



**RANCANG BANGUN DAPUR PEMANAS (*MUFFLE FURNACE*)
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS (*LPG*)**

PROYEK AKHIR

Oleh

**Agung Cahyo Raharjo
NIM 141903101023**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**RANCANG BANGUN DAPUR PEMANAS (*MUFFLE FURNACE*)
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS (*LPG*)**

PROYEK AKHIR

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (DIII) dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh

Agung Cahyo Raharjo
NIM 141903101023

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu Sri Suryani, Bapak Sujarwo, adikku Anjas Tirto Wibowo dan Azizahthus Soffitri terima kasih atas pengorbanan, usaha, kasih sayang, dorongan, nasehat dan air mata yang menetes dalam setiap untaian do'a yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi perjuangan dan keberhasilan penulis;
2. Guru-guru TK, SD ,SMP, MA sampai Perguruan Tinggi, dosen dan seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran;
3. Saudara Teknik Mesin DIII dan S1 angkatan 2014 yang telah memberikan do'a, semangat, dukungan, ide dan kritikan;
4. Keluarga Besar PSM Fakultas Teknik dan Tim Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan dukungan dan motivasi;
5. Almamater Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

‘orang-orang yang menuntut rahmat, orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan kepada sama dengan para Nabi’

(HR. Dailani dari Anas r.a)

‘dua nikmat yang kebanyakan manusia di dalamnya : kesehatan dan waktu luang’

(HR. Bukhari)

atau

Kepercayaan dari orang lain itu sama halnya dengan harga diri, mahal harganya
Sekali menerima kepercayaan dari orang lain, saat itu juga harus bisa bertanggung jawab.

“Solidarity Forever”

MOTTO

‘orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi’

(Ernest Newman)

‘orang-orang yang menuntut rahmat, orang yang menuntut ilmu berarti menjalankan rukun islam dan pahala yang diberikan kepada sama dengan para Nabi’

(HR. Dailani dari Anas r.a)

‘dua nikmat yang kebanyakan manusia di dalamnya : kesehatan dan waktu luang’

(HR. Bukhari)

atau

Kepercayaan dari orang lain itu sama halnya dengan harga diri, mahal harganya Sekali menerima kepercayaan dari orang lain, saat itu juga harus bisa bertanggung jawab.

“Solidarity Forever”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Agung Cahyo Raharjo

NIM : 141903101023

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul “*Rancang Bangun Dapur Pemanas (muffle furnace) menggunakan bahan bakar gas (LPG)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2017

Yang menyatakan,

Agung Cahyo Raharjo
141903101023

PROYEK AKHIR

**RANCANG BANGUN DAPUR PEMANAS (*MUFFLE FURNACE*)
MENGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS (*LPG*)**

Oleh

Agung Cahyo Raharjo
NIM 141903101023

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Nasrul Ilminnafik S.T.,M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : M. Fahrur Rozy H, S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Proyek akhir berjudul ” *Rancang Bangun Dapur Pemanas (Muffle Furnace) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG)* ” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Selasa, 13 Juni 2017

tempat : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin

Pembimbing

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Nasrul Ilminnafik., S.T., M.T.
NIP 1971114 199303 1 002

M. Fahrur Rozy H, S.T., M.T.
NIP. 19800307 201212 1 003

Penguji

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Agus Triono., S.T., M.T.
NIP 19700807 200212 1 001

Hari Arbiantara , S.T., M.T.
NIP 19670924 199412 1 001

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Rancang Bangun Dapur Pemanas (Muffle Furnace) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG); Agung Cahyo Raharjo; 2017; 83 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan industri peleburan dan pengecoran logam di Indonesia saat ini sangat rendah. Padahal di Indonesia berpotensi menjadi salah satu pasar terbesar di dunia. Industri pengecoran logam berskala kecil banyak yang terkendala perkembangannya, ini disebabkan oleh dapur pemanas yang tersedia di pasaran sangat mahal harganya dan susah untuk didapatkan karena harus diimpor dari luar negeri. Pemilihan jenis dapur pemanas yang digunakan harus sesuai produk yang diinginkan.

Hasil yang diperoleh dari rancang bangun dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas LPG yaitu menggunakan bata tahan api SK-38 dengan maksimal tahan suhu 1800°C. Ukuran dimensi *muffle furnace* panjang 430 mm, lebar 350 mm, dan tinggi 495 mm. Ukuran dimensi ruang bakar panjang 200 mm, lebar 215, dan tinggi 165. Suhu yang diinginkan untuk melebur spesimen yaitu 700°C. Pada dinding *muffle furnace* dilapisi *glasswool* dan pelat untuk menahan kalor yang keluar.

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari perhitungan adalah besar kerugian kalor total yang terjadi pada *muffle furnace* 135,1197 W/m⁰C. Lama peleburan selama 60 menit. Spesimen yang digunakan adalah aluminium ad12.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul "Rancang Bangun Dapur Pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas (*LPG*)". Laporan proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan diploma tiga (DIII) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Bapak Hari Arbiantara, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Bapak Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan proyek akhir ini;
4. Bapak M. Fahrur Rozy, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan proyek akhir ini;
5. Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan proyek akhir ini;
6. Bapak Hari Arbiantara B, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan proyek akhir ini;
7. Bapak Robertus Sidartawan, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;
8. Bapak Muh. Nurkoyim, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Tim Mobil Listrik TITEN Universitas Jember;
9. Ibu Nanin Meyfa Utami, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing PSM Teknik Universitas Jember;

10. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;
11. Ibu Sri Suryani dan Bapak Sujarwo yang telah menjadi orang tua yang sangat baik dalam mendidik, memberi nasehat demi kehidupan penulis yang lebih baik, selalu memberikan kasih sayang, perhatian, materi, serta doa yang selalu beliau haturkan setiap saat untuk penulis dan keluarga;;
12. Adik kandung saya Anjas Tirto Wibowo dan Azizahthus Soffitri yang telah memberikan do'a dan semangat untuk penulis;
13. Teman-teman seperjuangan Mahasiswa DIII dan S1 Teknik Mesin 2014 yang selalu memberi dukungan dan saran kepada penulis;
14. Tim Mobil Listrik TITEN yang telah memberikan banyak pembelajaran dan pengalaman bagi penulis;
15. Teman-teman Paduan Suara Mahasiswa Teknik Universitas Jember;
16. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan proyek akhir ini. Akhirnya penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat.

Jember, Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pengertian Dapur Pemanas	3
2.2 Jenis-jenis Dapur Pemanas	3
2.2.1 Ruang Bakar	4
2.2.2 Alat Pemanas	4
2.3 <i>Liquified Petroleum Gas (LPG)</i>	5
2.4 Proses Perencanaan Rangka	6
2.4.1 Perencanaan konstruksi penyangga Poros.....	4
2.4.2 Perencanaan konstruksi penyangga Motor pada Rangka	7
2.5 Kolom	10
2.5.1 Momen Inersia	11

2.6 Pengelasan	13
2.6.1 Metode Pengelasan	13
2.6.2 Kampuh Las	14
2.6.3 Beberapa Faktor Penting untuk mengetahui Mampu Las	14
2.4.4 Perhitungan Kekuatan Las	14
2.7 Batu Tahan Api	15
2.8 Thermocouple	15
2.9 Glasswool	17
2.10 Proses Perpindahan kalor	18
2.10.1 Perpindahan Kalor Secara konduksi	18
2.10.2 Perpindahan Kalor Secara konveksi	21
2.11 Perencanaan Kerja Bangku	25
BAB 3. METODOLOGI	27
3.1 Alat dan Bahan	27
3.1.1 Alat	27
3.1.2 Bahan	27
3.2 Waktu dan Tempat	28
3.2.1 Waktu	28
3.2.2 Tempat	28
3.3 Metode Pelaksanaan	28
3.3.1 Pencarian Data	28
3.3.2 Studi Pustaka	28
3.3.3 Perancangan dan Perencanaan	28
3.3.4 Proses Pembuatan	29
3.3.5 Proses Perakitan	29
3.3.6 Pengujian rangka dan Alat	29
3.3.7 Penyempurnaan alat	30
3.3.8 Pembuatan Laporan	30
3.4 Diagram Alir	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat	33

4.1.2 Cara Kerja Alat	33
4.2 Hasil Perencanaan dan Perhitungan Rangka	34
4.3 Hasil Perancangan Kolom	34
4.4 Hasil Perancangan Las	35
4.5 Hasil Manufaktur	36
4.5.1 Pemotongan	36
4.5.2 Pengelasan	36
4.5.3 Perakitan	36
4.6 Perhitungan Konduksi Tanur	37
4.8 Hasil Pengujian <i>Muffle Furnace</i>	38
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	
A. LAMPIRAN PERHITUNGAN	42
B. LAMPIRAN TABEL	55
C. LAMPIRAN RANCANGAN BIAYA	63
D. LAMPIRAN GAMBAR	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Macam-macam bahan rangka	12
Tabel 2.2 Kekuatan Bahan	13
Tabel 2.3 Sifat-sifat Bata Tahan Api	16
Tabel 2.4 Faktor bentuk konduksi	16
Tabel 2.5 Konstanta Persamaan Isotermal.....	23
Tabel 2.6 Persamaan Untuk Konveksi.....	24
Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan	27
Tabel 4.1 Pemotongan Batang untuk Rangka.....	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian 1.....	38
Tabel 4.3 Hasil Pengujian 2	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dapur Pemanas	3
Gambar 2.2 Tiga Jenis Dapur Krusibel	4
Gambar 2.3 Alat Pemanas	5
Gambar 2.4 LPG (<i>liquified petroleum gas</i>)	6
Gambar 2.5 Analisis gaya batang pada tumpuan penyangga	7
Gambar 2.6 Potongan I Bidang Geser	7
Gambar 2.7 Potongan II Bidang Geser	8
Gambar 2.8 Potongan I Bidang Momen	8
Gambar 2.9 Potongan II Bidang Momen	8
Gambar 2.10 Diagram Bidang geser dan Bidang momen	9
Gambar 2.11 Tegangan Lentur	9
Gambar 2.12 Bentuk Struktur Kolom	9
Gambar 2.13 Bentuk Penampang Kolom	11
Gambar 2.14 Batu Bata Tahan Api	16
Gambar 2.15 <i>Thermocouple</i>	17
Gambar 2.16 <i>Glass Whool</i>	18
Gambar 2.17 Perpindahan kalor satu dimensi	19
Gambar 2.18 Bagan untuk memperlihatkan dimensi	21
Gambar 3.1 Desain 3D Dapur Pemanas	31
Gambar 3.2 Diagram alir Rancang Bangun Dapur Pemanas	32
Gambar 4.1 Desain Mesin <i>Muffle Furnace</i>	33
Gambar 4.2 Batang A-B, B-C, C-D dan A-D Yang Menerima Beban dari Bata Tahan Api	34
Gambar 4.3 Perencanaan Gaya Batang pada Beban A-B	34

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri peleburan dan pengecoran logam di Indonesia saat ini sangat rendah. Padahal di Indonesia berpotensi menjadi salah satu pasar terbesar di dunia. Industri pengecoran logam berskala kecil banyak yang terkendala perkembangannya, ini disebabkan oleh dapur pemanas yang tersedia di pasaran sangat mahal harganya dan susah untuk didapatkan karena harus diimpor dari luar negeri. Pemilihan jenis dapur pemanas yang digunakan harus sesuai dengan jenis logam yang dipilih dan juga sesuai produk yang diinginkan.

Jenis dapur dan klasifikasi dapur pemanas yang saat ini berkembang diantaranya adalah dapur krusibel, dapur kupola, dapur busur listrik, dapur induksi, dapur konverter, dan dapur *Thomas* dan *Baseemer*. Bahan bakar yang digunakan juga beragam diantaranya batu bara, bahan bakar minyak, listrik, arang, bahan bakar berbentuk gas (Mubarak, 2013).

Untuk mengantisipasi dan menghadapi permasalahan tentang ketersediaan dan ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan bahan bakar minyak (BBM) digunakan Bahan Bakar Gas salah satunya *Liquid Petroleum Gas* (LPG), dimana bahan bakar LPG lebih ramah lingkungan dibandingkan bahan bakar minyak, listrik, arang, bahan bakar berbentuk gas. LPG merupakan gas yang berbentuk dari unsur C_3H_8 (propana) dan C_4H_{10} (butana) diberikan tekanan 300 psi sehingga unsur tersebut berubah fase menjadi cair (Hardiana, 2011).

Untuk menjawab permasalahan tersebut maka dalam tugas akhir ini akan dibuat “Rancang Bangun Dapur Pemanas (*Muffle Furnace*) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG)”

Alat ini dibuat dengan sistim sebuah ruang pembakaran dengan alat pembakaran yang berbahan bakar gas yakni *burner* dan dinding bata tahan api yang mencapai temperatur $1800^{\circ}C$, dimana *burner* tersebut akan dihubungkan langsung ke ruang bakar beserta bahan bakar gas LPG sehingga dapat menekan efisiensi bahan bakar.

Selain itu alat ini dibuat secara sederhana, mudah pembuatannya, mudah dipindah-pindahkan (*portable*) dan yang paling penting adalah murah harganya sehingga dapat dijangkau oleh industri-industri pengecoran skala rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Muffle furnace bahan bakar gas LPG pada prinsipnya sama dengan *muffle furnace* listrik. Kekurangan dari *muffle furnace* listrik yaitu konsumsi energi yang dibutuhkan sangat besar, harganya yang mahal untuk pengadaan *muffle furnace* listrik. Dengan alat ini diharapkan konsumsi energi yang digunakan pada saat melakukan pengecoran atau perlakuan panas lebih rendah dibandingkan *muffle furnace* listrik. Dan juga dalam pembuatan *muffle furnace* bahan bakar gas LPG ini jauh lebih murah, mudah pengoperasiannya dan sederhana.

1.3 Batasan Masalah

Tugas akhir ini membahas tentang desain rancang bangun dapur pemanas menggunakan bahan bakar gas LPG skala industri rumah tangga, manufaktur dapur pemanas, dan kerugian panas yang dihasilkan oleh dapur pemanas.

