

SKRIPSI

**“ANALISIS PERUBAHAN LAJU TEMPERATUR TUNGKU FORGING
PORTABLE DENGAN PEMBESARAN 5 CM BUKAAN LUBANG
PEMBAKARAN”**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Strata Satu
(S-1) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat



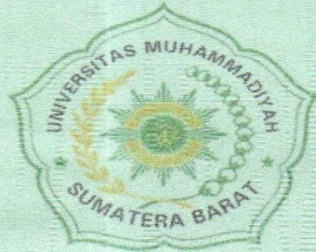
Disusun Oleh :

ONGKI PRIMA WIDODO
17.10.002.21201.021

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

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERUBAHAN LAJU TEMPERATUR TUNGKU FORGING
PORTABLE DENGAN PEMBESARAN 5 CM BUKAAN LUBANG
PEMBAKARAN**



Disusun Oleh :

ONGKI PRIMA WIDODO
17.10.002.21201.021

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


Ongka Prima Widodo
171000221201021

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 26 Februari 2022

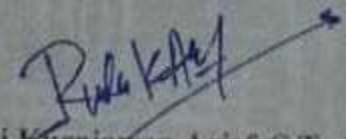
1. Muchlisinalahuddin, S.T., M.T.

1. 

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

2. 

Mengetahui
Kaprodik


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

NIDN : 1023068103

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ongki Prima Widodo
Tempat dan tanggal Lahir : Pematang Panjang, 05 Januari 1998
NIM : 171000221201021
Judul Skripsi : Analisis Perubahan Laju Temperatur Tungku
Forging Portable Dengan Pembesaran 5 cm
Bukaan Lubang Pembakaran

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil perancangan, 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



Ongki Prima Widodo
171000221201021

ABSTRAK

Tungku metalurgi dibutuhkan dalam proses pembentukan logam, Tungku *forging portable* merupakan salah satu alat instalasi yang dirancang khusus untuk pemanas logam, untuk proses deformasi plastis pada proses *forging* di laboratorium teknologi material.

Tungku pemanas ini dibuat oleh Feriadi Sidik dengan bukaan lubang awal diameter 50 mm hanya mampu mencapai temperatur 300⁰C dengan posisi lubang 15:85 cm. ketidakmampuan tungku ini untuk mencapai temperatur besar dari 1000⁰C yang menyebabkan proses praktikum terhambat, oleh karena itu dilakukan modifikasi dengan memperlebar lubang bukaan pembakaran dari 50 mm menjadi 100 mm. Pembesaran lubang bukaan ini menghasilkan perubahan tekanan kompresor yang menghasilkan perubahan laju aliran udara sehingga temperatur merambat naik. Kenaikan temperatur diukur dari perubahan laju kecepatan kompresor dan temperatur yang dihasilkan dimana pada tekanan awal (P=17,2km/h, T= 309,2⁰C), dan tekanan akhir (P=23,2km/h, T= 1432⁰C), dengan pengujian waktu selama dari 30 detik sampai 300 detik.

Dari hasil modifikasi terbukti bahwa dengan memperbesar bukaan lubang pembakaran dapat menghasilkan perubahan laju temperatur. Tungku modifikasi ini dapat dipakai untuk memanaskan baja karbon rendah-baja karbon tinggi untuk proses *forging*.

Kata kunci: Tungku, Modifikasi, Tempa, Temperatur, lubang-bukaan



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 LAJU TEMPERATUR TUNGKU FORGING PORTABLE DENGAN PEMBESARAN 5 CM BUKAAN LUBANG PEMBAKARAN”**.

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, motifasi, 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, 2 Maret 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	2
1.2.1 Maksud	2
1.2.2 Tujuan.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	2
BAB II LANDASAN TEORI	3
2.1 Tungku Re-Heating	3
2.2 Pengertian Tempa.....	4
2.3 Klasifikasi Proses Tempa	4
2.3.1 Tempa Cetak Terbuka (<i>Open Die Forging</i>).....	5
2.3.2 Tempa Cetak Tertutup (<i>Closed Die Forging</i>)	6
2.4 Pembakaran	7
2.5 Kebutuhan Udara Pembakaran	9
2.5.1 Kebutuhan udara teoritis pada pembakaran tungku <i>re-</i> <i>heating</i>	9
2.5.2 Kebocoran udara pada tungku <i>re-heating</i>	10
2.6 Perpindahan Panas.....	12

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Diagram Alir.....	16
3.2 Tungku Awal.....	17
3.3 Tungku Modifikasi	18
3.4 Alat Dan Bahan Penelitian.....	20
3.4.1 Alat penelitian	20
3.4.2 Bahan Penelitian.....	23
3.5 Pengujian Tungku	24
3.6 Pengambilan Data.....	24
BAB IV DATA DAN ANALISA	26
4.1 Data	26
4.2 Analisa.....	28
4.2.1 Hasil Pengujian Pertama.....	28
4.2.2 Hasil Pengujian Kedua	28
4.2.3 Hasil Pengujian Ketiga	29
4.2.4 Hasil Pengujian Keempat	29
4.2.5 Hasil Pengujian Kelima	30
4.2.6 Hasil perbandingan pengujian pertama	31
4.2.7 Hasil perbandingan pengujian kedua.....	32
4.2.8 Hasil Perbandingan pengujian ketiga	33
4.2.9 Hasil Perbandingan pengujian keempat.....	34
4.2.10 Hasil Perbandingan pengujian kelima	35
4.2.11 Hasil perbandingan pengujian keenam.....	36
4.2.12 Hasil Perbandingan pengujian ketujuh	37
4.2.13 Hasil Perbandingan pengujian kedelapan	38
4.2.14 Hasil Perbandingan pengujian kesembilan.....	39
4.2.15 Hasil Peperbsndingan pengujian kesepuluh	40

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan.....	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>Open die forging</i> (tempa cetak terbuka).....	6
Gambar 2.2	<i>Closed die forging</i> (Tempa Cetak Tertutup)	7
Gambar 2.3	konduksi pemanasan baja.	13
Gambar 2.4	konveksi pemamasan baja.	14
Gambar 2.5	Radiasi api dengan tanggan.	15
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2	Tungku <i>re-heating</i> lubang output diameter 5 cm	17
Gambar 3.3	Tungku <i>re-heating</i> lubang output diameter 5 cm	17
Gambar 3.4	Tungku <i>re-heating</i> lubang output diameter 10 cm	18
Gambar 3.5	Tungku <i>re-heating</i> lubang output diameter 10 cm	18
Gambar 3.6	Tungku <i>re-heating</i> lubang output diameter 10 cm <i>inventor</i>	19
Gambar 3.7	<i>Thermometer</i>	20
Gambar 3.8	<i>timer</i>	20
Gambar 3.9	<i>Thermocouple</i>	21
Gambar 3.10	Kompresor	21
Gambar 3.11	<i>Handphone</i>	22
Gambar 3.12	<i>Anemometer</i>	22
Gambar 3.13	Batu Bara	23
Gambar 3.14	Minyak Tanah.....	23
Gambar 3.15	Pembakaran tungku <i>re-heating</i>	24
Gambar 3.16	Pembakaran tungku <i>re-heating</i>	25
Gambar 3.17	Penganbilan tekanan angin	25
Gambar 4.1	Grafik perbandingan(T_{out}) dengan (s) terhadap tekanan udara (km/h)	28
Gambar 4.2	Grafik perbandingan(T_{out}) dengan (s) terhadap tekanan udara (km/h)	28
Gambar 4.3	Grafik perbandingan(T_{out}) dengan (s) terhadap tekanan udara (km/h)	29
Gambar 4.4	Grafik perbandingan(T_{out}) dengan (s) terhadap tekanan udara (km/h)	29

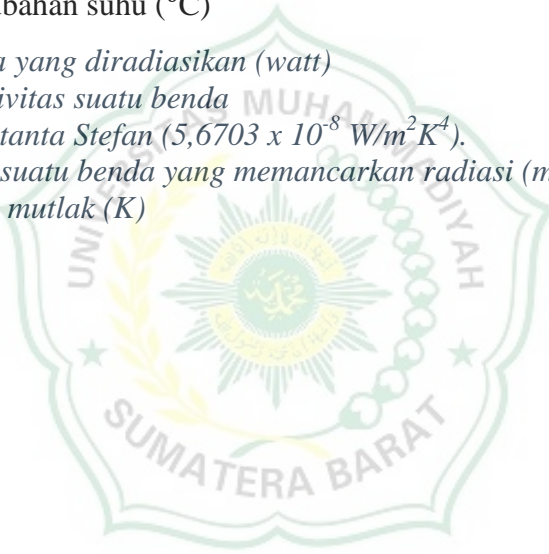
Gambar 4.5	Grafik perbandingan(T_{out}) dengan (s)terhadap tekanan udara (km/h)	30
Gambar 4.6	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	31
Gambar 4.7	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	32
Gambar 4.8	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	33
Gambar 4.9	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	34
Gambar 4.10	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	35
Gambar 4.11	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	36
Gambar 4.12	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	37
Gambar 4.13	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	38
Gambar 4.14	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	39
Gambar 4.15	Grafik perbandingan antara Temperatur($^{\circ}C$) dengan tekanan udara (Km/h)	40

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengambilan data tungku awal dengan diameter 5 cm	26
Tabel 4.2 Hasil pengambilan data tungku re-heating yang di modifikasi.....	27
Tabel 4.3 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 30 detik	31
Tabel 4.4 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 60 detik.....	32
Tabel 4.5 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 90 detik.....	33
Tabel 4.6 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 120 detik	34
Tabel 4.7 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 150 detik.....	35
Tabel 4.8 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 180 detik	36
Tabel 4.9 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 210 detik	37
Tabel 4.10 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 240 detik	38
Tabel 4.11 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 270 detik	49
Tabel 4.12 Perbandingan tekanan udara dengan temperatur dalam waktu 300 detik	40

DAFTAR SIMBOL

- Q : kalor (J) atau (kal)
- k : konduktivitas termal (W/mK)
- A : luas penampang (m²)
- T : perubahan suhu (K)
- x : panjang (m)
- t : waktu (sekon)
- Q : banyaknya kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu benda (J)
- m : massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)
- c : kalor jenis zat (J/kg⁰C)
- T : perubahan suhu (⁰C)
- $P = \text{Daya yang diradiasikan (watt)}$
- $e = \text{Emisivitas suatu benda}$
- $= \text{Konstanta Stefan } (5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4).$
- $A = \text{Luas suatu benda yang memancarkan radiasi (m}^2\text{)}$
- $T = \text{Suhu mutlak (K)}$



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Praktikum merupakan kegiatan proses belajar mengajar yang dilakukan di laboratorium dan merupakan salah satu metode pembelajaran yang digunakan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat yang bertujuan untuk menerapkan ilmu yang telah didapat mahasiswa dari proses belajar mengajar di labor. Praktikum juga bertujuan untuk melatih dan meningkat penguasaan kompetensi (*skill*) mahasiswa.

