

**ANALISA KONSTRUKSI MARCET BOILER
DENGAN TEKANAN KERJA UAP 5 BAR**

SKRIPSI

OLEH :

SUDARMAN

10.813.0043



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2014

**ANALISA KONSTRUKSI MARCET BOILER
DENGAN TEKANAN KERJA UAP 5 BAR**

SKRIPSI



Oleh :

SUDARMAN

10.813.0043

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Mesin
Universitas Medan Area

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2014**

Judul Skripsi : Analisa Konstruksi Marcet Boiler Dengan Tekanan Kerja Uap 5
bar

Nama : Sudarman

NPM : 10.813.0043

Fakultas : Teknik

Jurusan : Mesin

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing



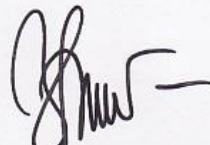
Ir. H. Amru Siregar, MT

Pembimbing I



DR. Ir. Suditama, MT

Pembimbing II



Ir. Hj. Maniza, MT

Dekan

LEMBAR PERNYATAAN

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

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



ABSTRAK

Penelitian ini merupakan lanjutan dari pengembangan atau modifikasi peralatan pengujian di Laboratorium Prestasi Mesin Jurusan Teknik Mesin Universitas Medan Area. Pengembangan yang dilakukan disini adalah meneruskan penelitian marcet boiler, dimana alat ini berfungsi untuk mengukur perbandingan antara tempratur dan tekanan uap yang bekerja di dalam boiler. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan konstruksi dari marcet boiler tersebut. Dari hasil pengujian diharapkan konstruksi marcet boiler aman didalam penggunaannya, sehingga tidak terjadi kecelakaan kerja.

Kata kunci : tekanan, marcet boiler, konstruksi



ABSTRACT

This a continuation of the development or modification of equipment testing at the Laboratory Performance Engineering Department of Mechanical Engineering University of Medan Area. The development is done here is to continue the research Marcet boiler, in which the tool is used to measure the ratio between tempratur and pressure. With the development of these tools students are expected to prove the truth of the steam table. The purpose of this study was to determine the strength of the construction of Marcet boiler. From the test results are expected Marcet boiler construction safety in use, so that no accidents.

Keywords: Preasure, Marcet boiler, construction.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Allah SWT atas karunia dan anugerah-Nya yang senantiasa diberikan sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan.

Tugas sarjana ini merupakan suatu syarat agar dapat lulus menjadi Sarjana Teknik di Universitas Medan Area. Adapun judul yang dipilih dalam tugas akhir ini adalah “ANALISA KONSTRUKSI MARCET BOILER DENGAN TEKANAN KERJA UAP 5 BAR”.

Pada kesempatan kali ini, saya juga tidak lupa menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Drs. M. Erwin Siregar, MBA. selaku Ketua Yayasan Pendidikan Haji Agus Salim Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. H. Ahmad Yakub Matondang, MA. Sebagai Rektor Universitas Medan Area.
3. Ibu Ir. Hj. Hanija, MT. Selaku Dekan Universitas Medan Area.
4. Ibu Sherlly Maulana, ST. Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. H. Amirsyam Nasution, MT. Selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Universitas Medan Area.
6. Bapak DR. Ir. Suditama, MT. Sebagai Ketua Jurusan Teknik mesin Universitas Medan Area.
7. Bapak Ir. H. Amru Siregar, MT. Sebagai Dosen Pembimbing I
8. Bapak DR. Ir. Suditama, MT. Sebagai Dosen Pembimbing II
9. Kedua orang tua tercinta, Danny Syahputra dan Mahmudah atas segala doa dan perhatiannya yang selalu menyertai saya dalam menyelesaikan pendidikan ini.
10. Juga teman-teman sejawat yang saya sayangi, yang telah membantu saya dalam menyelesaikan penelitian ini.

Saya menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun demi penyempurnaan dimasa mendatang.

Penulis

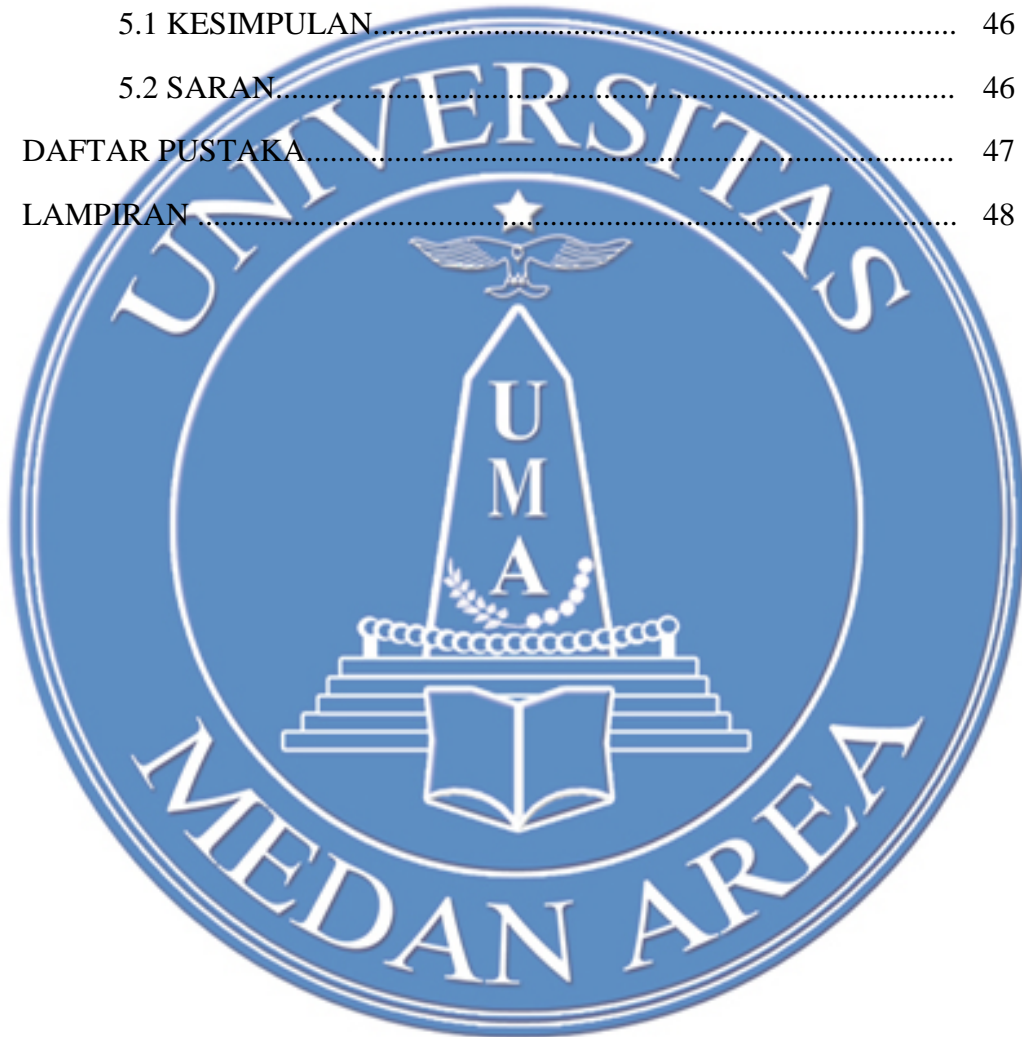
Sudarman



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Alasan Pemilihan Judul	3
1.3 Perumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Sistematika Penyusunan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Marcet Boiler.....	6
2.2 Prinsip Kerja Boiler	6
2.3 Bahan Bakar Boiler.....	7
2.4 bahan Untuk Boiler	9
2.4 Perubahan Perlahan dan Sifat Bahan Terhadap suhu.....	12
2.5 Komponen Utama Pada Boiler.....	15
2.6 Susunan Umum Dari Boiler.....	16
2.7 Dasar-dasar Perhitungan Kekuatan Konstruksi.....	18
BAB III METDOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Geometri Marcet Boiler.....	29
3.2 Desain Pengujian.....	30
3.3 Metode Perencanaan	31