1.4 Tujuan

Tujuan dari proyek akhir ini adalah:

1. Merancang dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas LPG
2. Membuat dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas LPG

1.5 Manfaat

Manfaat dari dapur pemanas ini adalah:

1. Meningkatkan efisiensi bahan bakar pada dapur pemanas
2. Penelitian riset dalam pembelajaran pengecoran logam
3. Memberikan kontribusi terhadap dunia industri pengecoran logam dengan menghasilkan dapur pemanas yang sederhana

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Dapur Pemanas

Dapur pemanas adalah sebuah peralatan yang digunakan untuk mencairkan logam pada proses pengecoran (*casting*) atau untuk memanaskan bahan dalam proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Idealnya dapur harus memanaskan bahan sebanyak mungkin sampai mencapai suhu yang seragam dengan bahan bakar dan tenaga kerja sesedikit mungkin. Kunci dari operasi dapur yang efisien terletak pada pembakaran bahan bakar yang sempurna dengan udara berlebih yang minimum. Dapur beroperasi dengan efisien yang relatif rendah (dibawah 70%) dibandingkan dengan peralatan pembakaran lainnya seperti *boiler* (dengan efisiensi lebih dari 90%). Hal ini disebabkan oleh suhu operasi yang tinggi didalam dapur (Mubarak, 2013).

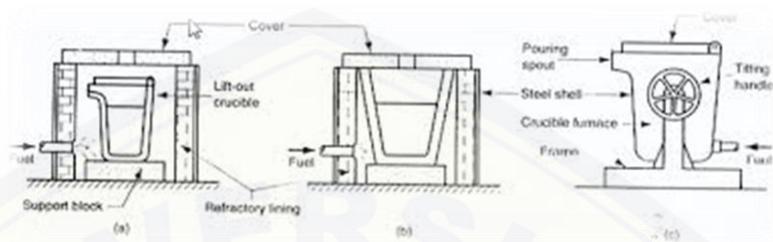


Gambar 2.1 Dapur Pemanas (*muffle furnace*)

2.2 Jenis Jenis Dapur Pemanas

Dapur pemanas yang ada dipasaran berdimensi panjang 450 mm, lebar 300 mm, dan tinggi 300 mm. Jenis dapur yang paling banyak digunakan dalam pengecoran logam ada lima jenis yaitu; dapur krusibel, dapur busur listrik, dan dapur induksi. Dalam memproduksi besi cor dapur yang paling banyak digunakan industri pengecoran adalah krusibel dan dapur induksi, jenis kupola sudah mulai

jarang digunakan karena pertimbangan tertentu. Berikut ini uraian tentang dapur peleburan. Pada unit ini memperkenalkan dapur refraktori dan menjelaskan berbagai aspek perancangan dan operasinya.



Gambar 2.2 Tiga Jenis Dapur Krusibel (Groover,2000)

Dalam Gambar 2.2 ditunjukkan tiga jenis dapur krusibel yang bisa digunakan :

- a. Krusibel angkat (*lift-out krusibel*)
- b. Pot tetap (*stationary pot*)
- c. Dapur tukik (*tilting-pot furnace*)

Krusibel angkat yaitu krusibel ditempatkan didalam dapur dan dipanaskan hingga logam mencair. Sebagai bahan bakar digunakan minyak, gas, dan serbuk batubara. Bila logam telah melebur, krusibel diangkat dari dapur dan digunakan sebagai ladle penuangan. Dapur pot tetap tidak dapat dipindah, logam cair diambil dari kontainer dengan ladle. Dapur tukik dapat ditukik untuk menuangkan logam cair (Mubarak, 2013).

2.2.1 Ruang Bakar

Ruang bakar adalah tempat nyala api yang membakar dinding kowi. Ruang ini merupakan bagian yang paling penting dalam perancangan. Panas di dalam ruang bakar harus bisa diisolasi dengan baik untuk mengurangi kerugian panas dan menghemat bahan bakar.

Ruang bakar ini dindingnya dilapisi batu bata tahan api, agar pada proses pembakaran terjadi suhu panas dari pembakaran yang keluar tidak terlalu besar dengan dimensi panjang 200 mm, lebar 165, dan tinggi 210 mm. Ruang

pembakaran dirancang kecil agar proses pemanasan menjadi efektif (Mubarak, 2011).

2.2.2 Alat Pemanas (*Burner*)

Alat pemanas berfungsi untuk mencukupi kebutuhan panas yang diperlukan pada proses pemanasan. Untuk menggunakan LPG sebagai bahan bakar, digunakan *burner* sebagai pemanas. Pada dapur peleburan yang direncanakan ini, alat *burner* dilengkapi dengan selang, kran pengatur kebutuhan udara dan bahan bakar, dan regulator (Mubarak, 2011).



Gambar 2.3 Alat Pemanas (*burner*)

2.3 *Liquified Petroleum Gas (LPG)*

LPG (*liquified petroleum gas*) adalah gas minyak bumi yang dicairkan. Dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya, gas berubah menjadi cair.

Komponennya didominasi *propana* (C_3H_8) dan *butana* (C_4H_{10}). Elpiji juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Dalam kondisi atmosfer, elpiji akan berbentuk gas. Volume elpiji dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu elpiji dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal expansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung elpiji tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya. Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur, tetapi biasanya sekitar 250:1.

Tekanan di mana elpiji berbentuk cair, dinamakan tekanan uapnya, juga bervariasi tergantung komposisi dan temperatur. Sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi *butana* murni pada 20 °C (68 °F) agar mencair, dan sekitar 2.2 MPa (22 bar) bagi *propana* murni pada 55 °C (131 °F).

Menurut spesifikasinya, elpiji dibagi menjadi tiga jenis yaitu elpiji campuran, elpiji *propana* dan elpiji *butana*. Spesifikasi masing-masing elpiji tercantum dalam keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor: 25K/36/DDJM/1990. Elpiji yang dipasarkan Pertamina adalah elpiji campuran (Dinaryanto, 2010).



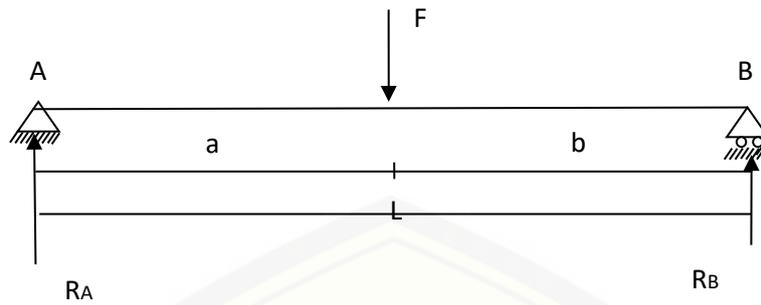
Gambar 2.4 LPG (*liquefied petroleum gas*)

Bahan bakar gas merupakan bahan bakar yang sangat memuaskan sebab hanya memerlukan sedikit *handling* dan sistem *burner* nya sangat sederhana dan hampir bebas perawatan (Ramang Magga, 2010).

2.4 Proses Perancangan Rangka

Rangka dirancang untuk menahan semua beban, meliputi beban statis dan dinamis. Semua struktur teknik atau unsur structural mengalami gaya eksternal atau pembebanan. Hal ini akan mengakibatkan gaya eksternal lain atau reaksi pada titik pendukung strukturnya. Semua struktur menerima gaya eksternal. Gaya eksternal akan menghasilkan gaya reaksi pada tumpuan. Sistem gaya dalam kondisi setimbang, jika resultan semua gaya dan resultan momen terhadap suatu titik = 0 maka: $\Sigma F_y = 0$ dan $M_y = 0$.

Jika pada suatu batang dikenai beban maka batang tersebut akan mengalami tekukan (*buckling*). Tekukan ini dapat terjadi meskipun besarnya tegangan maksimum pada batang lebih kecil dari *yield point* bahan. Beban yang sanggup ditahan oleh batang tanpa menyebabkan tekukan (*buckling*) disebut beban kritis.



Gambar 2.5 Analisis gaya batang pada tumpuan penyangga

Syarat keseimbangan

- $\Sigma F_x = 0$ (gaya lintang arah sumbu x)
- $\Sigma F_y = 0$ (gaya lintang arah sumbu y)
- $\Sigma M_x = 0$ (momen lentur arah sumbu x)
- $\Sigma M_y = 0$ (momen lentur arah sumbu y)

Gaya reaksi pada tumpuan R

Selanjutnya melakukan perancangan dengan tahap-tahap sebagai berikut :

- a. Menentukan beban F yang dialami rangka.
- b. Menentukan gaya aksi-reaksi pada tumpuan A dan B

$$\Sigma M_a = 0$$

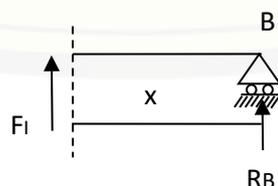
$$R_b \cdot L - F \cdot a = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\Sigma M_b = 0$$

$$R_a \cdot L - F \cdot b = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

- c. Menentukan bidang gaya geser

Potongan I dengan $0 \leq x \leq b$



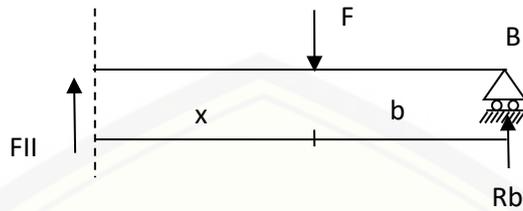
Gambar 2.6 Potongan I bidang geser

$$\Sigma F = 0$$

$$F_1 + R_b = 0$$

$$F_I = -R_b \dots\dots\dots (2.3)$$

Potongan II dengan $0 \leq x \leq a$



Gambar 2.7 Potongan II bidang geser

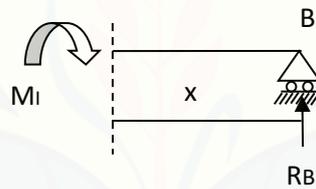
$$\Sigma F = 0$$

$$F_{II} + R_b - F = 0$$

$$F_{II} = -R_b + F \dots\dots\dots (2.4)$$

d. Menentukan bidang gaya momen

Potongan I dengan batas $0 \leq x \leq b$



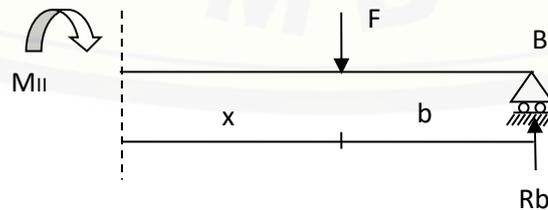
Gambar 2.8 Potongan I bidang momen

$$\Sigma M = 0$$

$$M_I - R_b \cdot x = 0$$

$$M_I = R_b \cdot x \dots\dots\dots (2.5)$$

Potongan II dengan batas $0 \leq x \leq a$

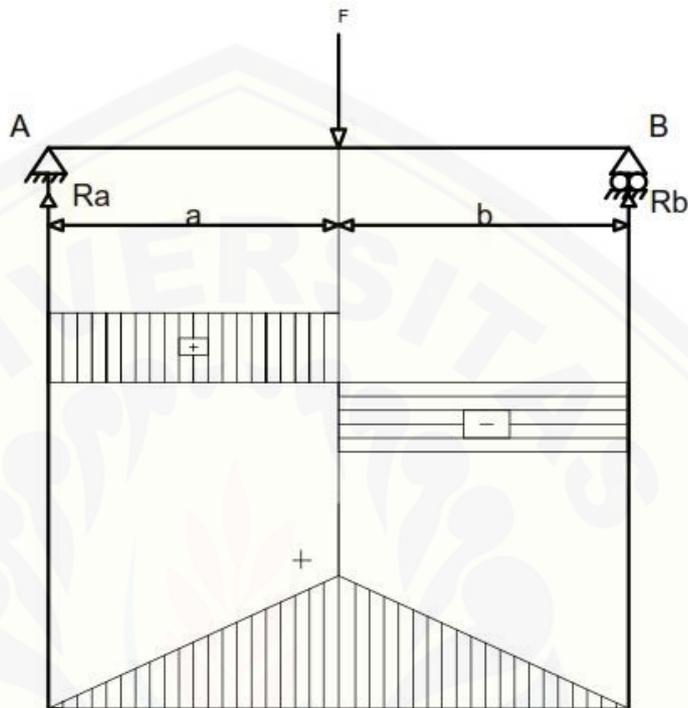


Gambar 2.9 Potongan II bidang momen

$$\Sigma M = 0$$

$$M_{II} - R_b \cdot (b + x) - F \cdot x = 0$$

$$M_{II} = R_b \cdot (b + x) - F \cdot x \dots\dots\dots(2.6)$$



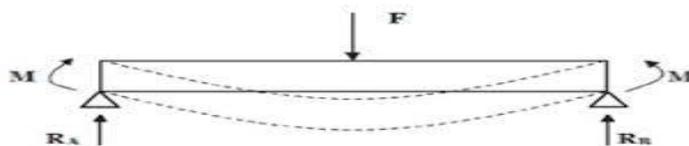
Gambar 2.10 Diagram bidang geser dan bidang momen

e. Perhitungan tegangan lentur (*bending*)

$$\sigma = M.y/I \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

- σ = tegangan lentur yang terjadi pada batang
- M = momen lentur yang dialami pada batang
- y = jarak serat terjauh dari sumbu tampang
- I = momen inersia



Gambar 2.11 Tegangan lentur

f. Perhitungan momen inersia

$$I = 1/12 m.L^2 \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

I = Momen inersia (kg/m^2)

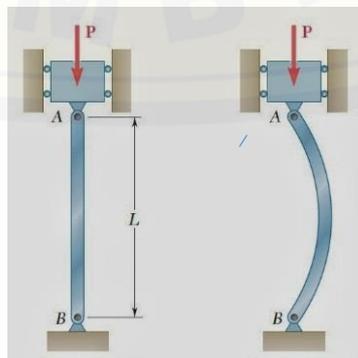
m = massa benda (m)

L = Lengan momen

2.5 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan suatu kolom merupakan lokasi kritis. Kolom yang dirancang pada dapur pemanas (*muffle furnace*) ini akan mengalami defleksi kecil pada kolom. Agar hasil perancangan kolom ini tidak mengalami bending maka beban yang diterima harus lebih kecil dari P_{cr} (beban kritis maksimum yang diterima kolom) yang sesuai dengan perancangan kolom (Shigley, 1994)