Tungku *forging* ini di buat Feriadi Sidik dengan bukaan lubang diameter 50 mm yang akan dimodifikasi menjadi bukaan lubang diameter 100 mm, dengan posisi lubang 18:85 yang sama yang membedakan hanya ukuran lubang awal dan lubang yang dimodifikasi, Proses *forging* yang akan di uji adalah temperatur panas pada tungku *re-heating*, temperature pada tungku *re-heating* ditentukan dengan pengoperasian manual dan didukung alat pendeteksi temperatur panas dan alat pendukung lainnya,

Karena keterbatasan pratikum metalurgi *forging portable* di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat salah satunya mahasiswa tidak memahami temperatur panas dalam tungku *re-heating* dan temperatur panas pada proses pemanasan sehingga pemanasan material tidak sempurna sehingga hasilnya tidak maksimal.

Maka dari itu pentingnya pengetahuan ilmu tentang temperatur panas pada proses pemanasan material sehingga hasilnya mencapai titik lebur yang akurat dan tepat yang akan berdampak pada hasil pembuatan material, jadi dalam pengoperasian dan penggunaan alat lebih baik dan siap guna.

Dengan adanya alat ini bisa berguna oleh mahasiswa untuk mengetahui temperatur panas dalam proses pemanasan material. “Maka dari itu penulis mengambil judul tugas akhir: “ANALISIS PERUBAHAN LAJU TEMPERATUR TUNGKU *FORGING PORTABLE* DENGAN PEMBESARAN 5 CM BUKAAN LUBANG PEMBAKARAN”.

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1 Maksud

Maksud penulis ingin mempelajari temperatur panas pada tungku *re-heating* adalah untuk mempelajari temperatur panas pada tungku *re-heating forging portabel*.

1.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk memahami proses laju temperatur panas pada tungku *re-heating forging portabel*.

1.3. Batasan Masalah

Hanya membahas laju aliran panas pada tungku *re-heating forging portabel*.

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, batasan masalah.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini akan di bahas tentang dasar teori pembuatan tungku *re-heating*, pemanas tungku *re-heating portable*, laju aliran udara,

BAB III METODOLOGI PERENCANAAN

Pada bab ini akan di bahas tentang diagram alir penelitian, pengambilan data dan analisa.

BAB IV DATA DAN ANALISA

Pada bab ini berisikan tentang pengujian panas dan laju aliran panas dalam tungku *re-heating portable*.

BAB V PENUTUP

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

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tungku *Re-heating*

Tungku adalah alat atau instalasi yang dirancang sebagai tempat pembakaran atau memasak dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu, istilah perlakuan panas sudah dikenal luas. Proses perlakuan panas didefinisikan sebagai proses pemanasan dan pendinginan suatu bahan untuk memperoleh perubahan fasa (struktur) yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan bahan tersebut dan meningkatkan efisiensi teknisnya dengan mengatur struktur dan sifat mekanik bahan, seperti pengerasan, pelunakan, dan menghilangkan tegangan sisa, meningkatkan ketangguhan [1].

Tungku *re-heating* adalah pemanas untuk *forging* yang di buat 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 [2].

Furnace atau juga sering dinamakan dengan tungku pembakaran yaitu sebuah perangkat yang dipergunakan untuk pemanasan. Nama itu berasal dari bahasa latin *fornax, oven*. Kadang-kadang orang juga menyebutnya dengan *kiln*.

Furnace sendiri sering di analogikan dengan *furnace* sebagai kepentingan industri-indusri di dunia yang telah dipergunakan untuk banyak hal, seperti pembuatan keramik, alat perkakas, ekstraksi logam dari bijih (*smelting*) atau di kilang minyak dan pabrik kimia, misalnya sebagai sumber panas untuk kolom distilasi fraksional.

2.2 Pengertian Tempa

Forging atau penempaan adalah pengerjaan logam menjadi bentuk yang berguna dengan menggunakan palu atau penekan suatu proses pembuatan yang paling tua yang masih digunakan untuk memproduksi barang yang keakuratannya dalam ukuran dan bentuk yang tidak pasti. Bagian-bagian yang dibentuk dengan pemanasan terbuka atau perapian dan membentuknya dengan menerapkan gaya tekan yang menggunakan palu [3].

Jadi *forging* didefinisikan sebagai deformasi plastis logam dengan ukuran yang telah dibentuk pada suhu tinggi yang disesuaikan dengan menggunakan gaya tekan pada palu atau mesin press. Proses ini dasarnya mengubah bentuk dan bagian logam dengan *forging* pada suhu sekitar (980°C), di mana logam akan memasuki area deformasi plastis sehingga mudah dibentuk di bawah tekanan.

Logam seperti baja mudah dibentuk dalam keadaan dingin akan tetapi aplikasi panas menurunkan titik leleh dan membuat deformasi plastis lebih mudah terjadi. Operasi *forging* dapat dilakukan dengan menggunakan tangan atau dengan palu mesin. Proses *forging* dapat diklasifikasikan menjadi tempa panas dan tempa dingin dan masing-masingnya memiliki karakteristik sendiri-sendiri.

2.3 Klasifikasi Proses Tempa

Tempa konvensional adalah pekerjaan penempaan dengan menggunakan alat-alat konvensional. Alat-alat yang digunakan berupa palu, landasan, dapur tempa, dan alat-alat lainnya yang menggunakan tenaga manusia. Benda kerja dipukul dan diolah dengan alat-alat tersebut hingga didapatkan suatu bentuk yang diinginkan. Proses dan alat-alat yang digunakan telah dibahas pada bagian atas [4].

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 [5].

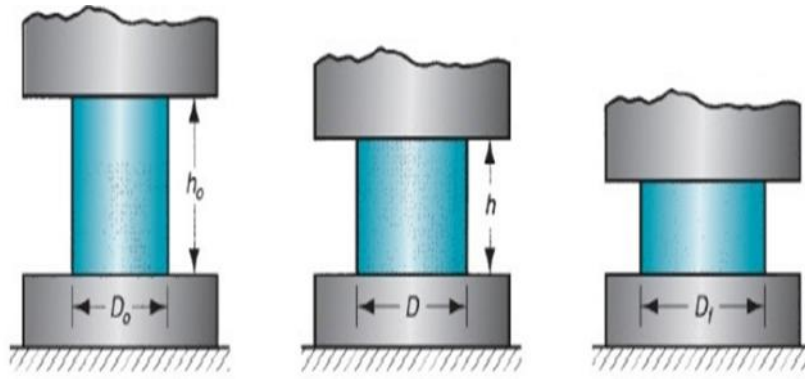
2.3.1 *Open die forging* (tempa cetak terbuka)

Penempaan cetakan terbuka dilakukan diantara dua cetakan datar yang sederhana. Proses ini banyak digunakan untuk memproses benda kerja yang besar atau jumlah suku cadang yang dihasilkan sedikit. Seringkali penempaan ini digunakan untuk pembentukan awal benda kerja untuk penempaan cetakan tertutup. Benda kerja selalu lebih besar dari perkakas tempanya, karena itu pada setiap deformasi terbatas pada bagian kecil benda kerja. Contoh proses penempaan dengancara ini yang paling sederhana adalah penekanan (*up setting*) bongkahan *silindris* diantara dua plat datar [6]. Secara umum, *open die forging* mampu mengerjakan benda-benda mulai dari yang kecil hingga yang besar, Tempa terbuka biasanya digunakan pada pembuatan awal produk kemudian dilanjutkan dengan tempa tertutup. Tempa terbuka yang paling sederhana adalah *upsetting* yaitu bongkah silinder diantara dua pelat datar.

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.

Pada beberapa aplikasi, permukaan *die* yang digunakan memiliki struktur yang tipis. Struktur tersebut berfungsi untuk membantu pembentukan benda kerja. Bila perlu, benda kerja dapat diputar atau diposisikan ke berbagai macam arah posisi supaya perubahan bentuk yang diinginkan dapat tercapai. Keterampilan dari seorang operator bisa menjadi salah satu faktor penentu kesuksesan dalam penempaan ini.

Open-die forging menghasilkan bentuk-bentuk yang masih kasar. Oleh karena itu, *open-die forging* memerlukan proses lanjutan supaya bisa mencapai bentuk dan ukuran akhir yang telah 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.



Gambar.2.1 *Open die forging* (tempa cetak terbuka)

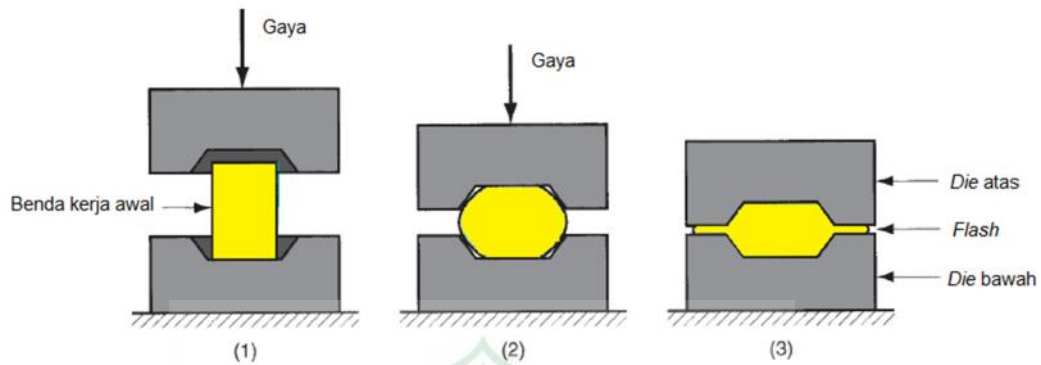
2.3.2 *Closed die forging* (Tempa Cetak Tertutup)

Closed die forging adalah proses dimana benda kerja dideformasikan dibawah tekanan tinggi dalam lubang cetakan yang tertutup. Proses ini digunakan untuk membuat komponen yang kecil dengan tingkat kepresisian yang tinggi sehingga proses ini cenderung mahal [7].

Proses penempaan ini bisa digambarkan dalam tiga tahap. Pertama benda kerja dan *die* saling bersentuhan lalu dapat 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*. Nantinya, *flash* tersebut harus dihilangkan.

Dibandingkan dengan *open die forging*, *closed die forging* membutuhkan gaya yang lebih besar. Hal ini karena *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 atau *cutting*. Proses permesinan dibutuhkan agar dimensi benda kerja bisa lebih mendekati toleransi yang ditentukan. Selain untuk *finishing*, proses permesinan juga digunakan untuk membuat lubang, ulir, dan kebutuhan lain sesuai bentuk yang diinginkan.