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN.....	37
4.1 Perhitungan Tekanan Kerja Pada Dinding Boiler.....	37
4.2 Perhitungan Kekuatan Baut.....	38
4.3 Perhitungan Kekuatan Sambungan Las.....	39
4.4 Perencanaan Packing Steam.....	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 KESIMPULAN.....	46
5.2 SARAN.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	47
LAMPIRAN.....	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengaruh Suhu Terhadap Tifat Tarik Baja	12
Gambar 2.2 Kurva Perubahan Perlahan-lahan Waktu	14
Gambar 2.3 Air Yang Tidak Bersirkulasi	17
Gambar 2.4 Drum Ketel Diperhitungkan Berdasarkan Kekuatan Belah	18
Gambar 2.5 Drum Ketel Diperhitungkan Berdasarkan Kekuatan Putus	20
Gambar 2.6 Macam-macam Kerusakan Pada Baut	22
Gambar 2.7 Macam-macam Sambungan Las-temu	25
Gambar 2.8 Las alur khusus	26
Gambar 2.9 Tegangan Normal Rata-rata Pada Sambungan Las-temu	27
Gambar 3.1 Geometri Marcet Boiler	29
Gambar 3.2 Diagram alir perencanaan marcet boiler	30
Gambar 4.1 Sambungan Las Pada Dinding Boiler	40
Gambar 4.2 Sambungan Las Socket di Tutup Atas Boiler	41
Gambar 4.3 Packing style B-81	45

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dasarnya boiler atau ketel uap adalah bejana tertutup yang berisi air atau fluida lain untuk dipanaskan. Energi panas dari fluida tersebut selanjutnya digunakan untuk berbagai macam keperluan, seperti untuk turbin uap, pemanas ruangan, mesin uap dan lain-lain. Secara proses konversi energi, boiler mengkonversi energi kimia yang tersimpan didalam bahan bakar kemudian dikonversi menjadi energi panas yang ditransfer melalui fluida kerja.

Uap air yaitu uap yang timbul akibat perubahan fase air (cair) menjadi uap dengan cara pendidihan (*boiling*). Untuk melakukan proses pendidihan diperlukan energi panas yang diperoleh dari sumber panas, misalnya dari pembakaran bahan bakar (padat, cair, dan gas) tenaga listrik dan gas panas sebagai sisa proses kimia serta tenaga nuklir.

Penguapan bisa saja terjadi disembarang tempat dan waktu pada tekanan normal, bila diatas permukaan zat cair tekanan turun dibawah tekanan mutlak. Uap yang dihasilkan dengan cara demikian tidak mempunyai energi potensial, jadi tidak dapat digunakan sebagai sumber energi.

Sudah beribu-ribu tahun manusia bersahabat dengan uap air, yaitu semenjak manusia melakukan pekerjaan merebus (*boiling*), tetapi hanya baru dua abad ini mereka baru menemui bagaimana untuk mempergunakan uap bagi kepentingan mereka.

Para insinyur Yunani dan Romawi telah mempunyai pengetahuan menarik tentang sifat-sifat uap dan air panas, tetapi tidak mencoba untuk memakai ilmunya tersebut. Hero dari Iskandar dengan Whirling aeolipyle mengembangkan prinsip turbin reaksi dan mesin jet sekarang dalam bentuk sederhana, tetapi pada waktu itu direncanakan hanya sebagai permainan. Tahun 1606 Giovanni Battista Della Porta merencanakan dua buah laboratorium percobaan yang memperlihatkan tenaga uap dan sistem kondensasi.

Air adalah media yang berguna dan mudah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi 1600 kali, maka akan menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan baik.

Ditinjau dari aspek keselamatan kerja, jadi jenis ketel listrik yang dioperasikan akan menimbulkan bahaya yang tidak diinginkan seperti : peledakan, bahaya kebakaran, ataupun yang sifatnya merugikan, maka perlu diawasi secara terus menerus, mengingat peralatan yang dioperasikan tersebut dalam keadaan aman serta tenaga kerja yang bekerja disekitarnya berhak mendapat perlindungan dan terjaminnya terhadap keselamatan, untuk itu perlu dilakukan pengawasan dan evaluasi terhadap alat yang bekerja secara preodik untuk mencegah bahaya yang lebih besar lagi.

1.2 Alasan Pemilihan Judul

Selain berhubungan dengan hal diatas, alasan pemilihan judul “ANALISA KONSTRUKSI MARCET BOILER DENGAN TEKANAN KERJA UAP 5 BAR” didasarkan atas beberapa alasan sebagai berikut:

- a) Mengembangkan dan menerapkan ilmu yang telah diperoleh dibangku kuliah, khususnya konstruksi dan perencanaan elemen mesin.
- b) Mengetahui konstruksi dari ketel jenis drum
- c) Mengembangkan Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM).

1.3 Perumusan Masalah

Pada analisa ini penulis ingin memperhitungkan kekuatan dari konstruksi marcet boiler dengan tekanan operasional uap 5 bar, dan fluida yang digunakan adalah air.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan untuk menghindari pembahasan / pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan dapat dengan mudah dilaksanakan, adapun batasan masalah dalam penyelesaian Proposal Tugas Sarjana ini yaitu :

- a) Penulis menentukan bahan yang sesuai untuk marcet boiler.
- b) Memperhitungkan konstruksi dari marcet boiler

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dalam penelitian ini adalah, Untuk merencanakan sebuah marcet boiler dengan tekanan operasional uap 5 bar yang aman didalam penggunaannya.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- a) Untuk pengembangan didalam ilmu pengetahuan, khususnya di dalam pelajaran konstruksi dan perencanaan.
- b) Untuk kepentingan masyarakat yang ingin mempelajari tentang marcet boiler

- c) Untuk dijadikan referensi bagi rekan-rekan yang ingin meneliti lebih dalam lagi tentang marcet boiler.

1.7 Sistematika Penyusunan

Untuk memperoleh gambaran tentang isi dari tugas akhir ini maka akan dikemukakan sistematika penulisan sebagai berikut:

Diawali dengan bab I yaitu pendahuluan yang Berisi tentang latar belakang permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penulisan Tugas Akhir, metodologi penyusunan dan sistematika penyusunan.

Kemudian dilanjutkan dengan bab II yaitu landasan teori, Berisi tentang pendekatan teoritis baik yang bersumber dari acuan pustaka maupun analisis penulis sendiri, dan disertai pertimbangan pemilihan bahan.

Lalu dilanjutkan dengan bab III yaitu metodologi perancangan. Dimana pada bab ini dimulai dengan perencanaan, membahas tempat dan waktu dilakukannya penyelesaian tugas, membahas pula tentang bahan, peralatan, serta metode yang dikerjakan pada proses permesinan.

Dan dilanjutkan dengan bab IV analisa dan perhitungan yang berisi analisis terhadap hasil perhitungan, dan mempresentasikan marcet boiler dari pengolahan data yang telah dilakukan.

Diakhiri dengan bab VI yaitu penutup yang Berisi kesimpulan dan saran dari hasil pengolahan dan interpretasi sehingga mampu mengambil inti permasalahan penelitian yang akhirnya dapat memberikan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Marcet Boiler

Marcet boiler adalah merupakan salah satu ketel tenaga listrik yang ditinjau dari sumber panas (*Heat Source*) untuk pembuatan uap dengan menggunakan elemen pemanas. Fungsi dari ketel pada umumnya untuk mengubah air menjadi uap, dimana uap ini diperoleh dengan memberikan sejumlah kalor terhadap air yang merupakan bahan bakarnya dengan perkataan lain merupakan pesawat konversi energi yang mengkonversikan energi listrik dari elemen pemanas menjadi energi panas (uap) yang selanjutnya dapat digunakan untuk kepentingan pada proses industri (dapat digunakan sebagai pembangkit listrik melalui turbin dan dapat dimanfaatkan untuk proses pengolahan pada suatu pabrik industri).

Ketel bertenaga listrik pada dasarnya terdiri dari suatu bejana bertekanan dimana didalamnya terdapat rangkaian elemen-elemen pemanas yang dialiri oleh arus listrik. Ketel bertenaga listrik ini merupakan pembangkit tenaga uap yang sangat sederhana sekali, dan terbatas hanya untuk tekanan uap yang relatif rendah.

2.2 Prinsip Kerja Boiler

Energi kalor yang dibangkitkan dalam sistem boiler memiliki nilai tekanan, temperatur, dan laju aliran yang menentukan pemanfaatan steam yang akan digunakan. Berdasarkan ketiga hal tersebut sistem boiler mengenal keadaan tekanan-temperatur rendah (low pressure/LP), dan tekanan-temperatur tinggi (high pressure/HP), dengan perbedaan itu pemanfaatan steam yang keluar dari

sistem boiler dimanfaatkan dalam suatu proses untuk memanaskan cairan dan menjalankan suatu mesin (commercial and industrial boilers), atau membangkitkan energi listrik dengan merubah energi kalor menjadi energi mekanik kemudian memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik (power boilers). Namun, ada juga yang menggabungkan kedua sistem boiler tersebut, yang memanfaatkan tekanan-temperatur tinggi untuk membangkitkan energi listrik, kemudian sisa steam dari turbin dengan keadaan tekanan-temperatur rendah dapat dimanfaatkan ke dalam proses industri dengan bantuan heat recovery boiler.