Buckling merupakan suatu jenis dari kegagalan struktur yang terjadi pada struktur kolom atau struktur berbentuk tiang, hal ini terjadi akibat pembebanan secara aksial pada struktur tersebut, jika suatu tiang yang tipis diberi tekanan maka tiang tersebut akan membengkok dan terdefleksi secara lateral sehingga dapat dikatakan struktur tersebut mengalami *buckling*. Dengan bertambahnya beban aksial pada struktur kolom maka defleksi lateral juga akan bertambah dan pada akhirnya kolom akan benar-benar terdeformasi plastis



Gambar 2.12 Bentuk struktur kolom

Beban kritis yang diterima oleh kolom adalah :

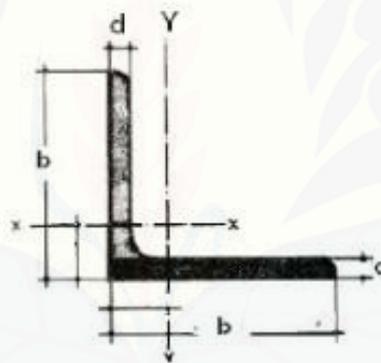
$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

- P_{cr} = Beban kritis (kg)
- E = Modulus elastisitas beban (kg/mm²)
- I = Momen inersia batang (mm⁴)
- L = Panjang kolom (mm)

2.5.1 Momen Inersia

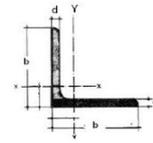
Momen inersia tergantung pada penampang batang, dimana pada dapur pamanas ini menggunakan penampang siku-siku seperti pada gambar



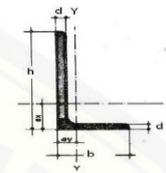
Gambar 2.13 Bentuk penampang kolom
Tabel 2.1 Macam-macam bahan rangka

No.	Nama	Gambar
1.	Balok profil dengan flent sempit	
2.	Balok profil dengan flent lebar	
3.	Baja profil kanal	

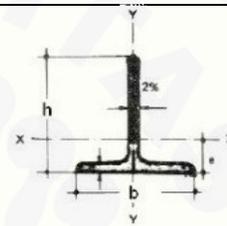
4. Baja profil sama kaki dan tidak sama kaki



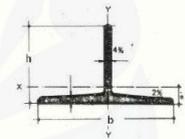
5. Baja profil siku tidak sama kaki



6. Baja profil berbentuk T



7. Baja profil berbentuk T dengan kaki lebih lebar



Dalam pemilihan bahan perlu diketahui kekuatan bahan yang akan di gunakan untuk suatu konstruksi baja, di bawah ini terdapat tabel kekuatan bahan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kekuatan bahan

Bahan	Tarik (MPa)	Tekan (MPa)	Geser (MPa)	C (%)
Baja karbon rendah	83-166	83-166	55-110	0,05-0,15
Baja karbon tinggi	110-207	110-207	83-138	0,45-0,75

2.6 Pengelasan (*welding*)

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu cara untuk menyambung dua buah benda logam dengan cara kedua benda tersebut dipanaskan dan disambungkan.

2.6.1 Metode pengelasan

Berdasarkan klasifikasi ini pengelasan dapat dibagi dalam tiga kelas utama yaitu:

- a. Pengelasan tekan yaitu cara pengelasan yang sambungannya dipanaskan dan kemudian ditekan hingga menjadi satu.
- b. Pengelasan cair yaitu ruangan yang hendak disambung (kampuh) diisi dengan suatu bahan cair sehingga dengan waktu yang sama tepi bagian yang berbatasan mencair, kalor yang dibutuhkan dapat dibangkitkan dengan cara kimia atau listrik.
- c. Pematrian yaitu cara pengelasan yang sambungannya diikat dan disatukan dengan menggunakan paduan logam yang mempunyai titik cair rendah. Dalam cara ini logam induk turut mencair.

2.6.2 Kampuh las

Agar perlakuan las dapat memperoleh kampuh yang baik dengan pelekatan / pelelehan yang baik terhadap benda kerja yang dilas maka sebaiknya:

- a. Pelat dengan ketebalan $\leq 2,5$ mm dapat diletakkan menjadi satu terhadap yang lain dan disambung dengan satu sisi.
- b. Pelat dengan ketebalan $\geq 2,5$ mm dapat dilas dengan diberi ruang antara 1-5 mm dan las dua sisi sebaiknya terlebih dahulu diberi tepi miring pada pelat dengan jalan mengetam atau mengefrais atau dapat juga menggunakan dengan pembakar potong (proses persiapan tepi).
- c. Tidak semua bahan yang mampu untuk dilas dan dapat dihandalkan serta dapat dibuat dengan tujuan yang dikehendaki, baik dari segi kekuatan maupun ketangguhan.

2.6.3 Beberapa faktor penting untuk mengetahui bahan yang dapat dan mampu dilas:

1. Sifat fisik dan sifat kimia bahan untuk bagian hendak dilas termasuk (cara pengelasan, metode pemberian bentuk dan perlakuan panas).

2. Tebal bagian yang akan disambung, dimensi dan kekuatan konstruksi yang hendak dibuat.
3. Teknologi metode las yaitu sifat dan susunan elektroda, urutan pengelasan, perlakuan panas yaitu sebelum, selama, dan setelah pengelasan serta temperatur pada waktu pengelasan dilakukan.

2.6.4 Perhitungan Kekuatan Las

Sambungan las dengan menggunakan las pada konstruksi rangka banyak mengalami tegangan, terutama tegangan lentur dan tegangan geser. Oleh karena itu perlu adanya perhitungan pada daerah sambungan yang dirasa kritis, sehingga diperoleh konstruksi rangka yang kuat untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada rangka adalah sebagai berikut (Niemen, 1999).

- a. Menentukan momen lentur

$$Mb = F \cdot \gamma \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan:

Mb = momen lentur (N.mm)

F = gaya (N)

γ = panjang benda yang mendapat beban kegaris normal (mm)

- b. Menentukan tegangan normal dalam kampuh

$$\sigma' = \frac{Mb}{I_{total}} \cdot y \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

σ' = Tegangan normal

Mb = momen lentur (N.mm)

I_{total} = Momen inersia (mm⁴)

y = Panjang benda kerja yang mendapat beban ke garis normal (mm)

- c. Menentukan tegangan geser dalam kampuh

$$\tau' = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang kampuh (mm²)

d. Menentukan resultan

$$\sigma v' = \sqrt{(\sigma')^2 + [1,8. (\tau')^2]} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan:

σv = Tegangan resultan (N/mm²)

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm²)

e. Pengujian persyaratan kekuatan las

$$\sigma v' < \sigma' \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan:

$\sigma v'$ = Tegangan resultan (N/mm²)

τ' = Tegangan geser dalam kampuh (N/mm²)

2.7 Bata Tahan Api

Batu tahan api yang digunakan untuk dapur peleburan jenis *muffle furnace* ini adalah bata tahan api yang memiliki sifat-sifat dibawah ini (Sudjana,2008) :

1. Tidak melebur pada suhu yang tinggi.
2. Sanggup menahan lanjutan panas yang tiba-tiba ketika pembebanan suhu.
3. Tidak hancur dibawah pengaruh tekanan yang tinggi ketika digunakan pada suhu yang tinggi.
4. Mempunyai koefisien termal yang rendah sehingga dapat memperkecil panas yang terbuang.

Bahan bata tahan api diklasifikasikan dalam beberapa jenis, yaitu golongan basa, asam, dan netral. Pemilihan ini tergantung pada jenis dapur apa yang akan digunakan (Sudjana,2008).

Tabel 2.3 sifat-sifat bata tahan api (Alaneme dan Olenwaraju,2010)

Jenis bata tahan api	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₂ (%)	Kandungan lain (%)	PCE (°C)
Super duty	49-53	40-44	5-7	1745-1760

High duty	50-80	35-40	5-9	1690-1745
Menengah	60-80	26-30	5-9	1640-1680
Low duty	60-70	23-33	6-10	1520-1595



Gambar 2.14 Batu Bata Tahan Api

2.8 Thermocouple

Termokopel (*Thermocouple*) adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek "*Thermo-electric*". Efek *Thermo-electric* pada Termokopel ini ditemukan oleh seorang fisikawan Estonia bernama *Thoma johann seeback* pada tahun 1821, dimana sebuah logam konduktor yang diberi perbedaan panas secara gradient akan menghasilkan tegangan listrik. Perbedaan tegangan listrik diantara dua persimpangan ini dinamakan dengan efek "*seeback*".

Gambar 2.15 *Thermocouple*

Dalam Gambar 2.8 Termokopel merupakan salah satu jenis sensor suhu yang paling populer dan sering digunakan dalam berbagai rangkaian ataupun

peralatan listrik dan elektronika yang berkaitan dengan suhu. Beberapa kelebihan termokopel yang membuatnya menjadi populer adalah responnya yang cepat terhadap perubahan suhu dan juga rentang suhu operasionalnya yang luas yaitu berkisar diantara -200° hingga 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas. Termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan.

2.9 Glasswool

Glasswool merupakan material insulasi yang terbuat dari serat fiberglass yang melalui proses tertentu sehingga bertekstur seperti wol/bulu domba. *Glasswool* masih banyak digunakan karena merupakan insulasi/peredam panas dan suara yang sangat baik. Produk ini mudah digunakan dan elastis sehingga mudah dipasang sesuai kebutuhan.

Glasswool banyak digunakan sebagai lapisan pada pabrik, gudang, rumah, perkantoran, kedap suara studio musik.

Cara kerja meredam panas :

1. *Glasswool* meredam panas dengan cara menyerap. Kelemahan sistem serap yaitu sangat bergantung pada ketebalan.
2. Usia *Glasswool* lebih sebentar. *Glasswool* tidak tahan air dan mudah lapuk dan disukai oleh serangga.
3. Untuk kesehatan *Glasswool* bersifat karsinogen bagi manusia jika terhirup dalam pernafasan dalam jangka waktu tertentu. Kontak langsung dengan *Glasswool* akan menimbulkan gatal dan iritasi kulit.
4. Keunggulan *Glasswool* adalah mampu meredam suara/panas karena umumnya lebih tebal.

A = luas bidang (mm²)

Δx= tebal dinding (mm)

T = suhu muka dinding (°C)

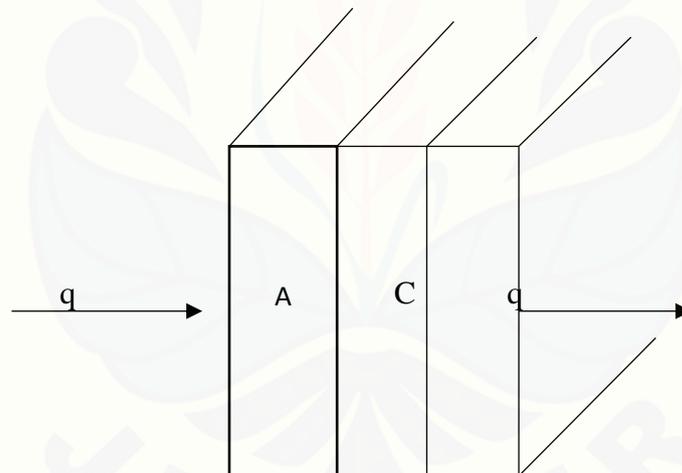
Bilamana konduktivitas termal dianggap tetap. Tebal dinding adalah Δx, T₁ dan T₂ adalah suhu muka dinding. Jika konduktivitas termal berubah menurut hubungan linier dengan suhu, seperti

$$k = k_0 (1\beta T) \dots\dots\dots (2.16)$$

maka persamaan aliran kalor menjadi

$$q = \frac{kA}{\Delta x} = \left[(T_2 - T_1) + \frac{\beta}{2}(T_2^2 - T_1^2) \right] \dots\dots\dots (2.17)$$

jika dalam sistem itu terdapat lebih dari satu macam bahan, seperti dalam hal dinding lapis rangkap pada Gambar 2.10 , analisisnya akan menjadi sebagai berikut:



Gambar 2.17 Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit

Suhu (*temperature gradient*) pada ketiga bahan ialah seperti tergambar itu, aliran kalor dapat dituliskan sebagai berikut(J.P Holman hal:27) :

$$q = -k_A A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_A} = -k_B B \frac{T_3 - T_2}{\Delta x_B} = -k_C C \frac{T_4 - T_3}{\Delta x_C} \dots\dots\dots (2.18)$$

perlu diingat bahwa aliran kalor pada setiap bagian itu mesti sama.

Dalam sistem dua dimensi, dimana terlibat hanya dua batas suhu, kita dapat mendefinisikan faktor bentuk konduksi (*conduction shape factor*) S sehingga

$$q = kS \Delta T_{menyeluruh} \dots\dots\dots (2.19)$$

Nilai S untuk beberapa bentuk geometri sudah ditentukan, sebagaimana dirangkumkan dalam daftar 3.1. Rangkuman yang sangat kompeherensif tentang faktor bentuk untuk berbagai bentuk geometri diberikan oleh *Hahne* dan *Grigull* (J.P Holman hal: 74).