Gambar.2.2 *Closed die forging* (Tempa Cetak Tertutup)

2.4 Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia antara bahan bakar dan pengoksidasi yang menghasilkan panas dan cahaya. Sehingga proses pembakaran bisa berlangsung jika ada:

1. Bahan Bakar
2. Pengoksidasi (Oksigen/Udara)
3. Panas atau Energi aktivasi.

Pembakaran merupakan suatu proses reaksi kimia antara suatu bahan bakar dengan oksigen, yang memerlukan panas sebagai media penyalanya. 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 [8].

Pembakaran sempurna terjadi ketika semua energi yang ada di batubara 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 [9].

Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “Tiga T” yaitu:

a. T-Temperatur

Temperatur yang digunakan dalam pembakaran yang baik harus cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan terjadinya reaksi kimia.

b. T-Turbulensi

Turbulensi yang tinggi menyebabkan terjadinya pencampuran yang baik antara bahan bakar dan pengoksidasi.

c. T-Time (Waktu) [10].

Waktu yang cukup agar *input* panas dapat terserap oleh reaktan sehinggaberlangsung proses termokimia.

Dalam proses pembakaran tidak terlepas dari tahap awal yaitu penyalaan dimana keadaan transisi dari tidak reaktif menjadi reaktif karena dorongan eksternal yang memicu reaksi termokimia diikuti dengan transisi yang cepat sehingga pembakaran dapat berlangsung. Penyalaan terjadi bila panas yang dihasilkan oleh pembakaran lebih besar dari panas yang hilang ke lingkungan. Dalam proses penyalaan ini dapat dipicu oleh energi *thermal* yang merupakan transfer energi *termal* ke reaktan oleh konduksi, konveksi, radiasi atau kombinasi dari ketiga macam proses tersebut.

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar ekonomis dan berkurangnya besar kepekatan asap hitam gas buang karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Kualitas bahan bakar perlu diperhatikan sesuai dengan karakteristiknya sehingga homogenitas campuran bahan bakar dengan udara dapat terjadi secara sempurna agar terjadi pembakaran yang sempurna.

Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan jumlah panas yang maksimum. Pembakaran dinyatakan secara kualitatif atau kuantitatif dengan reaksi kimia. Jumlah panas yang dihasilkan bahan bakar dinyatakan sebagai nilai kalori pembakaran (*Calorific Value*). Reaksi kimia terjadi melalui suatu proses oksidasi senyawa-senyawa karbon, hidrogen dan sulfur yang ada dalam

bahan bakar. Reaksi ini umumnya menghasilkan nyala api. Terdapat dua istilah pembakaran yang berhubungan dengan udara *excess*, yaitu:

a. *Neutral combustion*,

Merupakan pembakaran tanpa excess atau defisit udara dan tanpa bahan bakar yang tidak terbakar.

b. *Oxidizing combustion*,

Merupakan pembakaran dengan excess udara. Udara yang berlebih bukan merupakan jaminan pembakaran yang sempurna.

2.5 Kebutuhan Udara Pembakaran

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.

Proporsi oksigen dan nitrogen dapat diatur dalam udara, dalam satuan volume maupun satuan berat. Dalam bentuk persentase, proporsinya adalah:

Berdasarkan berat: Oksigen = 23,2%

Nitrogen = 76,8%

Berdasarkan volume: Oksigen = 21 %

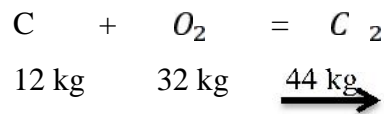
Nitrogen=7

2.5.1 Kebutuhan udara teoritis pada pembakaran tungku *re-heating*

Pada suatu analisis pembakaran selalu diperlukan data-data berat molekul dan berat atom dari unsur-unsur yang terkandung dalam bahan bakar. Analisis pembakaran untuk menghitung kebutuhan udara teoritis dapat dilakukan dengan dua cara:

a. Analisis pembakaran berdasarkan berat

Analisis ini digunakan untuk menghitung kebutuhan teoritis pada pembakaran sempurna sejumlah bahan bakar tertentu, Sebagai contoh:



teoritis untuk membakar sempurna karbon menjadi karbondioksida. Apabila oksigen yang dibutuhkan untuk membakar masing-masing unsur pokok dalam bahan bakar dihitung lalu dijumlahkan, maka akan ditemukan kebutuhan oksigen teoritis yang dibutuhkan untuk membakar sempurna seluruh bahan bakar. Oleh karena itu untuk memperoleh harga kebutuhan oksigen teoritis yang sebenarnya maka dibutuhkan oksigen yang telah dihitung berdasarkan persamaan reaksi pembakaran kemudian dikurangi dengan oksigen yang terkandung dalam bahan bakar.

b. Analisis tungku *re-heating* pembakaran berdasarkan volume

Apabila dalam suatu analisis bahan bakar dinyatakan dalam persentase berdasar volume, maka suatu perhitungan yang serupa dengan perhitungan berdasarkan berat bisa digunakan untuk menentukan volume dari udara teoritis yang dibutuhkan. Untuk menentukan udara teoritis harus memahami hukum avogadro yaitu “gas-gas dengan volume yang sama pada suhu dan tekanan standar (0°C dan tekanan sebesar 1 bar) berisikan molekul dalam jumlah yang sama”

2.5.2 Kebocoran udara pada tungku *re-heating*

Mengevaluasi bahan bakar yang terbuang yang disebabkan kebocoran udara. Kebocoran udara di bagian konveksi akan menurunkan efisiensi panas dari *furnace* akibat pencampuran udara luar yang bersuhu rendah dengan gas buang yang bersuhu tinggi. Persamaan beban energi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\Delta F = \frac{(T_s - T_u)(O_{2.g} - O_{2.c})}{500}$$

Sebagai contoh, katakanlah suhu stack sebesar 600° F dan suhu udara lingkungan sebesar 100° F, bagian konveksi memiliki 10% Oksigen, dan di *firebox* mengandung 6% oksigen yang diukur dibawah *shock tube*. Berapa

persen bahan bakar yang terbuang dengan adanya kebocoran udara pada bagian konveksi Jawab:

$$\Delta F = \frac{(600 - 100)(10 - 6)}{500} = 4\%$$

Meminimalisir pemborosan bahan bakar yang disebabkan kebocoran udara jika mengacu pada contoh diatas, seandainya kita mengurangi udara pembakaran dengan sedikit menutup *air register*, sehingga kadar oksigen dalam *firebox* sekarang menjadi 3%. Kadar oksigen di bagian konveksi juga turun, katakanlah menjadi sekitar 9% oksigen. Perbedaan kadar oksigen di *firebox* dengan di bagian konveksi sekarang meningkat menjadi 6%. Hal ini disebabkan karena draft yang melewati *heater* meningkat (berarti tekanan lebih negatif), dan lebih banyak udara yang diisap melewati lubang-lubang atau dari kebocoran udara pada bagian konveksi. Jika kita masih mempertahankan suhu stack 600°F dan suhu lingkungan 100°F, kita mendapatkan sekarang 6% bahan bakar yang terbuang. Sehingga akan lebih banyak lagi bahan bakar yang harus dibakar di dalam *firebox* untuk mengimbangi meningkatnya kebocoran udara.

Seandainya kita mengatur *air register* kembali seperti semula, dan sebagai gantinya kita menjepit *stack damper*, sehingga kita bisa menurunkan laju alir udara dengan *stack damper* hingga oksigen pada *firebox* turun dari 6% menjadi 3%. Oksigen pada bagian konveksi juga turun katakanlah 5%. Pada kasus ini kita melihat bahwa O₂ juga berkurang menjadi hanya 2%. Hal ini dikarenakan berkurangnya *draft* yang melewati heater, yang berarti tekanan pada bagian konveksi meningkat sehingga menurunkan laju kebocoran udara. Hal ini menunjukkan bagaimana kebocoran udara bervariasi sesuai dengan kombinasi operasi antara *stack damper* dan *air register*.

2.6 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Proses perpindahan panas akan terus berlangsung sampai ada kesetimbangan temperatur yang terjadi pada kedua media tersebut. Proses terjadinya perpindahan panas dapat terjadi secara konduksi, konveksi, dan radiasi [11].

Perpindahan Panas merupakan bentuk laju panas dari energi ataupun jenis panas yang dapat berpindah karena adanya perbedaan suhu. Perpindahan suhu terjadi dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Ketika dua benda yang mempunyai perbedaan suhu bertemu maka perpindahan kalor akan mengalir dan berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah. Energi dalam bentuk panas dapat berpindah melalui medium maupun tanpa medium. Oleh karena itu medium yang dilalui sangat menentukan laju perpindahan panasnya. Berdasarkan medium yang dilaluinya, maka ada tiga (3) mekanisme perpindahan panas yaitu perpindahan panas konduksi, konveksi dan radiasi [12] yaitu:

1. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor melalui zat perantara tanpa disertai perpindahan partikel-partikel zat, umumnya melalui zat padat [13].

Contoh dari fenomena konduksi antara lain:

- a. Benda yang terbuat dari logam akan terasa hangat atau panas jika ujung benda dipanaskan, misalnya ketika memegang kembang api yang sedang dibakar.
- b. Knalpot motor menjadi panas saat mesin dihidupkan.
- c. Tutup panci menjadi panas saat dipakai untuk menutup rebusan air.
- d. Mentega yang dipanaskan di wajan menjadi meleleh karena panas.



Gambar 2.3 konduksi pemanasan baja.

$$\text{Laju Kalor} = Q/t = kA \frac{T}{x}$$

keterangan:

- Q : kalor (J) atau (kal)
- k : konduktivitas termal (W/mK)
- A : luas penampang (m²)
- T : perubahan suhu (K)
- x : panjang (m)
- t : waktu (second)

2. konveksi

Konveksi adalah. Jika partikel berpindah dan mengakibatkan kalor merambat, terjadilah konveksi. Konveksi terjadi pada zat cair dan gas (udara/angin).

Contoh:

- a. Gerakan naik dan turun air ketika dipanaskan.
- b. Gerakan naik dan turun kacang hijau, kedelai dan lainnya ketika dipanaskan. Terjadinya angin darat dan angin laut.
- c. Gerakan balon udara.
- d. Asap cerobong pabrik yang membumbung tinggi.



Gambar 2.4 konveksi pemamasan baja.

Rumus dasar

$$Q = m.c. T$$

Keterangan:

Q : banyaknya kalor yang diterima atau dilepas oleh suatu benda (J)

m : massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

c : kalor jenis zat (J/kg⁰C)

T : perubahan suhu (⁰C)

3. Radiasi

Radiasi adalah perpindahan panas tanpa zat perantara. Radiasi Biasanya Disertai Cahaya.