Ketel uap pada dasarnya terdiri dari bumbung (drum) yang tertutup dari ujung pangkalnya dan dalam perkembangannya dilengkapi dengan pipa api maupun pipa air. Jadi untuk menghadapi perkembangan turbin uap tentu perlu sarana pembangkit tenaga uap (baik dalam bentuk steam boiler maupun dalam bentuk lain).

Bagian pemanas lanjut (superheater) ialah bidang pemanas (uap satu rasi) untuk menaikkan temperaturnya sehingga menaikkan energi potensial uap. Pemanas lanjut sangat penting untuk produksi uap panas lanjut bagi turbin uap, karena uap panas lanjut adalah uap kering, syarat yang diperlukan dalam operasi turbin. Biasanya pemanas lanjut ini diklasifikasikan sebagai pemanas lanjut konveksi, pemanas lanjut radiasi atau pemanas lanjut kombinasi, tergantung pada bagaimana cara transfer energitermal. Biasanya diperlukan pula bahwa temperatur akhir uap tetap konstan meskipun beban ketel berberda. Uap air adalah sejenis fluida yang merupakan fase gas dari air, bila mengalami pemanasan sampai

temperatur dididih dibawah tekanan tertentu. Uap air tida berwarna,bahkan tidak terlihat bila dalam keadaan murni kering.

Sistem boiler terdiri dari sistem air umpan, sistem steam, dan sistem bahan bakar. Sistem air umpan menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan steam. Berbagai keran disediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan dari sistem air umpan, penanganan air umpan diperlukan sebagai bentuk pemeliharaan untuk mencegah terjadi kerusakan dari sistem steam. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi steam dalam boiler. Steam dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik pengguna.

Pada keseluruhan sistem, tekanan steam diatur menggunakan keran dan dipantau dengan alat pemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan bakar yang digunakan pada system.

2.3 Bahan Bakar Ketel Uap

Di marcet boiler kami sebenarnya kami tidak menggunakan bahan bakar dikarenakan kami menggunakan heater sebagai sumber pemanas, tpi disinin kami mencoba menjelaskan Bahan bakar yang digunakan didalam ketel uap pada umumnya sebagai berikut:

- a). Bahan bakar padat
- b). Bahan bakar cair
- c). Bahan bakar gas

A. Bahan Bakar Padat

Bahan bakar yang terdapat di bumi kita berasal dari zat-zat organik. Bahan bakar padat mengandung unsur-unsur antara lain zat arang atau karbon (C), Hidrogen (H), zat asam atau oksigen O, zat lemas atau nitrogen (N), Belerang (S), abu dan air yang ke semuanya itu terikat dalam suatu persenyawaan kimia.

B. Bahan Bakar Cair

Bahan bakar berasal dari minyak bumi. Minyak bumi didapat dari dalam tanah dengan cara mengebornya di ladang-ladang minyak dan memompanya ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah lebih lanjut menjadi berbagai jenis minyak bakar. Minyak bumi yang berwarna coklat tua sampai kehitam-hitaman, terdiri dari campuran persenyawaan zat cair arang (C dan H) yang terbagi menjadi jenis-jenis :

- a). Bersifat parafinis (parafinic base), yaitu persenyawaan zat cair arang yang membentuk rantai panjang yang sering disebut sebagai persenyawaan alifatik, yang terdiri dari alkana.
- b). Bersifat nephtenis (neptenic base), ialah persenyawaan zat cair arang yang berbentuk siklis atau aromatik C_nH_{2n+6} atau cyclan C_nH_{2n} .

C. Bahan Bakar Gas

Terdapat berbagai macam bahan bakar gas antara lain :

- a). Gas alam

Bahan bakar ini sering ditemukan pada pengeboran minyak tanah diantaranya gas metana (CH_4) bersama dengan gas etana (C_2H_6), karbon monoksida (CO), Liquid Natural Gas (LNG), Liquid Petroleum Gas (LPG).

b). Gas Buatan

Gas buatan adalah gas yang di buat oleh tangan manusia. Dan gas tersebut dapat diperbaharui. Akan tetapi gas buatan ini dapat menjadi bahan alternatif ketika gas alam tidak ada. Contoh gas buatan adalah biogas yang di[peroleh dari kotoran sapi.

Pada umumnya ketel uap pada pabrik kelapa sawit menggunakan bahan bakar padat buatan yang mudah diperoleh, dan ekonomis yaitu sebagai serabut dan cangkang kelapa sawit, bila dibandingkan dengan bahan bakar lainnya . Dalam pemakaian kedua bahan bakar tersebut, ada beberapa pertimbangan yang menentukankeduanilai bahan bakar tersebut,yaitu :

a. Serabut murni (tanpa campuran)

Bila digunakan tersendiri maka bahan bakar tersebut akan cepat habis terbakar,sedangkan nilai kalor yang dihasilkan belum mencukupi uap pada ketel tersebut.

b. Cangkang Murni (tanpa campuran)

Pemakaian cangkang yang terlalu banyak akan menghasilkan arang yang cukup banyak pada saluran udara pembakaran, sehingga proses pembakaran menjadi kurang sempurna. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan oleh ketel uap ditentukan oleh jumlah uap yang diperlukan dan nilai kalor pembakaran dari bahan bakar .

2.4 Bahan Untuk Boiler

Bejana bertekanan pada boiler biasanya terbuat dari baja (baja paduan), atau dari besi tempa. Namun stainlees steel dari jenis austenitik tidak digunakan.

Namun, stainless steel feritik sering digunakan dalam bagian superheater yang tidak akan terkena air mendidih, dan elektrik dipanaskan boiler shell stainless steel diperbolehkan di bawah Eropa "Tekanan Equipment Directive" untuk produksi uap untuk sterilisasi dan disinfektors.

Dalam model uap panas lanjut, tembaga atau kuningan sering digunakan karena lebih mudah dibuat dalam boiler ukuran yang lebih kecil. Secara historis, tembaga sering digunakan untuk fireboxes (terutama untuk lokomotif uap), karena sifat mampu bentuk yang lebih baik dan konduktivitas termal yang lebih tinggi.

Namun, di masa yang lebih baru, tingginya harga tembaga sering membuat pilihan yang lebih ekonomis dan pengganti yang lebih murah (seperti baja) yang digunakan sebagai pengganti.

Untuk sebagian besar Victoria "usia uap", satu-satunya bahan yang digunakan untuk boiler making adalah kelas tertinggi dari besi tempa, dengan perakitan oleh rivetting. Besi ini sering diperoleh dari besi spesialis, seperti di Cleator Moor (Inggris), terkenal karena kualitas tinggi dari piring mereka digulung dan kesesuaian untuk digunakan keandalan tinggi dalam aplikasi kritis, seperti boiler tekanan tinggi. Pada abad ke-20, praktek desain malah bergerak menuju penggunaan baja, yang lebih kuat dan lebih murah, dengan konstruksi las, yang lebih cepat dan memerlukan lebih sedikit tenaga kerja.

Besi cor dapat digunakan untuk kapal pemanasan pemanas air domestik. Meskipun pemanas tersebut biasanya disebut "boiler" di beberapa negara, tujuan mereka biasanya untuk menghasilkan air panas, tidak uap, dan sehingga mereka berjalan pada tekanan rendah dan mencoba untuk menghindari didih yang sebenarnya.

Kerapuhan dari besi cor membuatnya tidak praktis untuk boiler bertekanan tinggi.

a) Baja Campuran

Sementara baja karbon biasa adalah campuran dari besi dan karbon dengan sejumlah kecil mangan, silikon, sulfur, dan pospor. Istilah baja campuran (alloy steel) adalah bila satu atau elemen lain diluar karbon dipakai dipakai dalam jumlah tertentu untuk merubah sifat dari baja campuran tersebut. Baja campuran tidak hanya merubah sifat fisik yang lebih diinginkan tetapi juga memungkinkan terdapatnya ruang gerak dalam proses pengerjaan panas (heat-treating process).

b) Baja Tahan Korosi

Campuran yang bahan dasarnya adalah besi yang mengandung paling sedikitnya 12% chromium disebut baja tak-berkarat (stainless steel). Sifat yang paling penting dari baja ini adalah ketahanan nya terhadap berbagai macam korosi, walaupun tidak semua kondisi korosi. Ada empat macam baja tak-berkarat, yaitu ferritic-chromium steel, austenitic chromium steel, martensitic chromium steel, dan precipitation hardenable stainless steel.