Pada dinding tiga dimensi, seperti dalam tanur, misalnya, digunakan faktor bentuk yang berbeda untuk menghitung aliran kalor di bagian-bagia sudut dan tepi. Jika semua dimensi dalam lebih besar dari seperlima tebal dinding, maka :

$$S_{dinding} = \frac{A}{L} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$S_{tepi} = 0,54D \dots\dots\dots (2.21)$$

$$S_{sudut} = 0,15L \dots\dots\dots (2.22)$$

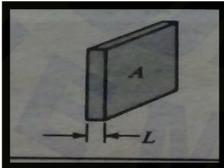
Dimana :

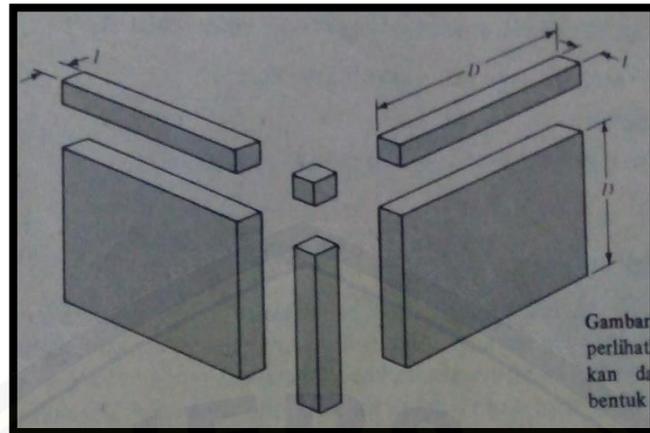
A = luas dinding (cm²)

L = tebal dinding (cm²)

D = panjang tepi (cm)

Tabel 2.4 Faktor bentuk konduksi

Sistim fisis	Skema	Faktor bentuk	Batasan
Dinding datar		$\frac{A}{L}$	Aliran kalor satu dimensi



Gambar 2.18 Bagan untuk memperlihatkan dimensi yang digunakan dalam menghitung faktor bentuk tiga dimensi

Dimensi-dimensi ini digambarkan pada Gambar 2.10. Perhatikan faktor bentuk per satuan kedalaman diberikan oleh perbandingan M/N bila kita menggunakan metode bujur sangkar kurvilinier dalam perhitungan dalam perhitungan (J.P Holman hal:77)

2.10.2 Perpindahan Kalor Secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin.

1. Sistem Konveksi Paksa (*force convection*)

Untuk mendapatkan data perencanaan, serta untuk memperoleh data-data sulit yang diperlukan untuk menambah pengertian tentang proses fisis perpindahan kalor terpaksa menggunakan cara-cara eksperimental.

Data-data eksperimental biasanya dinyatakan dalam bentuk rumus empiris atau bagan grafik yang dapat digunakan dengan generalisasi maksimal. Tetapi dalam melakukan generalisasi hasil-hasil percobaan itu dalam bentuk korelasi empiris sering dihadapkan dengan berbagai kesulitan. Jika sudah ada penyelesaian analitis, maka korelasi data itu cukup mudah, karena kita dapat meramalkan bentuk-bentuk fungsi hasilnya, dan karena itu kita dapat menggunakan data eksperimental untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta atau eksponen untuk parameter-parameter yang penting. Tetapi bagaimanapun, yang terpenting ialah pemahaman fisis dan intuisi ilmiah (J.P Holman hal:249).

2. Sistem Konveksi Alamiah (*natural convection*)

Konveksi alamiah terjadi karena proses pemanasan, berubah densitasnya (kerapatannya), dan bergerak naik (J.P Holman hal:295).

a) Lapisan batas termal

Sebagaimana lapisan batas hidromik kita definisikan sebagai daerah aliran di mana gaya-gaya viskos diraskan, lapisan batas termal kita definisikan sebagai daerah di mana terdapat gradien suhu dalam aliran. Gradien suhu itu adalah akibat proses pertukaran kalor antara fluida dan dinding.

Pada Gambar 2.12, suhu dinding ialah T_w , dan suhu fluida diluar lapisan batas termal ialah T_∞ , sedang tebal lapisan termal ialah δt . Pada dinding, kecepatan adalah nol, dan perpindahan kalor ke fluida berlangsung secara konduksi. Jadi fluks kalor setempat per satuan luas, q'' , adalah

$$\frac{q}{L} = q'' = -k \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{\text{dinding}} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$q'' = h(T_w - T_\infty) \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana h ialah koefisien perpindahan kalor konveksi. Dengan menggabungkan kedua persamaan itu, di dapatkan

$$h = \frac{-k \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_{\text{dinding}}}{T_w - T_\infty} \dots\dots\dots (2.25)$$

sehingga hanya perlu menemukan gradien suhu pada dinding untuk menilai koefisien perpindahan kalor. Hal ini bahwa harus mendapatkan suatu persamaan tentang distribusi suhu.

b) Rumus Empiris untuk Konveksi Bebas

Koefisien perpindahan kalor konveksi bebas rata-rata untuk berbagai situasi, dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi berikut :

$$\overline{Nu}_f = C (Gr_f Pr_f)^m \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana subskrip f menunjukkan bahwa sifat-sifat untuk gugus tak berdimensi dievaluasi pada suhu film

$$T_f = \frac{T_\infty + T_w}{2} \dots\dots\dots (2.27)$$

Produk perkalian antara angka Grashof dan angka Prandtl disebut angka Rayleigh:

$$Ra = Gr Pr \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimensi karakteristik yang digunakan dalam angka Nusselt dan angka Grashof bergantung pada geometri soal itu. Untuk plat vertikal hal itu ditentukan oleh tinggi plat L.

Tabel 2.5 Konstanta Persamaan Untuk Permukaan Isotermal (J.P Holman hal: 304)

Geometri	$Gr_f Pr_f$	C	m
Permukaan atas plat panas atau permukaan bawah plat dingin	$2 \times 10^4 - 8 \times 10^6$	0,54	$\frac{1}{4}$
Permukaan atas plat panas atau permukaan baah plat dingin	$8 \times 10^6 - 10^{11}$	0,15	$\frac{1}{4}$
Permukaan bawah plat panas atau permukaan atas plat dingin	$10^5 - 10^{11}$	0,27	$\frac{1}{4}$
Silinder vertikal Tinggi = diameter Panjang karakteristik	$10^4 - 10^6$	0,775	0,21
Benda padat tak teratur, panjang Karakteristik = jarak yang ditempuh partikel fluida dalam lapisan batas	$10^4 - 10^9$	0,52	$\frac{1}{4}$

c) Persamaan Sederhana Untuk Udara

Persamaan-persamaan sederhana untuk koefisien perpindahan kalor dari berbagai permukaan ke udara pada tekanan atmosfer dan suhu sedang (moderat) diberikan pada tabel 2.6. hubungan-hubungan itu dapat dilanjutkan

untuk tekanan yang lebih tinggi atau lebih rendah dengan mengalihkan dengan faktor-faktor berikut:

$$\left(\frac{p}{101,32}\right)^{1/2} \text{ untuk kasus laminar} \quad \left(\frac{p}{101,32}\right)^{2/3} \text{ untuk kasus turbulen}$$

Tabel 2.6 Persamaan-persamaan sederhana untuk konveksi bebas dari berbagai permukaan ke udara pada tekanan atmosfer, disesuaikan dari tabel 2.5 (J.P Holman hal: 315).

Permukaan	Laminar $10^4 < 4 Gr_f Pr_f < 10^0$	Turbulen $Gr_f Pr_f < 10^0$
Plat panas menghadap ke atas atau plat dingin menghadap ke bawah	$h = 1,32 \left(\frac{\Delta T}{L}\right)^{1/4}$	$h = 1,52 (\Delta T)^{1/3}$
Plat panas menghadap ke bawah atau plat dingin menghadap ke atas	$h = 0,59 \left(\frac{\Delta T}{L}\right)^{1/4}$	

dimana :

h = koefisien perpindahan kalor, $W/m^2 (^\circ C)$

$\Delta T = T_\infty - T_\infty (^\circ C)$

L = dimensi vertikal atau horizontal (m)

d = diameter (m)

2.9 Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia antara bahan bakar dan oksigen yang menghasilkan energi berupa panas. Untuk oksidan adalah zat yang mengandung oksigen (udara bebas) yang dapat bereaksi dengan bahan bakar. Komponen udara bebas itu sendiri terdiri dari oksigen (O_2), Nitrogen (N_2), Karbondioksida (CO_2), Argon (Ar), Helium (He), Neon (Ne) dan lainnya. Dalam presentase jumlah oksigen (O_2) hanya 21% sedangkan Nitrogen (N_2) dan serta gabungan gas lainnya sekitar 79%. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar LPG (*liquified petroleum gas*) (Yudi Widodo, 2014).

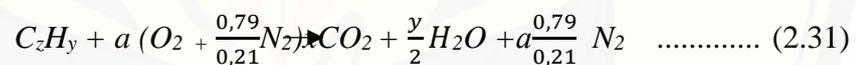
Perbandingan jumlah udara dengan bahan bakar disebut dengan *Air fuel ratio* (AFR). Perbandingan ini dapat dibandingkan baik dalam jumlah massa ataupun dalam jumlah volume.

$$AFR = \frac{mfuel}{mair} = \frac{vfuel}{Vair} \dots\dots\dots (2.29)$$

Besarnya AFR dapat diketahui dari uji coba reaksi pembakaran yang benar-benar terjadi, nilai ini disebut AFR aktual. Sedangkan AFR lainnya adaah AFR stoikiometri, merupakan AFR yang diperoleh dari persamaan reaksi pembakaran. Dari perbandingan nilai AFR tersebut dapat diketahui nilai rasio (ϕ):

$$\Phi = \frac{AFRsto}{AFRakt} \dots\dots\dots (2.30)$$

Untuk dapat mengetahui nilai AFR, maka harus dihitung jumlah keseimbangan atom C, H dan O dalam suatu reaksi pembakaran. Adapun rumus umum reaksi pembakaran yang menggunakan udara kering adalah : (Lagiyono, 2014)



2.11 Perencanaan Kerja Bangku

Dalam perencanaan rangka, langkah yang dibutuhkan adalah proses manufaktur yaitu proses perakitan. Proses perakitan adalah merupakan proses kerja yang akan dikerjakan dengan menggunakan alat yaitu :

1. Pengukuran: merupakan membandingkan besaran yang akan diukur dengan suatu ukuran pembanding yang telah tertera. Macam-macam alat ukur panjang yang sederhana yaitu:
 - a. Mistar baja
 - b. Jangka
 - c. Meteran sabuk
2. Penggoresan adalah: proses untuk memberikan garis/gambar pada benda kerja sebelum benda itu dikerjakan lebih lanjut. Supaya garis penggoresan dapat

dilihat dengan jelas maka benda kerja yang kasar dibubuhi pengolesan cairan kapur.

3. Penitik adalah: alat yang Digunakan untuk menandai titik dimana akan dilakukan pemboran. Alat ini terdiri dari kepala penitik. Ujung/kepala harus dijaga kelancipannya dengan sudut tertentu, biasanya sudut puncaknya dibuat 60° .
4. Gergaji adalah alat yang Digunakan untuk penceraian, pemotongan benda kerja dan untuk pengergajian alur dan celah-celah didalam benda kerja. Pada penuntutan gergaji dengan tepat dapat dihasilkan pemotongan yang datar, licin, serta potongan yang berukuran tepat dengan kerugian bahan yang sedikit.
5. Penggerindaan adalah suatu proses untuk mengasah benda kerja untuk membuat permukaan benda kerja menjadi lebih rata dengan menggunakan mesin gerinda. Secara umum mesin gerinda terdiri dari motor listrik, batu gerinda, poros, dan perlengkapan pendukung lainnya.

BAB 3 METODOLOGI

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

1. Mesin Gerinda
2. Mesin Bor
3. Mesin Las SMAW
4. Pelindung Mata
5. *Ear plug*
6. *Thermocouple type K*
7. Regulator dan Selang Gas
8. *Temperature control*

3.1.2 Bahan

1. Bata Tahan Api SK38 (panjang 230 mm, lebar 110 mm, tinggi 65 mm)
2. Baja ST 37 Profil Siku (40 mm x 40 mm x tebal 3 mm)
3. Plat Galvanis (1200 mm x 2400 mm x tebal 1 mm)
4. Kowi Keramik (ϕ 90 mm tinggi 30 mm)
5. Pemanas (*burner*)
6. Gas LPG 3 kg
7. Kompresor ½ HP
8. *Glasswool* (1200 mm x 1500 mm x 25 mm)
9. Engsel

Tabel 3.1 Spesifikasi Bahan (J.P Holman)

No	Bahan	k (W/m.C)
1	Bata tahan api	1,9
2	Baja ST 37 Profil Siku	43
3	Pelat galvanis	43
4	<i>Glasswool</i>	0,038
5	Udara	0,024

3.2 Waktu dan Tempat

3.2.1 Waktu

Analisa, perancangan, pembuatan dan pengujian alat dilaksanakan ± 3 bulan berdasarkan jadwal yang ditentukan.

3.2.2 Tempat

Tempat pelaksanaan rancang bangun dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas (LPG) adalah Bengkel Mobil Listrik Fakultas Teknik Universitas Jember.

3.3 Metode Pelaksanaan

3.3.1 Pencarian Data

Sebelum merencanakan perancangan dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas (LPG) dilakukan studi literatur.

3.3.2 Studi Pustaka

Sebagai penunjang dan referensi dalam pembuatan dapur pemanas antara lain adalah:

- a. Kontruksi rangka;
- b. Proses pengelasan;
- c. Proses penyusunan bata tahan api;
- d. Proses penyusunan *glasswool*;
- e. Proses instalasi bahan bakar dan pemanas;
- f. Proses penghitungan perpindahan panas.

3.3.3 Perancangan dan Perencanaan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang didapat dari literatur studi kepustakaan, maka dapat direncanakan bahan-bahan yang dibutuhkan dalam rancang bangun dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas (LPG). Dari studi pustaka tersebut dapat dirancang dapur pemanas dengan dimensi ruang bakar panjang 430 mm lebar 350 mm dan tinggi 600 mm. Dalam proyek ini proses yang akan dirancang adalah:

- a. Perencanaan konstruksi rangka;
- b. Perencanaan kebutuhan bata tahan api yang digunakan;

- c. Perencanaan kebutuhan plat yang digunakan;
- d. Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan;
- e. Proses perakitan dan *finishing*.

3.3.4 Proses Pembuatan

Proses ini merupakan proses pembuatan alat yang meliputi proses manufaktur untuk membentuk suatu alat sesuai dengan desain yang di hasilkan. Adapun macam proses manufaktur yang di lakukan dalam pembuatan dapur pemanas yaitu:

- a. Proses pemotongan material;
- b. Proses pengelasan rangka;
- c. Proses meratakan permukaan/pemotongan bata tahan api;
- d. Proses penyusunan bata tahan api.