Contoh Radiasi:

- a. Panas matahari sampai ke bumi walau melalui ruang hampa.
- b. Tubuh terasa hangat ketika berada di dekat sumber api.
- c. Menetaskan telur unggas dengan lampu.
- d. Pakaian menjadi kering ketika dijemur di bawah terik matahari



Gambar 2.5 Radiasi api dengan manusia.

$$P = e AT^4$$

Dengan keterangan:

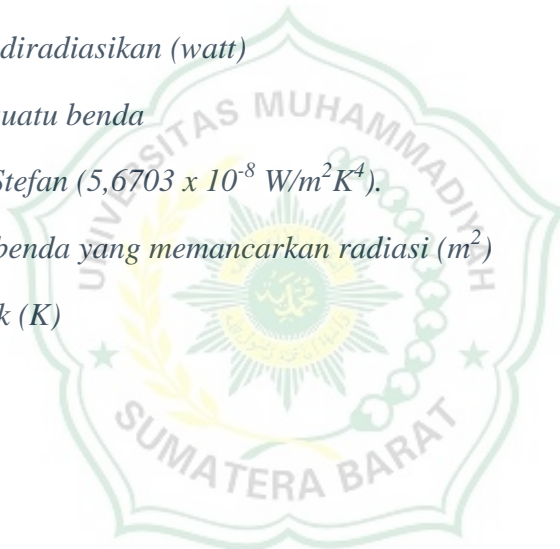
P = Daya yang diradiasikan (watt)

e = Emisivitas suatu benda

= Konstanta Stefan ($5,6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$).

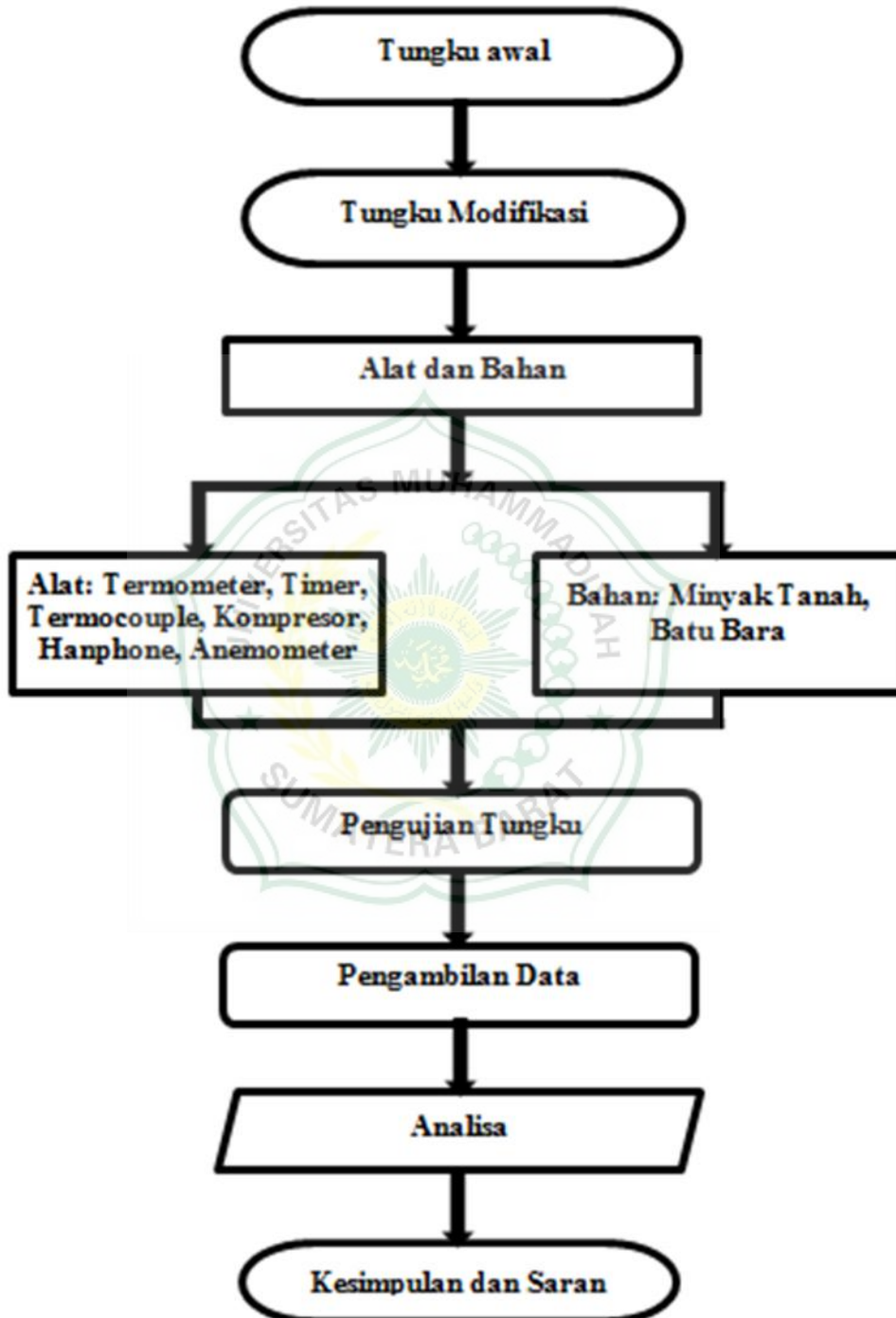
A = Luas suatu benda yang memancarkan radiasi (m^2)

T = Suhu mutlak (K)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



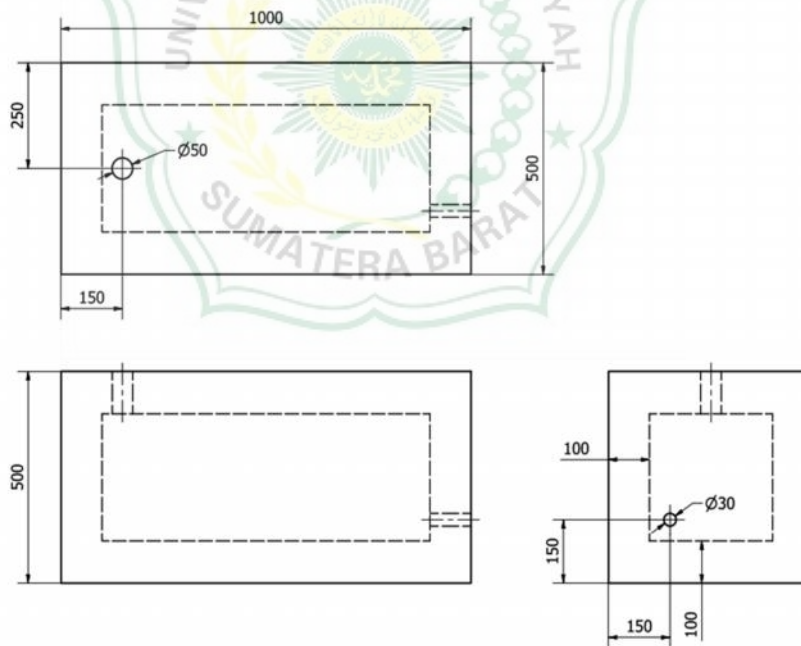
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.

3.2 Tungku Awal



Gambar .3.2 Tungku *re-heating* lubang *output* diameter 50 mm

Tungku *re-heating* ini adalah alat yang digunakan untuk memanaskan baja dengan lubang *output* yang awalnya diameter 50 mm.



Gambar .3.3 Tungku *re-heating* lubang *output* diameter 50 mm

Dari gambar 3.2 dan gambar 3.3 diatas dengan bukaan lubang *output* diameter 50 mm, tinggi 500 mm, lebar 500 mm, panjang 1000 mm, tebal cor 100 mm, lubang *input* 30 mm.

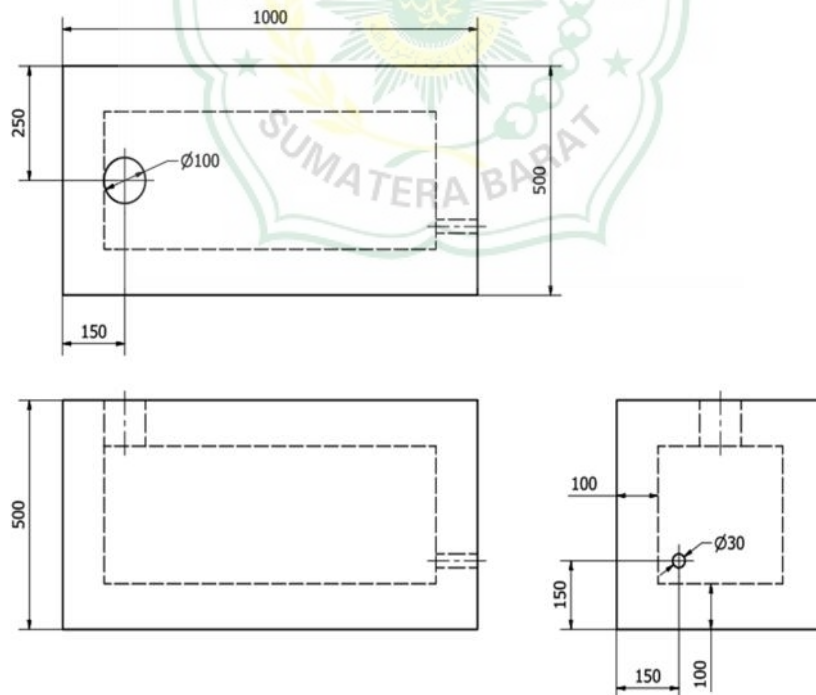
3.3 Tungku Modifikasi



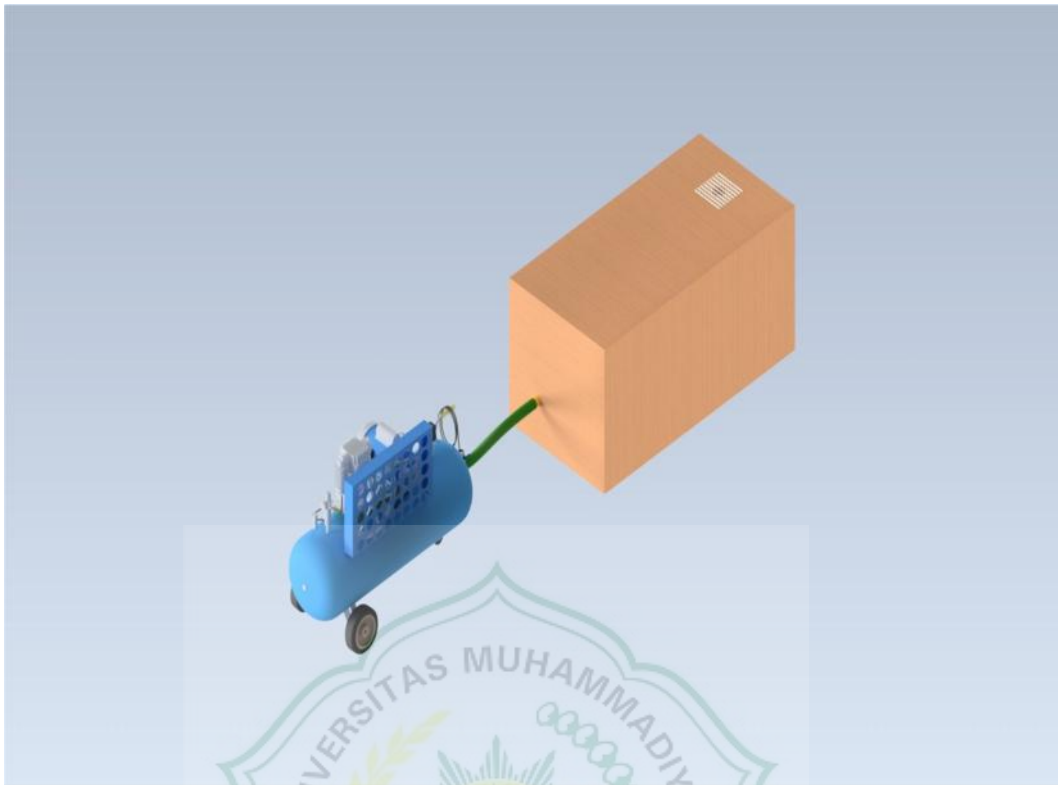
Gambar .3.4 Tungku *re-heating* lubang *output* diameter 100 mm

Gambar .3.5 Tungku *re-heating* lubang *output* diameter 100 mm

Dari gambar 3.4 dan gambar 3.5 diatas dengan bukaan



lubang
output diameter 100 mm, tinggi 500 mm, lebar 500 mm, panjang 1000 mm, tebal
cor 100 mm, lubang *input* 30 mm.