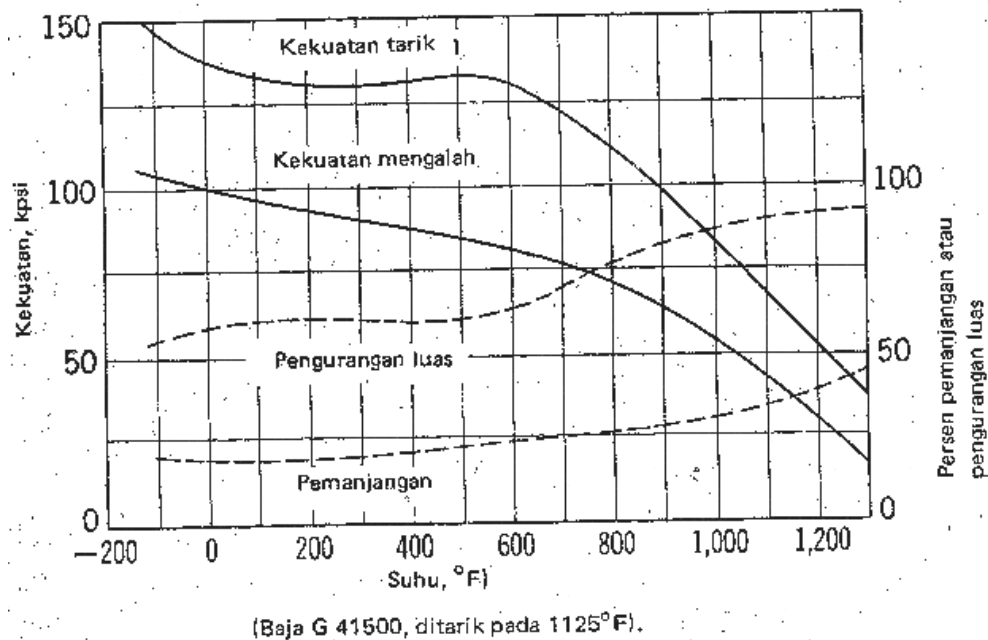
c) Bahan Tuangan

Diantara semua jenis bahan tuangan, besi tuang abu-abu adalah yang paling banyak dipakai. Hal ini dikarenakan biayanya yang murah dan mudah dikerjakan dengan semua proses pengerjaan mesin. Keberatan utama atas pemakaian besi tuang abu-abu adalah karena dia rapuh (brittle) dan lemah terhadap gaya tarik. Sebagian tambahan terhadap kadar karbon yang tinggi (di atas 1,7 persen dan biasanya lebih tinggi dari 2 persen), besi tuang juga memiliki kadar silikon yang tinggi, dengan presentase sulfur, mangan dan fosfor yang rendah, dan pada kondisi

tertentu pearlite bisa terurai menjadi graphite dan ferrite. Graphite yang berbentuk serpihan-serpihan tipis terbagi merata dalam seluruh struktur, memberi warna kegelapan, karena itu disebut besi tuang abu-abu (gray cast iron).

Besi tuang abu-abu tidak bisa dilas karena akan menimbulkan retak, tetapi kecendrungan ini dapat dikurangi bila benda ini dipanaskan terlebih dahulusementara penuangan dipakai dalam kondisi sebagai mana tertuang, suatu anil yang akan mengurangi tegangan karena pendinginan akan meningkatkan kemampuannya untuk dikerjakan dengan mesin. Kekuatan tarik besi tuang abu-abu berkisar antara 50 sampai 60 kpsi, dan kekuatan tekanannya tiga sampai empat kali dari kekuatan tariknya. Elastisitas modulus bervariasi cukup luas, dengan harga 11 sampai 22 Mpsi. Perubahan perlahan dan sifat bahan terhadap suhu.

2.5 Perubahan Perlahan-lahan (Creep) dan Sifat Bahan Terhadap Suhu



Gambar 2.1 pengaruh suhu terhadap sifat tarik baja

Bagian-bagian mesin dan struktur sering diperlukan untuk bisa tahan terhadap suhu, dimana biasanya sifat mekanis bahan berubah.

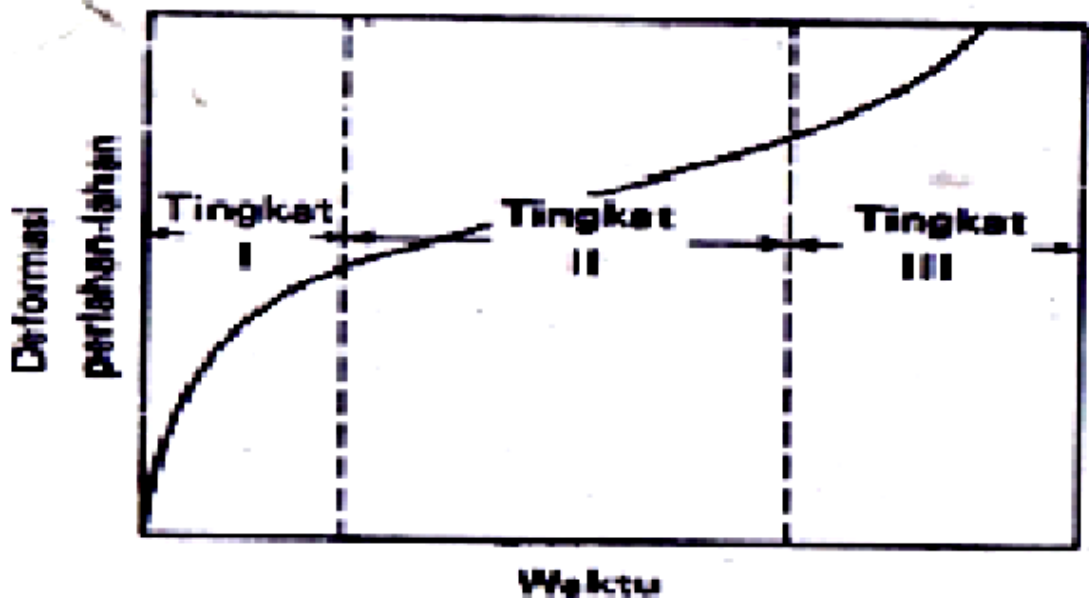
Gambar 2.1 menunjukkan pengaruh suhu pada sifat baja terhadap tarikan. Para peren cana perlu selalu menghubungi buletin-buletin pabrik untuk mendapatkan sifat bahan setepatnya. Tetapi gambar tersebut menunjukkan perilaku yang khusus. Perhatikan bahwa kekuatan tarik hanya menunjukkan sedikit perubahan sampai suatu suhu kritis dicapai, kemudian kekuatan tersebut turun dengan cepat, dan kekuatan mengalahnya akan terus turun seiring dengan naiknya suhu.

Banyak pengujian pada logam ferro yang diberi beban yang tetap untuk waktu yang lama pada suhu yang dinaikkan. Didapat bahwa pada benda percobaan mengalami perubahan yang permanen selama percobaan, walaupun pada saat itu tegangan sebenarnya adalah lebih kecil dari kekuatan mengalah bahan yang didapat dari percobaan dalam waktu yang singkat pada suhu yang sama. Deformasi yang terus menerus berkelanjutan karena beban disebut perubahan perlahan (creep).

Persoalan umum dalam perencanaan bagian mesin yang mendapatkan kenaikan suhu, adalah memilih suatu bahaperubahan tersebut σ dan tegangan tertentu, sedemikian selama bahan dan bagian mesin tersebut, suatu nilai batas tertentu dari perubahan perlahan-lahan tersebut tidak dilampaui. Dalam hal dimana umur dari bagian mesin yang singkat tidaklah sulit untuk merencanakan pengujian yang dapat memberi informasi yang diperlukan, dilain pihak beberapa bagian turbin uap diharapkan mempunyai umur 20 tahun atau lebih. Karena tidaklah praktis untuk melakukan percobaan yang lama seperti itu, hasil dari

percobaan yang lama seperti itu, hasil dari percobaan harus di ekstrapolasi untuk mendapatkan hasil dari perencanaan yang diperlukan.

Gambar 2.2 menunjukkan suatu kurva yang khas dari jenis pengujian ini. Kurva tersebut didapat pada suatu suhu tertentu yang tetap. Beberapa pengujian biasanya dilakukan bersama dengan intensitas tegangan yang berbeda. Kurva menunjukkan tiga daerah penting, dimana pada daerah tingkat awal termasuk deformasi plastis dan elastis. Tingkat ini menunjukkan suatu penurunan nilai perubahan-perlahan-lahan, yaitu karena adanya pengerasan regangan. Pada tingkat kedua menunjukkan suatu nilai perubahan perlahan-lahan yang rendah dan tetap karena pengaruh anneal (annealing). Pada tingkat ketiga, bahan percobaan mengalami suatu pengurangan luas yang pantas, tegangan satuan naik, dan perubahan perlahan-laha terhadap suhu yang lebih tinggi akhirnya kan menimbulkan keretakan.