3.3.5 Proses perakitan

Yaitu proses perakitan dapur pemanas meliputi perakitan kontruksi rangka sesuai dengan desain yang diinginkan dan penyusunan bata tahan api. Berikut langkah-langkah perakitan rangka dan penyusunan bata tahan api:

- a. Menyiapkan peralatan las dan menggunakan alat keamanan kerja (*safety*);
- b. Membersihkan benda kerja yang akan di las dari kotoran dan minyak;
- c. Mengatur letak posisi rangka sesuai dengan ukuran yang telah di tentukan;
- d. Menghubungkan massa las kepada benda kerja;
- e. Memastikan benda kerja sesuai dengan rancangan;
- f. Melakukan las titik;
- g. Memeriksa ketegak lurusan dan kelurusan benda kerja;
- h. Setelah lurus dapat di lakukan pengelasan total;
- i. Pengelasan dilakukan pada batang penumpu terlebih dahulu kemudian di lanjutkan dengan pengelasan pada kolom dan batang horizontal serta rangka sebagai dudukan bata tahan api;
- j. Menghilangkan kerak hasil pengelasan;
- k. Menyempurnakan hasil pengelasan yang kurang sempurna;
- l. Meratakan permukaan bata tahan api yang akan disusun.

3.3.6 Pengujian Rangka dan Alat

Prosedur pengujian rangka dan alat dilakukan secara visual, yaitu sebagai berikut:

- a. Melihat apakah susunan bata tahan api, *glasswool*, dan plat sudah tepat (tidak ada yang renggang);
- b. Melihat apakah sambungan las sempurna (tidak retak dan tidak patah);
- c. Melihat apakah rangka berfungsi (tidak terdefleksi, tidak patah);
- d. Melihat kesetabilan tinggi kaki (di tempatkan pada sebidang kaca);

Sedangkan dalam pengujian alat untuk mengetahui:

- a. Tidak ada panas api yang keluar melalui celah bata tahan api;
- b. Suhu yang dibutuhkan untuk melakukan perlakuan panas terhadap material/benda kerja;
- c. Kapasitas dapur pemanas;
- d. Menghitung perpindahan panas yang terjadi pada saat proses perlakuan panas.

Prosedur pengujian dapur pemanas adalah sebagai berikut:

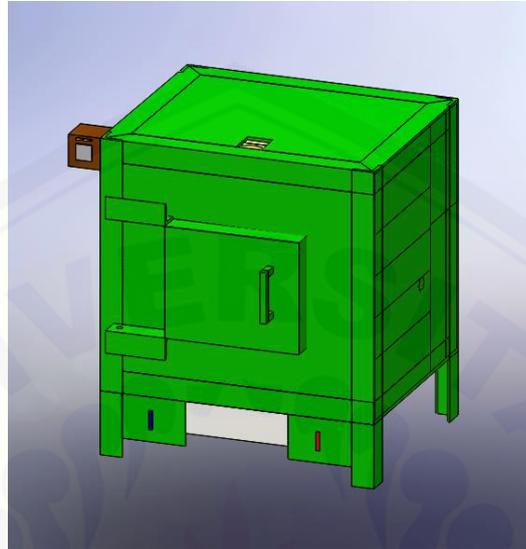
- a. Memasukkan kowi peleburan dan material ke dalam ruang bakar;
- b. Mengatur kebutuhan udara dan gas LPG untuk menyalakan api;
- c. Menyalakan api yang disebarkan melalui *burner* di dalam ruang bakar;
- d. Mengatur suhu yang di perlukan untuk melakukan perlakuan panas/pengecoran.

3.3.7 Penyempurnaan alat

Penyempurnaan alat ini dilakukan apabila terhadap pengujian terdapat masalah atau kekurangan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur tujuan dan perancangan yang dilakukan.

3.3.8 Pembuatan laporan

Pembuatan laporan proyek akhir ini dilakukan secara bertahap dari awal analisa desain, perencanaan, dan pembuatan alat dapur pemanas.



Gambar 3.1 Desain 3D *Muffle Furnace*

3.4 Diagram Alir



Gambar 3.2 Diagram Alir rancang bangun dapur pemanas (*muffle furnace*) menggunakan bahan bakar gas LPG

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian alat, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perancangan *Muffle Furnace* dapat dinyatakan secara detail dalam bentuk gambar mesin;
2. Rangka *muffle furnace* memiliki :
 - a. Dimensi rangka: panjang 430 mm x lebar 350 mm x tinggi 395 mm
 - b. Bahan rangka: baja ST37 profil siku 40 mm x 40 mm x 3 mm
 - c. Beban terbesar terdapat pada batang rangka : 128,83 kg
3. Besarnya kalor konduksi tanur yang terjadi pada alat *Muffle Furnace* di dapat sebesar 135,1197 w/m°C;
4. Lamanya waktu pengujian alat *Muffle furnace* berdasarkan pengujian memiliki rata-rata 60 menit.

5.2 Saran

Dalam pelaksanaan dan perancangan pembuatan alat masih terdapat hal-hal yang perlu disempurnakan, antara lain:

1. Spesimen yang di uji harus sesuai dengan kapasitas tanur;
2. Untuk memperoleh hasil pengujian yang baik, sebaiknya dilakukan beberapa kali percobaan agar hasil maksimal;
3. Sebaiknya menggunakan kualitas *glasswool* yang terbaik agar peredaman kalornya lebih maksimal;
4. Desain dari tanur bisa dikembangkan lebih besar untuk kapasitas peleburan yang lebih banyak.
5. Pada tutup *furnace* diberi kaca supaya mudah dalam pengamatan yang terjadi pada ruang bakar.

DAFTAR PUSTAKA

Sudjana, H., 2008, *Teknik Pengecoran Logam*, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta.

Callister, W., D., 2007, *Materials Science and Engineering*, John Wiley & Sons, Inc, United States of America

Groover, M., 2000, *Fundamental of Modern Manufacturing*, Bradley University, New York.

Akuan, A., 2009, *Tungku Peleburan Logam*, Universitas Jendral Ahmad Yani, Bandung.

G. Niemann. 1999. *Elemen Mesin jilid 1*. Jakarta: Erlangga.

Popov, E, P. 1996. *Mekanika Teknik*, Jakarta: Erlangga.

Shigley, J, P. 1994. *Perencanaan Teknik Mesin Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Sularso dan Kiyokatsu Suga (1997) *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramitha.

Muin, Syamsir. (1986). *Dasar-dasar Perencanaan dan Mesin-mesin Perkakas*. CV. Rajawali Press. Jakarta-Indonesia

Takeshi, S.G. & Sugiarto, H.N. (1999). *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO* (8th ed). Jakarta: PT. Pradnya Paramita.p

A. LAMPIRAN PERHITUNGAN

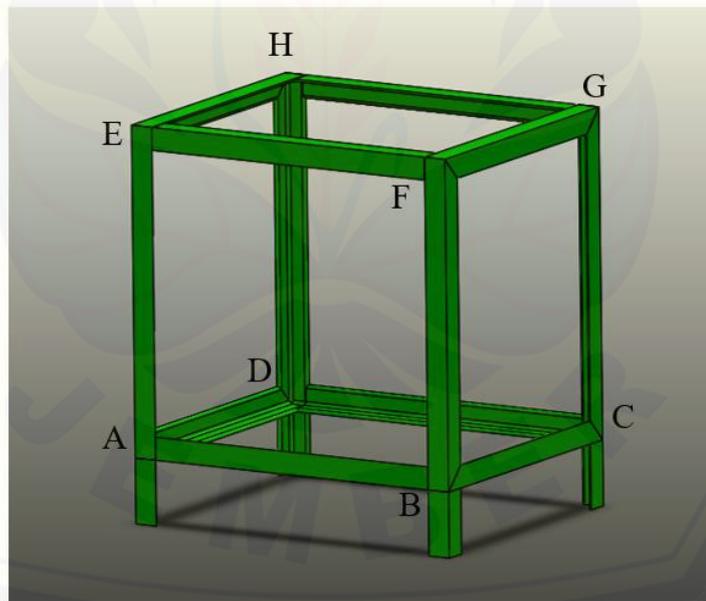
LAMPIRAN A.1 Berat Komponen *Muffle Furnace*

Data untuk perancangan rangka diperoleh dari perhitungan dasar. Perhitungan meliputi berat komponen mesin dan gaya-gaya yang dihasilkan mesin. Berat serta gaya komponen-komponen mesin adalah sebagai berikut:

- Berat Bata Tahan Api : 2,4 kg/batang
- Berat Kowi : 0,3 kg
- Berat Pintu : 4,8 kg
- Berat Pelat : 28 kg

LAMPIRAN A.2 Perencanaan Batang Penumpu

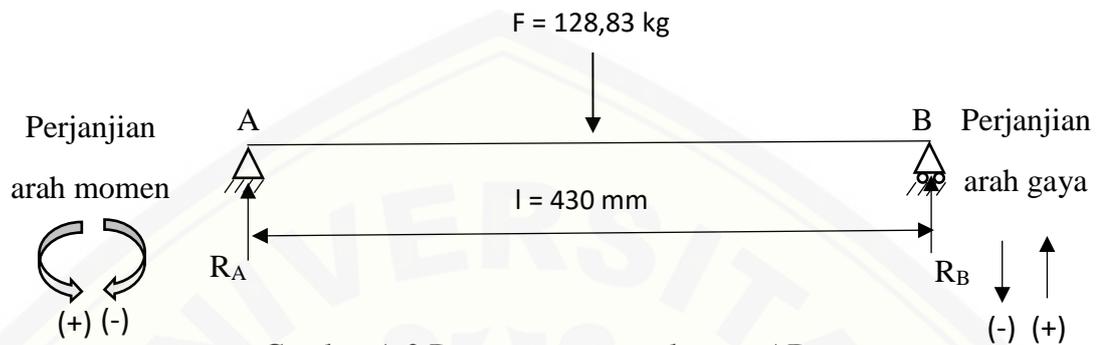
Batang penumpu dan kolom serta gaya yang dibebankan oleh komponen-komponen mesin ditunjukkan oleh gambar A.1 sebagai berikut:



Gambar A.1 Rangka *Muffle Furnace*

Perhitungan beban di atas, rangka *Muffle Furnace* (gambar A.1) yang menerima beban paling besar yakni di batang A-B sehingga perhitungan perencanaan batang penumpu beban yang direncanakan adalah batang A-B karena sudah mewakili batang rangka lainnya dengan menerima beban dari R_b sebesar 64,415 kg.

Beban yang dialami oleh rangka (lihat gambar 4.1) karena pengaruh dari beban bata tahan api merupakan batang penumpu beban merata. Maka dapat diuraikan bahwa gaya-gaya yang terjadi seperti dibawah ini :



Gambar A.2 Perancangan gaya batang AB

$$\begin{aligned}
 F_1 &= \text{Berat Bata Tahan Api (40) + Berat Pintu + Berat Kowi + Berat Pelat} \\
 &= 2,4 (40) + 4,8 + 0,03 + 28 \\
 &= 96 + 32,83 \\
 &= 128,83 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

$$\sum F = 0$$

$$R_a + R_b = 0$$

$$R_a + R_b = 128,83 \text{ kg}$$

$$\sum M_a = 0$$

$$R_b \cdot L - F \cdot a = 0$$

$$R_b \cdot 430 - 128,83 \cdot 215 = 0$$

$$R_b = \frac{27698,45}{430}$$

$$R_b = 64,415 \text{ kg}$$

$$\sum M_b = 0$$

$$R_a \cdot L - F \cdot b = 0$$

$$R_a \cdot 430 - 128,83 \cdot 215 = 0$$

$$R_a = \frac{27698,45}{430}$$

$$R_a = 64,415 \text{ kg}$$

Gambar bidang geser (F)

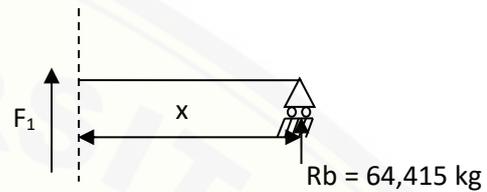
Potongan I

$$0 \leq x \leq 215$$

$$\sum F_1 = 0$$

$$F_1 + 64,415 = 0$$

$$F_1 = -64,415 \text{ kg}$$



Gambar A.3 Potongan I bidang geser batang A-B

Gambar bidang geser (F)

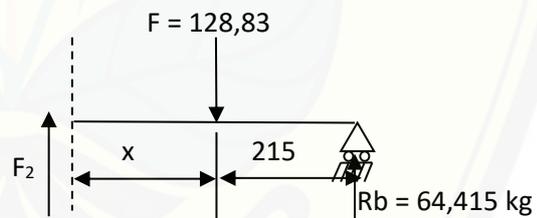
Potongan II

$$0 \leq x \leq 430$$

$$\sum F_2 = 0$$

$$F_2 + 64,415 - 128,83 = 0$$

$$F_2 = 64,415 \text{ kg}$$



Gambar A.4 Potongan II bidang geser batang A-B

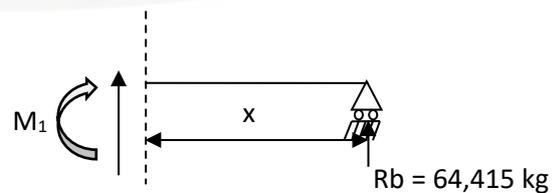
Gambar bidang momen (M)

Potongan I

$$0 \leq x \leq 215$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$M_1 = R_b \cdot x$$



Gambar A.7 Potongan I bidang geser batang A-B

$$x = 0 \quad M_2 = 64,415 \cdot 0 = 0 \text{ kg.mm}$$

$$x = 240 \quad M_2 = 64,415 \cdot 215 = 13849,225 \text{ kg.mm}$$

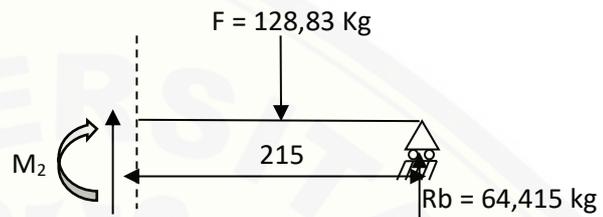
Gambar bidang momen (M)

