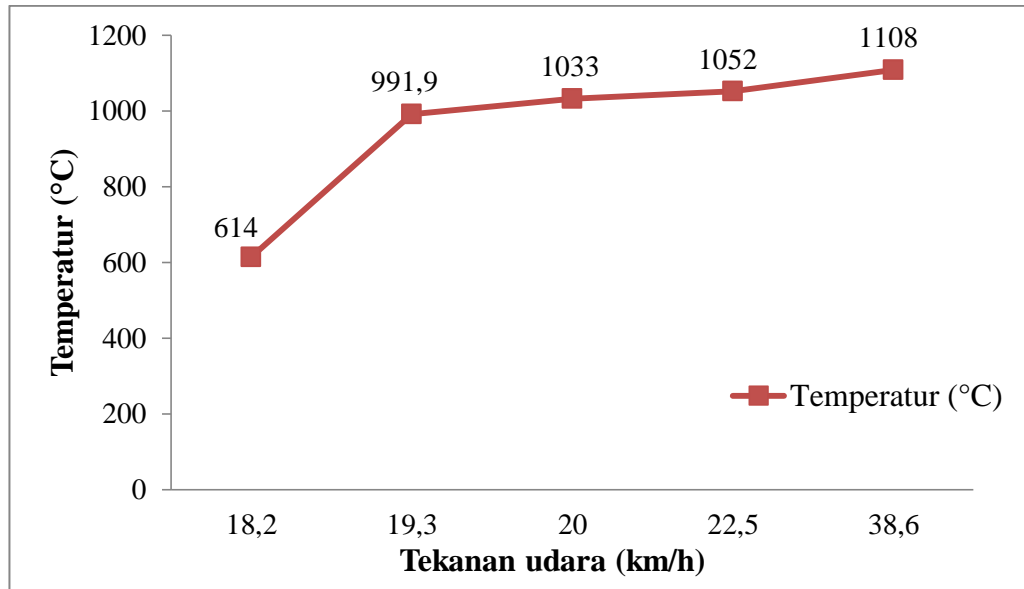
Gambar.4.13. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 240 (s)

Dari gambar 4.13 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.11 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 270 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	614	270
2	19,3	991,9	270
3	20	1033	270
4	22,5	1052	270
5	38,6	1108	270

Pada tabel 4.11 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 270 detik.



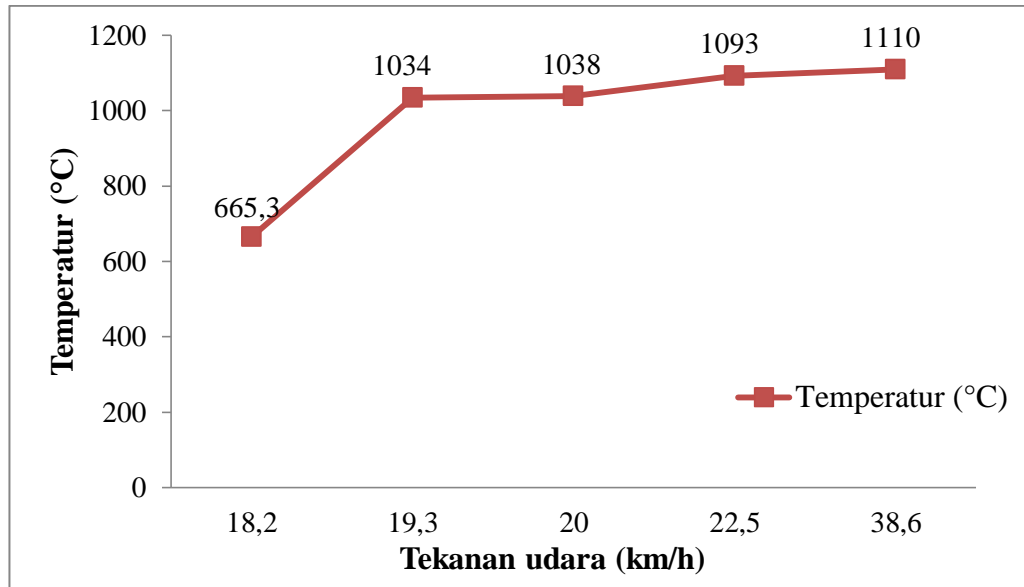
Gambar.4.14. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 270 (s)

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

Tabel 4.12 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 300 detik

Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	18,2	665,3	300
2	19,3	1034	300
3	20	1038	300
4	22,5	1093	300
5	38,6	1110	300

Pada tabel 4.12 diatas akan dijelaskan dengan grafik untuk melihat perbedaan dari setiap pengujian dalam waktu 300 detik.



