

**MANUFAKTUR KETEL INDUKSI DENGAN TEKANAN 200
kPa**

SKRIPSI

OLEH:

**EDISYAH PUTRA SIMBOLON
188130004**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 23/7/24

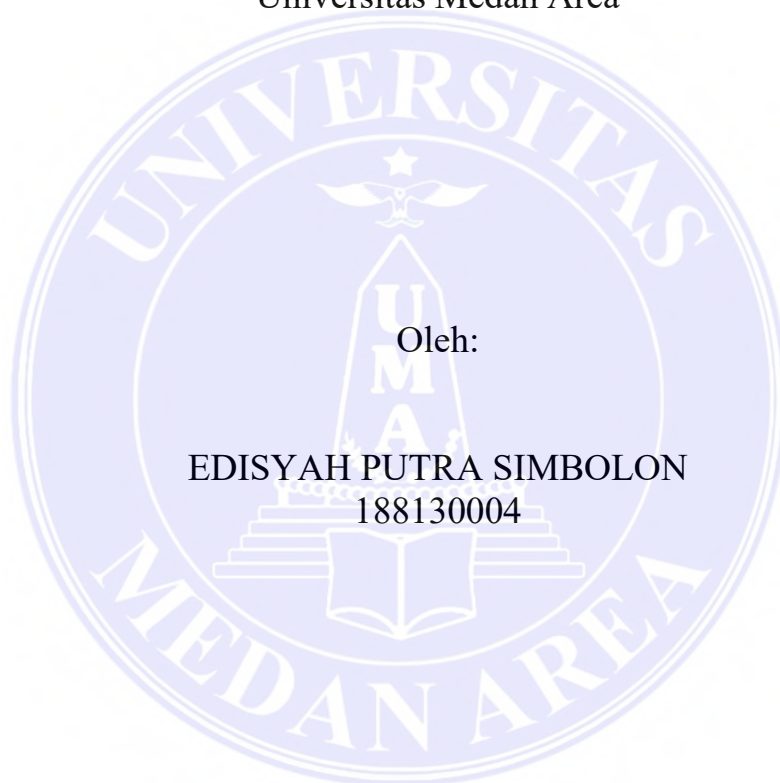
Access From (repository.uma.ac.id)23/7/24

HALAMAN JUDUL

MANUFAKTUR KETEL INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal : MANUFAKTUR KETEL INDUKSI DENGAN
TEKANAN 200 kPa
Nama Mahasiswa : Edisyah Putra Simbolon
NIM : 18.813.0004
Fakultas : Teknik



HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai sorma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

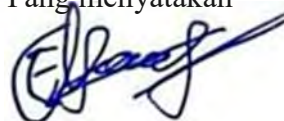
Nama : Edisyah Putra Simbolon
NPM : 188130004
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi/Tugas Akhir

demi membangun ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalty** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas Tugas Akhir saya yang berjudul : MANUFAKTUR KETEL INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty noneklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan
Pada tanggal : 02 Februari 2024
Yang menyatakan



(Edisyah Putra Simbolon)
188130004

ABSTRAK

Ketel uap memiliki komponen seperti pipa penguapan, pemanas lanjut, pemanas air, dan pemanas udara. Uap panas dari ketel digunakan sebagai sumber energi penting dalam berbagai industri. Proses pembuatan ketel induksi melibatkan desain alat dengan tekanan tertentu, pemilihan mesin perkakas, dan penentuan proses yang paling tepat untuk mencapai tekanan yang diinginkan. Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini melibatkan studi literatur dan lembar-lembar pengamatan berdasarkan standar dari American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME mendefinisikan unit pembangkit uap sebagai kombinasi peralatan untuk memproduksi, melengkapi, atau meregenerasi panas bersama dengan peralatan penghasil uap dari fluida panas. penelitian ini menciptakan kerangka kerja yang sistematis dan menyeluruh untuk mengatasi masalah yang dihadapi. Melalui pendekatan terapan dan langkah-langkah metodologis yang jelas, diharapkan penelitian ini dapat memberikan solusi yang bermanfaat dan berkontribusi terhadap manufaktur ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa melibatkan langkah-langkah seperti pembuatan tabung ketel, pipa penghubung, takaran air, dan penyambungan komponen seperti blowdown valve, manometer, serta safety valve pada tabung ketel. Hasil pengoperasian menunjukkan bahwa pengoperasian pada 150 V x 30 A mampu menghasilkan uap dengan tekanan 200 kPa dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu, proses pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa berhasil dilaksanakan dengan memperhatikan berbagai aspek teknis dan operasional.

Kata Kunci: ketel induksi; tekanan uap; manufaktur.

ABSTRACT

A steam boiler consists of components such as evaporator pipes, superheaters, economizers, and air heaters. The steam produced by the boiler serves as a vital energy source in various industries. The process of manufacturing an induction boiler involves designing a tool with a specific pressure, selecting machine tools, and determining the most appropriate process to achieve the desired pressure. The data collected in this research includes literature studies and observation sheets based on the standards of the American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME defines a steam-generating unit as a combination of equipment to produce, complete, or regenerate heat along with equipment that generates steam from hot fluids. This research establishes a systematic and comprehensive framework to address the encountered problems. Through applied approaches and clear methodological steps, it is expected that this research can provide valuable solutions and contribute to the manufacturing of an induction boiler with a pressure of 200 kPa. The research findings indicate that the process of manufacturing an induction boiler with a pressure of 200 kPa involves steps such as making the boiler tube, connecting pipes, measuring water levels, and assembling components such as the blowdown valve, manometer, and safety valve on the boiler tube. The operating results show that operating at 150 V x 30 A can produce steam with a pressure of 200 kPa within a specific time frame. Therefore, the manufacturing process of the induction boiler with a pressure of 200 kPa was successfully implemented by considering various technical and operational aspects.

Keywords: *induction boiler; steam pressure; manufacturing*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tebing Tinggi, pada tanggal 29 November 1995 dari ayah Manghiut Simbolon dan Ibu Nurmawati Nainggolan. Penulis merupakan Putra Ke dua dari Empat bersaudara.

Tahun 2013 Penulis Lulus dari SMA Negeri 4 Tebing Tinggi dan pada tahun 2018 terdaftar sebagai Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Tahun ajaran 2022/2023 penulis melaksanakan Kerja Praktek (KP) di CV. WIRANDA LAS LISTRIK, JL. Sei Padang lorong batu sangkar Lk.6 Tebing Tinggi. Pada tahun ajaran 2022/2023 penulis melaksanakan penelitian di CV.MICRO ENTERPRISES JL. Asem link XII Desa Bandar Kalipa Kec. Percut Sei Tuan dengan judul “MANUFAKTUR KETEL INDUKSI DENGAN TEKANAN 200 kPa“

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang memberikan kesehatan kepada penulis sehingga mampu menyelesaikan penulisan skripsi ini. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Manufaktur dengan judul Manufaktur Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa. Penelitian ini merupakan Tugas Akhir guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Medan Area. Dalam penulisan dan penelitian ini banyak kendala yang penulis alami, namun berkat bantuan moril dan material dari berbagai pihak, maka skripsi ini dapat diselesaikan, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Ir. H. Darianto, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Disamping itu penghargaan penulis sampaikan kepada Ayahanda Manghiut Simbolon dan Ibunda Nurmawati Nainggolan, dan yang terakhir teman-teman seperjuangan Carolus F. Sitohang, S.Pd., M. Hamim Aziz, Diomen S. Manik, S.Pd., serta karyawan CV. Micro Enterprises yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.

Penulis berusaha untuk memberikan yang terbaik, tetapi penulis menyadari sebagai seorang manusia tentunya tidak luput dari segala kesalahan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis meminta maaf jika dalam skripsi ini masih terdapat berbagai kesalahan dan kekurangan. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Medan, 02 April 2024
Penulis

Edisyah Putra Simbolon
188130004

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	v
RIWAYAT HIDUP	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Hipotesis Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Ketel Induksi	6
2.2 Klasifikasi Ketel Uap	7
2.3 Manufaktur Ketel Induksi	10
2.4 Penelitian Terkait	13
2.5 Material untuk Ketel Induksi	14
2.6 Komponen Ketel Induksi	14
2.7 Analisis Manufaktur Ketel Induksi	17
2.8 Sambungan	19
2.9 Teknik Pengelasan	21
2.10 Perpindahan Panas Pada Ketel Uap (Boiler)	23
2.11 Alat Perkakas Bengkel	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	28
3.2 Bahan dan Alat	29
3.3 Metode Penelitian	39
3.4 Populasi dan Sampel	39
3.5 Prosedur Kerja	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil	42
4.2 PEMBAHASAN	45
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 SIMPULAN	61
5.2 SARAN	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Standarisasi Elektroda.....	22
Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	28
Tabel 3.2. Populasi Komponen/Bahan.....	39
Tabel 3.3. Populasi Pengelasan.....	39
Tabel 3.4. Populasi Pemotongan.....	39
Tabel 3.5. Sampel Komponen/Bahan	39
Tabel 3.6. Sampel Pengelasan.....	40
Tabel 3.7. Sampel Pemotongan.....	40
Tabel 4.1. Hasil Uji Coba.....	44
Tabel 4.2. Hasil pengujian tabung tangki air pada ketel induksi	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Klasifikasi Boiler.....	7
Gambar 2.2. Boiler Pipa Api.....	9
Gambar 2.3. Boiler Pipa Air	10
Gambar 3.1. Mesin Gerinda Tangan	29
Gambar 3.2. Mesin Bor Duduk.....	30
Gambar 3.3. Mesin Blender Potong	31
Gambar 3.4. Mesin Las listrik.....	31
Gambar 3.5. Penggaris Siku.....	32
Gambar 3.6. Kawat Las.....	33
Gambar 3.7. Manometer/Pressure Gauge	34
Gambar 3.8. Nepel	34
Gambar 3.9. Mur	35
Gambar 3.10. Safety Valve	35
Gambar 3.11. Blowdown Valve.....	36
Gambar 3.12. Pemanas Induksi.....	36
Gambar 3.13. Pipa Steam.....	37
Gambar 3.14. Pipa Elbow	39
Gambar 3.15. Plat Besi.....	39
Gambar 3.16. Diagram Alir Proses Pembuatan Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa	41
Gambar 4.1. Diagram Alur Proses Pembuatan	42
Gambar 4.2. Pembuatan Tabung Ketel	46
Gambar 4.3. Pembuatan Dudukan Ketel.....	47
Gambar 4.4. Pembuatan Lubang Pada Tabung Ketel	48
Gambar 4.5. Pembuatan Pipa Penghubung	50
Gambar 4.6. Penyambungan Pipa Tabung Ketel Dengan Pipa Penghubung.....	51
Gambar 4.7. Pembuatan Pipa Takaran Air.....	53
Gambar 4.8. Penyambungan Blowdown Valve Pada Tabung Bagian Bawah.....	54
Gambar 4.9. Penyambungan Safety Valve Dengan Tabung Bagian Atas	56
Gambar 4.10. Penyambungan Manometer Pada Tabung Bagian Atas	57
Gambar 4.11. Pembuatan Pipa Untuk Uap Keluar	58
Gambar 4.12. Perakitan Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa.....	59
Gambar 4.13. Pelapisan Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa.....	60