Potongan II

$$0 \leq x \leq 430$$

$$\sum M_2 = 0$$

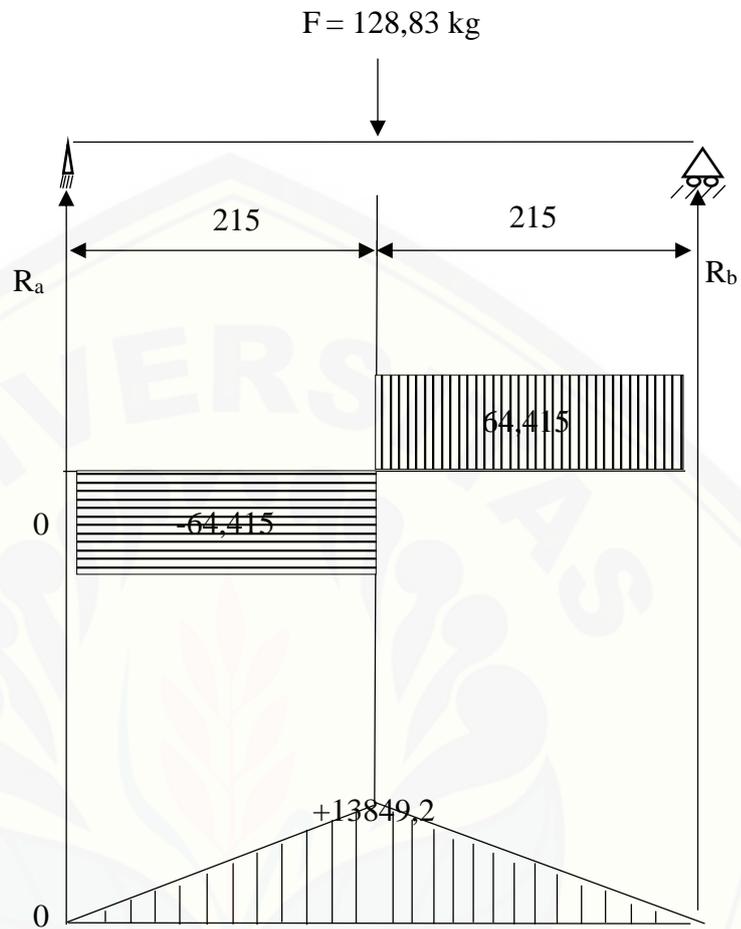
$$M_2 = R_b \cdot (x + 215) - F \cdot x$$



Gambar A.8 Potongan II bidang geser batang A-B

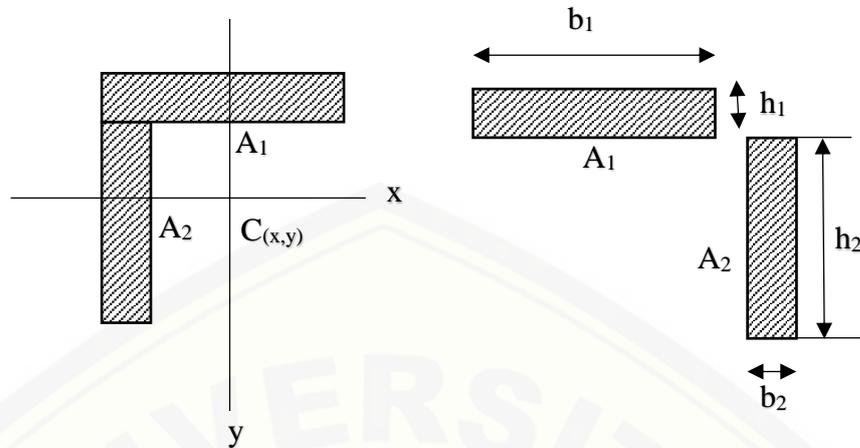
$$x = 0 \quad M_2 = 64,415 \cdot (0 + 215) - 128,83 \cdot 0 = 13849,22 \text{ kg.mm}$$

$$x = 430 \quad M_2 = 64,415 \cdot (215+215) - 128,83 \cdot 215$$

Diagram Bidang Geser dan Bidang Momen untuk A-B

Gambar A.9 Diagram bidang geser dan bidang momen

- Menentukan momen inersia



Gambar A.11 Penampang besi siku

Dimensi kampuh las:

$$b_1 = 40 \text{ mm}$$

$$h_1 = 3 \text{ mm}$$

$$b_2 = 1 \text{ mm}$$

$$h_2 = 37 \text{ mm}$$

$$M_b = 13849,22 \text{ kg}$$

$$\text{Modulus Elastisitas } (E) = 200000 \text{ N/mm}^2$$

$$x_1 = \frac{b_1}{2}$$

$$x_2 = \frac{h_1}{2}$$

$$= \frac{40}{2}$$

$$= \frac{3}{2}$$

$$= 20 \text{ mm}$$

$$= 1,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2$$

$$= 40 \text{ mm} \cdot 3 \text{ mm}$$

$$= 3 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm}$$

$$= 120 \text{ mm}^2$$

$$= 111 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{total}} = A_1 + A_2$$

$$= 120 \text{ mm}^2 + 111 \text{ mm}^2$$

$$= 231 \text{ mm}^2$$

$$Ix_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12}$$

$$Ix_1 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$Ix_1 = \frac{40 \cdot 3^3}{12}$$

$$Ix_1 = \frac{3 \cdot 37^3}{12}$$

$$Ix_1 = 90 \text{ mm}^4$$

$$Ix_1 = 4920,75 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{x1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\ &= 90 + (20^2 \cdot 120) \\ &= 90 + 48000 \\ &= 48090 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_{x2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\ &= 4920,75 + (1,5^2 \cdot 111) \\ &= 4943,25 + 249,75 \\ &= 5170,5 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\ &= 48090 + 5170,5 \\ &= 53260,5 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Menentukan Centroid ($C_{(x,y)} = x^1$)

$$x^1 = \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)}{A_1 + A_2}$$

$$x^1 = \frac{(120 \cdot 20) + (111 \cdot 1,5)}{120 + 111}$$

$$x^1 = \frac{2566,5}{231}$$

$$x^1 = 11,11 \text{ mm}$$

Tegangan yang terjadi pada rangka material ST-37 profil siku sama kaki ukuran 40 mm x 40 mm x 3 mm:

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{max}} &= \frac{M_b}{I} \times C_{(x,y)} \\ &= \frac{13849,22}{53260,5} \times 11,11 \end{aligned}$$

$$= 0,26 \times 11,11$$

$$\sigma_{\text{max}} = 2,88 \text{ kg/mm}^2$$

Bahan rangka menggunakan ST-37 profil siku. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh yakni tegangan leleh (σ_m) = 120 Mpa, tegangan batas (σ_u) = 140 – 410 Mpa, faktor keamanan (n) = 1,67.

➤ Menentukan tegangan izin:

$$\begin{aligned}\sigma_{izin} &= \frac{\sigma_u}{n} \\ &= \frac{140}{1,67}\end{aligned}$$

$$\sigma_{izin} = 8,83 \text{ Mpa} = 8,50 \text{ kg/mm}^2$$

Nilai yang diperoleh telah sesuai syarat yaitu $\sigma_{izin} = 8,50 \text{ kg/mm}^2 \geq \sigma_{max} = 2,88 \text{ kg/mm}^2$, maka ukuran batang yang diperlukan 40 mm x 40 mm x 3 mm mampu menahan beban alat.

LAMPIRAN A.3 Perencanaan Kolom

Bahan kolom menggunakan ST-37 profil siku. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh tegangan leleh (σ_m) = 120 Mpa, tegangan batas (σ_u) = 140 – 410 Mpa, faktor keamanan (n) = 1,67.

➤ Menentukan tegangan izin:

$$\begin{aligned}\sigma_{izin} &= \frac{\sigma_u}{n} \\ &= \frac{140}{1,67}\end{aligned}$$

$$\sigma_{izin} = 8,83 \text{ Mpa} = 8,50 \text{ kg/mm}^2.$$

➤ Beban kritis (P_{cr}) yang diterima oleh kolom adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L^2}$$

$$P_{cr} = \frac{(3,14)^2 \cdot 200000 \text{ N/mm}^2 \cdot 53260,5 \text{ mm}^4}{4(100)^2}$$

$$P_{cr} = 2625636,12 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 262563,612 \text{ kg}$$

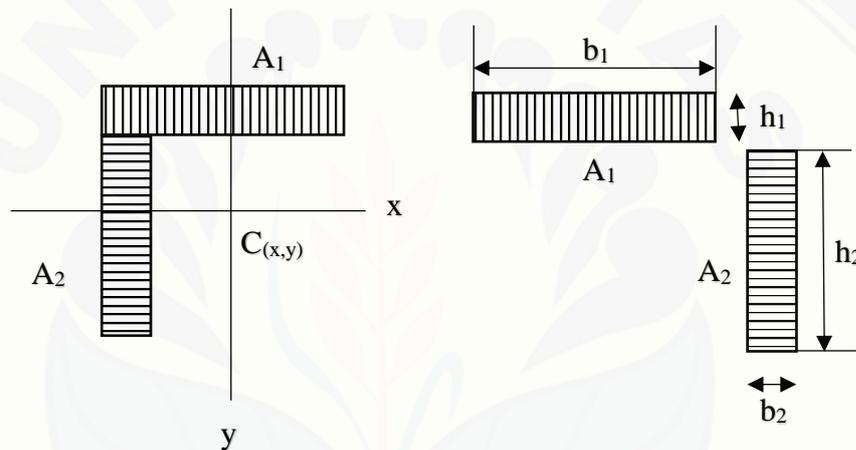
Berdasarkan hasil perancangan rangka $P_{cr} = 262563,612 \text{ kg} \geq P = 64,415 \text{ kg}$, berarti telah sesuai syarat.

LAMPIRAN A.4 Perancangan Las

Bahan kolom menggunakan ST-37 profil siku. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh tegangan leleh (σ_m) = 120 Mpa, tegangan batas (σ_u) = 140 – 410 Mpa, factor keamanan (n) = 1,67.

$$M_b = 13849,225 \text{ kg}$$

Menentukan momen inersia



Gambar A.12 Penampang kampuh las

Dimensi kampuh las:

$$b_1 = 40 \text{ mm}$$

$$h_1 = 1 \text{ mm}$$

$$b_2 = 1 \text{ mm}$$

$$h_2 = 39 \text{ mm}$$

$$x_1 = \frac{b_1}{2}$$

$$x_2 = \frac{h_1}{2}$$

$$= \frac{40}{2}$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$= 20 \text{ mm}$$

$$= 0,5 \text{ mm}$$

$$A_1 = b_1 \cdot h_1$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2$$

$$= 40 \text{ mm} \cdot 1 \text{ mm}$$

$$= 1 \text{ mm} \cdot 39 \text{ mm}$$

$$= 40 \text{ mm}^2$$

$$= 39 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} rA_{\text{total}} &= A_1 + A_2 \\ &= 40 \text{ mm}^2 + 39 \text{ mm}^2 \\ &= 79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Ix_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12}$$

$$Ix_1 = \frac{40 \cdot 1^3}{12}$$

$$Ix_1 = 3,33 \text{ mm}^4$$

$$Ix_1 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12}$$

$$Ix_1 = \frac{1 \cdot 39^3}{12}$$

$$Ix_1 = 4943,25 \text{ mm}^4$$

- Menentukan momen inersia total

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{x1} + (x_1^2 \cdot A_1) \\ &= 3,33 + (20^2 \cdot 40) \\ &= 3,33 + 16000 \\ &= 16033,33 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= I_{x2} + (x_2^2 \cdot A_2) \\ &= 4943,25 + (0,5^2 \cdot 39) \\ &= 4943,25 + 9,75 \\ &= 4953 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{tot}} &= I_1 + I_2 \\ &= 16033,33 + 4953 \\ &= 20986 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Menentukan Centroid ($C_{(x,y)} = x^1$)

$$x^1 = \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)}{A_1 + A_2}$$

$$x^1 = \frac{(40 \cdot 20) + (39 \cdot 0,5)}{40 + 39}$$

$$x^1 = \frac{819,5}{79}$$

$$x^1 = 10,37 \text{ mm}$$

Jenis elektroda yang digunakan adalah AWS E6013 dengan diameter 2,6 mm. Hasil pengelasan elektroda jenis ini memiliki kekuatan tarik 47,1 kg/mm² dan perpanjangan 17%, tegangan geser yang diizinkan adalah 0,3 kali kekuatan tarik elektroda dengan F = 128,83 kg, tegangan tarik dan lentur yang diizinkan untuk kampuh las (σ'_{zul}) = 13,5 kg/mm²

Pada rancangan ini didapat:

- Menentukan tegangan normal dalam kampuh las

$$\sigma' = \frac{M_b}{I} C_{(x,y)}$$

$$\sigma' = \frac{13849,225 \text{ kg.mm}}{20986 \text{ mm}^2} \cdot 10,37 \text{ mm}$$

$$\sigma' = 6,843 \text{ kg/mm}^2$$

- Menentukan tegangan geser dalam kampuh las

$$\tau' = \frac{F}{A}$$

$$\tau' = \frac{128,83}{79}$$

$$\tau' = 1,6307 \text{ kg/mm}^2$$

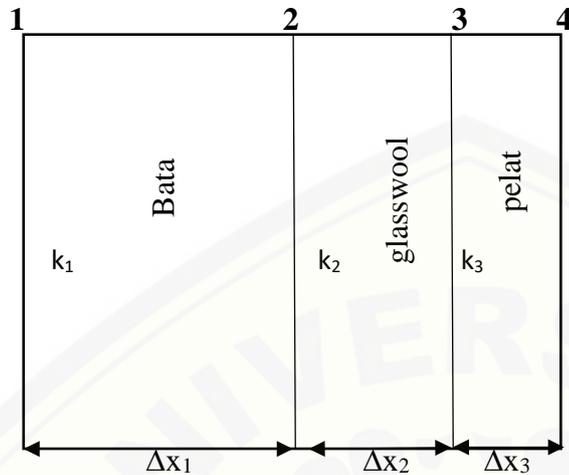
- Pengujian kekuatan sambungan las

$$\sigma'_{zul} \geq \sigma' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 6,843 \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau'_{zul} \geq \tau' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 1,6307 \text{ kg/mm}^2$$

Jadi dengan hasil perhitungan diatas, beban total yang diterima oleh kampuh las tersebut aman untuk sambungan konstruksi.