Gambar 2.2 kurva perubahan perlahan-lahan waktu

Tegangan yang menyebabkan keretakan dalam waktu untuk percobaan tersebut biasanya didapat terlalu tinggi, kecuali untuk bagian mesin yang umurnya singkat. Karena alasan ini, percobaan perlahan-lahan terhadap waktu biasanya dilanjutkan hanya sampai waktu yang cukup untuk menggambarkan tingkat pertama dan sebagian tingkat kedua. Peneliti harus berhati-hati untuk tidak mengakhiri penelitian tersebut terlalu cepat. Bentuk kurva tersebut dipengaruhi antara lain oleh faktor ukuran butiran-kristal (crystal-grain size), korosi, dan pengerasan akibat usia (age hardening), sehingga sebaiknya pengujian ini perlu dilanjutkan paling tidak sampai melampaui 10 persen dari umur yang diharapkan.

2.5 Komponen Utama Pada Boiler

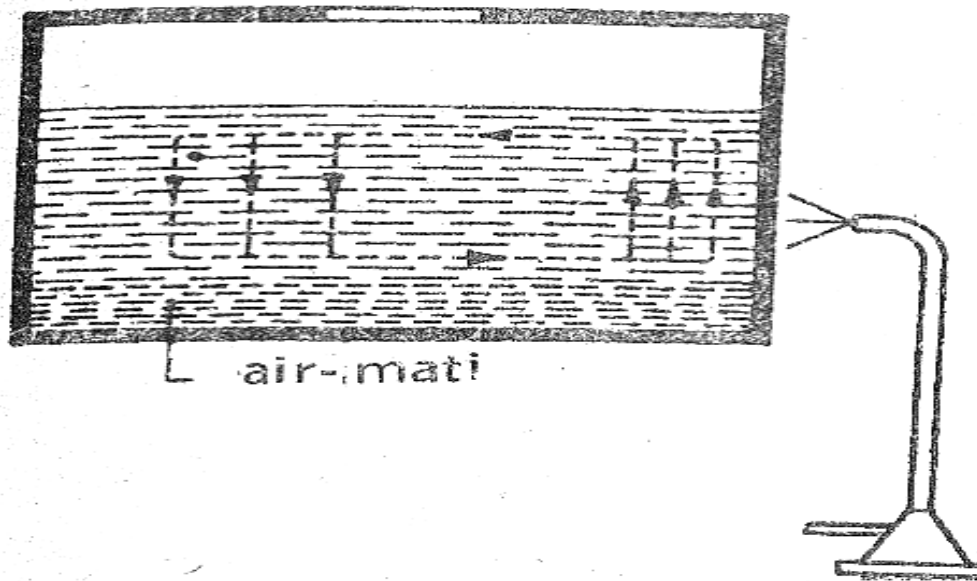
- a) Furnace, komponen ini merupakan tempat pembakaran bahan bakar
- b) Steam drum, komponen ini merupakan tempat penampungan air panas dan pembangkit steam
- c) Superheater, komponen ini merupakan tempat pengeringan steam dan siap dikirim melalui main steam pipe dan siap untuk menggerakkan turbin uap.
- d) Air heater, komponen ini merupakan ruangan pemanas yang digunakan untuk memanaskan udara dari luar yang diserap untuk meminimalkan udara lembab yang akan masuk ke dalam tungku pembakaran.
- e) Economizer, komponen ini merupakan ruangan pemanasan yang digunakan untuk memanaskan air dari air yang terkondensasi dari sistem sebelumnya.

- f) Safety valve, komponen ini merupakan saluran buang sistem jika terjadi tekanan steam melebihi kemampuan boiler menahan tekanan steam.
- g) Blowdown valve, komponen ini merupakan saluran yang berfungsi membuang endapan yang berada didalam pipa steam.

2.6 Susunan Umum dari Boiler (Ketel Uap)

Supaya konstruksi dari ketel dapat dipahami betul-betul, haruslah diketahui sifat-sifat dari uap dan peristiwa pembentukan pada uap, dalam bentuknya yang sederhana, dapat dimisalkan ketel uap sebagai tong logam yang sebahagian berisi dengan air. Air merupakan fluida yang sukar untuk merambat panas, sehingga dengan demikian perpindahan panas didalam air yang ada didalam ketel uap hampir berlangsung secara konveksi. Bila didalam sebuah tempat terdapat air dingin didalamnya, yang kemudian dipanasi pada bagian bawahnya maka air akan menjadi panas.

Air menjadi panas karena berat jenisnya menjadi berkurang, maka akan naik keatas. Dibekas tempatnya akan digantikan oleh air dingin dibagian atas, yang berat jenisnya lebih besar dibandingkan dengan air panas tersebut. Air yang tidak turut beredar dalam ketel dinamai air yang tidak bersirkulasi, jadi temperatur air ini tidak secepat air yang beredar naiknya. Ini dapat membahayakan bagi ketel karena dinding ketel juga tidak akan rata panas. Pemuaian ketel tidak sama dan karena ini mungkin terjadi tekanan-tekanan yang besar dalam pelat-pelat ketel ataupun pada sambungan-sambungannya.



Gambar 2.3 Air yang tidak bersirkulasi

Gambar 2.3 memperlihatkan bagaimana pengaruh letak pemanas pada peredaran air. Ketika seluruh temperatur air $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, gelembung-gelembung uap yang dibentuk dalam seluruh zat cair, sampai pada permukaan dan lepas dari zat cair, karena tong ini terbuka, uap yang terbentuk lepas keluar melalui bahagian yang terbuka. Dikatakan sekarang air mendidih. Jadi mendidih adalah suatu peristiwa dimana pembentukan uap terjadi didalam seluruh massa zat-cair.

Titik didih dari suatu zat cair tergantung kepada tekanan yang dilakukan pada permukaan zat cair. Pada tong yang terbuka, tekanan udara luar yang dilakukan pada permukaan air, besarnya 1 atmosfer ($1,0332\text{ kg / cm}^2$) pada tekanan ini air mendidih pada $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, kalau tekanan lebih besar dari 1 atm umpamanya 5 kg / cm^2 , air akan mendidih pada temperatur $151,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bila tekanan rendah dari 1 atm , umpamanya $0,12575\text{ kg / cm}^2$ air mendidih pada temperatur $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kalau pada gambar 2.5 diteruskan pemanasan sesudah air sesampai kepada titik didihnya akan terjadi bahwa temperatur air tidak akan lebih

100 °C. Untuk mengubah 1 kg air dari 100 °C air menjadi 100 °C uap perlu 537 kilo kalori dinamai panas laten.

2.7 Dasar-dasar Perhitungan Kekuatan Konstruksi.

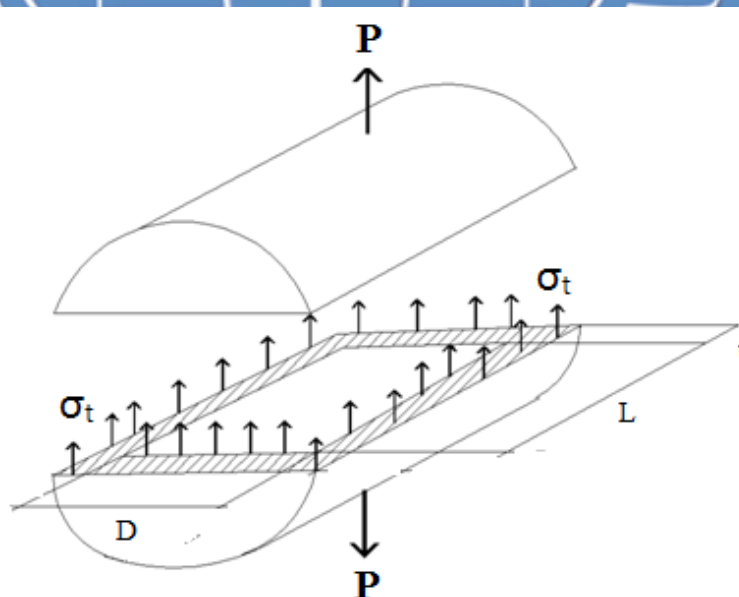
Didalam pengoperasian ketel, terdapat bagian-bagian yang harus menahan tekanan yang ditimbulkan oleh uap yang bertekanan. Bagian-bagian ini harus diamati secara tepat agar dapat menerima beban tekanan cukup kuat.