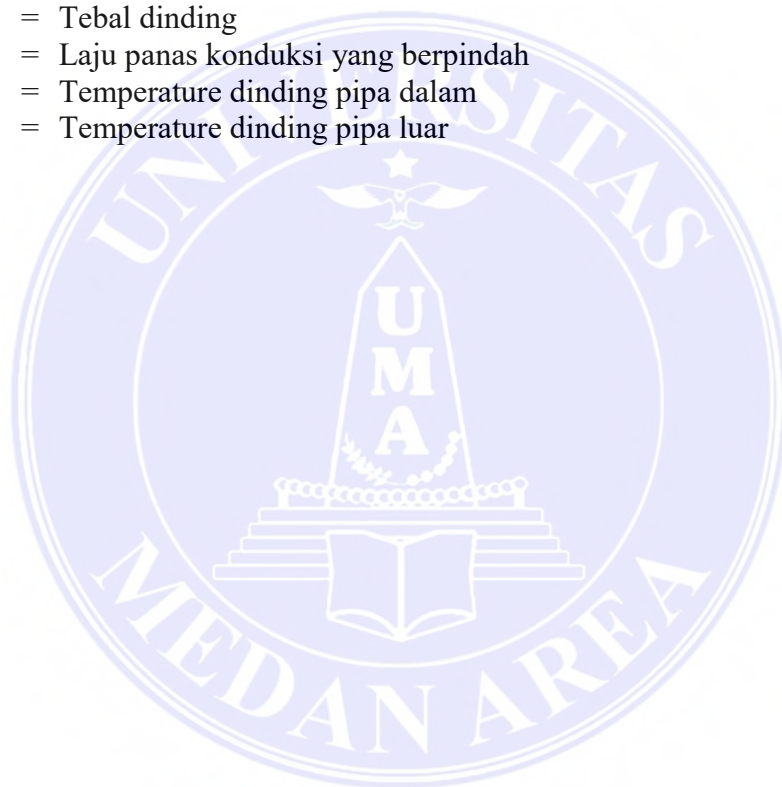
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Pembuatan Ketel Induksi dengan tekanan 200 kPa	65
Lampiran 2 Komponen Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa	66
Lampiran 3 Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa.....	67



DAFTAR NOTASI

Q_p	= Radiasi dengan satuan Kj/jam,
CZ	= Konstanta radiasi dari stephan-bloztman yang dinyatakan dalam Kj/m ² .jam.K ⁴
A	= Luas bidang yang dipanasi (m ²)
T	= Temperature (K)
Q_k	= Panas konveksi dengan satuan (Kj/jam),
H	= Kooefisien konveksi,
A	= Luas bidang kontak,
ΔT	= Perubahan temperature (Tapi-Tbenda)
A	= Luas penampang bidang
L	= Tebal dinding
Q_k	= Laju panas konduksi yang berpindah
T_1	= Temperature dinding pipa dalam
T_2	= Temperature dinding pipa luar



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Steam (uap panas) saat ini menjadi sumber energi penting bagi dunia industri. Uap panas dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengolahan pangan maupun non pangan. Sistem yang digunakan untuk menghasilkan uap panas disebut boiler atau steam generator. Boiler atau yang dikenal ketel adalah bejana tertutup yang menghasilkan uap panas dari pemanasan air melalui system pembakaran bahan. Menurut *American Society of Mechanical Engineers* (ASME), sebuah unit pembangkit uap didefinisikan sebagai kombinasi peralatan untuk memproduksi, melengkapi atau *recovery* panas bersama dengan peralatan penghasil uap dari fluida panas.

Boiler atau ketel digolongkan menjadi 2 kelompok yaitu ;

1. Ketel pipa api
2. Ketel pipa air

Di mana yang dimaksud dengan ketel pipa air. Air di dalam pipa dan api ada dalam bejana sementara yang dimaksud dengan ketel pipa api adalah api berada didalam bejana dan air berada di dalam bejana. Proses kedua kelompok tersebut hampir sama dimana sama-sama memiliki dimensi yang cukup besar dan cukup mahal serta perawatan yang rumit.

Teknologi terbaru yang merupakan inovasi merubah dimensi ketel yang relatif besar menjadi ketel yang relative kecil dengan menggunakan konsep pemanas luar seperti ketel pipa air yang disebut dengan *induction heater* atau *induction boiler*. *Induction boiler* tersebut bekerja secara berkelanjutan dengan

memanfaatkan grafitasi kejatuhan air yang akan disesuaikan dengan input dan outputnya.

Keuntungan ketel konvensional dan ketel induksi. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat beberapa keuntungan atau perbedaan antara ketel konvensional dan ketel induksi.

Kelebihan dari pada ketel konvensional yaitu (Septianto, 2017) :

1. Produksi uap terbatas: ketel konvensional mampu menghasilkan jumlah uap yang besar, cocok untuk keperluan industri besar.
2. Keandalan pada perusahaan besar: cocok digunakan oleh perusahaan besar yang membutuhkan kapasitas produksi uap yang tinggi.
3. Ketersediaan bahan bakar fosil: ketel ini umumnya menggunakan bahan bakar fosil yang masih tersedia dalam jumlah yang cukup di pasar.

Kekurangan dari pada ketel konvensional yaitu (Septianto, 2017) :

1. Dimensi besar: memiliki dimensi yang besar memerlukan ruang yang luas untuk instalasi, tidak cocok untuk ruang terbatas.
2. Konstruksi rumit: konstruksi yang rumit membuat perawatan dan perbaikan menjadi sulit dan mahal.
3. Biaya operasional tinggi: memerlukan biaya operasional yang tinggi karena menggunakan bahan bakar fosil.
4. Emisi polusi: menghasilkan emisi polusi yang tinggi, menciptakan dampak negatif pada lingkungan.
5. Ketergantungan pada bahan bakar fosil: ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat menjadi masalah, terutama dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan.

Kelebihan dari pada ketel induksi yaitu (Nur & Suyuti, 2018) :

1. Dimensi kecil: memiliki dimensi yang kecil, cocok untuk instalasi di ruang terbatas atau di perusahaan kecil.
2. Konstruksi sederhana: konstruksi yang sederhana membuat perawatan dan perbaikan menjadi lebih mudah dan murah.
3. Biaya operasional murah: menggunakan energi listrik yang relatif murah, mengurangi biaya operasional secara keseluruhan.
4. Produksi uap berkelanjutan: mampu menghasilkan uap secara berkelanjutan tanpa memerlukan waktu pemanasan yang lama.
5. Ramah lingkungan: menggunakan energi listrik yang lebih bersih, mengurangi emisi polusi dan dampak negatif pada lingkungan.

Kekurangan dari pada ketel induksi yaitu (Nur & Suyuti, 2018) :

1. Hanya gravitasi: memerlukan hanya grafitasi untuk operasionalnya, yang mungkin tidak mencukupi untuk kebutuhan industri besar.
2. Hanya cocok untuk perusahaan kecil: kurang cocok untuk perusahaan besar yang membutuhkan kapasitas produksi uap yang tinggi.
3. Ketergantungan pada energi listrik: ketergantungan pada energi listrik dapat menjadi masalah jika pasokan energi tidak stabil atau mahal.

Dengan mempertimbangkan kelebihan dan kekurangan dari kedua jenis ketel ini, penulis memilih ketel induksi yang paling sesuai dengan kebutuhan industri pada saat ini, dikarenakan baik dari segi kapasitas produksi, ruang instalasi, biaya operasional, dan dampak lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan di selesaikan sebagai berikut:

- a. Bagaimana tahapan pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa?
- b. Bagaimana proses pembuatan pada komponen utama dan peralatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa?
- c. Bagaimana pencapaian pengoprasian ketel induksi dengan tekanan 200 kPa?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan tahapan langkah kerja pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa.
- b. Menentukan proses pembuatan pada komponen utama dan peralatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa.
- c. Menentukan pencapaian pengoprasian ketel induksi dengan tekanan 200 kPa.

1.4 Hipotesis Penelitian

Penggunaan ketel induksi kapasitas 200 kPa dalam proses pemanasan akan menghasilkan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pemanasan konvensional.

Ketel induksi adalah teknologi pemanasan yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk menghasilkan panas pada benda logam. Hipotesis ini didasarkan pada asumsi bahwa ketel induksi dapat memberikan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pemanasan konvensional, seperti pemanas konvensional berbahan bakar atau pemanas listrik konvensional.

Metode pemanasan konvensional sering kali mengalami kerugian energi yang signifikan melalui panas yang hilang dalam proses transfer panas. Dalam hal ini, penggunaan ketel induksi diharapkan dapat mengurangi kerugian panas yang tidak diperlukan dan menghasilkan efisiensi energi yang lebih baik.

Hipotesis ini dapat diuji melalui eksperimen atau pemodelan numerik, di mana efisiensi energi ketel induksi dibandingkan dengan metode pemanasan konvensional dengan mengukur konsumsi energi dan efisiensi pemanasan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa yaitu:

a. Bagi Penulis

Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa sebagai kreativitas diri, menambah pengetahuan/wawasan, dan dapat mengaplikasikan teori yang didapat selama dibangku kuliah.

b. Bagi Masyarakat

Membantu meningkatkan ekonomi masyarakat dan menyebarkan penggunaan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa sebagai teknologi tepat guna yang efektif, efisien, dan ekonomis guna menanggulangi pencemaran lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Ketel Induksi

Boiler atau ketel Induksi adalah suatu alat berbentuk bejana tertutup yang digunakan untuk memproduksi *steam*/uap. *Steam* diperoleh dengan memanaskan air yang berada didalam bejana dengan bahan bakar. Boiler mengubah energi-energi kimia menjadi bentuk energi yang lain untuk menghasilkan kerja. Boiler dirancang untuk memindahkan kalor dari suatu sumber pembakaran, biasanya berupa pembakaran bahan bakar (Purba 2015, 2). Boiler adalah sebuah konteiner dimana diberi air dan dipanaskan, sehingga air mendidih dan menguap terus menerus menjadi uap. (Malek 2004, 2).

Uap (*steam*) yang dihasilkan dari boiler digunakan untuk berbagai proses dalam aplikasi industri, seperti penggerak, pemanas, dan lain-lain.

Pengoperasian Boiler harus sesuai dengan standar operasi yang telah ditentukan oleh pengguna boiler maupun standar pabrik pembuat boiler itu sendiri. Standar yang dibuat akan menjamin keamanan dalam pengoperasian, sehingga akan meningkatkan efisiensi ketel uap sekaligus menekan biaya operasional (Sugiharto 2016, 56).

Boiler berfungsi sebagai pesawat konversi energi yang mengkonversi energi kimia (potensial) dalam hal ini adalah bahan bakar menjadi energi panas.