Gambar.4.15. Perbandingan tekanan udara (km/h) terhadap temperatur (T_{out}) dalam waktu 300 (s)

Dari gambar 4.15 dapat dilihat bahwa grafik, menunjukkan semakin tinggi tekanan udara (km/h) maka semakin tinggi temperatur keluar (T_{out}) dalam setiap waktu pengujiannya.

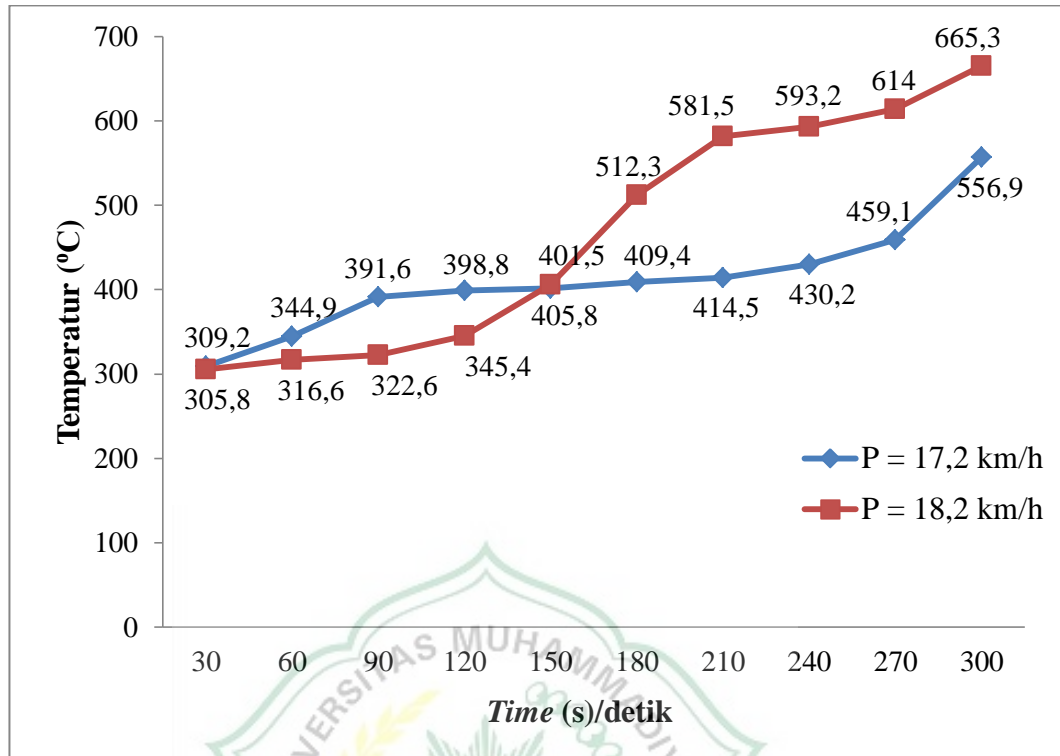
4.1.4 Hasil Perbandingan Data

Hasil perbandingan ini adalah hasil dari perbandingan data tungku awal dengan tungku modifikasi, berikut adalah data perbandingannya.