Gambar .3.6 Tungku *re-heating* lubang *output* diameter 100 mm

Tungku adalah alat atau instalasi yang dirancang sebagai tempat pembakaran atau memasak dapat digunakan untuk memanaskan sesuatu. Tungku *re-heating* adalah pemanas untuk *forging* yang di buat khusus sebagai alat untuk pemanas logam, tungku *re heating* ini tersusun dari batu yang telah diatur untuk memanaskan logam, Namun, kebanyakan tungku dibuat sedemikian rupa sehingga api atau panas yang terbentuk tidak terlalu membahayakan pengguna.

Tungku *re-heating* ini adalah sebagai alat uji untuk mendapat data yang akan di bahas di BAB IV, dengan ukuran tungku:

1. Tinggi tungku 500 mm
2. Panjang 1000 mm/1meter
3. Lebar 500 mm
4. Tebal cor 100 mm
5. Lubang *output* diameter 100 mm
6. Lubang *input* diameter 30 mm

3.4 Alat dan Bahan

3.4.1 Alat penelitian

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

a. Thermometer



Gambar .3.7 Thermometer

Thermometer biasa dikenal sebagai alat untuk mengukur suhu atau temperature, cara penggunaan alat ini *Thermometer* ditembakkan kesumber api yang menyala secara otomatis akan terbaca oleh *Thermometer* seperti (gambar 3.7).

b. Timer



Gambar 3.8 Timer

Timer ini digunakan untuk penghitung waktu lamanya pembakaran pada tungku *re-heating* (gambar 3.8)

c. *Thermocouple*



Gambar 3.9 *Thermocouple*

Thermocouple ini digunakan untuk penghitung temperatur panas pada tungku *re-heating* selama batu bara dibakar dengan di bantu memakai kabel sensor ke titik nyala api, sehingga temperatur terhitung pada *Thermocouple* (gambar 3.9).

d. Kompresor



Gambar 3.10 Kompresor

Kompresor ini digunakan untuk pemberi tekanan angin pada tungku *re-heating* dengan ujung slang kompresor ke sumbu tungku yang telah di rancang khusus untuk menyambungkan slang ke tungku agar bisa memberikan hembusan ke sumber titik api (gambar 3.10).

e. *Handphone*



Gambar 3.11 *Hendphone*

Hendphone ini di gunakan untuk merekam *Timer* dan *thermocouple* saat pengambilan data berlangsung sehingga sangat memudahkan dalam pengambilan data (gambar 3.11).

f. *Anemometer*



Gambar 3.12 *Anemometer*

Anemometer ini digunakan untuk menghitung tekanan angin pada kompresor dengan cara ujung slang kompresor ditiupkan ke *fun* *Anemometer* sehingga tekanan angin terbaca secara otomatis (gambar 3.12).

3.4.2 Bahan Penelitian

a. Batu Bara



Gambar 3.13 Batu Bara

Batu bara ini digunakan untuk bahan bakar tungku *re-heating* yang diletakan di atas lubang *output* tungku *re-heating* (gambar 3.13).

b. Minyak Tanah



Gambar 3.14 Minyak Tanah

Minyak Tanah ini digunakan sebagai pemancing nyala api untuk batu bara (gambar 3.14).

Pengujian dilakukan pada bulan Januari 2022, di laboratorium metalurgi kampus III UM Sumatera Barat, Aur kuning.

3.5 Pengujian Tungku

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

1. Pemasangan kompresor pada tungku *re-heating* dengan menyambungkan ujung slang kompresor ke lubang *input* tungku bertujuan sebagai sumber penghasil tekanan udara yang keluar ke lubang *output* yang di atasnya batu bara untuk menyalakan api.
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 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan proses pengujian pada alat tungku *re-heating* Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengambilan data sebagai berikut:.

1. Mengidupkan kompresor dengan tekanan maksimum untuk memanaskan batu bara yang berada diatas tungku *re-heating*.



Gambar 3.15 Pembakaran tungku *re-heating*

2. Panaskan tungku *re-heating* hingga mencapai suhu api di atas 1000°C dengan menggunakan batu bara.



Gambar 3.16 Pembakaran tungku *re-heating*

3. Cari tekanan angin kompresor dengan menggunakan *anemoneter*, dengan cara menyetel *dimmer* lalu tembakan angin ke *anemometer* itu sebagai patokan awal pengambilan data.



Gambar 3.17 Pengambilan tekanan anging.

4. Siapkan *thermocouple*, *timer* penghitung waktu dan hp
5. Lalu mulai *on* kan kompresor, pada saat suhu 300°C mulailah *on* kan semua alat untuk pengambilan data.
6. Mulailah menghitung temperatur dengan *on* kan alat *thermocouple*, *timer* yang direkam dengan hp sampai 5 kali pengujian dengan tekanan udara yang ditetapkan *Anemometer* di setiap kali percobaan.
7. Setelah 5 pengujian selesai dilakukan barulah data bisa di masukan ke data hasil pengujia.

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 Data

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. Pengambilan data ini memerlukan alat Kompresor, *Anemometer* dan *Thermometer*, dengan tekanan udara yang telah ditentukan, dapat melakukan 5 pengujian dengan 10 varian waktu yang ditetapkan bertujuan untuk mendapatkan temperatur dari pengambilan data ini.

Pengujian data ini menggunakan kompresor sebagai tekanan udara, *Thermometer* sebagai penghitung temperatur panas dan *Anemometer* sebagai penghitung tekanan angin.

Tabel 4.1 Pengambilan data pada tungku awal dengan diameter 50 mm

Ini data awal dengan bukaan lubang *output* yang berdiameter 50 mm yang akan dimodifikasi menjadi bukaan lubang berdiameter 100 mm.

Pengujian	Tempatur T awal (°C)	Putaran (n)	Temperatur akhir (°C)	Waktu (detik)
1	104	706	300	257
2	104	1222	300	202
3	104	1407	300	156

Tabel 4.2 Data tungku *re-heating* yang telah dimodifikasi dengan diameter lubang 100 mm

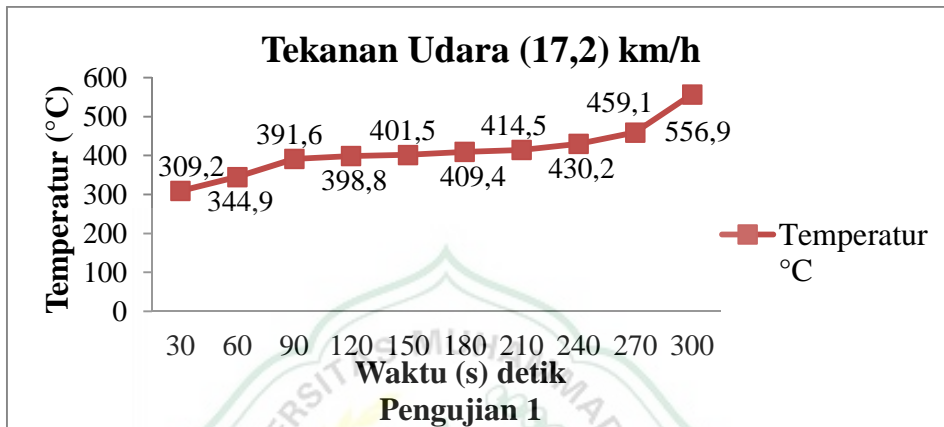
No	Waktu (s)	Pengujian 1 (P)=17,2 Km/h	Pengujian 2 (P)=18,1 Km/h	Pengujian 3 (P)=19,7 Km/h	Pengujian 4 (P)=21,4 Km/h	Pengujian 5 (P)=23,2 Km/h
1	30	309,2°C	375,2°C	458,4°C	493,9°C	530,3°C
2	60	344,9°C	386,4°C	475,4°C	518,1°C	675,3°C
3	90	391,6°C	404,5°C	575,6°C	605,8°C	713,4°C
4	120	398,8°C	423,8°C	628,8°C	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

Ini adalah data tungku modifikasi dengan 5 kali pengujian dengan waktu 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270, 300 dan dengan tekanan udara 17,2 Km/h, 18,1 Km/h, 18,1 Km/h, 21,4 Km/h, 23,2 Km/h, dengan temperatur yang semulanya rendah lalu meningkat naik seiring lamanya waktu dan naiknya tekanan udara maka semakin tinggi temperatur yang didapatkan.

4.2 Analisa

4.2.1 Hasil Pengujian Pertama

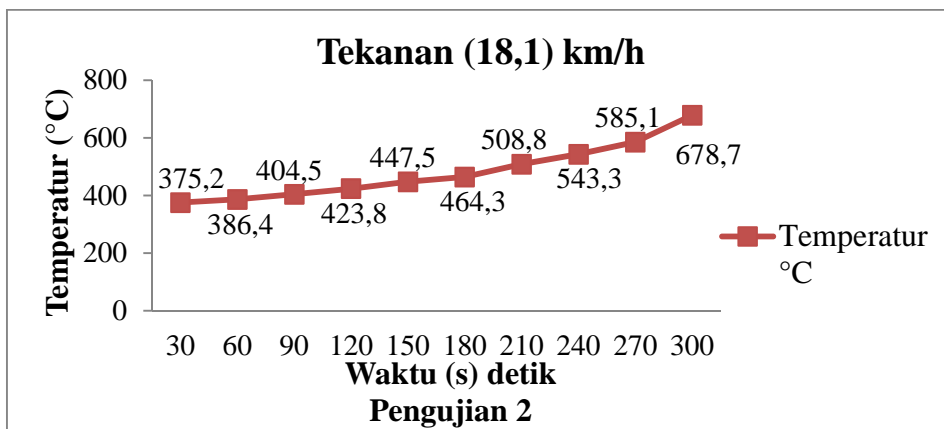
Gambar 4.1 dibawah ini menjelaskan tentang perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan waktu (s) yang berbeda dan menggunakan tekanan udara 17,2 Km/h yang telah ditentukan, hasil pengujian satu dapat disimpulkan bahwa nilai temperatur selalu meningkat stabil yaitu dari temperatur terendah 309,2 $^{\circ}\text{C}$ sampai temperatur tertinggi 556,9 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan Temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan waktu (s) dan tekanan udara (Km/h).