Boiler/ketel uap terdiri dari 2 komponen utama, yaitu :

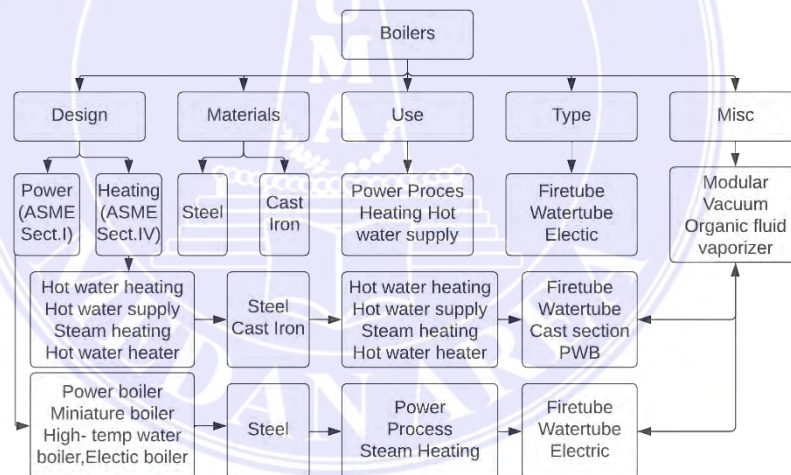
- a. Dapur sebagai alat untuk mengubah energi kimia (bahan bakar) menjadi energi panas.
- b. Alat penguap (*evaporator*) yang mengubah energi pembakaran

(energi panas) menjadi energi potensial uap (energi panas).

Boiler pada dasarnya terdiri dari tabung/bejana (*drum*) yang tertutup pada ujung pangkalnya, dan dilengkapi didalamnya pipa api maupun pipa air. Banyak orang mengklasifikasikan ketel uap tergantung kepada sudut pandang masing-masing.

2.2 Klasifikasi Ketel Uap

Menurut Mohammed A. Malek dalam buku yang berjudul “*Power Boiler Design, Inspection and Repair*”, boiler/ketel uap diklasifikasikan menjadi 5 (lima) jenis, diantaranya ketel uap berdasarkan desain, material, tipe dan gabungan seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. Gambar diagram klasifikasi ketel uap dapat dilihat pada gambar 2.1 (Gupta & Prasad, 2017).



Gambar 2.1. Diagram klasifikasi Boiler

2.2.1 Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Desain

Menurut standart ASME boiler di golongan menjadi dua, yaitu *power boilers* dan *heating boilers*.

Power Boilers (Ketel Uap Daya) adalah ketel uap yang uap hasilnya digunakan diluar ketel dan memiliki tekanan uap lebih dari 15 Psi. Ketel uap ini di desain menggunakan standart ASME Sec I.

Heating Boilers (Ketel Uap Pemanas). Boiler/ketel uap jenis ini memiliki tekanan uap berbanding terbalik dari Power Boiler yakni kurang dari 15 Psi. Boiler pemanas dirancang dengan aturan ASME Sec IV-*Heating Boilers*.

2.2.2 Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Material Yang Digunakan

Menurut Malek, ketel uap juga diklasifikasikan berdasarkan banyaknya bahan material yang digunakan dalam proses pembuatannya. *Steel* (baja) ketel uap ini, pada bagian utama dan bagian silinder terbuat dari baja. *Cast Iron* (Besi Tuang) ketel uap yang pada bagian utama serta silinder tekannya terbuat dari besi tuang (*cast iron*).

Jenis *Cast Iron Boiler* (ketel uap besi tuang) dibedakan lagi menjadi dua, yaitu *Horizontal-Section Cast Iron Boiler* dan *One Piece Cast Iron boiler*. Pada jenis *Horizontal-Section Cast Iron Boiler*, ketel uap dibuat menjadi beberapa bagian dan selanjutnya dilakukan perakitan. Jenis *One Piece Cast Iron boiler*, pada jenis ini bagian bejana tekan ketel uap dibuat pada satu cetakan/tidak dipisah.

2.2.3 Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Kegunaan

1. *Power Boiler* (daya) adalah ketel uap yang digunakan sebagai pembangkit daya. Misalnya PLTU, PLTB, PLTG dan pembangkit listrik lainnya.
2. *Process Boiler* (proses), ketel uap ini digunakan pada industri pada suatu proses fabrikasi atau produksi.
3. *Steam Heating* (pemanas uap) jenis ketel uap ini dirancang pada tekanan kurang dari 15 Psi. Uap hasil pemanasan kemudian digunakan industri sebagai pemanas atau pengering pada suatu proses yang dibutuhkan.
4. *Hot Water Heating* (Pemanas Air Panas), ketel uap jenis ini digunakan untuk

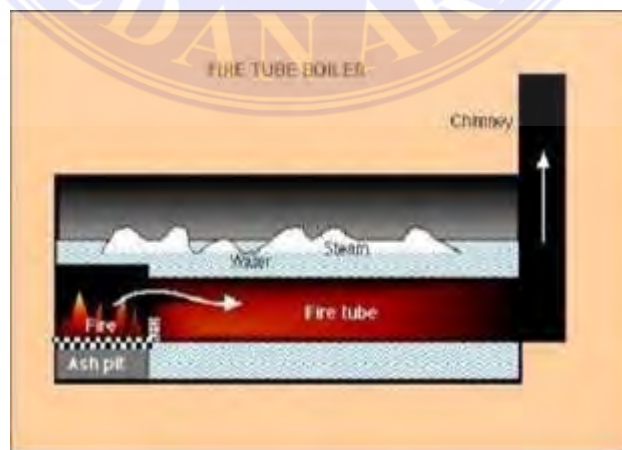
menjaga kondisi suhu air agar tetap sesuai dengan suhu yang dibutuhkan oleh suatu proses industri.

5. *Hot Water Supply* (Persediaan Air Panas) uap yang dihasilkan oleh ketel jenis ini hampir mirip dengan jenis ketel pemanas air panas diatas. Disini ketel digunakan untuk memanaskan air dan menjadi *storage* pada persediaan air panas.
6. *Hot Water Heater* (Pemanas Air). Ketel uap jenis ini memiliki tujuan yang sama dengan *hot water heating boiler* dan *hot water supply boiler*, namun memiliki perbedaan pengoperasian temperaturnya yakni kurang dari 210 F.

2.2.4 Klasifikasi Ketel Uap Berdasarkan Tipe Pipa

1. Ketel Uap Pipa Api (*fire tube boiler*)

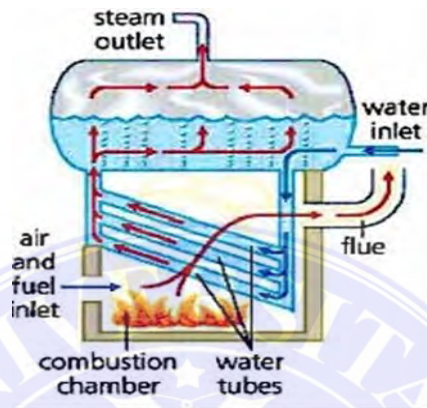
Pada boiler pipa api, fluida yang mengalir dalam pipa adalah gas nyala, yang membawa energi panas, yang segera mentransfer ke air melalui bidang pemanas. Tujuan pipa-pipa api ini adalah untuk memudahkan distribusi panas kepada air. Gambar boiler pipa api dapat dilihat pada gambar 2.2 (Ganapathy, 2003).



Gambar 2.2. Boiler Pipa Api

2. Ketel Uap Pipa Air (*water tube boiler*)

Pada boiler pipa air ini, fluida yang mengalir dalam pipa adalah air, energi panas ditransfer dari luar pipa (yaitu dari ruang bakar) ke air. Gambar boiler pipa air dapat dilihat pada gambar 2.3 (Ganapathy, 2003).



Gambar 2.3. Boiler Pipa Air

2.3 Manufaktur Ketel Induksi

Dalam proses manufaktur ketel induksi, beberapa faktor perlu dipertimbangkan, termasuk pemilihan material, desain geometri, dan proses pengelasan. Material yang umum digunakan untuk ketel induksi adalah *stainless steel* karena ketahanannya terhadap korosi dan konduktivitas termal yang baik (Huang *et al.*, 2018). Desain geometri ketel induksi juga berpengaruh terhadap efisiensi pemanasan dan kekuatan strukturalnya. Beberapa parameter desain yang perlu diperhatikan meliputi ketebalan dinding, diameter, dan bentuk ketel (Amin *et al.*, 2016).

2.3.1 Proses Manufaktur Ketel Induksi

Proses manufaktur ketel induksi melibatkan serangkaian langkah yang terorganisir dan terkoordinasi dengan baik untuk menghasilkan ketel induksi yang berkualitas tinggi. Tahapan proses manufaktur mencakup perencanaan, perancangan, produksi, dan pengujian ketel.

Perencanaan: Tahap perencanaan melibatkan penentuan spesifikasi teknis ketel induksi, pemilihan material yang sesuai, serta penentuan dimensi dan kapasitas ketel. Pada tahap ini, perhitungan matematis dan analisis teknis dilakukan untuk memastikan ketel dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Perancangan: Tahap perancangan melibatkan pembuatan desain rinci ketel induksi berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan. Desain meliputi struktur dan dimensi ketel, pemilihan komponen, serta sistem pendingin dan pengaturan daya. Pada tahap ini, perangkat lunak desain dan pemodelan komputer digunakan untuk memvisualisasikan dan menganalisis desain sebelum produksi.

Produksi: Tahap produksi melibatkan pembuatan komponen-komponen ketel induksi, pengelasan, perakitan, dan penyelesaian. Komponen seperti gulungan induksi, sistem pendingin, dan bagian kontrol diproduksi dengan presisi tinggi sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Proses pengelasan dilakukan untuk menyatukan komponen menjadi sebuah kesatuan, dan kemudian dilakukan perakitan yang hati-hati untuk memastikan ketel terbentuk dengan benar.

Pengujian: Tahap pengujian dilakukan untuk memverifikasi kualitas dan kinerja ketel induksi yang telah diproduksi. Pengujian meliputi pengujian kebocoran, pengujian tekanan, pengujian kinerja pemanasan, dan pengujian keselamatan. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kepatuhan ketel terhadap standar kualitas dan spesifikasi yang ditetapkan.

2.3.2 Efisiensi Produksi

Analisis efisiensi produksi sangat penting dalam manufaktur ketel induksi untuk memastikan penggunaan sumber daya yang optimal dan pengurangan biaya

produksi. Evaluasi ini melibatkan identifikasi dan pengelolaan potensi pemborosan serta kesalahan produksi yang dapat mempengaruhi efisiensi dan kualitas. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi produksi ketel induksi meliputi:

- a. Pemilihan Alat dan Peralatan Produksi yang Tepat: Pemilihan alat dan peralatan produksi yang sesuai sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Penggunaan mesin dan peralatan yang modern dan canggih, yang sesuai dengan kebutuhan produksi, dapat mempercepat proses dan mengurangi pemborosan.
- b. Pengaturan Proses Produksi yang Efisien: Pengaturan yang efisien dalam proses produksi ketel induksi dapat membantu mengurangi waktu siklus, mengoptimalkan penggunaan bahan baku, dan menghindari kelebihan produksi. Penerapan prinsip *Lean Manufacturing* seperti 5S (*seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*) dan *Value Stream Mapping* dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi.
- c. Manajemen Limbah dan Daur Ulang: Penerapan praktik pengelolaan limbah yang baik dan program daur ulang dapat mengurangi limbah produksi dan meminimalkan dampak lingkungan. Selain itu, penggunaan kembali bahan baku yang dapat didaur ulang dapat mengurangi biaya produksi.
- d. Peningkatan Sistem Kontrol Kualitas: Penggunaan sistem kontrol kualitas yang efektif dapat membantu mengidentifikasi cacat produk secara dini dan mencegah produk yang tidak memenuhi standar kualitas keluar dari garis produksi. Hal ini dapat mengurangi jumlah produk cacat, menghemat biaya produksi, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

2.4 Penelitian Terkait

Studi lain oleh Liu *et al.* (2018) fokus pada desain geometri ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa untuk industri kimia. Mereka mengkaji berbagai parameter desain, seperti ketebalan dinding, diameter, dan bentuk ketel, serta melakukan simulasi numerik untuk memprediksi kekuatan struktural ketel. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan memperhatikan desain yang tepat, ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa dapat diproduksi secara efektif.