Tabel 4.13 Hasil perbandingan data pengujian 1

No	Time (s)	Pengujian 1	
		P = 17,2 (km/h) Tungku awal	P = 18,2 (km/h) Tungku modifikasi
1	30	309,2°C	305,8°C
2	60	344,9°C	316,6°C
3	90	391,6°C	322,6°C
4	120	398,8°C	345,4°C
5	150	401,5°C	405,8°C
6	180	409,4°C	512,3°C
7	210	414,5°C	581,5°C
8	240	430,2°C	593,2°C
9	270	459,1°C	614°C

10	300	556,9°C	665,3°C
----	-----	---------	---------



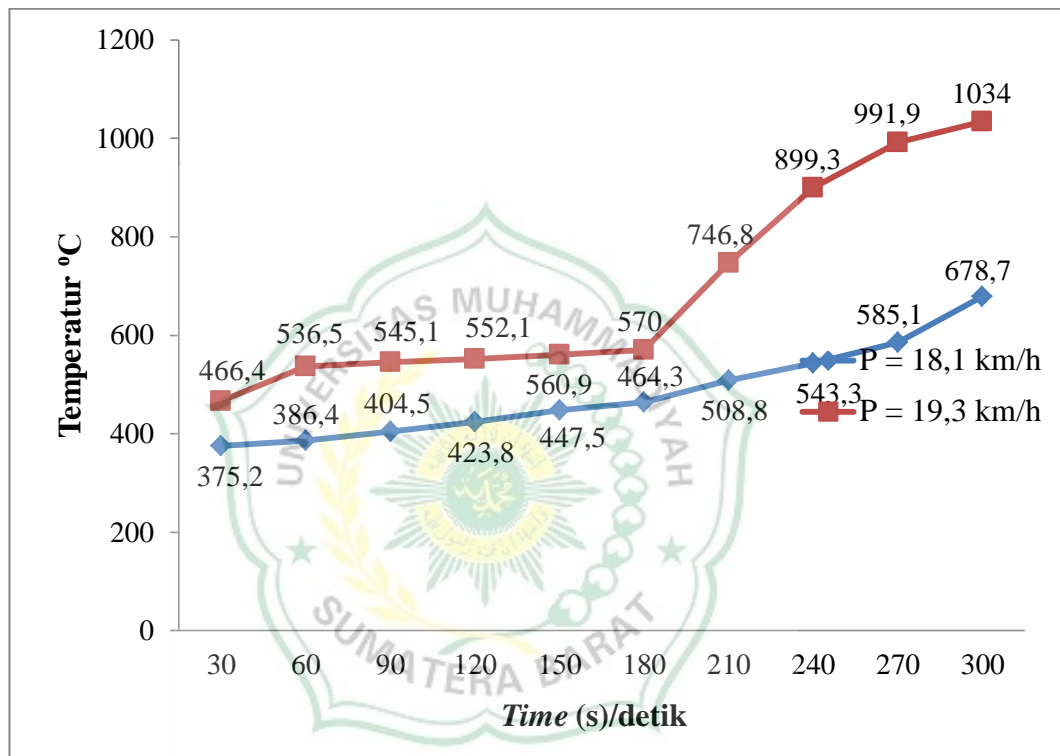
Gambar.4.16. Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 17,2$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 18,2$ km/h).

Pada gambar 4.16 grafik diatas menjelaskan 30 detik pertama pada tungku awal adalah $309,2^{\circ}\text{C}$, sedangkan tungku mofikasi pada 30 detik pertama adalah $305,8^{\circ}\text{C}$. Setelah beberapa detik selanjutnya hingga 300 detik pada tungku awal mencapai temperatur $556,9^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada tungku modifikasi adalah $665,3^{\circ}\text{C}$. Jadi disimpulkan untuk tungku awal pada 30 detik pertama lebih tinggi dari pada tungku modifikasi, tetapi setelah 300 detik tungku awal temperaturnya yaitu $556,9^{\circ}\text{C}$ lebih rendah dari pada tungku modifikasi yaitu $665,3^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.14 Hasil perbandingan data pengujian 2

No	Time (s)	Pengujian 2	
		P = 18,1 (km/h) Tungku awal	P = 19,3 (km/h) Tungku modifikasi
1	30	$375,2^{\circ}\text{C}$	$466,4^{\circ}\text{C}$
2	60	$386,4^{\circ}\text{C}$	$536,5^{\circ}\text{C}$
3	90	$404,5^{\circ}\text{C}$	$545,1^{\circ}\text{C}$