4.2.2 Hasil Pengujian Kedua

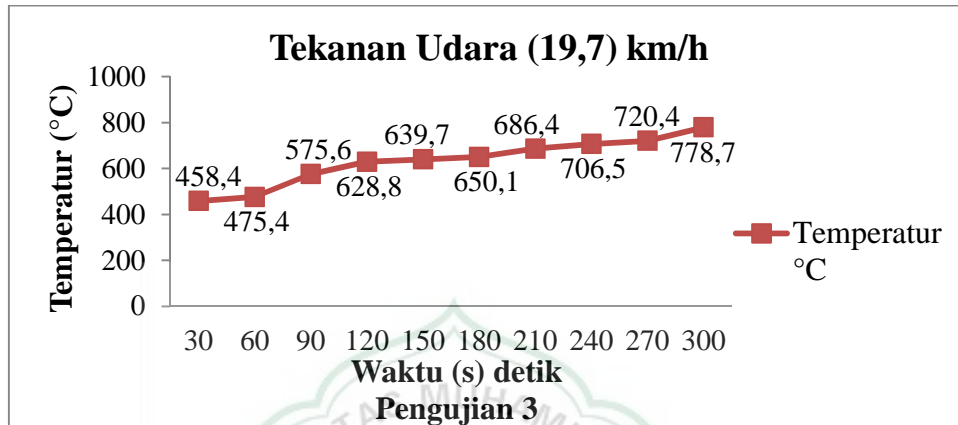
Gambar 4.2 dibawah ini menjelaskan tentang perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan waktu (s) yang berbeda dan menggunakan tekanan udara 18,1 Km/h yang telah ditentukan, hasil pengujian satu dapat disimpulkan bahwa nilai temperatur selalu meningkat stabil yaitu dari temperatur terendah 375,2 $^{\circ}\text{C}$ sampai temperatur tertinggi 678,7 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 4.2 Grafik perbandingan Temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan waktu (s) dan tekanan udara (Km/h).

4.2.3 Hasil Pengjian Ketiga

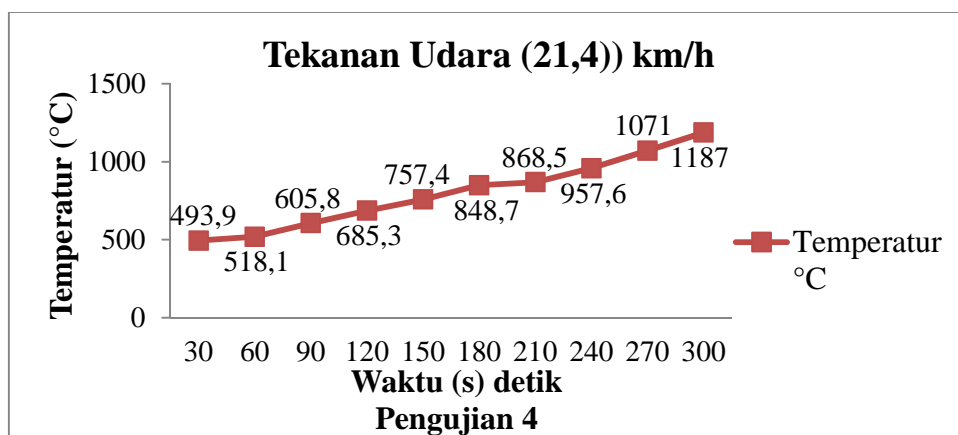
Gambar 4.3 dibawah ini menjelaskan tentang perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan waktu (s) yang berbeda dan menggunakan tekanan udara 19,7 Km/h yang telah ditentukan, hasil pengujian satu dapat disimpulkan bahwa nilai temperatur selalu meningkat stabil yaitu dari temperatur terendah 458,4 $^{\circ}\text{C}$ sampai temperatur tertinggi 778,7 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan Temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan waktu (s) dan tekanan udara (Km/h).

4.2.4 Hasil Pengjian Keempat

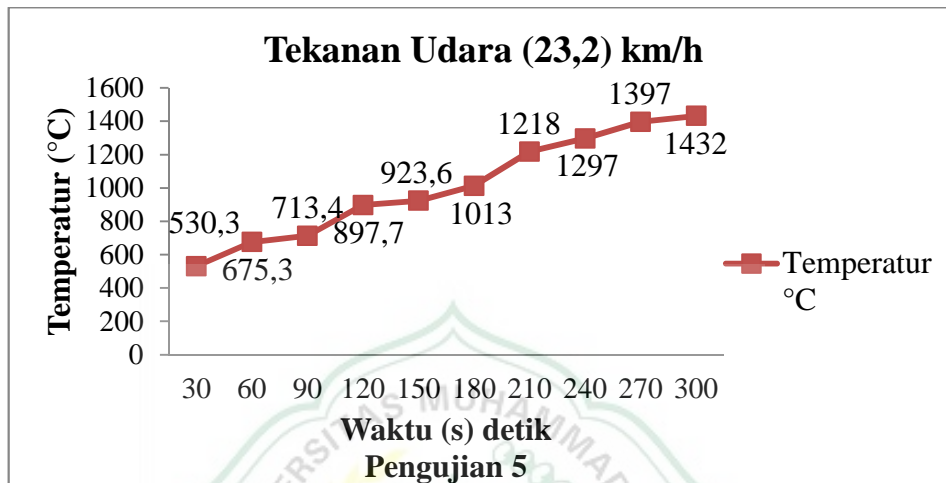
Gambar 4.4 dibawah ini menjelaskan tentang perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan waktu (s) yang berbeda dan menggunakan tekanan udara 21,4 Km/h yang telah ditentukan, hasil pengujian satu dapat disimpulkan bahwa nilai temperatur selalu meningkat stabil yaitu dari temperatur terendah 493,9 $^{\circ}\text{C}$ sampai temperatur tertinggi 1187 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu yang telah ditentukan.



Gambar 4.4 Grafik perbandingan Temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan waktu (s) dan tekanan uadara (Km/h).

4.2.5 Hasil Pengjian Kelima

Gambar 4.5 dibawah ini menjelaskan tentang perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan waktu (s) yang berbeda dan menggunakan tekanan udara 23,2 Km/h yang telah ditentukan, hasil pengujian satu dapat disimpulkan bahwa nilai temperatur selalu meningkat stabil yaitu dari temperatur terendah 530,3 $^{\circ}\text{C}$ sampai temperatur tertinggi 1432 $^{\circ}\text{C}$ dengan waktu yang telah ditentukan.

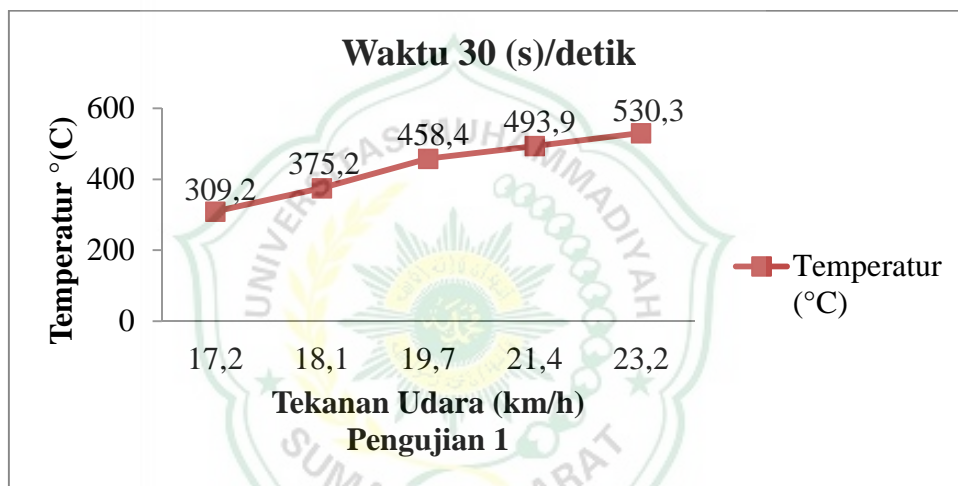


Gambar 4.5 Grafik perbandingan Temperatur $^{\circ}\text{C}$ dan waktu (s) dan tekanan udara (Km/h).

4.2.6 Hasil Perbandingan Pengujian Pertama

Tabel 4.3 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	309,2	30
2	2	18,1	375,2	30
3	3	19,7	458,4	30
4	4	21,4	493,9	30
5	5	23,2	530,3	30



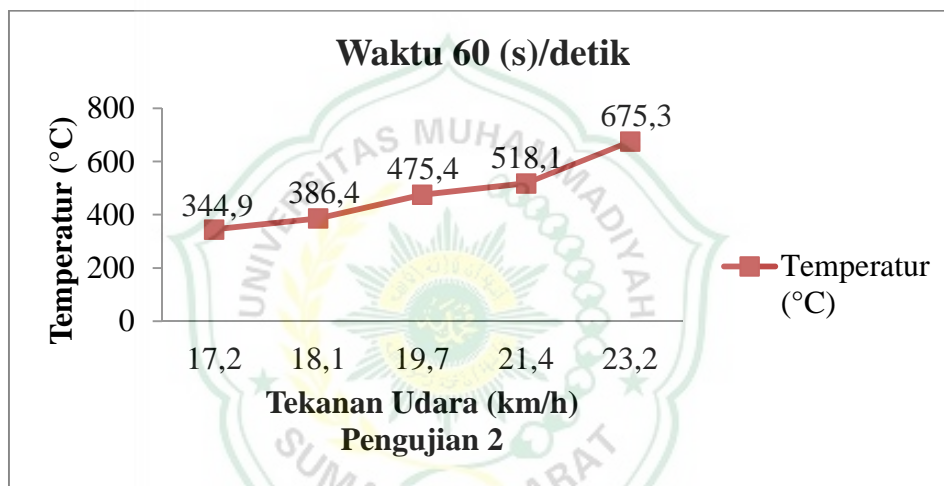
Gambar 4.6 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.6 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($309,2^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($375,2^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($458,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($493,9^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima ($530,3^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.7 Hasil Perbandingan Pengujian Kedua