Selain itu, penelitian oleh Wang *et al.* (2020) mengusulkan penggunaan teknologi pengelasan yang inovatif untuk meningkatkan kekuatan tekanan ketel induksi. Mereka menggunakan metode pengelasan *friction stir welding* (FSW) untuk menggabungkan bagian-bagian ketel, yang memberikan kekuatan sambungan yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pengelasan konvensional. Penelitian ini menunjukkan potensi pengelasan FSW dalam meningkatkan kekuatan ketel induksi.

Namun, meskipun telah dilakukan beberapa penelitian terkait manufaktur ketel induksi dengan kekuatan tekanan, masih ada kekurangan penelitian yang secara khusus membahas ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah pengetahuan ini dengan memfokuskan pada manufaktur ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa, dengan tujuan untuk memperluas penggunaan ketel induksi dalam berbagai industri yang membutuhkan kekuatan tekanan yang lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan eksperimen manufaktur ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa dengan mempertimbangkan

pemilihan material, desain geometri, dan proses pengelasan yang sesuai. Selanjutnya, akan dilakukan pengujian kekuatan tekanan dan pengujian efisiensi penggunaan ketel induksi dalam memanaskan cairan. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi ketel induksi yang lebih efisien dan efektif dalam industri.

Melalui tinjauan pustaka ini, telah teridentifikasi bahwa penelitian sebelumnya telah mencakup aspek-aspek penting dalam manufaktur dan desain ketel induksi. Namun, penelitian spesifik mengenai ketel induksi dengan kekuatan tekanan 200 kPa masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini akan menjadi kontribusi baru dalam bidang ini dengan fokus pada manufaktur dan pengujian ketel induksi dengan kekuatan tekanan yang ditargetkan.

2.5 Material untuk Ketel Induksi

Pemilihan material yang tepat adalah faktor kunci dalam manufaktur ketel induksi yang memiliki kekuatan tekanan yang diinginkan. Stainless steel merupakan salah satu material yang umum digunakan dalam pembuatan ketel induksi karena sifat-sifatnya yang sesuai, seperti ketahanan terhadap korosi, konduktivitas termal yang baik, dan kekuatan mekanik yang memadai (Huang *et al.*, 2018). Namun, perlu diperhatikan bahwa ada berbagai jenis *stainless steel* yang tersedia, seperti *stainless steel* 304, 316, atau 430, dengan kekuatan dan sifat-sifat yang berbeda. Pemilihan material yang tepat harus mempertimbangkan persyaratan aplikasi.

2.6 Komponen Ketel Induksi

2.6.1 Gulungan Induksi

Gulungan induksi merupakan komponen utama dalam ketel induksi yang

berfungsi untuk menghasilkan medan magnet yang diperlukan untuk menginduksi arus eddy pada bahan logam di dalam ketel. Gulungan induksi terdiri dari kawat tembaga atau aluminium yang dililitkan dalam jumlah dan pola tertentu (Sakti, 2017). Jumlah lilitan dan pola lilitan gulungan induksi akan mempengaruhi kekuatan dan distribusi medan magnet yang dihasilkan. Selain itu, desain gulungan induksi juga harus mempertimbangkan impedansi dan efisiensi pemanasan. Umumnya, gulungan induksi dirancang dalam bentuk spiral atau heliks untuk memaksimalkan kontak dengan bahan logam dan memperoleh efisiensi pemanasan yang tinggi.

2.6.2 Material Ketel

Pemilihan material untuk ketel induksi sangat penting karena harus memenuhi persyaratan ketahanan terhadap korosi, konduktivitas termal yang baik, dan daya tahan terhadap suhu tinggi. Material yang umum digunakan untuk ketel induksi adalah stainless steel dengan kualitas yang sesuai dengan standar industri. Stainless steel memiliki ketahanan terhadap korosi yang baik dan dapat mempertahankan kekuatannya pada suhu tinggi. Selain itu, stainless steel juga memiliki konduktivitas termal yang tinggi, sehingga memungkinkan transfer panas yang efisien dari gulungan induksi ke bahan logam di dalam ketel.

2.6.3 Sistem Pendingin

Ketel induksi sering dilengkapi dengan sistem pendingin untuk menjaga suhu ketel dalam batas yang aman. Sistem pendingin ini dapat berupa aliran air atau pendingin cair lainnya yang mengalir melalui saluran yang terintegrasi dengan ketel. Sistem pendingin harus dirancang dengan baik untuk memastikan suhu ketel tetap stabil dan tidak melebihi batas yang ditentukan. Komponen utama

dalam sistem pendingin adalah pompa pendingin, pipa-pipa pendingin, dan penukar panas. Pompa pendingin digunakan untuk mengalirkan pendingin ke dalam dan keluar dari ketel, sedangkan pipa-pipa pendingin berfungsi sebagai saluran untuk mengalirkan pendingin. Penukar panas digunakan untuk memindahkan panas dari ketel ke pendingin, sehingga menjaga suhu ketel tetap dalam kisaran yang diinginkan.

2.6.4 Kontrol dan Pengaturan

Ketel induksi juga dilengkapi dengan sistem kontrol dan pengaturan yang bertujuan untuk mengatur daya pemanasan, suhu, dan waktu pemanasan. Sistem kontrol biasanya menggunakan mikrokontroler atau PLC (*Programmable Logic Controller*) yang memonitor dan mengendalikan berbagai parameter operasional ketel. Pengaturan yang baik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan ketel induksi dan mengoptimalkan proses pemanasan. Beberapa parameter yang biasanya dikontrol meliputi kecepatan aliran pendingin, daya pemanasan, suhu, dan waktu pemanasan. Pengaturan yang baik dapat meningkatkan efisiensi penggunaan ketel induksi dan mengoptimalkan proses pemanasan. Beberapa parameter yang biasanya dikontrol meliputi kecepatan aliran pendingin, daya pemanasan, suhu operasional, dan waktu siklus pemanasan. Sistem kontrol dan pengaturan ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol proses pemanasan dengan akurasi dan presisi yang tinggi (Anshory *et al*, 2022).

2.6.5 Sistem Keamanan

Untuk menjaga keselamatan operasional, ketel induksi dilengkapi dengan sistem keamanan yang meliputi sensor suhu, katup tekanan, dan alat pengaman lainnya. Sensor suhu digunakan untuk memantau suhu ketel dan memicu tindakan

perlindungan jika suhu melebihi batas yang ditentukan. Sensor ini dapat berupa termokopel atau termistor yang terpasang di area kritis dalam ketel. Selain itu, katup tekanan digunakan untuk mengurangi tekanan berlebih dalam ketel dan mencegah terjadinya kegagalan struktural. Katup tekanan ini akan membuka secara otomatis jika tekanan internal dalam ketel melebihi batasyang aman. Selain sensor suhu dan katup tekanan, ketel induksi juga dilengkapi dengan alarm keamanan dan pemutus arus listrik otomatis untuk menangani situasi darurat dan melindungi operator.

2.6.6 Panel Kontrol dan Monitoring

Ketel induksi biasanya dilengkapi dengan panel kontrol dan monitoring yang memungkinkan operator untuk mengatur dan memonitor parameter operasional secara real-time. Panel kontrol ini terdiri dari layar monitor, tombol pengaturan, dan indikator status. Operator dapat mengatur suhu, daya pemanasan, dan parameter lainnya melalui panel kontrol ini. Selain itu, panel juga menampilkan informasi penting seperti suhu saat ini, tekanan, dan status operasional lainnya. Dengan adanya panel kontrol dan monitoring, operator dapat dengan mudah memantau dan mengontrol ketel induksi untuk memastikan operasional yang aman dan efisien.

2.7 Analisis Manufaktur Ketel Induksi

2.7.1 Proses Produksi

Proses produksi ketel induksi melibatkan serangkaian langkah yang meliputi perencanaan, perancangan, pengujian, dan pembuatan ketel. Tahapan awal melibatkan perencanaan yang matang untuk menentukan spesifikasi dan kebutuhan desain ketel induksi. Hal ini melibatkan pemilihan material yang tepat,

pemilihan dimensi dan ukuran yang sesuai, serta perhitungan komponen seperti gulungan induksi dan sistem pendingin (Simalango, 2019).

Setelah perencanaan, tahap perancangan dilakukan untuk menghasilkan desain yang detail dan akurat dari ketel induksi. Ini melibatkan penggunaan perangkat lunak desain dan pemodelan komputer untuk merancang komponen-komponen ketel secara efisien. Pada tahap ini, aspek-aspek seperti kekuatan struktural, distribusi medan magnet, efisiensi pemanasan, dan ketersediaan suku cadang dipertimbangkan dengan cermat.

Setelah tahap perancangan, prototipe ketel induksi dibuat dan diuji untuk memverifikasi kinerja dan kesesuaian desain. Pengujian meliputi pengukuran suhu, pengukuran efisiensi pemanasan, pengujian tekanan, dan evaluasi keamanan. Hasil pengujian digunakan untuk melakukan evaluasi dan penyesuaian desain jika diperlukan.

Setelah tahap pengujian selesai, dilakukan pembuatan ketel induksi dalam jumlah yang dibutuhkan. Proses ini melibatkan pemilihan material yang akurat, proses pembentukan komponen dengan presisi, pengelasan yang baik, dan perakitan yang benar. Kontrol kualitas yang ketat juga diterapkan untuk memastikan bahwa ketel yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan.

2.7.2 Efisiensi Produksi

Analisis efisiensi produksi penting dalam manufaktur ketel induksi untuk memastikan penggunaan sumber daya yang optimal dan pengurangan biaya produksi. Evaluasi ini melibatkan identifikasi dan pengelolaan potensi pemborosan dan kesalahan produksi yang dapat mempengaruhi efisiensi dan kualitas. Faktor-faktor seperti pemilihan alat produksi yang tepat, pengaturan yang

efisien, manajemen limbah, dan optimisasi siklus produksi perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan efisiensi manufaktur.