4	120	423,8°C	552,1°C
5	150	447,5°C	560,9°C
6	180	464,3°C	570°C
7	210	508,8°C	746,8°C
8	240	543,3°C	899,3°C
9	270	585,1°C	991,9°C
10	300	678,7°C	1034°C

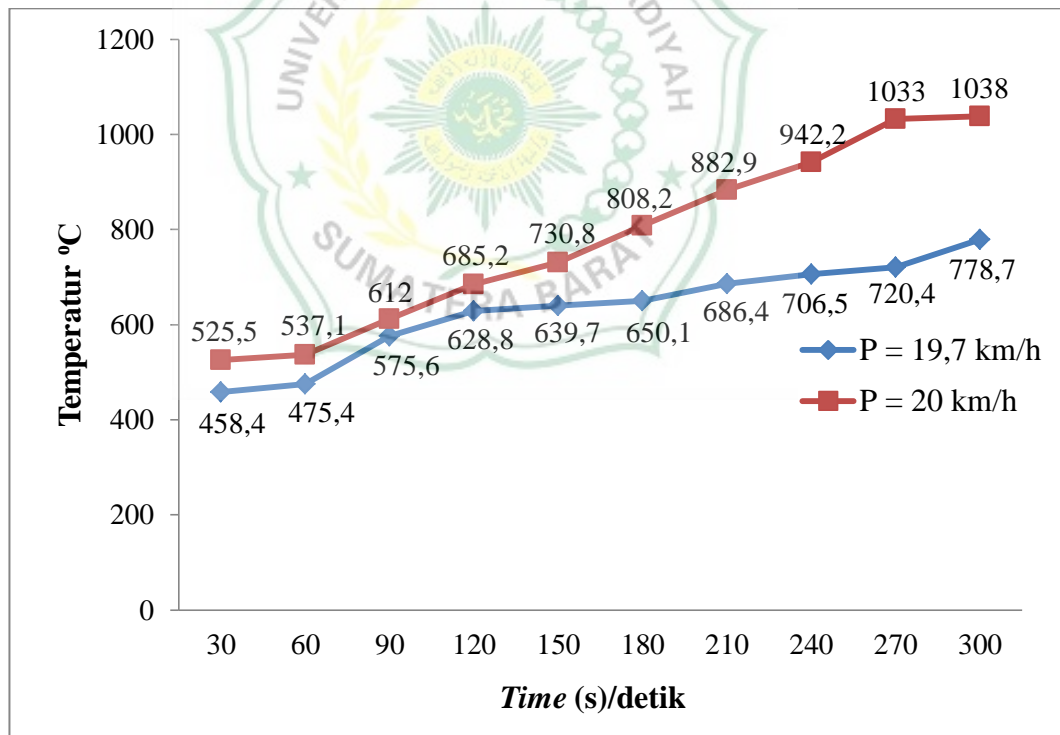


Gambar.4.17. Perbandingan temperatur tungku awal (P = 18,1 km/h) dengan temperatur tungku modifikasi (P = 19,3 km/h).

Pada gambar 4.17 grafik diatas menjelaskan 30 detik pertama pada tungku awal adalah 375,2°C, sedangkan tungku mofikasi pada 30 detik pertama adalah 466,4°C. Setelah beberapa detik selanjutnya hingga 300 detik pada tungku awal mencapai temperatur 678,7°C, sedangkan pada tungku modifikasi adalah 1034°C. Jadi disimpulkan untuk tungku awal pada 30 detik pertama lebih rendah dari pada tungku modifikasi, tetapi setelah 300 detik tungku awal temperaturnya yaitu 678,7°C lebih rendah dari pada tungku modifikasi yaitu 1034°C.