Tabel 4.4 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	344,9	60
2	2	18,1	386,4	60
3	3	19,7	475,4	60
4	4	21,4	518,1	60
5	5	23,2	675,3	60



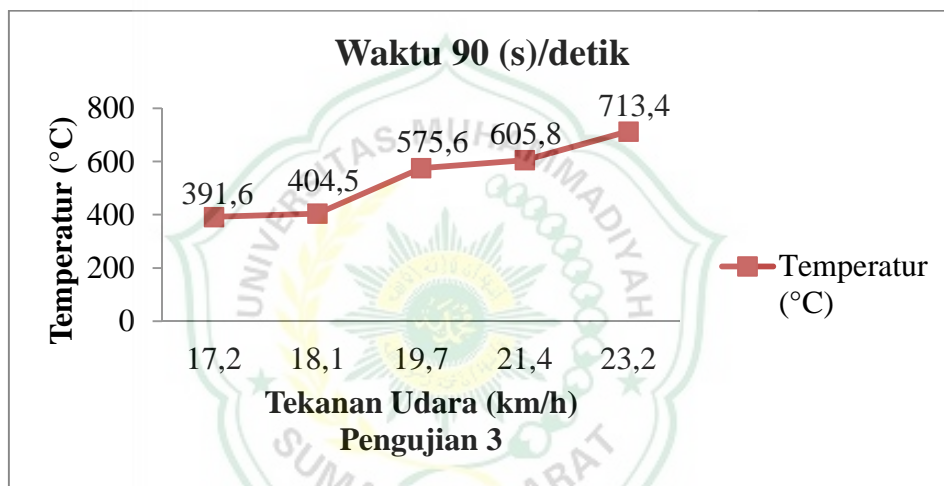
Gambar 4.7 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.7 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($344,9^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($386,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($475,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($518,1^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima ($675,3^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.8 Hasil Perbandingan Pengujian Ketiga

Tabel 4.5 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	391,6	90
2	2	18,1	404,5	90
3	3	19,7	575,6	90
4	4	21,4	605,8	90
5	5	23,2	713,4	90



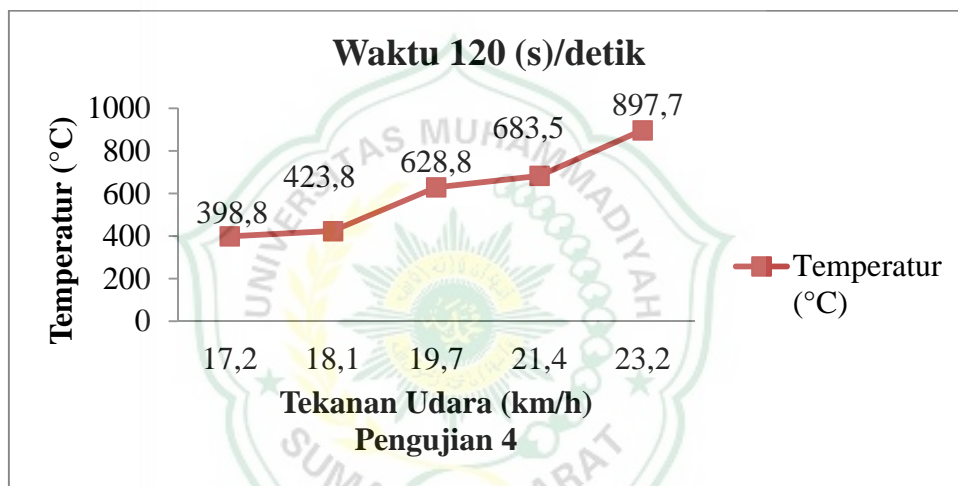
Gambar 4.8 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.8 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($391,6^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($404,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($575,6^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($605,8^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima ($713,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.9 Hasil Perbandingan Pengujian Keempat

Tabel 4.6 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	398,8	120
2	2	18,1	423,8	120
3	3	19,7	628,8	120
4	4	21,4	685,3	120
5	5	23,2	879,7	120



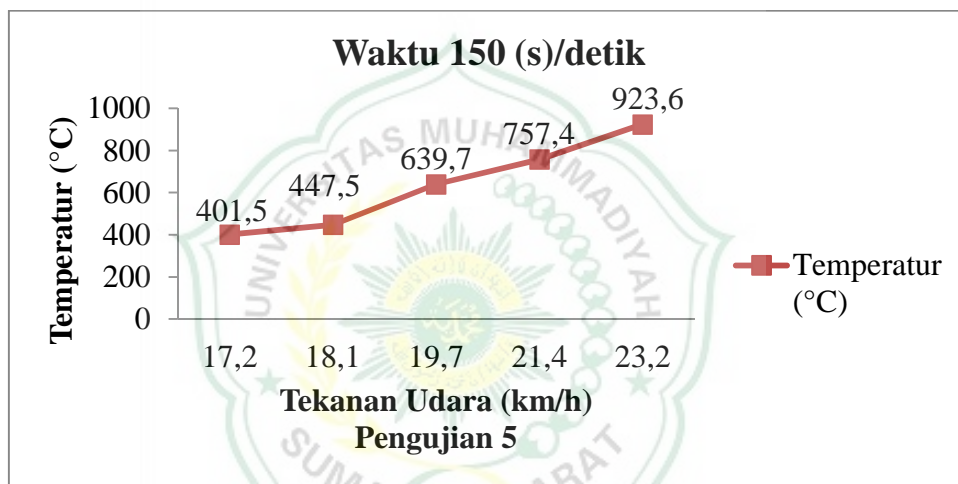
Gambar 4.9 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.9 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($398,8^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($423,8^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($628,8^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($683,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima ($897,7^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.10 Hasil Perbandingan Pengujian Kelima

Tabel 4.7 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	401,5	150
2	2	18,1	447,5	150
3	3	19,7	693,7	150
4	4	21,4	757,4	150
5	5	23,2	923,6	150



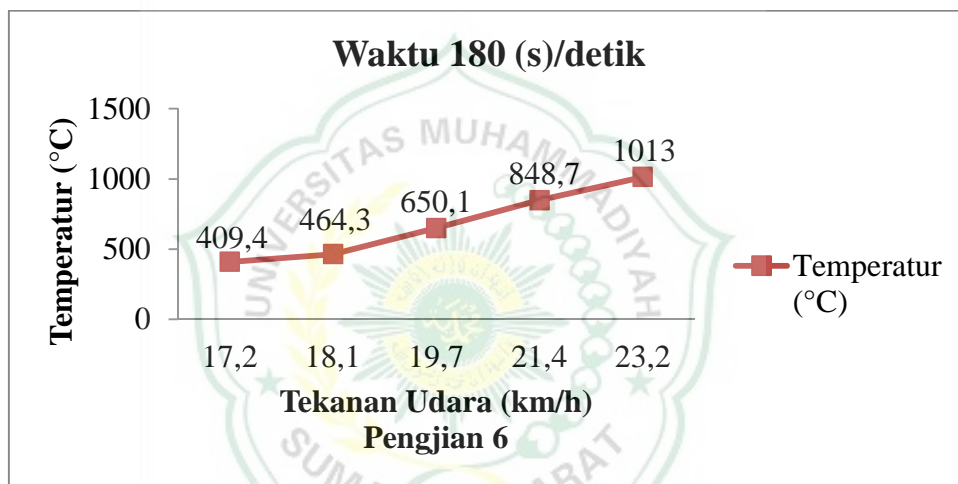
Gambar 4.10 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.10 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($401,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($447,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($639,7^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($757,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima ($923,6^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.11 Hasil Perbandingan Pengujian Keenam

Tabel 4.8 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	409,4	180
2	2	18,1	464,3	180
3	3	19,7	650,1	180
4	4	21,4	848,7	180
5	5	23,2	1013	180



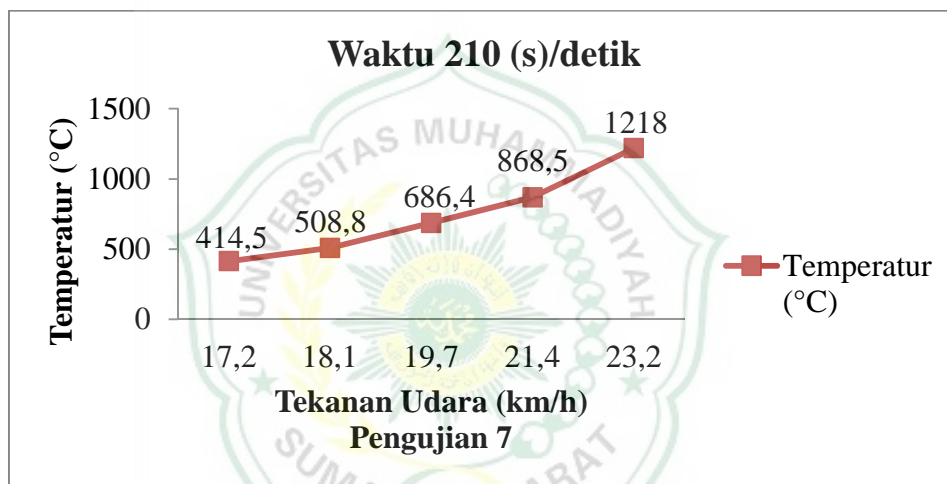
Gambar 4.11 Grafik perbandingan antara Temperatur (°C) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.11 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah (409,4°C) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua (464,3°C) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga (650,1°C) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat (848,7°C) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima (1013°C) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.12 Hasil Perbandingan Pengujian Ketujuh

Tabel 4.9 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	414,5	210
2	2	18,1	508,8	210
3	3	19,7	686,4	210
4	4	21,4	868,5	210
5	5	23,2	1218	210



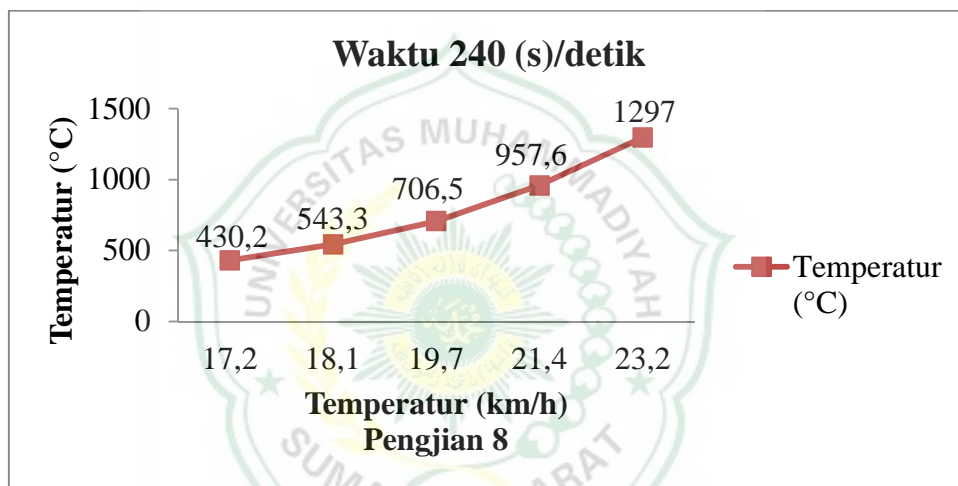
Gambar 4.12 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.12 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($414,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($508,8^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($686,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat ($868,5^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima (1218°C) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.13 Hasil Perbandingan Pengujian Kedelapan