Selain itu, penggunaan teknologi manufaktur yang canggih seperti pemodelan simulasi komputer, otomatisasi, dan pengendalian kualitas statistik juga dapat membantu meningkatkan efisiensi produksi. Integrasi sistem informasi manufaktur yang baik juga penting untuk memantau dan mengendalikan proses produksi secara efektif

2.7.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dalam manufaktur ketel induksi berperan penting dalam memastikan bahwa ketel yang dihasilkan memenuhi standar kualitas yang ditetapkan. Proses pengendalian kualitas meliputi pengujian bahan baku, pengujian komponen, dan pengujian produk akhir sebelum pengiriman ke pelanggan. Berbagai metode pengujian seperti pengujian kekuatan struktural, pengujian ketahanan terhadap suhu tinggi, dan pengujian kebocoran dapat dilakukan untuk memastikan bahwa ketel induksi memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.

Selain itu, penerapan prinsip-prinsip *Six Sigma* dan *Lean Manufacturing* juga dapat membantu meningkatkan kualitas produksi dengan mengurangi cacat, menghilangkan pemborosan, dan meningkatkan efisiensi proses. Penggunaan alat pengendalian kualitas statistik seperti diagram kontrol, diagram pareto, dan analisis *root cause* juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan mengatasi masalah dalam produksi ketel induksi.

2.8 Sambungan

Sambungan pada elemen mesin merupakan salah satu hal yang penting

dalam sebuah konstruksi mesin yang terdiri dari berbagai macam komponen yang kompleks yang disatukan dengan media sambungan (Sularso & Suga, 2008). Ukuran dan dimensi dari komponen sambungan lebih kecil daripada elemen atau komponen mesin yang disambung, sehingga menyebabkan beban lebih terkonsentrasi pada sambungan tersebut. Karena beban yang terkonsentrasi pada sambungan oleh karena itu sambungan tersebut harus dirancang sedemikian rupa agar supaya mampu menahan beban yang berlebih sehingga aman dan mampu berfungsi dengan baik. Sambungan tersebut harus dirancang sedemikian rupa agar supaya mampu menahan beban yang berlebih sehingga aman dan mampu berfungsi dengan baik. Menurut Ginting (2017) sambungan terdapat 4 (empat) jenis sambungan, yaitu:

2.8.1 Sambungan Tetap (*Permanent Joint*)

Sambungan tetap merupakan salah satu jenis sambungan yang bersifat permanen dan tetap sehingga tidak dapat dibongkar pasang, kecuali dengan cara merusak sambungan tersebut. Contoh dari pengaplikasian sambungan tetap yaitu, sambungan las (*welded joint*) dan sambungan paku keling (*rivet joint*).

2.8.2 Sambungan Tidak Tetap (*Semi Permanent Joint*)

Sambungan tidak tetap merupakan salah satu jenis sambungan yang bersifat sementara dan temporer untuk kebutuhan komponen tertentu, sehingga sambungan tersebut dapat dibongkar pasang dengan catatan kondisi sambungan masih baik, tidak rusak ataupun berkarat. Contoh dari pengaplikasian sambungan tidak tetap yaitu, sambungan pasak (*keys joint*) dan sambungan ulir/mur-baut (*screwed joint*).

2.8.3 Sambungan Las

Pengelasan adalah proses penyambungan dua buah bagian logam atau lebih dengan cara memanaskan logam tersebut sehingga mencapai titik lebur logam tersebut sehingga logam dapat menyatu dengan menggunakan logam pengisi ataupun tanpa logam pengisi. Sambungan las termasuk kedalam jenis sambungan tetap karena bersifat permanen, oleh karena itu banyak digunakan untuk menyambungkan komponen-komponen logam yang bersifat permanen.

2.8.4 Sambungan Baut/Ulir (*Bolt Joint*)

Sambungan ulir merupakan salah satu jenis sambungan yang menerapkan prinsip kerja ulir untuk menyambungkan antar komponen mesin dan konstruksi. Sambungan ulir termasuk kedalam jenis sambungan semi permanen, yaitu dapat dibongkar pasang tanpa merusak sambungan tersebut. Sambungan ulir terdiri dari dua bagian yaitu mur dan baut.

2.9 Teknik Pengelasan

Pengelasan boiler melibatkan penyambungan berbagai komponen boiler menggunakan teknik pengelasan untuk menciptakan struktur yang kokoh dan aman. Proses pengelasan ini harus memenuhi standar dan peraturan yang ketat untuk memastikan keamanan operasional dan kehandalan sistem. Berikut adalah beberapa hal umum yang perlu diperhatikan dalam teknik pengelasan boiler:

- a. *Kualifikasi Welder*: Pengelasan boiler harus dilakukan oleh welder yang memiliki kualifikasi dan sertifikasi yang sesuai. Kualifikasi ini mencakup pengetahuan tentang bahan, teknik pengelasan, dan pemahaman yang mendalam tentang standar keamanan.
- b. *Pemilihan Material*: Pemilihan material pengelasan harus sesuai dengan

persyaratan desain dan aplikasi boiler. Material yang umum digunakan meliputi baja karbon atau baja tahan panas tergantung pada suhu dan tekanan operasional boiler.

- c. **Persiapan Material:** Permukaan yang akan di-weld harus bersih dari kotoran, oksida, dan kontaminan lainnya. Proses persiapan material melibatkan pembersihan dan pemotongan yang tepat.
- d. **Proses Pengelasan:** Banyak jenis pengelasan dapat digunakan pada pengelasan boiler, termasuk pengelasan manual, pengelasan semi-otomatis, dan pengelasan otomatis. Proses pengelasan harus dipilih berdasarkan kebutuhan desain dan standar yang berlaku.

Selalu pastikan bahwa proses pengelasan boiler dilakukan oleh para profesional yang terlatih dan mematuhi standar dan peraturan yang berlaku. Pemeliharaan dan pengawasan rutin juga penting untuk memastikan keamanan dan kinerja boiler selama masa operasionalnya.

Pemilihan elektroda juga harus diperhatikan, pemilihan didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las. Misalnya pemilihan elektroda untuk *stainless steel* yaitu menggunakan jenis E 308-16 dengan diameter 2.6 mm. Tipe dari elektroda yang dipakai seperti pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Standarisasi Elektroda

Tipe Elektroda	Metal Dasar	Standarisasi
1/8", 5/32" & E6013, E7014, E7016 & E701	Carbon steel	American Welding Society, WS A5.18
1/8", 5/32" & 3/16" E308, E310 & E312	Stainless steel	American Welding Society, AWS A5.4
1/8" & 5/32" ENiCrFe-2, ENiCrFe-3 & ENiCrMo3	High nickel	American Welding Society, AWS A5.1

Dari tabel 2.1 maka didapatkan beberapa tipe elektroda yang sesuai dengan pengelasan carbon steel untuk di gunakan dalam pembuatan boiler diantaranya: E6013. Tegangan busur las juga penting diperhatikan, tingginya tegangan busur tergantung pada panjang busur yang digunakan. Pada elektroda yang sejenis tingginya tegangan busur yang diperhatikan berbanding lurus dengan panjang busur. (Riyadi, F.,2013)

2.10 Perpindahan Panas Pada Ketel Uap (Boiler)

Panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan udara, yang kemudian dipindahkan ke air melalui bidang yang dipanaskan atau *heating surface* pada suatu instalasi ketel uap. Cara perpindahan panas ini ada 3 (tiga) cara, antara lain:

a. Perpindahan panas secara radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas oleh penjaran (rambatan) foton (partikel dasar) yang tak teratur. Setiap benda yang terus memancarkan *foton-foton* (partikel-partikel) di dalam arah, waktu, dan tenagayang dipindahkan oleh *foton-foton* (partikel-partikel) ini diperhitungkan sebagai kalor (Reynold dan Perkins,1983).

$$Q_p = CZ \times A \times [(T_{\text{api}} : 100)^4 - (T_{\text{benda}} : 100)^4] \text{ Kj/jam, Dimana :}$$

Q_p = radiasi dengan satuan Kj/jam,

CZ = konstanta radiasi dari stephan-bolztman yang dinyatakan dalam $\text{Kj/m}^2 \cdot \text{jam} \cdot \text{K}^4$

A = luas bidang yang dipanasi (m^2)

T = temperature (K)

b. Perpindahan panas secara konveksi

Bila sebuah fluida melewati sebuah permukaan padat panas, maka tenaga dipindahkan ke fluida dari dinding oleh panas hantaran. Tenaga ini kemudian dikonveksikan (*convected*) ke hilir oleh fluida, dan didifusikan melalui fluida oleh hantaran di dalam fluida tersebut.

Jenis proses perpindahan tenaga ini dinamakan perpindahan tenaga konveksi (*convection heat transfer*) (Stoecker dan Jones, 1982).

$Q_k = h \times A \times \Delta T$ (Kj/jam), Dimana:

Q_k = panas konveksi dengan satuan (Kj/jam),

H = Koefisien konveksi,

A = luas bidang kontak,

ΔT = perubahan temperature (Tapi-Tbenda)

c. Perpindahan panas secara konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan kalor melalui sebuah proses *medium stasioner*, seperti tembaga, air, atau udara (Reynold dan Perkins, 1983). Didalam dinding ketel/boiler, panas akan dirambatkan oleh molekul-molekul dinding/pipa ketel bagian dalam menuju dinding/pipa ketel bagian luar yang berbatasan dengan air. Perambatan tersebut menempuh jarak terpendek (Djokosetyardjo, 1993).

Jumlah panas yang dirambatkan = Q_k , melalui dinding ketel adalah sebesar:

$$Q_k = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$Q_k = k \frac{A}{L} (T_1 - T_2)$$

A = luas bidang

L = tebal dinding

Q_k = laju panas konduksi yang berpindah

T_1 = temperature dinding pipa dalam

T_2 = temperature dinding pipa luar

2.11 Alat Perkakas Bengkel

Menurut Tia Setiawan dan Harun (1980: 207) peralatan praktik atau alat perkakas ialah barang yang dapat dipergunakan untuk mengerjakan, membentuk atau mengolah bahan menjadi barang yang berguna dalam proses pembelajaran.

Peralatan atau alat perkakas ini digolongkan menjadi dua golongan yaitu:

- a. Alat perkakas yang lekas habis atau lekas rusak seperti daun gergaji, mata bor, pahat, tap, sney, kikir dan sebagainya.
- b. Peralatan atau alat perkakas seperti mesin yang jangka waktu pemakaiannya lama, biasanya diatas 10 tahun seperti mesin bor, mesin bubut, mesin frais, mesin gergaji, ragum dan sebagainya.

Adapun peralatan yang terdapat di bengkel pemesinan adalah peralatan khusus untuk praktik kegiatan pemesinan. Peralatan yang dipakai untuk praktikan harus disesuaikan dengan tujuan pembelajaran dan perlu dipertimbangkan juga adalah penggunaan alat-alat praktikan secara benar dan sesuai prosedur penggunaan.

Alat perkakas tangan adalah peralatan yang dioperasikan secara manual dan digunakan untuk melakukan berbagai tugas atau pekerjaan. Berikut adalah beberapa dasar dan prinsip yang terkait dengan alat perkakas tangan (Prasnowo, *et al.* 2020):

- a. Ergonomi: Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dan peralatan, termasuk alat perkakas tangan. Desain ergonomis

dari alat perkakas membantu mengurangi kelelahan dan ketegangan pada otot dan sendi pengguna, meningkatkan kenyamanan, dan mengurangi risiko cedera.