Tabel 4.15 Hasil perbandingan data pengujian 3

No	Time (s)	Pengujian 3	
		P = 19,7 (km/h) Tungku awal	P = 20 (km/h) Tungku modifikasi
1	30	458,4°C	525,5°C
2	60	475,4°C	537,1°C
3	90	575,6°C	612°C
4	120	628,8°C	685,2°C
5	150	639,7°C	730,8°C
6	180	650,1°C	808,2°C
7	210	686,4°C	882,9°C
8	240	706,5°C	942,2°C
9	270	720,4°C	1033°C
10	300	778,7°C	1038°C



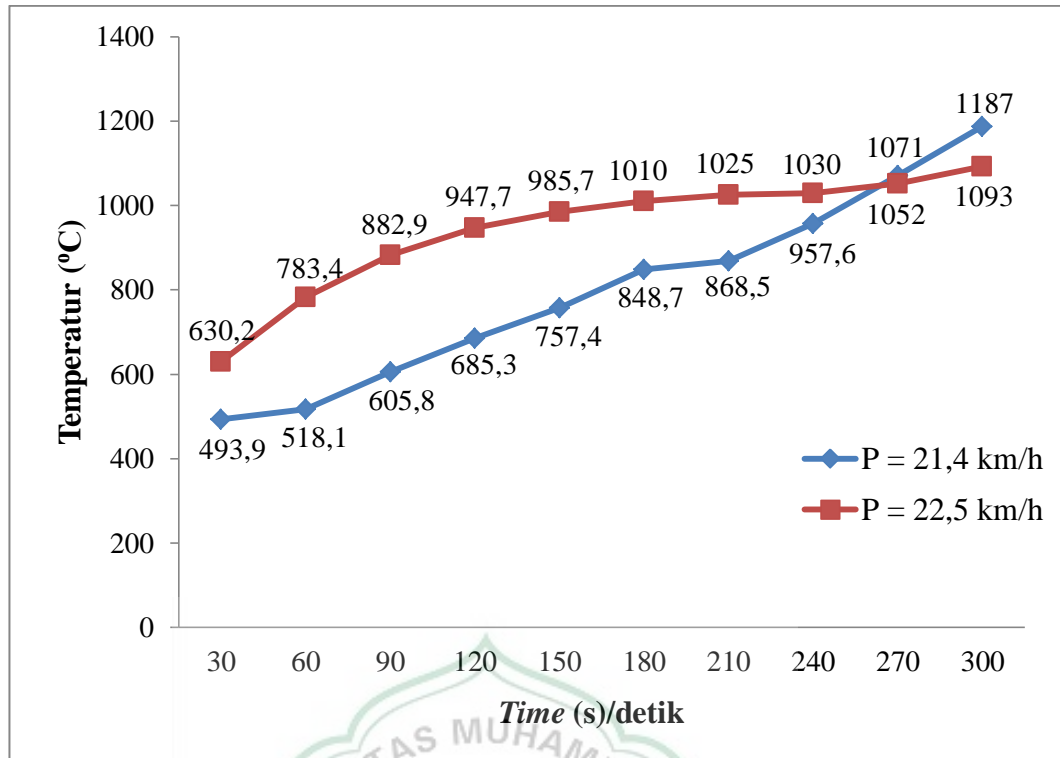
Gambar.4.18. Perbandingan temperatur tungku awal (P = 19, 7 km/h) dengan temperatur tungku modifikasi (P = 20 km/h).

Pada gambar 4.18 grafik diatas menjelaskan 30 detik pertama pada tungku awal adalah 458,4°C, sedangkan tungku mofikasi pada 30 detik pertama adalah 525,5°C. Setelah beberapa detik selanjutnya hingga 300 detik pada tungku awal

mencapai temperatur 778,7°C, sedangkan pada tungku modifikasi adalah 1038°C. Jadi disimpulkan untuk tungku awal pada 30 detik pertama lebih rendah dari pada tungku modifikasi, tetapi setelah 300 detik tungku awal temperaturnya yaitu 778,7°C lebih rendah dari pada tungku modifikasi yaitu 1038°C.