Kekuatan bahan harus diperhitungkan sesuai dengan kondisi operasi yang akan berlangsung, untuk itu penilaian bahan yang akan digunakan harus benar-benar diteliti untuk memberikan informasi yang akurat serta perangkat peralatan pengaman yang menjamin bahwa ketel tersebut bekerja pada kondisi yang telah diperhitungkan.

a) Perhitungan Tebal Dinding Boiler (Ketel Uap)

Drum ketel atau tangki ketel, diperhitungkan terhadap dua kemungkinan pecah, yaitu :

1. Tebal drum ketel diperhitungkan berdasarkan kekuatan belah (t_b):



Gambar 2.4 drum ketel diperhitungkan berdasarkan kekuatan belah

D = diameter dalam drum ketel (meter)

t = tebal drum ketel (meter)

σ = tegangan tarik yang sebenarnya didalam dinding ketel
(newton/m²)

σ_t = tegangan tarik yang diizinkan (newton/meter²)

L = panjang drum sebelah dalam (meter)

P = tekanan didalam drum ketel (newton/meter²)

Besarnya gaya untuk membelah drum (P) newton :

$$P = L \times D \times p \text{ (newton) } \dots\dots\dots(2.1)$$

Gaya sebesar P newton tersebut ditahan oleh dinding drum ketel yang luas irisannya F (m²) :

$$F = [2 \times L \times t + 2 \times t \times (D+2.t)] \\ = (2.L.t + 2.t.D + 4.t^2) \text{ (meter}^2\text{) } \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan tegangan di dalam dinding sebesar N/m² sehingga :

$$P = L.D.p \\ = F.\sigma_t \\ = (2.L.t + 2.t.D + 4.t^2).\sigma_t \dots\dots\dots(2.3)$$

bila $4.t^2$ diabaikan, karena dianggap kecil terhadap $2.t.D$ maka di dapat

$$P = L.D.P = (2.L.t + 2.t.D).\sigma_t \dots\dots\dots(2.4)$$

atau

$$t = \frac{L.D.p}{2.\sigma_t(L+D)} \text{ (meter) } \dots\dots\dots(2.5)$$

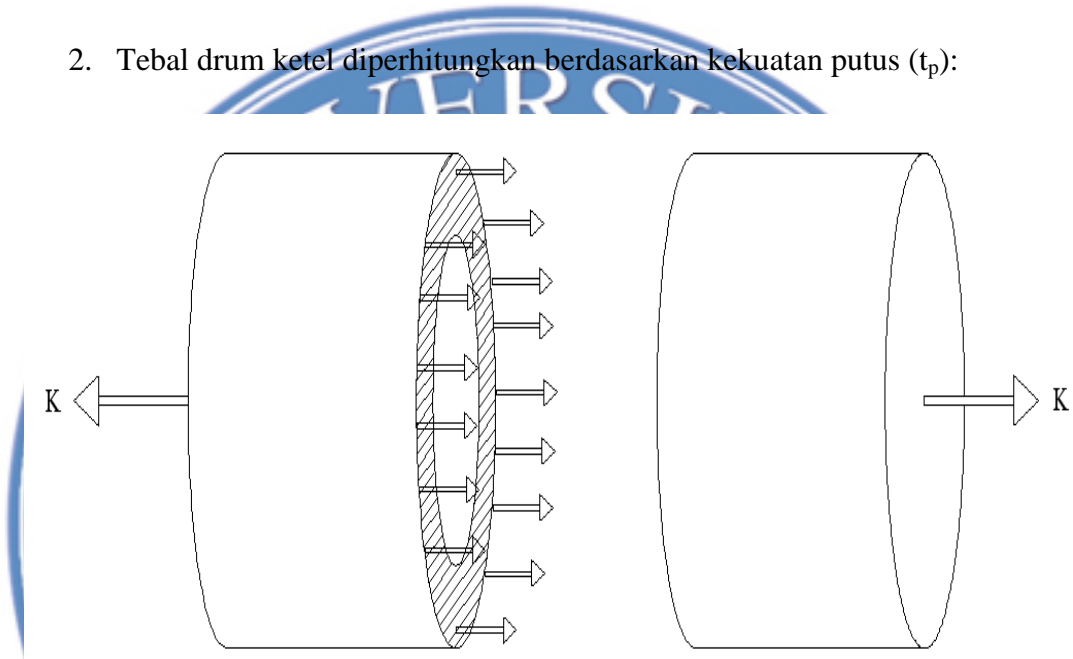
bila pembilang dan penyebut dibagi dengan L menjadi

$$t = \frac{L.D.p}{2.\sigma_t(1+D/L)} \text{ (meter)} \dots\dots\dots(2.6)$$

agar drum tidak belah, maka haruslah :

$$tb > \frac{L.D.p}{-2.\sigma_t(L+D)} \dots\dots\dots(2.7)$$

2. Tebal drum ketel diperhitungkan berdasarkan kekuatan putus (t_p):



Gambar 2.5 drum ketel diperhitungkan berdasarkan kekuatan putus

D = diameter dalam drum ketel (meter)

t = tebal drum ketel (meter)

σ = tegangan tarik yang sebenarnya didalam dinding ketel (newton/m²)

σ_t = tegangan tarik yang diizinkan (newton/meter²)

L = panjang drum sebelah dalam (meter)

P = tekanan didalam drum ketel (newton/meter²)

Gaya yang akan memutuskan drum (K) newton:

$$K = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot p \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Gaya tersebut akan ditahan dengan dinding seluas (F) meter :

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot (4 \cdot D \cdot t + 4 \cdot t^2) \text{ (m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.9)$$

Bila harga $4 \cdot t^2$ diabaikan karena dianggap kecil terhadap $4 \cdot D \cdot t$, maka tegangan σ_t yang timbul :

$$\sigma_t = \frac{K}{F} = \frac{\frac{\pi}{4} x D^2 x p}{\frac{\pi}{4} x 4 x D x t} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\sigma_t = \frac{D x p}{4 x t} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.11)$$

atau,

$$t_p \geq \frac{D x p}{4 x \sigma_t} \dots\dots\dots(2.12)$$

dari persamaan 2.11 dan 2.12 untuk $D/L < 1$ maka berlaku

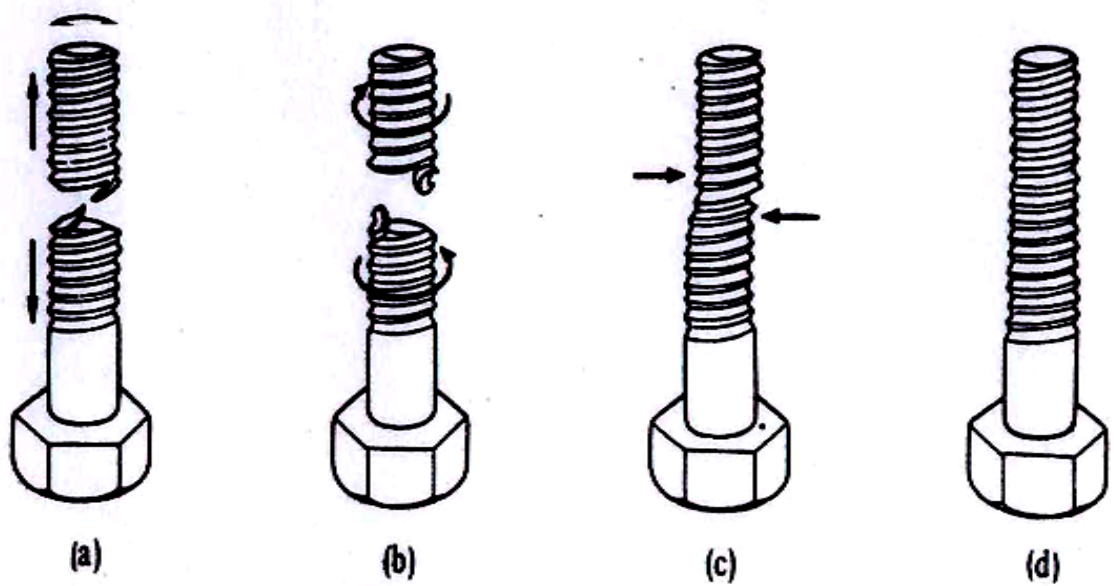
$$\frac{D x p}{2 x (1 + \frac{D}{L}) x \sigma_t} > \frac{D x p}{4 \cdot \sigma_t} \dots\dots\dots(2.13)$$

Tebal drum bila dihitung dari kekuatan belah (t_b) lebih tebal bila dibandingkan dengan berdasarkan kemungkinan putus (t_p)

$$t_b > t_p$$

b) Perhitungan Kekuatan Baut dan Mur

Baut dan mur merupakan alat pengikat atau penggerak yang sangat penting. Dalam gambar 2.6 diperlihatkan macam-macam kerusakan yang dapat terjadi pada baut.