Tabel 4.10 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	430,2	240
2	2	18,1	543,3	240
3	3	19,7	706,5	240
4	4	21,4	957,6	240
5	5	23,2	1297	240



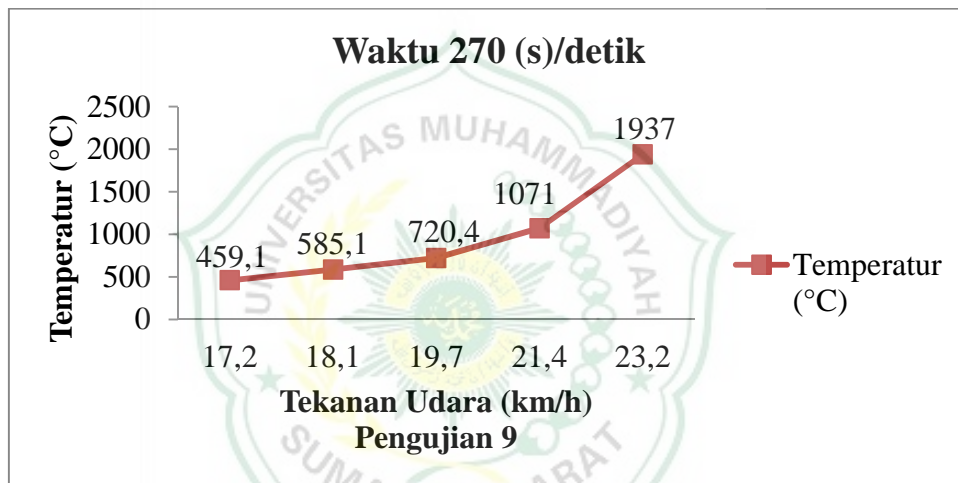
Gambar 4.13 Grafik perbandingan antara Temperatur (°C) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.13 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah (430,2⁰C) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua (543,3⁰C) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga (706,5⁰C) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat (957,6⁰C) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima (1297⁰C) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.14 Hasil Perbandingan Pengujian Kesembilan

Tabel 4.11 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	459,1	270
2	2	18,1	585,1	270
3	3	19,7	720,4	270
4	4	21,4	1071	270
5	5	23,2	1397	270



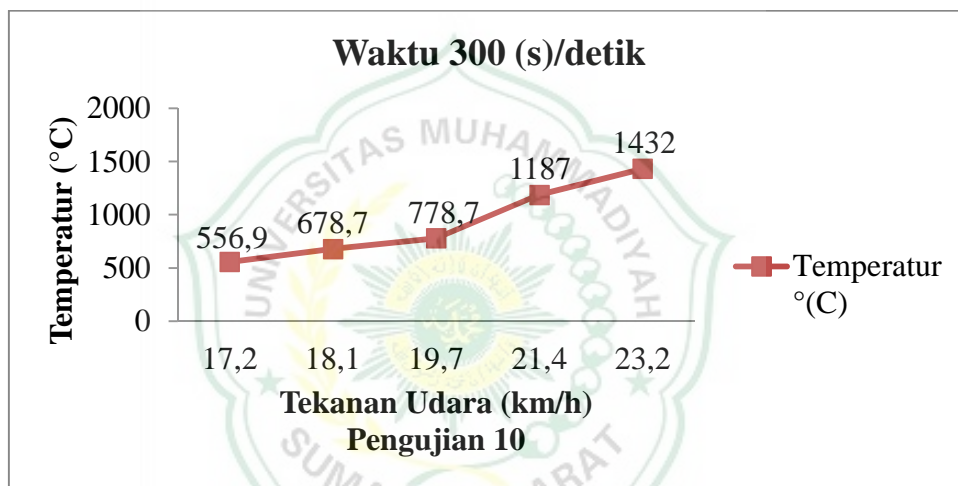
Gambar 4.14 Grafik perbandingan antara Temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.14 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah ($459,1^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua ($585,1^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga ($720,4^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat (1071°C) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima (1937°C) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

4.2.15 Hasil Perbandingan Pengujian Kesepuluh

Tabel 4.12 dibawah ini menjelaskan hasil dari perbandingan tekanan udara dan temperatur dari pengujian satu sampai lima dengan waktu (s) 30 detik.

No	Pengujian	Tekanan Udara (km/h)	Temperatur (°C)	Waktu (s)
1	1	17,2	556,9	300
2	2	18,1	678,7	300
3	3	19,7	778,7	300
4	4	21,4	1187	300
5	5	23,2	1432	300



Gambar 4.15 Grafik perbandingan antara Temperatur (°C) dan tekanan udara (km/h)

Grafik gambar 4.15 diatas menjelaskan hasil dari perbandingan temperatur dan tekanan udara dengan waktu 30 (s) dimana didapatkan hasil untuk temperatur pengujian pertama adalah (556,9°C) dengan tekanan udara 17,2 km/h, temperatur kedua (678,7°C) dengan tekanan udara 18,1 km/h, temperatur ketiga (778,7°C) dengan tekanan udara 19,7 km/h, temperatur keempat (1187°C) dengan tekanan udara 21,4 km/h, dan temperatur kelima (1432°C) dengan tekanan udara 23,2 km/h. Jadi berdasarkan hasil perbandingan temperatur dengan tekanan udara dengan waktu 30 s diatas didapatkan nilai dari pengujian satu sampai lima tetap naik stabil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Maksud penulis ingin mempelajari temperatur panas pada tungku *re-heating* adalah untuk mempelajari temperatur panas pada tungku *re-heating forging portabel*.

Setelah melakukan percobaan tungku *re-heating* untuk memahami proses laju temperatur panas pada tungku *re-heating forging portabel*. didapatkan perbandingan data dari temperatur rendah ke temperatur tinggi dengan berbagai parameter temperatur, tekanan udara dan waktu, jadi ketika semakin besar tekanan udara maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur tertinggi, jadi kesimpulan yang diambil adalah tergantung seberapa tekanan angin yang masuk dalam tungku *re-heating* semakin besar angin masuk semakin tinggi temperatur panas yang dihasilkan, jadi intinya tergantung pada tekanan angin yang di mamfaatkan.

2. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk memahami proses laju temperatur panas pada tungku *re-heating forging portabel*.

3. Setelah melakukan analisa maka dapat dipahami bahwasananya proses laju perubahan temperatur pada tungku *re-heating* ini dipengaruhi oleh besarnya tekanan udara yang masuk ke dalam tungku, dimana jika semakin naik tekanan udara maka semakin cepat pula naik suhu temperaturnya.

5.2 Saran

1. Dari analisa penelitian perbandingan ini masih banyak lagi data atau analisa yang bisa diambil untuk analisa lebih lanjut, agar penelitian ini semakin mendalam dan terkupas habis tentang tungku *re-heating portable* masih banyak lagi ilmu yang bisa dipelajari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Feriadi Sidik, Armila, and Rudi Kurniawan Arief, "Rancang Bangun Tungku Reheating Portable Untuk Proses Forging Pada Laboratorium Teknologi Material," *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 9, no. 1, pp. 20–28, 2022, doi: 10.37373/tekno.v9i1.140.
- [2] A. Rachmat and M. Sulaeman, "Pembuatan tungku peleburan aluminium dengan pemanfaatan limbah tempurung kelapa sebagai bahan bakar," *J. Ensitec*, vol. 07, no. 01, pp. 491–499, 2020.
- [3] Jaelani, F. A. Rauf, and R. Lumintang, "Analisis Sifat Mekanik Alat Pengupas Kelapa Tradisional Dengan Variasi Laju Pendinginan," *J. Online Poros*, vol.6, pp. 125–138, 2017, Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/view/17766>.
- [4] S, Dodi Iwan and D. P. B. Aji, "Analisis Akar Masalah Kegagalan Cacat Retak (Crack) Pada Proses Pembentukan Tempa Dingin (Cold Forming) Mur M14," vol. 8, no. 1, 2019.
- [5] A. Z. 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, "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*, vol. 8, no. April, pp. 1–7, 2013.
- [6] Mardjuki, "Proses Forging Dengan Variasi Temperatur Pada Paduan," vol. Vol-V, pp. 509–518, 2009.
- [7] N. Iskandar *et al.*, "PERBANDINGAN KARAKTERISTIK PRODUK HASIL PROSES MICRO FORGING PADA MATERIAL ALUMINIUM , DENGAN SISTEM CLOSED DIE FORGING PADA KONDISI COLD DAN HOT WORKING SECARA EKSPERIMENT FORGING PADA MATERIAL ALUMINIUM , DENGAN SISTEM CLOSED DIE," no.

October 2015, 2011.

- [8] M. A. Almu, S. Syahrul, and Y. A. Padang, “ANALISA NILAI KALOR DAN LAJU PEMBAKARAN PADA BRIKET CAMPURAN BIJI NYAMPLUNG (*Calophyllum Inophyllum*) DAN ABU SEKAM PADI,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, pp. 117–122, 2014, doi: 10.29303/d.v4i2.61.
- [9] A. R. Susetyo, C. Nas, and Suliestyah, “Analisis Kebutuhan Udara Untuk Pembakaran Batubara Pada Boiler Unit 3 Di Pltu Suralaya Analysis of Air Requirements for Coal Combustion,” *Indones. Min. energy J.*, vol. 3, no. 2, pp. 36–41, 2020, Available: <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/imej/article/view/9185/6487>.
- [10] D. P. Mangesa, B. V. Tarigan, W. Hasan, J. T. Mesin, and U. N. Cendana, “Pengaruh Posisi Jebakan Panas pada Tungku Terhadap Listrik yang Dihasilkan,” vol. 04, no. 02, 2017.
- [11] K. Burhani, Ramelan, and Rizqi Fitri Naryanto, “Pengembangan Media Pembelajaran Perpindahan Panas Radiasi Dengan Variasi Beda Perlakuan Permukaan Spesimen Uji,” *Mech. Engineeting Learn.*, vol. 3, no. 2, pp. 115–124, 2014, Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jmel/article/download/7757/5420>.
- [12] D. Yustianto, “Rancang Bangun Tungku Ruang Pemanas Pada Mesin Pembuat Dan Pembakar Sate Kapasitas 25 Kg/Jam,” 2019.
- [13] L. Hakim, “Analisa Teoritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri Tahu Di Tinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh,” *J.SuryaTek.*, vol. 1, no. 04, 2019, doi: 10.37859/jst.v1i04.1188.