LAMPIRAN A.5 Perhitungan konduksi Tanur



➤ Kalor yang mengalir pada sisi samping kanan dan kiri

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_2}{k_2 A} + \frac{\Delta x_3}{k_3 A}}$$

$$q = \frac{700 - 25}{\frac{0,11}{1,9(0,23 \cdot 0,165)} + \frac{0,02}{0,038(0,23 \cdot 0,165)} + \frac{0,001}{43(0,23 \cdot 0,165)}}$$

$$q = \frac{675}{\frac{0,11}{0,072105} + \frac{0,02}{0,0014421} + \frac{0,001}{1,63185}}$$

$$q = \frac{675}{1,526 + 13,868 + 0,00061}$$

$$q = \frac{675}{15,39461}$$

$$q = 43,846 \text{ W/m}^0\text{C}$$

➤ Kalor yang mengalir pada belakang dan depan

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_2}{k_2 A} + \frac{\Delta x_3}{k_3 A}}$$

$$q = \frac{700 - 25}{\frac{0,11}{1,9(0,2 \cdot 0,165)} + \frac{0,02}{0,038(0,2 \cdot 0,165)} + \frac{0,001}{43(0,2 \cdot 0,165)}}$$

$$q = \frac{675}{\frac{0,11}{0,0627} + \frac{0,02}{0,001254} + \frac{0,001}{1,419}}$$

$$q = \frac{675}{1,7543+15,949+0,000704}$$

$$q = \frac{675}{17,704}$$

$$q = 38,127 \text{ W/m}^0\text{C}$$

➤ **Kalor yang mengalir pada sisi atas dan bawah**

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_1}{k_1 A} + \frac{\Delta x_1}{k_1 A}}$$

$$q = \frac{700 - 25}{\frac{0,11}{1,9(0,2 \cdot 0,23)} + \frac{0,02}{0,038(0,2 \cdot 0,23)} + \frac{0,001}{43(0,2 \cdot 0,23)}}$$

$$q = \frac{675}{\frac{0,11}{0,0874} + \frac{0,02}{0,001748} + \frac{0,001}{1,978}}$$

$$q = \frac{675}{1,2586+11,4416+0,00050}$$

$$q = \frac{675}{12,7007}$$

$$q = 53,1467 \text{ W/m}^0\text{C}$$

➤ **Kalor total yang mengalir pada Tanur**

$$q = q \text{ samping (2)} + q \text{ atas (2)} + q \text{ belakang (2)}$$

$$= 43,846 \text{ W/m}^0\text{C} + 38,127 \text{ W/m}^0\text{C} + 53,1467 \text{ W/m}^0\text{C}$$

$$= 135,1197 \text{ W/m}^0\text{C}$$

LAMPIRAN B. TABEL

TABEL B.1 SIFAT-SIFAT MEKANIS

Bahan	Tegangan leleh σ_y		Tegangan batas σ_u		Persen pemanjangan (panjang ukuran 50 mm)
	ksi	MPa	ksi	MPa	
Aluminium (murni)	3	20	10	70	60
Aluminium campuran	5 - 70	35 - 500	15 - 80	100 - 550	1 - 45
2014 - T6	60	410	70	480	13
6061 - T6	40	270	45	310	17
7075 - T6	70	480	80	550	11
Kuningan	10 - 80	70 - 550	30 - 90	200 - 620	4 - 60
Kuningan merah (80% Cu, 20% Zn); keras	70	470	85	590	4
Kuningan merah (80% Cu, 20% Zn); lunak	13	90	43	300	50
Kuningan naval ; keras	60	410	85	590	15
Kuningan naval ; lunak	25	170	59	410	50
Batu-bata (tekan)			1 - 10	7 - 70	
Perunggu	12 - 100	82 - 690	30 - 120	200 - 830	5 - 60
Perunggu mangan ; keras	65	450	90	620	10
Perunggu mangan ; lunak	25	170	65	450	35
Besi tuang (tarik)	17 - 42	120 - 920	10 - 70	69 - 480	0 - 1
Besi tuang kelabu	17	120	20 - 60	140 - 410	0 - 1
Besi tuang (tekan)			50 - 200	340 - 1.400	
Beton (tekan)			1,5 - 10	10 - 70	
Kekuatan-rendah			2	14	
Kekuatan-sedang			4	28	
Kekuatan-tinggi			6	41	
Tembaga					
Keras-ditarik	48	330	55	380	10
Lunak (dilunakkan)	8	55	33	230	50
Tembaga berillium	110	760	120	830	4
Kaca			5 - 150	30 - 1.000	
Kaca datar			10	70	
Serat kaca			1.000 - 3.000	7.000 - 20.000	
Magnesium (murni)	3 - 10	20 - 70	15 - 25	100 - 170	5 - 15
Campuran	12 - 40	80 - 280	20 - 50	140 - 340	2 - 20
Monel (67% Ni, 30% Cu)	25 - 160	170 - 1.100	65 - 170	450 - 1.200	2 - 50
Nikel	20 - 90	140 - 620	45 - 110	310 - 760	2 - 50
Nilon			6 - 10	40 - 70	50
Karet	0,2 - 1,0	1 - 7	1 - 3	7 - 20	100 - 800
Baja					
Kekuatan tinggi	50 - 150	340 - 1.000	80 - 180	550 - 1.200	5 - 25
Mesin	50 - 100	340 - 700	80 - 125	550 - 860	5 - 25
Pegas	60 - 240	400 - 1.600	100 - 270	700 - 1.900	3 - 15
Tahan-karat	40 - 100	280 - 700	60 - 150	400 - 1.000	5 - 40
Alat	75	520	130	900	8
Baja, struktural	30 - 100	200 - 700	50 - 120	340 - 830	10 - 40
ASTM-A36	36	250	60	400	30
ASTM-A572	50	340	70	500	20
ASTM-A514	100	700	120	830	15
Kawat baja	40 - 150	280 - 1.000	80 - 200	550 - 1.400	5 - 40
Batu (tekan)					
Granit			10 - 40	70 - 280	
Batu-kapur			3 - 30	20 - 200	
Marmer			8 - 25	50 - 180	
Titanium (murni)	60	400	70	500	25
Campuran	110 - 130	760 - 900	130 - 140	900 - 970	10
Tungsten			200 - 600	1.400 - 4.000	0 - 4
Kayu					
Ash	6 - 10	40 - 70	8 - 14	50 - 100	
Douglas fir	5 - 8	30 - 50	8 - 12	50 - 80	
Ek (Oak)	6 - 9	40 - 60	8 - 14	50 - 100	
Cemara (southern pine)	6 - 9	40 - 60	8 - 14	50 - 100	
Kayu (tekan, sejajar dengan serat)					
Ash	4 - 6	30 - 40	5 - 8	30 - 50	
Douglas fir	4 - 8	30 - 50	6 - 10	30 - 50	
Ek (Oak)	4 - 6	30 - 40	5 - 8	30 - 50	
Cemara (southern pine)	4 - 8	30 - 50	6 - 10	40 - 70	
Besi tempa	30	210	50	340	35

Sumber : Gere & Timoshenko.1996. *Mekanika Bahan jilid 1*.Erlangga.Jakarta

TABEL B.2 KONVERSI DARI SATUAN YANG BIASA DI AS KE SATUAN SI

Satuan yang biasa di AS	Faktor konversi pengali		Sama dengan satuan SI		
	Teliti	Praktis			
Percepatan					
kaki per detik kuadrat	kaki /det ²	0.3048*	0.305	Meter per detik kuadrat	m/det ²
inci per detik kuadrat	inci/det ²	0.0254*	0.0254	Meter per detik kuadrat	m/det ²
Luas					
kaki kuadrat	kaki ²	0.09290304*	0.0929	Meter kuadrat	m ²
Inci kuadrat	inci ²	645.16*	645	Milimeter kuadrat	mm ²
Kerapatan (massa)					
Slug per kaki kubik	slug/kaki ³	515.379	515	Kilogram per meter kubik	kg/m ³
Energi, kerja					
Kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	joule	J
Kilowatt-jam	kWh	3.6*	3.6	Megajoule	MJ
Satuan panas Inggris	Btu	1055.06	1055	Joule	J
Gaya					
Pon	lb	4.44822	4.45	Newton	N
Kip (1000 pon)	k	4.44822	4.45	Kilonewton	kN
Intensitas cahaya					
Pon per kaki	lb/kaki	14.5939	14.6	Newton per meter	N/m
Kip per kaki	k/kaki	14.5939	14.6	Kilonewton per meter	kN/m
Panjang					
Kaki	kaki	0.3048*	0.305	Meter	m
Inci	inci	25.4*	25.4	Milimeter	mm
Mil		1.609344*	1.61	Kilometer	km
Massa					
Slug		14.5939	14.6	Kilogram	kg
Momen gaya; torca					
Kaki-pon	kaki-lb	1.35582	1.36	Newton meter	Nm
Inci-pon	inci-lb	0.112985	0.113	Newton meter	Nm
Kaki-kip	kaki-k	1.35582	1.36	Kilonewton meter	kN-m
Inci-kip	inci-k	0.112985	0.113	Kilonewton meter	kN-m
Momen inersia (massa slug kaki kuadrat)		1.35582	1.36	Kilogram meter kuadrat	kg-m ²
Momen inersia (momen kedua arid luas)					
Inci pangkat empat	inci ⁴	416,231	416,000	Milimeter pangkat empat	mm ⁴
Inci pangkat empat	inci ⁴	0.416231 × 10 ⁻⁶	0.416 × 10 ⁻⁶	Meter pangkat empat	m ⁴
Daya					
Kaki-pon per detik	kaki-lb/det	1.35582	1.36	Watt	W
Kaki-pon per menit	kaki-lb/menit	0.0225970	0.0226	Watt	W
Daha kuda (550 kaki-pon per detik)	hp	745.701	746	Watt	W
tekanan; tegangan					
pon per kaki kuadrat	lb/kaki ²	47.8803	47.9	Pascal	Pa
pon per inci kuadrat	lb/inci ²	6894.76	6890	Pascal	Pa
kip per kaki kuadrat	k/kaki ²	47.8803	47.9	Kilopascal	kPa
kip per inci kuadrat	k/inci ²	6894.76	6890	Kilopascal	kPa
Modulus tampang					
Inci pangkat tiga	inci ³	16,387.1	16,400	Milimeter pangkat tiga	mm ³
Inci pangkat tiga	inci ³	16.3871 × 10 ⁻⁶	16.4 × 10 ⁻⁶	Meter pangkat tiga	m ³
Berat spesifik (kecepatan berat)					
Pon per kaki kubik	lb/kaki ³	157.087	157	Newton per meter kubik	N/m ³
Pon per inci kubik	lb/inci ³	271.447	271	Kilonewton per meter kubik	kN/m ³
Kecepatan					
Kaki per detik	kaki/detik	0.3048*	0.305	Meter per detik	m/det
Inci per detik	inci/detik	0.0254*	0.0254	Meter per detik	m/det
Mil per jam	inci/detik	0.44704*	0.447	Meter per detik	m/det
Mil per jam	mil/jam	1.609344*	1.61	Kilometer per jam	km/jam
Volume					
Kaki kubik	kaki ³	0.0283168	0.0283	Meter kubik	m ³
Inci kubik	inci ³	16.3871 × 10 ⁻⁶	16.4 × 10 ⁻⁶	Meter kubik	m ³
Inci kubik	inci ³	16.3871	16.4	Sentimeter kubik	cm ³
Galon		3.78541	3.79	Liter	L
Galon		0.00378541	0.00379	Meter kubik	m ³

*Faktor konversi yang pasti

catatan : untuk mengkonversi Satuan SI ke satuan AS, bagilah dengan faktor konversi.

Sumber : Gere & Timoshenko.1996. *Mekanika Bahan jilid 1*.Erlangga: Jakarta.

TABEL B.3 MASSA JENIS BAHAN (ρ)(Satuan : kg/Dm³)

Bahan	Massa Jenis	Bahan	Massa Jenis
Aether (Minyak Tanah)	0,91	Gelas Cermin	2,46
Air Raksa	13,60	Gemuk	0,93
Alkohol (Bebas Air)	0,79	Gips (Bakar)	1,80
Aluminium Murni	2,58	Gips (Tuang, Kering)	0,97
Aluminium Tuang	2,60	Glycerine	1,25
Aluminium Tempa	2,75	Granit	2,50 – 3,10
Aluminium Loyang	7,70	Grafit	2,50 – 3,10
Asbes	2,10 – 2,80	Kapur (Bakar)	1,40
Aspal Murni	1,10 – 1,40	Kapur Tulis	1,80 – 2,70
Aspal Beton	2,00 – 2,50	Kaporit	2,20
Baja Tuang	7,85	Kobalt	8,50
Besi Tuang	7,25	Logam Delta	8,70
Basalt	2,70 – 3,20	Logam Putih	7,10
Batu Bara	1,40	Magnesium	1,74
Bensin	0,68 – 0,70	Mangan	7,50
Berlian	3,50	Nikel Tuang	8,28
Besi Tempa	7,60 – 7,89	Nikel Tempa	8,67
Besi Tarik	7,60 – 7,75	Perak	10,50
Besi Murni	7,88	Perunggu	8,80
Besi Vitriol	1,80 – 1,98	Platina Tuang	21,20
Bismuth	9,80	Platina Tempa	21,40
Emas	19,00 – 19,50	Tembaga Elektrolisis	8,90 – 8,95
Es	0,88 – 0,92	Tembaga Tempa	8,90 – 9,00
Fiber	1,28	Tembaga Tuang	8,80
Gabus	2,24	Timah Putih Tuang	7,25
Garam Dapur	2,15	Timah Putih Tempa	7,45
Gas Kokas	1,40	Timbal	11,35
Gelas Flint	3,70	Uranium	18,50

Sumber : Buku Teknik Sipil, Sunggono KH, 1995

TABEL B.4 TEGANGAN YANG DIJINKAN UNTUK SAMBUNGAN LAS KONSTRUKSI BAJA MENURUT DIN 4100

Kampuh	Kualitas kampuh	Tegangan	Baja			
			St 37 Beban		St 52 Beban	
			H	HZ	[N/mm ²]	H
Kampuh temu, kampuh K dengan Kampuh sudut ganda, Kampuh steg K dengan kampuh sudut ganda	Semua kualitas kampuh Bebas dari retak dan kesalahan lainnya	Tekan dan lentur	160	180	240	270
		Tarik dan lentur	160	180	240	270
Kampuh dengan kampuh sudut ganda	Kualitas kampuh tidak diketahui		135	150	170	190
Kampuh Steg-HV dengan kampuh sudut	Semua kualitas	Tekan dan lentur, tarik dan lentur, tegangan total	135	150	170	190
Kampuh-kampuh lainnya	Semua kualitas	Geser	135	150	170	190

Sumber : Niemen. 1999. *Elemen Mesin jilid 1*. Erlangga: Jakarta.