Tabel 4.16 Hasil perbandingan data pengujian 4

No	Time (s)	Pengujian 4	
		P = 21,4 (km/h) Tungku awal	P = 22,5 (km/h) Tungku modifikasi
1	30	493,9°C	630,2°C
2	60	518,1°C	783,4°C
3	90	605,8°C	882,9°C
4	120	685,3°C	947,7°C
5	150	757,4°C	985,7°C
6	180	848,7°C	1010°C
7	210	868,5°C	1025°C
8	240	957,6°C	1030°C
9	270	1071°C	1052°C
10	300	1187°C	1093°C



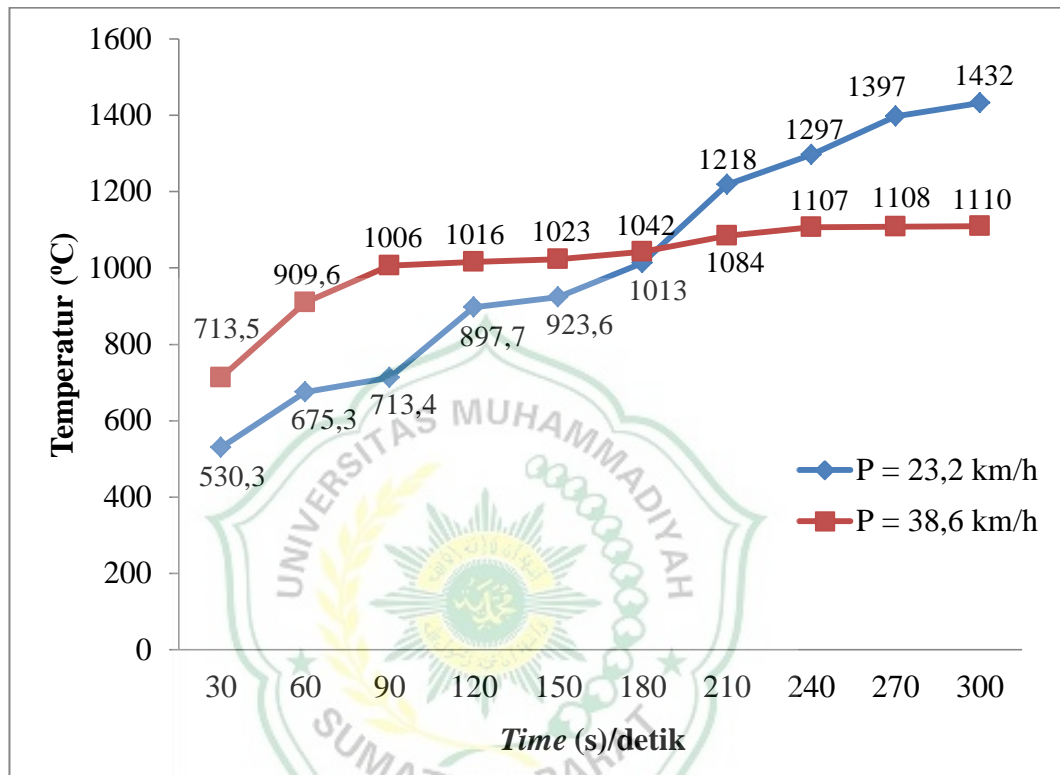
Gambar.4.19. Perbandingan temperatur tungku awal ($P = 21,4$ km/h) dengan temperatur tungku modifikasi ($P = 22,5$ km/h).

Pada gambar 4.19 grafik diatas menjelaskan 30 detik pertama pada tungku awal adalah $493,9^{\circ}\text{C}$, sedangkan tungku modifikasi pada 30 detik pertama adalah $630,2^{\circ}\text{C}$. Setelah beberapa detik selanjutnya hingga 300 detik pada tungku awal mencapai temperatur 1187°C , sedangkan pada tungku modifikasi adalah 1093°C . Jadi disimpulkan untuk tungku awal pada 30 detik pertama lebih rendah dari pada tungku modifikasi, tetapi setelah 300 detik tungku awal temperaturnya yaitu 1187°C lebih tinggi dari pada tungku modifikasi yaitu 1093°C .

Tabel 4.17 Hasil perbandingan data pengujian 5

No	Time (s)	Pengujian 5	
		P = 23,2 (km/h) Tungku awal	P = 38,6 (km/h) Tungku modifikasi
1	30	$530,3^{\circ}\text{C}$	$713,5^{\circ}\text{C}$
2	60	$675,3^{\circ}\text{C}$	$909,6^{\circ}\text{C}$
3	90	$713,4^{\circ}\text{C}$	1006°C
4	120	$897,7^{\circ}\text{C}$	1016°C
5	150	$923,6^{\circ}\text{C}$	1023°C

6	180	1013°C	1042°C
7	210	1218°C	1084°C
8	240	1297°C	1107°C
9	270	1397°C	1108°C
10	300	1432°C	1110°C



Gambar.4.20. Perbandingan temperatur tungku awal (P = 23, 2 km/h) dengan temperatur tungku modifikasi (P = 38,6 km/h).