- b. **Material Alat:** Bahan yang digunakan dalam pembuatan alat perkakas tangan memainkan peran penting dalam kinerja dan ketahanannya. Bahan seperti baja karbon tinggi atau baja tahan karat sering digunakan untuk membuat alat tangan yang kuat dan tahan lama.
- c. **Mekanisme Kerja:** Alat perkakas tangan dapat memiliki berbagai mekanisme kerja, seperti pemotongan, pemukulan, atau memutar. Pemahaman tentang cara kerja alat tersebut penting untuk penggunaan yang efektif dan aman.
- d. **Keamanan Penggunaan:** Penggunaan alat perkakas tangan harus dilakukan dengan mematuhi prinsip-prinsip keselamatan. Ini melibatkan pemahaman tentang cara menggunakan alat dengan benar, termasuk penggunaan perlengkapan pelindung pribadi seperti kacamata dan sarung tangan.
- e. **Pemeliharaan Alat:** Merawat alat perkakas tangan secara teratur adalah bagian penting dari penggunaan yang aman dan efisien. Pemeriksaan rutin, pengasahan, dan pelumasan sesuai dengan petunjuk produsen dapat meningkatkan umur pakai dan kinerja alat.
- f. **Penanganan Material:** Pemahaman tentang jenis material yang sedang diolah dan cara terbaik untuk menanganinya penting. Misalnya, teknik pemotongan yang tepat berbeda antara kayu, logam, dan plastik.
- g. **Ketepatan dan Presisi:** Alat perkakas tangan dirancang untuk memberikan ketepatan dan presisi dalam pekerjaan. Ini melibatkan pemilihan alat yang

sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan dan penggunaannya dengan cara yang tepat.

- h. Pemilihan Alat yang Tepat: Pemahaman tentang jenis alat yang paling sesuai untuk pekerjaan tertentu adalah keterampilan penting. Pemilihan yang tepat dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas pekerjaan.

Penting untuk selalu mematuhi petunjuk penggunaan dan keselamatan yang disediakan oleh produsen alat perkakas tangan dan untuk terus memperbarui pengetahuan tentang teknik penggunaan yang aman dan efektif.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu

Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa ini dimulai sejak judul tugas akhir ini disetujui oleh kedua pembimbing. Kemudian waktu yang akan digunakan dari penyusunan tugas akhir manufaktur ketel induksi dengan tekanan 200 kPa ini dapat dilihat pada tabel 3.1.

3.1.2. Tempat

Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa dilakukan di CV.MICRO ENTERPRISES JL.Asem link XII Desa Bandar kalipa Kec.Percut Sei Tuan. CV.MICRO ENTERPRISES dipilih karena cukup merepresentatif untuk kebutuhan pemenuhan dalam penulisan tugas akhir ini. Tabel jadwal tugas akhir dapat dilihat pada table 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir

Aktifitas Kegiatan	2023 – 2024																
	Agustus				September				Januari				Februari				April
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Pengajuan Judul	■																
Penulisan Proposal		■															
Seminar Proposal			■														
Proses Penelitian				■													
Pengolahan Data					■												
Penyelesaian Laporan						■											
Seminar Hasil							■										
Evaluasi dan persiapan Sidang								■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Sidang Sarjana																	■

3.2 Bahan dan Alat

3.2.1. Alat

Peralatan yang dipergunakan dalam Manufaktur ketel uap kapasitas 200 kPa ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin Gerinda

Mesin gerinda digunakan untuk pemotongan besi plat dan pipa steam pada pembuatan rangka, dengan menggunakan mesin gerinda dengan daya listrik 600 Watt Mesin gerinda yang ada pada perlengkapan alat digunakan juga sebagai alat untuk menghaluskan dan meratakan permukaan rangka pada ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Gambar mesin gerinda tangan dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Mesin Gerinda Tangan

Spesifikasi:

Mesin gerinda tangan listrik makita 9553B dengan daya listrik 600 watt dan kecepatan putaran tanpa beban 1100 rpm ukuran spindel 10mm x 1.5mm ukuran batu gerinda 100 mm, ukuran sikat mangkok 75 mm.

b. Mesin Bor Duduk

Mesin bor duduk digunakan untuk membuat lubang, alur, perluasan, dan penghalusan dengan presisi dan keakuratan. Pada pembuatan ketel induksi mesin bor duduk digunakan untuk pegelubangan terhadap pipa steam pada rangka, besi

plat pada dudukan rangka pada ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Gambar mesin bor duduk dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Mesin Bor Duduk

Spesifikasi:

Mesin bor duduk PR035 dengan daya listrik 250 watt voltase 250V/50Hz, kapasitas pengeboran maksimal 13 mm kecepatan tanpa beban 580 – 2650 rpm, spindle 50 mm diameter kolom 46 mm, ukuran meja 160 x 160 mm, berat 19 kg, tinggi mesin 590 mm.

c. Mesin Blender Potong

Mesin blender potong atau cutting torch merupakan alat yang digunakan untuk memotong bahan menjadi dua atau lebih. Mesin blender potong yang digunakan tipe M dengan dukungan tabung oksigen, tabung lpg, regulator oksigen, regulator lpg, selang las, pemantik api. Gambar mesin blender potong dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Mesin Blender Potong

Spesikasi :

Mesin blender potong CG1-30 dengan panjang 1,8 m , gas input lpg dan *acetylene* kapasitas potong 8 – 100 mm, diameter potong circular 200 – 2000 mm.

d. Mesin Las listrik (*welding trafo*)

Mesin las listrik digunakan untuk menyambung logam yang dapat mengalirkan arus listrik cukup besar, tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Cara kerja mesin las dalam proses pembuatan Ketel induksi dengan tekanan 200 kPa ini adalah dengan mengalirkan yang tertumpu pada busur listrik sehingga menimbulkan energi panas yang cukup tinggi dengan menggunakan kawat las elektroda. Sehingga akan mudah mencairkan logam yang disentuhnya.

Gambar mesin las listrik dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Mesin Las listrik

Spesifikasi:

Mesin las lakoni model basic 123 ix dengan berat 3,6 kg Kapasitas 1,66 mm - 4 mm, siklus 120 amper, *power* 450 watt.

e. Penggaris Siku (Siku Ukur)

Penggaris siku Ukur L digunakan untuk dengan cepat menandai setiap sudut hingga 45 derajat dan 90 derajat dan juga alat yang paling sering dipergunakan untuk mengukur sampai enam inci (20 cm). pada proses pembuatan Ketel induksi dengan tekanan 200 kPa untuk pembuatan rangka sehingga mendapatkan sudut 90°. alat ukur dirancang untuk membuat tanda persegi atau sudut pada suatu benda. Gambar penggaris siku dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Penggaris Siku

Spesifikasi:

Penggaris siku dengan bahan terbuat dari stainless, panjang 6 inch, Sudut 90° derajat.

f. Kawat Las (Elektroda)

Kawat las digunakan untuk melakukan pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala. Sebagai salah satu bagian penting dalam proses pengelasan. Elektroda yang digunakan dalam pengelasan dan penyambungan pada pembuatan Ketel induksi dengan tekanan 200 kPa memakai

kawat las ukuran NK-68 $\varnothing 2.6 \times 350$ mm. Gambar kawat las dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Kawat Las

Spesifikasi:

Kawat las enka NK-68 dengan ukuran diameter 2.0 mm, panjang 300 mm, AWS A5.1 E6013, JIS Z 3211 D4313.

g. Jangka Sorong

Jangka sorong, juga dikenal sebagai caliper, adalah alat ukur presisi yang digunakan untuk mengukur dimensi dalam dan luar suatu objek dengan akurasi tinggi. Alat ini terdiri dari dua rahang, yaitu rahang tetap dan rahang geser, yang dapat bergerak maju dan mundur.

Berikut adalah bagian-bagian penting dari jangka sorong:

1. Rahang Tetap: Merupakan bagian tetap dari jangka sorong yang tidak dapat bergerak. Biasanya memiliki skala ukur yang terukir pada permukaannya.
2. Rahang Geser: Merupakan bagian yang dapat digerakkan maju dan mundur. Rahang geser dapat dipindahkan dengan menggunakan tombol atau pengait yang terdapat di sepanjang bodi jangka sorong.
3. Skala Utama: Skala utama adalah skala ukur yang terukir pada bodi jangka sorong dan berhubungan langsung dengan rahang geser. Skala ini digunakan untuk membaca ukuran yang diukur.

4. Skala *Vernier*: Skala *vernier* adalah skala tambahan yang digunakan untuk meningkatkan akurasi pengukuran pada jangka sorong. Skala *vernier* ini terdapat pada rahang geser dan berhubungan dengan skala utama, ketika rahang geser.

3.2.2. Bahan

a. Manometer / *Pressure Gauge*

Manometer adalah alat yang berfungsi mengukur tekanan uap dalam ruang ketel. Pemasangan manometer pada dinding ketel uap ini menggunakan pipa angsa (*symphon pipe*) yang berfungsi untuk menghindari kesalahan pengukuran, karena temperatur tinggi yang langsung dihubungkan dengan manometer. Gambar monometer/*pressure gauge* dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Manometer/*Pressure Gauge*

b. Nepel

Nepel adalah perlengkapan yang digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih pipa untuk mengontrol aliran cairan. Gambar nepel dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Nepel

c. Mur

Mur atau juga kerap disebut nut merupakan jenis pengikat atau pengencang material dengan ulir, jenis mur yang digunakan mur hexagonal. Gambar mur dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Mur

d. *Safety Valve*

Safety valve merupakan alat pengaman yang bekerja bila terdapat tekanan lebih dari ketel uap atau tekanan pada ketel uap melebihi batas tekanan yang diijinkan. Gambar *safety valve* dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. *Safety Valve*

e. *Blowdown Valve*

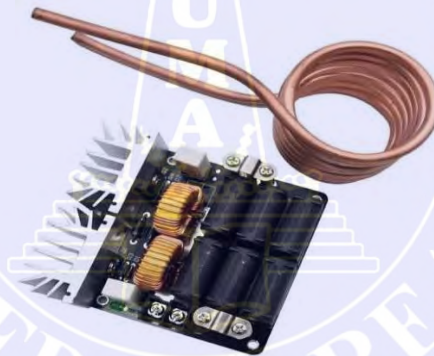
Blowdown valve berfungsi membuang air yang ada didalam ketel uap sewaktu-waktu jika ingin melakukan pengurasan. Katup ini juga digunakan untuk memasukan air. Gambar *blowdown valve* dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11. *Blowdown Valve*

f. Pemanas Induksi

Pemanas induksi adalah alat yang menggunakan prinsip induksi elektromagnetik untuk menghasilkan panas pada benda logam. Alat ini menggunakan medan magnetik yang berubah-ubah untuk menghasilkan arus listrik induksi pada benda logam, yang pada gilirannya menghasilkan panas karena resistansi listrik. Gambar pemanas induksi dapat dilihat pada gambar 3.12.