TABEL B.5. SPESIFIKASI ELEKTRODA TERBUNGKUS DARI BAJA LUNAK (AWS A5.1-64T)

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis fluks	Posisi pengelasan	Jenis listrik	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Kekuatan luluh (kg/mm ²)	Perpanjangan (%)
Kekuatan tarik terendah kelompok E 60 setelah dilaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm ²						
E 6010....	Natrium selulosa tinggi	F,V,OH,H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6011....	Kalium selulosa tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E 6012....	Natrium titania tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas lurus	47,1	38,7	17
E 6013....	Kalium titania tinggi	F,V,OH,H	AC/DC polaritas ganda	47,1	38,7	17
E 6020....	Oksida besi tinggi	{ H-S F	AC/DC polaritas lurus AC/DC polaritas ganda	43,6	35,2	25
E 6027....	Serbuk besi, oksida besi	{ H-S F	AC/DC polaritas lurus AC/DC polaritas ganda	43,6	35,2	25

Sumber : Wiryasumarto, Toshie Okumura. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Pradnya Paramita :Jakarta.

TABEL B.6. Sifat-sifat Udara pada Tekanan Atmosfer

T. ⁰ K	P Kg/m ³	C_p Kj/Kg. ⁰ C	M Kg/m. ⁸ x10 ⁵	V m ² /s x 10 ⁶	K W/m. ⁰ C	α m ² /s x 10 ⁴	Pr
100	3,6010	1,0266	0,6924	1,923	0,009246	0,02501	0,770
150	2,3675	1,0099	1,0283	4,343	0,013735	0,5745	0,753
200	1,7684	1,0061	1,3289	7,490	0,01809	0,10165	0,739
250	1,4128	1,0053	1,5990	11,31	0,02227	0,15675	0,722
300	1,1774	1,0057	1,8462	15,69	0,02624	0,22160	0,708
350	0,9980	1,0090	2,075	20,76	0,03003	0,2983	0,697
400	0,8826	1,0140	2,286	25,90	0,3365	0,3760	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	31,71	0,03707	0,4222	0,683
500	0,7048	1,0295	2,671	37,90	0,04038	0,5564	0,680
600	0,5879	1,0551	3,018	51,34	0,04659	0,7512	0,680
700	0,5030	1,0752	3,332	66,25	0,05230	0,9672	0,684
800	0,4405	1,0978	3,625	82,29	0,05779	1,1951	0,689
900	0,3925	1,1212	3,899	99,3	0,06279	1,4271	0,696
1000	0,3524	1,1417	4,152	117,8	0,06752	1,6779	0,702
1500	0,2355	1,230	5,40	229,1	0,0946	3,262	0,705
2000	0,1762	1,338	6,50	369,0	0,124	5,260	0,702
2500	0,1394	1,668	7,57	7,57	0,175	7,441	0,703

Sumber : Satuan SI dari J.P Holman, "Perpindahan Kalor", Erlangga, Jakarta, 1984.

LAMPIRAN B.7 Nilai Sifat Sifat Bukan Logam.

Bahan	Suhu °C	K, W/m.°C	ρ Kg / m ³	C Kg/Kg.°C	α m ² /s x 10 ⁴
Bahan Isolasi					
Asbes :					
Ditetal longgar	-45	0,149			
	0	0,154	470-570	0,918	3,3-4
	100	0,161			
Papan asbes semen	20	0,740			
Lembaran	51	0,166			
Lakan, 40 laminasi/in	38	0,057			
	150	0,069			
	260	0,083			
20 laminasi/in	38	0,078			
	150	0,095			
	260	0,112			
Gelombang, 4 plai/in	38	0,087			
	93	0,100			
	150	0,119			
Asbes Semen	-	2,08			
Karton, gelombang	-	0,064			
Gabus butiran ulang	32	0,045	45 – 120		
Serat,papan isolasi	20	0,048	240		
WOL glass,1,5 lb/ft ³	23	0,038	24	0,7	22,6
Kapuk	30	0,035			
Magnesia, 85%	380	0,067	270		
Serbuk gergaji	23	0,059			
Serutan kayu	23	0,059			

SUMBER : Satuan SI dari J.P Holman, “Perpindahan Kalor”, 1984

LAMPIRAN B.8 Nilai Sifat-Sifat Logam

Sifat –sifat pada 20°C				Konduktifitas termal K (W / m°.C)										
Logam	ρ Kg/m ³	C Kj/Kg.°C	K W/m°C	$\alpha^{2/s} \times$ 10 ⁵	-100°C -148°F	0 °C 32°F	100 °C 212°F	200°C 392°F	300°C 572°F	400°C 752°F	600°C 111°F	800°C 1472°F	1000°C 1832°F	12 00 °C 21 92 °F
Aluminium														
murni	2,707	0,896	204	8,418	215	202	206	215	228	249				
CU,runut mg	2,787	0,883	164	6,676	126	159	182	194						
Besi Murni	7,897	0,452	73	2,034	87	73	67	62	55	48	40	36	35	36
Besi tempa 0,5 %C	7,849	0,46	59	1626		59	57	52	48	45	36	33	33	33
Baja carbon														
C = 0.5 %	7,833	0,465	54	1,474		55	52	48	45	42	35	31	29	31
= 1,0 %	7,801	0,473	43	1,172		43	43	42	40	36	33	29	28	29
= 1,5 %	7,753	0,486	36	0,970		36	36	36	35	33	31	28	28	29
Baja nikel														
Ni = 0 %	7,897	0,452	73	2,026										
= 20 %	7,933	0,46	19	0,526										
= 40 %	8,169	0,46	10	0,279										
= 80 %	8,618	0,46	35	0,872										
Nikel														
Murni (99,9%)	8,906	0,4459 0,444	90	2,266		93	83	73	64	59				
80%N, 20%Cr	8,314		12,6	0,343		12,3	13,8	15,6	17,1	18,0	22,5			
Perak		0,2340												
Sangat murni	10,52	0,2340	4,19	17,004	419	4,17	415	412						
4		0,2265		16,563										
Murni (99,9%)	10,525	0,1344	4,07	3,884	419	410	415	374	362	360				
	7,304	0,3843												
Timah murni	19,3519, 350		64	6,271	74	65,9	59	57						
Woldfram	7,144		163	4,106		116	151	142	133	126	112	76		
Seng murni			112,3		114	112	109	106	100	93				

LAMPIRAN B.9 Besaran SI Yang Digunakan Dalam Perpindahan Kalor

Besaran	Singkatan Satuan
Gaya	N (Newton)
Massa	Kg (Kilogram massa)
Waktu	S (detik)
Panjang	m (meter)
Suhu	°C atau K
Energi	J (joule)
Daya (power)	W (watt)
Konduktivitas termal	W/m.°C
Koefisien perpindahan kalor	W/m ² °C
Kalor spesifik	J/Kg °C
Fluks kalor	W/m ²

Sumber ; Satuan S1 dari J.P. Holman,"Perpindahan Kalor ". Erlangga, Jakarta 1984.

LAMPIRAN D. GAMBAR



Gambar D.1 Bahan rangka



Gambar D.2 Bata Tahan Api



Gambar D.3 Pemotongan bahan (ST-37)



Gambar D.4 Proses Pengelasan



Gambar D.5 Pemotongan Bata



Gambar D.6 Penataan Bata



Gambar D.7 Percobaan Menggunakan Pemanas



Gambar D.8 Penataan bata tahan api pada rangka



Gambar D.9 *Thermocontrol*



Gambar D.10 Proses pengecekan pemanas menggunakan *Thermogun*



Gambar D.11 Pemantik



Gambar D.12 Kompresor



Gambar D.13 Gas LPG



Gambar D.14 Rangka *Muffle Furnace*



Gambar D.15 Alat Dapur Pemanas (*Muffle Furnace*) tampak depan



Gambar D.16 Alat dapur pemanas (*muffle furnace*) tampak samping



Gambar D.17 Alat dapur pemanas (*muffle furnace*) tampak belakang



Gambar D.18 Penataan dapur pemanas (*muffle furnace*) tampak atas



Gambar D.19 Peletakkan termokopel pada ruang bakar dapur pemanas



Gambar D.20 Peletakkan kowi pada ruang bakar dapur pemanas



Gambar D.21 Bahan Pengujian (aluminium adc12)



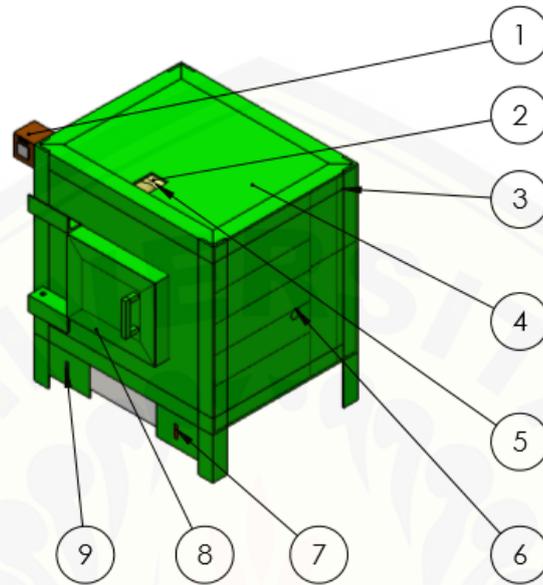
Gambar D.22 Hasil Peleburan Aluminium Di atas Kowi

LAMPIRAN C.RANCANGAN ANGGARAN BIAYA

No	Nama Bahan	Jumlah	Harga	Jumlah
1	Besi siku ST37 40x40x3 mm	1 Lonjor	Rp 55.000	Rp 55.000
2	Bata Tahan Api SK-38	40 bata	Rp 24.000	Rp 960.000
3	Glasswool	10 lembar	Rp 2.000	Rp 20.000
4	Pelat Galvanis	1 Lembar	Rp 285.000	Rp 285.000
5	Kowi Keramik	1 Buah	Rp 25.000	Rp 25.000
6	Elektroda	1 pack	Rp 55.000	Rp 55.000
7	Mata gerinda potong	5 Buah	Rp 4.500	Rp 22.500
8	Regulator Gas	1 Buah	Rp 80.000	Rp 80.000
9	Gas LPG	1 Buah	Rp 145.000	Rp 145.000
10	Selang Gas dan Kompresor	4 meter	Rp 12.500	Rp 50.000
11	Katup kran	2 Buah	Rp 20.000	Rp 40.000
12	Sambungan Selang	4 Buah	Rp 20.000	Rp 100.000
13	Kompresor ½ HP	1 Buah	Rp 650.000	Rp 600.000
14	Thermocontrol	1 Buah	Rp 645.000	Rp 645.000
15	Thermocouple Type K	1 Buah	Rp 122.000	Rp 122.000
TOTAL				Rp 3.204.500

SOP (Standart Operating Procedures)

Rancang Bangun Dapur Pemanas (*Muffle Furnace*) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG)



Gambar *Muffle furnace*

Keterangan :

- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1. <i>Thermocontrol</i> | 6. Burner |
| 2. <i>Glasswool</i> | 7. Katup Kran Udara |
| 3. Rangka | 8. Pintu <i>Muffle Furnace</i> |
| 4. Pelat | 9. Katup Kran Gas |
| 5. Bata Tahan Api | |

Berikut merupakan langkah atau prosedur mengoperasikan *muffle furnace* untuk pengoperasian 1 orang operator dengan posisi duduk;

1. Menyiapkan material yang akan dilebur/panaskan pada kowi;
2. Memastikan semua sambungan selang dari gas maupun kompresor aman dan terasmbung dengan baik;
3. Membuka pintu *muffle furnace* dan masukkan kowi ke dalam tungku;
4. Menghidupkan *temperature control* dan atur suhu yang diinginkan;
5. Membuka kran bahan bakar untuk menyalakan api;

6. Menutup pintu tungku dan atur besar kecil api dan campuran antara bahan bakar gas dan udara;
7. Menunggu beberapa waktu hingga suhu yang diinginkan tercapai;
8. Setelah selesai, menutup semua kran;
9. Kemudian membuka pintu tungku dan keluarkan material dari dalam tungku.
Jika sudah selesai, mematikan *temperatur control*.



Teknik Perawatan / Pemeliharaan

Rancang Bangun Dapur Pemanas (*Muffle Furnace*) Menggunakan Bahan Bakar Gas (LPG)

Perawatan / pemeliharaan merupakan suatu kegiatan yang dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar peralatan selalu memiliki kondisi yang sama dengan kondisi awalnya (selalu dalam kondisi baik).

Berikut merupakan teknik perawatan / pemeliharaan dapur pemanas bahan bakar gas LPG, yakni;

1. Cek gas setiap pemakaian alat agar mengetahui apabila terdapat kebocoran dan akan habis isi gas tersebut. Jika ditemukan hal tersebut maka segeralah diganti;
2. Cek kondisi selang setiap 1 minggu sekali. Apabila ditemukan kerusakan maka segeralah lakukan penggantian;
3. Cek kondisi kondisi kowi setiap 1 minggu sekali. Apabila ditemukan kerusakan maka segeralah lakukan penggantian;
4. Cek kondisi *glasswool* setiap 1 minggu sekali. Apabila ditemukan kerusakan maka segeralah lakukan penggantian;