(a) putus karena tarikan
 (b) putus karena puntiran
 (c) tergeser
 (d) ulir lumur (dol)

Gambar 2.6 macam-macam kerusakan pada baut

Untuk menentukan ukuran baut dan mur, berbagai faktor yang harus diperhatikan seperti gaya yang bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian dan lain-lain. Adapun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

- i. Beban statis aksial murni
- ii. Beban aksial, bersama dengan beban puntir
- iii. Beban geser
- iv. Beban tumbukan aksial

Dalam hal ini persamaan yang berlaku adalah :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi / 4 d_1^2} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

F (kg) adalah beban tarik atau tekan pada baut,

σ_t adalah tegangan tarik yang terjadi dibagian yang berulir pada diameter inti $d_1(mm)$ pada sekrup atau baut yang mempunyai diameter luar d . umumnya diameter inti d_1

sehingga $d_1 = 0,8d$ sehingga $(\frac{d_1}{d})^2 = 0,64$ maka :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi/4(0.8d)^2} \leq \sigma_{izin} \dots\dots\dots(2.15)$$

dari persamaan 2.14 dan 2.15 maka :

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \sigma_{izin} \times 0.64}} \text{ atau } d \geq \sqrt{\frac{2F}{\sigma_{izin}}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Harga σ_{izin} tergantung pada macam bahan yaitu SS, SC atau SF. Jika dfinising faktor keamanannya dapat diambil sebesar 6-8 dan jika dfinis biasa besarnya 8-10.

Bila jumlah ulir n dan tinggi mur h maka dapat dihitung dari persamaan berikut :

$$\sigma_t = \frac{F}{\pi/4(d^2 - d_1^2)n} \geq \sigma_{izin} \dots\dots\dots(2.17)$$

maka jumlah ulir adalah :

$$n \geq \frac{F}{\pi/4(d^2 - d_1^2)\sigma_{izin}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$h = np$ dimana p adalah kisar

menurut standart $h = (0,8-1,6) d$

Dalam konstruksinya bagian ujung tabung ditutup dengan penutup dimana sambungan antara penutup dengan dinding tabung digunakan sebuah baut. Maka gaya tarik yang terjadi pada baut adalah :

$$F_{baut} = \frac{F_{uap}}{n} (kg) \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana : n = jumlah baut

Sementara F_{baut} dapat diperoleh dari :

$$F_{baut} = \sigma_{izin} \times Ab \dots \dots \dots (kg)$$

Dimana :

Ab = luas penampang baut (mm^2)

σ_{izin} = tegangan izin baut (kg / mm^2)

Jadi jumlah baut (n) :

$$n = \frac{F_{uap}}{\sigma_{izin} \times Ab} \dots \dots \dots (2.21)$$

c) Sambungan Las

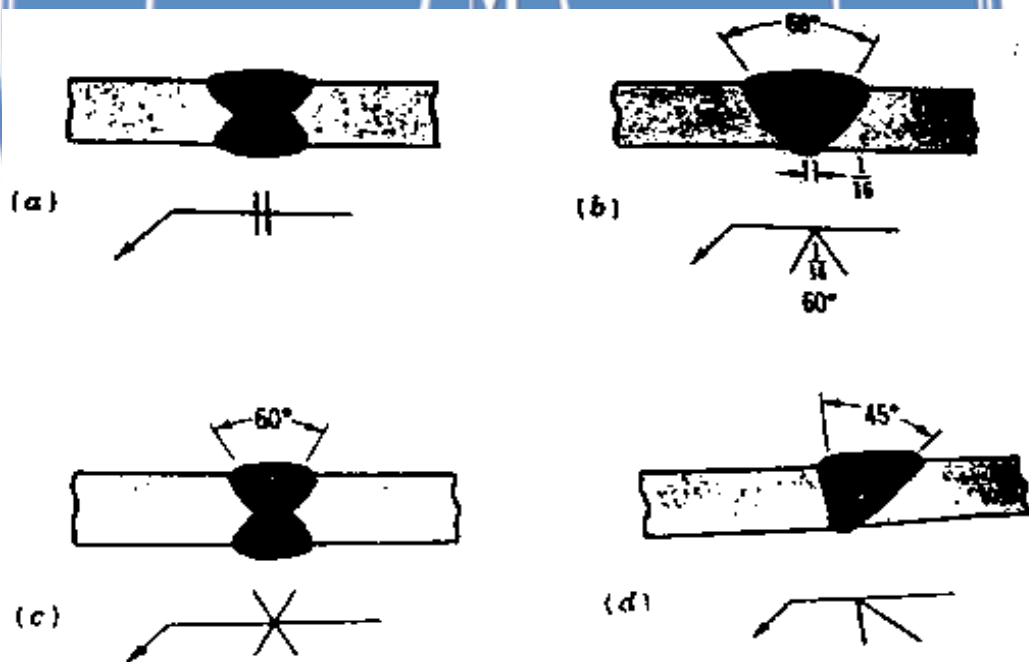
Proses seperti pengelasan (welding), pengelasan dengan kuningan (brazing), penyolderan atau soldering penyemenan (cementing) sekarang ini dipakai secara luas dalam proses pembuatan mesin. Apabila bagian-bagian harus dipasangkan atau dibuat maka adalah mungkin bahwa satu diantara proses-proses ini perlu dipertimbangkan dari awal perencanaan kerja.

Las-lasan biasanya dibuat dengan penjepitan, pemindahan yang cepat, atau pemilihan serangkaian bentuk baja-rol panas yang berdaya karbon rendah atau sedang yang dipotong menurut bentuk tertentu, sementara beberapa bagian tersebut dilaksanakan bersama.

Untuk elemen mesin yang umum kebanyakan las adalah las-sudut (filled weld), walaupun las-temu (butt weld) banyak dipakai dalam perencanaan tabung tekan. Tentusaja bagian yang disambung harus disusun sedemikian rupa sehingga mempunyai jarak kelonggaran yang cukup untuk pengerjaan pengelasan. Kalau diperlukan sambungan yang tidak-biasa karena tidak cukupnya kelonggaran atau karena bentuk penampangnya, rencana tersebut mungkin merupakan sesuatu yang

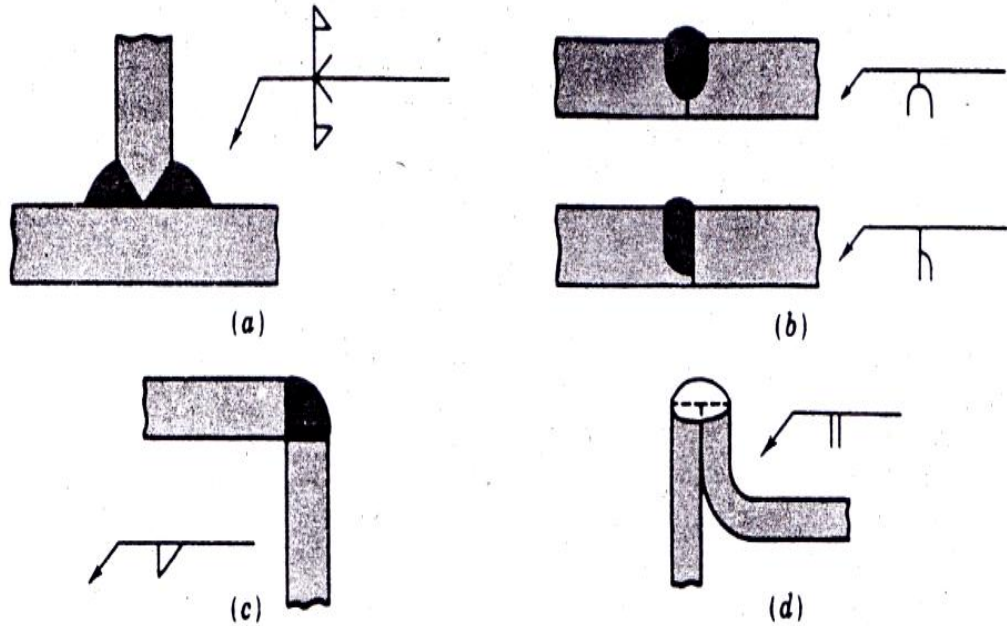
jelek perencana haruslah memulai lagi dan berusaha mencari jalan keluar yang lain.