Gambar 3.12. Pemanas Induksi

Komponen utama pemanas induksi meliputi:

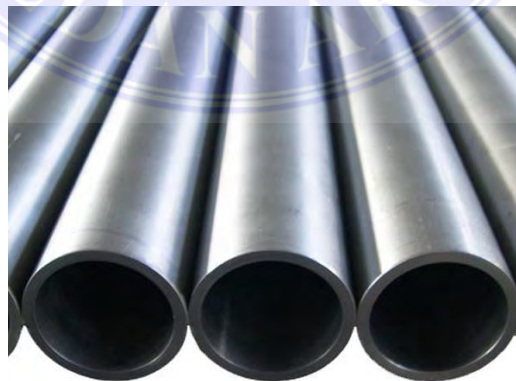
1. Kumparan Induksi: Merupakan kumparan atau gulungan kawat tembaga yang dililitkan pada inti feromagnetik. Kumparan ini digunakan untuk menghasilkan medan magnetik yang berubah-ubah dan menginduksi arus listrik pada benda logam.
2. Inti Feromagnetik: Biasanya terbuat dari bahan feromagnetik seperti besi atau baja yang berfungsi untuk memperkuat medan magnetik yang dihasilkan oleh kumparan induksi.

3. Sumber Daya dan Kendali: Termasuk sumber daya listrik dan unit kontrol yang digunakan untuk mengatur kekuatan dan frekuensi pemanas induksi, serta mengontrol suhu dan waktu pemanasan.
4. Kabel dan Saluran Pendingin: Digunakan untuk menyediakan daya listrik dan sistem pendinginan yang efisien pada kumparan induksi dan komponen lainnya untuk menjaga suhu yang sesuai selama proses pemanasan.

Pemanas induksi banyak digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk pemanasan logam untuk pengolahan termal, proses manufaktur, soldering, dan brazing. Keuntungan utama pemanas induksi meliputi efisiensi tinggi, kontrol suhu yang akurat, pemanasan yang cepat, dan kemampuan pemanasan selektif pada area tertentu tanpa mempengaruhi area sekitarnya.

g. *Pipa Steam*

Pipa steam adalah pipa khusus yang digunakan untuk mengalirkan uap air bertekanan tinggi dalam sistem ketel uap. Pipa ini dirancang secara khusus untuk menahan tekanan dan suhu tinggi yang dihasilkan oleh uap air dalam proses produksi. Gambar *pipa steam* dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. *Pipa Steam*

Pipa steam umumnya terbuat dari baja karbon atau baja tahan panas yang memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup terhadap tekanan dan suhu tinggi.

Pipa dapat memiliki berbagai ukuran dan ketebalan dinding tergantung pada kebutuhan sistem ketel uap.

Beberapa karakteristik pipa steam yang perlu diperhatikan menurut Raharjo (2018) adalah:

1. Bahan: Pipa *steam* umumnya terbuat dari baja karbon (seperti ASTM A106) atau baja tahan panas (seperti ASTM A335 P11 atau P22) yang sesuai dengan standar industri. Bahan ini harus memiliki sifat mekanik dan tahan korosi yang memadai untuk digunakan dalam lingkungan uap yang panas dan bertekanan tinggi.
2. Diameter dan Ketebalan Dinding: Pipa steam tersedia dalam berbagai diameter dan ketebalan dinding. Diameter pipa yang dipilih harus disesuaikan dengan aliran uap yang diinginkan, sedangkan ketebalan dinding harus mencukupi untuk menahan tekanan yang diberikan pada sistem.
3. *Fitting* dan Sambungan: *Fitting* pipa seperti *elbow*, *tee*, *reducer*, dan *flensa* digunakan untuk menghubungkan dan mengarahkan aliran uap dalam sistem. Sambungan pipa biasanya menggunakan metode pengelasan seperti pengelasanbutt atau pengelasan soket.
4. Isolasi Termal: Pipa steam umumnya dilengkapi dengan lapisan isolasi termal seperti *rockwool* atau *fiberglass* untuk mengurangi kerugian panas dan menjaga kestabilan suhu dalam sistem.

h. Pipa *Elbow*

Pipa *Elbow* adalah salah satu jenis sambungan pipa yang berbentuk lengkung seperti siku yang berfungsi untuk membelokkan aliran pipa. Dengan fungsinya ini tidak heran bila *elbow* adalah komponen terpenting dalam

pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Gambar pipa *elbow* dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Pipa *Elbow*

i. Plat Besi

Besi plat atau pelat adalah bahan baku plat yang berupa lembaran yang dalam pembuatannya digunakan sebagai bahan baku dalam membuat berbagai macam peralatan dan perlengkapan dalam membuat kebutuhan industri seperti mesin, badan kendaraan alat transportasi, dan juga banyak digunakan sebagai bahan baku properti. Gambar plat besi dapat dilihat pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. Plat Besi

3.3 Metode Penelitian

Setelah menemukan konsep rancangan yang menjadi acuan pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Selanjutnya mengumpulkan dan menganalisis artikel ilmiah, buku, laporan teknik, atau sumber sumber referensi lainnya yang membahas tentang prinsip, teknik, dan pembuatan ketel induksi. Serta memahami teori, penelitian terdahulu, dan praktik terbaik dalam industry ketel sehingga menghasilkan sebuah cara pembuatan akhir yang nantinya diharapkan dapat membuat ketel induksi dengan kekuatan 200 kPa yang diinginkan.

3.4 Populasi dan Sampel

Tabel 3.2. Populasi Komponen/Bahan

NO	Komponen/Bahan	Spesifikasi	Perlakuan
1.	Pemanas Induksi	3000w adaptor 54V	Frekuensi dan daya
2.	Pipa Steam	Material baja	Tahan terhadap tekanan
3.	Sensor Suhu	Akurasi $\pm 1^{\circ}\text{C}$	Tahan terhadap panas
4.	Perlengkapan Keamanan	Keamanan Otomatis	Tahan terhadap tekanan
5.	Sensor Tekanan	2 bar	Tahan terhadap tekanan

Tabel 3.3. Populasi Pengelasan

No	Nomor Seri Weld	Jenis Pengelasan	Material yang Dilas	Spesifikasi Welding	Status Kualifikasi
1	WELD001	Butt Weld	Stainless Steel	ASME SECTION IX	Disetujui
2	WELD002	Socket Weld	Karbon Steel	AWS D1.1	Disetujui
3	WELD003	Fillet Weld	Baja Tahan Karat	AWS D1.6	Disetujui
4	WELD004	Butt Weld	Baja Karbon Rendah	ASME SECTION IX	Disetujui
5	WELD005	Socket Weld	Stainless Steel	AWS D1.6	Disetujui

Tabel 3.4. Populasi Pemotongan

No	Bahan	Jenis Material	Dimensi (Ukuran)	Kuantitas
1	Plat Stainless	Stainless Steel	2mm x 500mm x 500mm	10 lembar
2	Pipa Baja Karbon	Karbon Steel	Diameter 50mm, Tebal 3mm	5 batang
3	Tabung Steinless	Stainless Steel	Diameter 100mm, Tebal 2mm	3 buah
4	Besi Siku	Karbon Steel	40x40 mm tebal 3,5 mm	2 Batang

Tabel 3.5. Sampel Komponen/Bahan

No.	Komponen/Bahan	Hasil Pengujian 1	Hasil Pengujian 2	Kesimpulan
1.	Pemanas induksi	Lulus	Lulus	Sesuai Spesifikasi
2.	Pipa Steam	Lulus	Lulus	Sesuai Spesifikasi

3.	Sensor Suhu	Lulus	Lulus	Sesuai Spesifikasi
4.	Perlengkapan Keamanan	Lulus	Lulus	Sesuai Spesifikasi
5.	Sensor Tekanan	Lulus	Lulus	Sesuai Spesifikasi

Tabel 3.6. Sampel Pengelasan

No	Nomor Seri Weld	Hasil Pengujian Visual	Hasil Pengujian Radiografi	Kesimpulan
1	WELD001	LULUS	LULUS	Sesuai Spesifikasi
2	WELD002	LULUS	TIDAK LULUS	Rekayasa Ulang di Perlukan
3	WELD003	LULUS	LULUS	Sesuai Spesifikasi
4	WELD004	LULUS	LULUS	Sesuai Spesifikasi
5	WELD005	LULUS	LULUS	Sesuai Spesifikasi

Tabel 3.7. Sampel Pemotongan

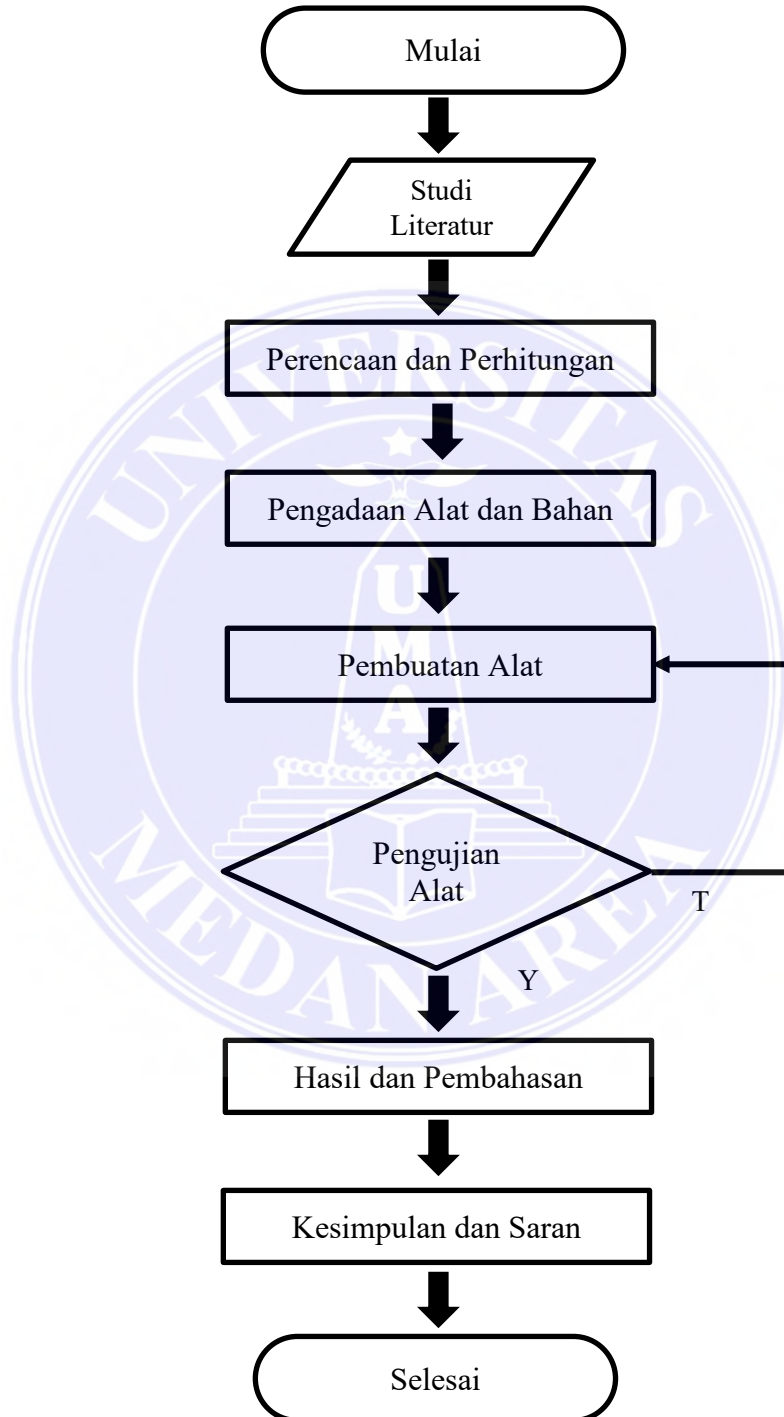
No	Bahan yang dipotong	Jenis Material	Dimensi yang dipotong	Hasil Potongan
1	Plat Stainless	Stainless Steel	2mm x 500mm x 500mm	2 lembar
2	Pipa Baja Karbon	Karbon Steel	Diameter 50mm, Tebal 3mm	1 batang
3	Tabung Steinless	Stainless Steel	Diameter 100mm, Tebal 2mm	1 buah
4	Besi Siku	Karbon Steel	40x40 mm tebal 3,5 mm	1 batang

3.5 Prosedur Kerja

Langkah pertama persiapan alat dan bahan yang akan di gunakan untuk merancang ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. Proses pengerjaan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa yaitu kurang lebih selama satu bulan untuk melakukan proses pengerjaan selama satu bulan untuk memaksimalkan peroses perancangan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa. pada benda kerja di lakukan perhitungan pada rancangan tersebut dan pengujian tersebut dengan ketentuan yang telah di terapkan.