Pada gambar 4.20 grafik diatas menjelaskan 30 detik pertama pada tungku awal adalah 530,3°C, sedangkan tungku modifikasi pada 30 detik pertama adalah 713,5°C. Setelah beberapa detik selanjutnya hingga 300 detik pada tungku awal mencapai temperatur 1432°C, sedangkan pada tungku modifikasi adalah 1110°C. Jadi disimpulkan untuk tungku awal pada 30 detik pertama lebih rendah dari pada tungku modifikasi, tetapi setelah 300 detik tungku awal temperaturnya yaitu 1432°C lebih tinggi dari pada tungku modifikasi yaitu 1110°C.

4.2 Analisa

Dari hasil pengujian ketika melakukan modifikasi pada lubang bukaan yang dibuat dengan mempresisikan letak lubang dengan panjang perbandingan 30cm :

70cm dan lebar dengan presisi 50cm : 50cm maka temperatur yang dihasilkan lebih besar pada tungku yang dimodifikasi. Temperatur yang dihasilkan pun masih normal melakukan peningkatan di setiap waktunya dan temperatur semakin besar dan cepat ketika tekanan semakin besar. Ketika menggunakan tekanan 38,6 km/h bisa menghasilkan 1110°C dengan menggunakan waktu 300 detik. Maka dengan temperatur 1110°C maka bisa memproduksi untuk baja karbon menengah. Pada perbandingan 1, 2 dan 3 tungku modifikasi lebih cepat mencapai temperatur tinggi dari pada tungku awal, sedangkan perbandingan 4 dan 5 temperatur tungku awal lebih tinggi dari pada tungku modifikasi.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data dan pengujian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan yaitu:

1. Pada modifikasi bukaan tungku *re-heating* portable bahwa tungku berhasil mencapai temperatur lebih dari 1000°C.
2. Penggunaan alat uji untuk mengetahui pengaruh waktu, temperatur terhadap tekanan udara pada modifikasi bukaan tungku *re-heating*, dimana dalam waktu 300 detik pada tekanan udara 18,2 km/h didapatkan temperatur keluar 665,3°C.
3. Perbedaan pada ukuran dan posisi lubang bukaan dapat mempercepat dan meningkatkan kenaikan temperatur tungku.
4. Pada perbandingan 1, 2 dan 3 tungku modifikasi lebih cepat mencapai temperatur tinggi dari pada tungku awal, sedangkan perbandingan 4 dan 5 temperatur tungku awal lebih tinggi dari pada tungku modifikasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka peneliti menyarankan beberapa hal, yaitu:

1. Pada saat pengujian berlangsung perlu diperhatikan bahwa semua alat uji sudah terpasang dengan baik dan benar untuk mendapatkan data yang akurat.
2. Perlu pengkajian lebih lanjut dalam *design engineering*, sebagai bahan pembelajaran untuk program studi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, Junaidi, A. Z. (2013). Rancang Bangun Mesin Tempa Sistem Spring Hammer Untuk Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Logam Tempa Pada Industri Kecil Pandai Besi. *POLI REKAYASA, Volume 8*, 1–5.
- Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. (2014). ANALISA NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN PADA BRIKET CAMPURAN BIJI NYAMPLUNG (Calophyllum Inophyllum) DAN ABU SEKAM PADI. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 117–122. <https://doi.org/10.29303/d.v4i2.61>
- Armila. (2018). Dentingan Palu Tempa Pengarajin Pandai Besi Sungai Puar Mulai Sunyi Armila. *Teknosain*, 1(2), 149–156.
- Burlian, F., & Khoirullah, M. I. (2014). Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa. *Seminar Nasional Mesin Dan Industri, November*, 208–214.
- Centeno, M. (2012). *FURNACE*. 32.
- Dr. Drs. Jamaluddin P, M. (2018). *PERPINDAHAN PANAS*.
- Hantaran, A., Konduksi, K., Dan, R., & Belakang, C. L. (2021). *ANALISIS HANTARAN KALOR KONDUKSI, KONVEKSI, RADIASI DAN PENGARUH KALOR TERHADAP BENDA*. 1–7.
- Mangesa, D. P., Tarigan, B. V., Hasan, W., Mesin, J. T., & Cendana, U. N. (2017). *Pengaruh Posisi Jebakan Panas pada Tungku Terhadap Listrik yang Dihasilkan*. 04(02).
- Mardjuki. (2009). *PROSES FORGING DENGAN VARIASI TEMPERATUR PADA PADUAN ALUMINIUM SERI 308,0 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN*. Vol-V Edis, 509–518.
- Purwanto, D., & Nasa, R. A. (2021). PERANCANGAN TUNGKU PEMANAS DENGAN MENGGUNAKAN KANTHAL A1. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 22(1), 13–21. <https://doi.org/10.23917/mesin.v22i1.12462>
- Rachmat, A., & Sulaeman, M. (2020). Pembuatan tungku peleburan aluminium dengan pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan bakar. *Jurnal Ensitac*, 07(01), 491–499.
- Rancang Bangun Mesin Tempa Sistem Spring Hammer Untuk Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Logam Tempa Pada Industri Kecil Pandai Besi Design of

- machine Forging Hammer Spring Systems for Improving Productivity and Quality of Metal Forging On mall Indust, A. Z. (2013). Rancang Bangun Mesin Tempa Sistem Spring Hammer Untuk Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Logam Tempa Pada Industri Kecil Pandai Besi Design of machine Forging Hammer Spring Systems for Improving Productivity and Quality of Metal Forging On mall Indust. *Poli Rekayasa*, 8(April), 1–7.
- Rizal, A., Samantha, Y., & Rachmat, A. (2016). PEMBUATAN TUNGKU PEMANAS (MUFLLE FURNACE) KAPASITAS 1200 Celcius. *J-Ensitec*, 2(02), 13–16. <https://doi.org/10.31949/j-ensitec.v2i02.301>
- S, D. I., & Aji, D. P. B. (2019). Analisis Akar Masalah Kegagalan Cacat Retak (Crack) Pada Proses Pembentukan Tempa Dingin (Cold Forming) Mur M14. 6(1), 1–10.
- Sidik, F., Arief, R. K., & Armila. (2022). Rancang Bangun Tungku Reheating Portable Untuk Proses Forging Pada Laboratorium Teknologi Material Design of Portable Reheating Furnace for Forging Process in Material Technology Laboratory. *Teknosain*, 9(1), 20–28. <https://doi.org/10.37373/tekno.v9i1.140>
- Sufiyanto, D. A. (2018). *BAB II TINJAUAN PUSTAKA*. 4–13.
- Susetyo, A. R., Nas, C., & Suliestyah. (2020). Analisis Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran Batubara Pada Boiler Unit 3 Di Pltu Suralaya Analysis of Air Requirements for Coal Combustion. *Indonesian Mining and Energy Journal*, 3(2), 36–41.
- Umardhani, Y., & Fuad, Muhammad, Z. (n.d.). *Forging : Pengertian, Jenis dan Aplikasinya*.
- Yustianto, D. (n.d.). *Rancang bangun tungku ruang pemanas pada mesin pembuat dan pembakar sate kapasitas 25 kg/ jam*.
- Milwaukee Forge (2018) *Open-die Forging Vs. Closed-die Forging* (1). <https://www.milwaukeeforge.com/difference-between-open-die-and-closed-die-forging/> , diakses pada 19 januari 2022.

LAMPIRAN



1. Bukaan tungu awal



2. Penutupan bukaan awal



3. Proses pembuatan bukaan tungku modifikasi



4. Bukaan tungku modifikasi



5. Proses percobaan tungku modifikasi



6. Proses pembakaran tungku modifikasi



7. Proses pengambilan data



8. Alat pengambilan data