3.5.1 Diagram Alir Proses Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa.

Diagram alir proses pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa adalah sebagai berikut:



Gambar 3.16. Diagram Alir Proses Pembuatan Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

Setelah selesai mengerjakan tugas akhir dengan judul “Manufaktur Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa” sampai dengan akhir penyusunan ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut:

1. Pembuatan Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa terdiri dari 4 (empat) langkah kerja antara lain : (1) menganalisis kebutuhan, (2) perancangan alat, (3) pembuatan alat, dan (4) pengujian alat.
2. Dari proses pembuatan Ketel induksi dengan tekanan 200 kPa diketahui proses pembuatannya dimulai dari pembuatan tabung ketel, pembuatan pipa penghubung, pembuatan takaran air, dan penyambungan komponen - komponen seperti *blowdown valve*, *manometer*, *safety valve* pada tabung ketel. Setelah komponen-komponennya berfungsi sebagaimana mestinya, dan mendapatkan hasil tekanan uap 200 kPa, sehingga dinyatakan proses pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa dinyatakan selesai.
3. Proses pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa diketahui pengoperasian pada 25 V x 20 A tidak mampu menghasilkan uap sampai dengan tekanan 200 kPa. Pada pengoperasian 150 V x 30 A mampu menghasilkan uap dengan tekanan 200 kPa pada kurun waktu hingga 15 menit, dengan menahan tekanan uap hingga kurun waktu 60 menit.

5.2 SARAN

Berdasarkan Pembuatan Ketel Induksi dengan Tekanan 200 kPa, saran penulis yang ingin disampaikan adalah :

1. Pembuatan ketel induksi dengan tekanan 200 kPa melibatkan proses yang meliputi tahapan rinci dan evaluasi performa alat pada berbagai setting operasional. Diperlukan analisis lebih lanjut terkait efisiensi energi, keandalan alat, serta potensi perbaikan atau penyesuaian lebih lanjut untuk memastikan kinerja optimal serta keamanan selama penggunaan jangka panjang.
2. Diharapkan bagi peneliti selanjutnya memperhatikan bagian penting seperti pipa steam, proses pengelasan, proses pemotongan, heater, karena dapat mengurangi tekanan uap yang keluar.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshory, I., Jamaaluddin, & Wisaksono, A. (2022). Buku Ajar Dasar Konversi Energi. *Umsida Press*, 1 – 205, doi.org/10.21070/2022/978-623-464-040-3.
- Djokosetyyarjo, M. J. (1993). *Ketel Uap*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Ganapathy, V. (2003). *Industrial Boilers and Heat Recovery Steam Generators: Design, Applications, and Calculations*. CRC Press.
- Ginting, H. P. (2017). *Teknik Penyambungan dan Pengelasan*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Gupta, R., & Prasad, S. (2017). "Innovations in Boiler Design and Efficiency Improvements." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 6(5), 455-462.
- Huang, D., Liu, B., & Zhu, S. (2018). Effects of Chromium Content on the Mechanical Properties and Corrosion Resistance of Stainless Steel for Induction Boiler Tubes. *Materials Science and Engineering: A*, 734, 92-99.
- Amin, M. N., Azad, A. K., & Sarkar, M. A. R. (2016). Structural Design Optimization of Industrial Boiler. *Journal of Industrial Engineering International*, 12(3), 299-310.
- Liu, X., Zhang, Y., Wang, Q., & Chen, Z. (2018). Design of induction boiler geometry with 200 kPa pressure for the chemical industry. *Journal of Chemical Engineering*, 45(2), 112-125.
- Malek, A. (2004). *Steam Boiler Engineering: A Treatise on Steam Boilers and the Design and Operation of Boiler Plants*. New York: CRC Press.
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). *Perancangan mesin-mesin industri*. Deepublish.
- Prasetyo, A. Y. (2023). *Pengujian Ketebalan Ketel Uap Industri Menggunakan Metode Ultrasonic Test*. (Doctoral dissertation, Sekolah Vokasi).
- Prasnowo, M. A., Findiastuti, W., & Utami, I. D. (2020). *Ergonomi Dalam Perancangan dan Pengembangan Produk Alat Potong Sol Sandal*. Scopindo Media Pustaka.
- Purba, B. (2015). *Dasar-Dasar Teknik Proses Kimia*. Jakarta: Erlangga.
- Raharjo, T. (2018). *Desain Sistem Pipa dan Aplikasinya*. Surabaya: Penerbit ITS Press.
- Reynolds, W., & Perkins, H. (1983). *Termodinamika Teknik - Terjemahan Filino*. Harahap, Jakarta: Erlangga.

- Riyadi, F. (2013). *Analisa Mechanical dan Metallurgical Pengelasan Baja Karbon A36 dengan Metode SMAW*. Surabaya: Digilip ITS
- Sakti, S. P. (2017). *Pengantar Teknologi Sensor: Prinsip Dasar Sensor Besaran Mekanik*. Universitas Brawijaya Press.
- Septianto, M. R. (2017). *Rancang Bangun Turbin Uap Pada Maket Pembangkit Listrik Tenaga Uap* (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Jakarta)
- Simalango, R. (2019). Perancangan Ketel Uap Untuk Pabrik Kelapa Sawit Degan Kapasitas 30 Ton/Jam. *Repository UHN*.
- Stoecker, W. F., & Jones, J. W. (1982). *Refrigeration and Air Conditioning*. New York
- Sugiharto, A. (2016). Tinjauan Teknis Pengoperasian Dan Pemeliharaan Boiler. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 6(2).
- Sularso., & Suga, K. (2008). *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Wang, S., Li, J., Zhang, H., & Yang, L. (2020). Innovative welding technology for enhancing pressure strength of induction boilers. *Welding Innovations*, 12(3), 178-192.

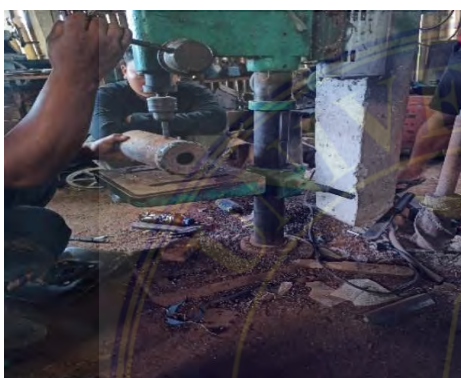
Lampiran 1 Dokumentasi Pembuatan Ketel Induksi dengan tekanan 200 kPa



a. Gambar proses pengelasan



b. Gambar proses pengrendaan



c. Gambar proses pengeboran



d. Gambar proses pengelasan



e. Gambar tabung bawah



f. Gambar tabung tengah

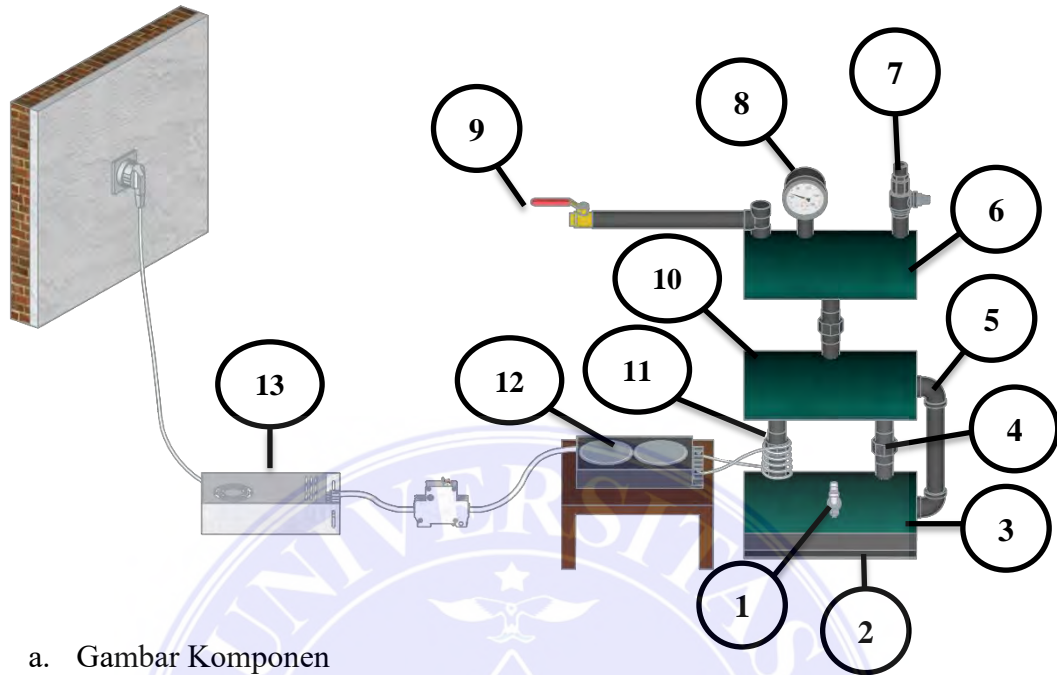


g. Gambar tabung atas



h. Gambar proses pelapisan

Lampiran 2 Komponen Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa



a. Gambar Komponen

Tabel Keterangan Komponen

No	Keterangan
1	Blowdown valve
2	Dudukan Ketel Induksi
3	Tabung Bagian Bawah/Tangki Air
4	Pipa Penghubung
5	Pipa Takaran Air
6	Tabung Bafian Atas/ Reservoir Kedua
7	Safety valve
8	Manometer
9	Pipa Untuk Uap Keluar
10	Tabung Bagian Tengah/Reservoir Pertama
11	Gulungan Heater
12	Heater
13	Adaptor

Lampiran 3 Ketel Induksi Dengan Tekanan 200 kPa