Karena panas dipakai dalam operasi pengelasan, maka ada kemungkinan adanya perubahan metalurgi pada logam dasarnya disekitar daerah pengelasan tersebut. Juga tegangan-tegangan sisa akan muncul karena pengaruh penjepitan, atau pemegangan, atau kadang-kadang karena pengaruh urutan pengelasan. Biasanya tegangan sisa ini tidak begitu besar untuk menimbulkan perhatian, dalam beberapa hal suatu perlakuan panas yang ringan setelah pengelasan ternyata sangat berguna dalam mengendorkan beberapa tegangan tersebut. Kalau tingkat keandalan dari beberapa komponen tersebut agak tinggi, program pengujian perlu dipersiapkan untuk mempelajari perubahan atau tambahan operasi yang perlu dalam menjamin kualitas yang baik.



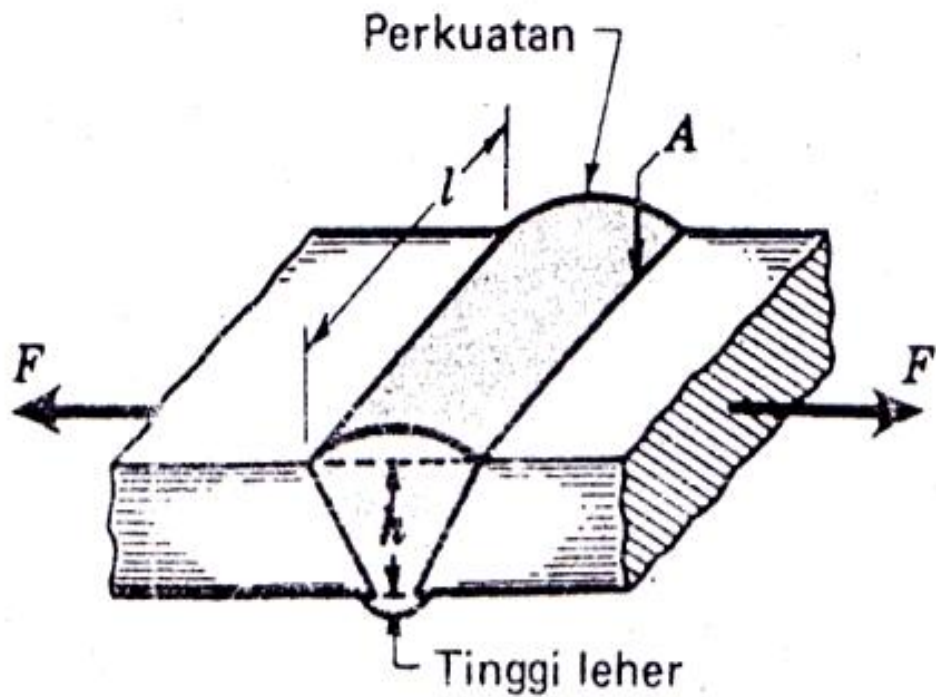
Gambar 2.7 macam-macam sambungan las-temu

Gambar 2.7 menjelaskan beberapa sambungan las-temu (a) Las-temu Bujur sangkar pada kedua sisi; (b) Las-temu V tunggal dengan kemiringan 60° dan bukaan terkecil 1/16 in; (c) Las-temu V ganda; (d) Las-temu dengan kemiringan 45° .



Gambar 2.8 Las alur khusus

Gambar 2.8 menjelaskan beberapa macam las alur khusus, diantaranya : (a) sambungan T untuk plat tebal; (b) las U dan J untuk plat tebal; (c) las-temu sudut yang juga bisa mempunyai las titik pada bagian dalam untuk menambahkan kekuatan tetapi tidak untuk dipakai pada beban yang berat; (d) las ujung untuk logam lembaran dan dipakai untuk beban yang ringan.



Gambar 2.9 tegangan normal rata-rata pada sambungan las-temu

$$\sigma = \frac{F}{h \cdot l} \text{ (psi) } \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

h : tinggi leher las (inchi)

l : panjang pengelasan(inchi)

F : pembebanan tarik ataupun tekan (lb)

σ : tegangan normal rata-rata (psi)

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ (psi) } \dots\dots\dots(2.23)$$

Tegangan ini dapat dibagi menjadi dua komponen, tegangan geser (τ) dan tegangan normal (σ) yaitu :

$$t = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h \cdot l} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\sigma = \sigma_x \cos 45^\circ = \frac{F}{h.l} \dots\dots\dots(2.25)$$

Harga-harga ini dimasukkan kedalam lingkaran Mohr. Tegangan utama terbesar :

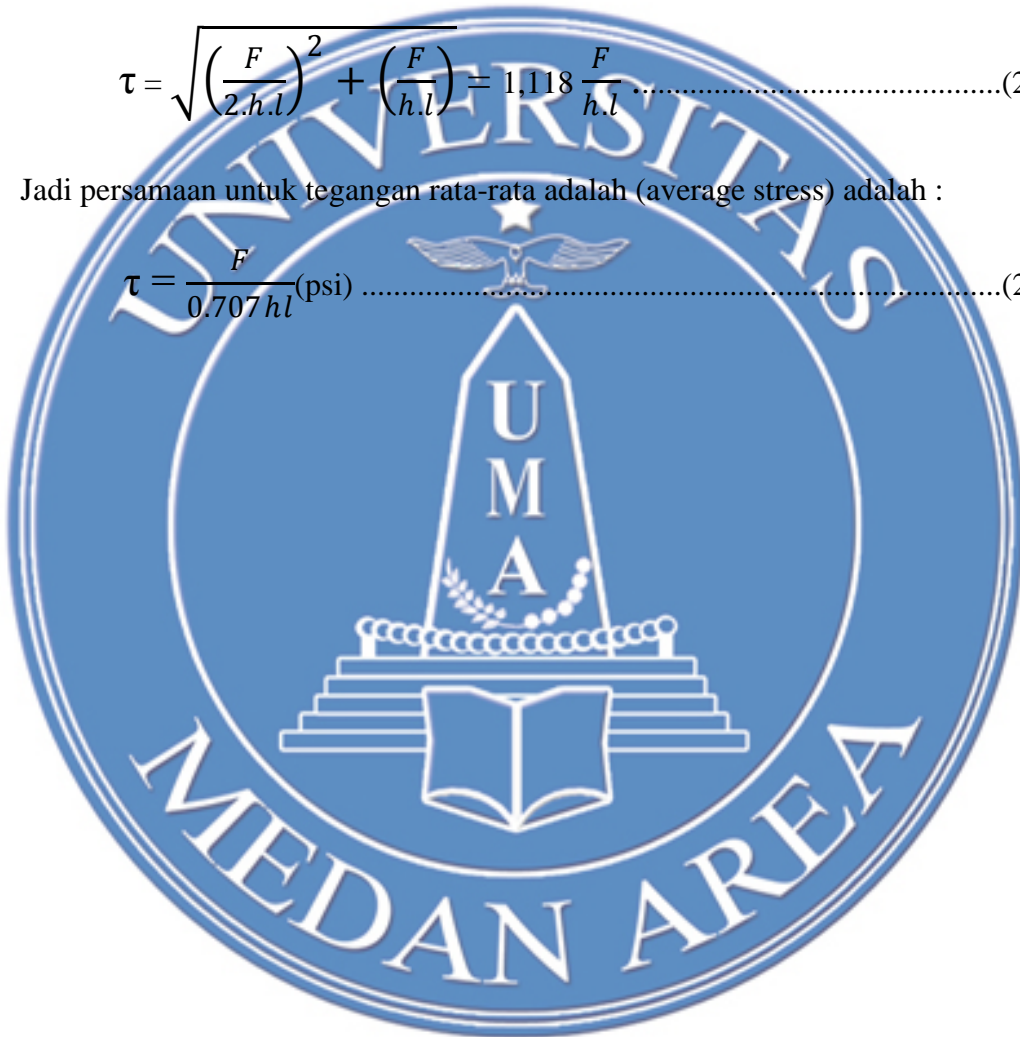
$$\sigma = \frac{F}{2.h.l} + \sqrt{\left(\frac{F}{2.h.l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h.l}\right)} = 1,618 \frac{F}{h.l} \dots\dots\dots(2.26)$$

Tegangan geser maksimum adalah :

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F}{2.h.l}\right)^2 + \left(\frac{F}{h.l}\right)} = 1,118 \frac{F}{h.l} \dots\dots\dots(2.27)$$

Jadi persamaan untuk tegangan rata-rata adalah (average stress) adalah :

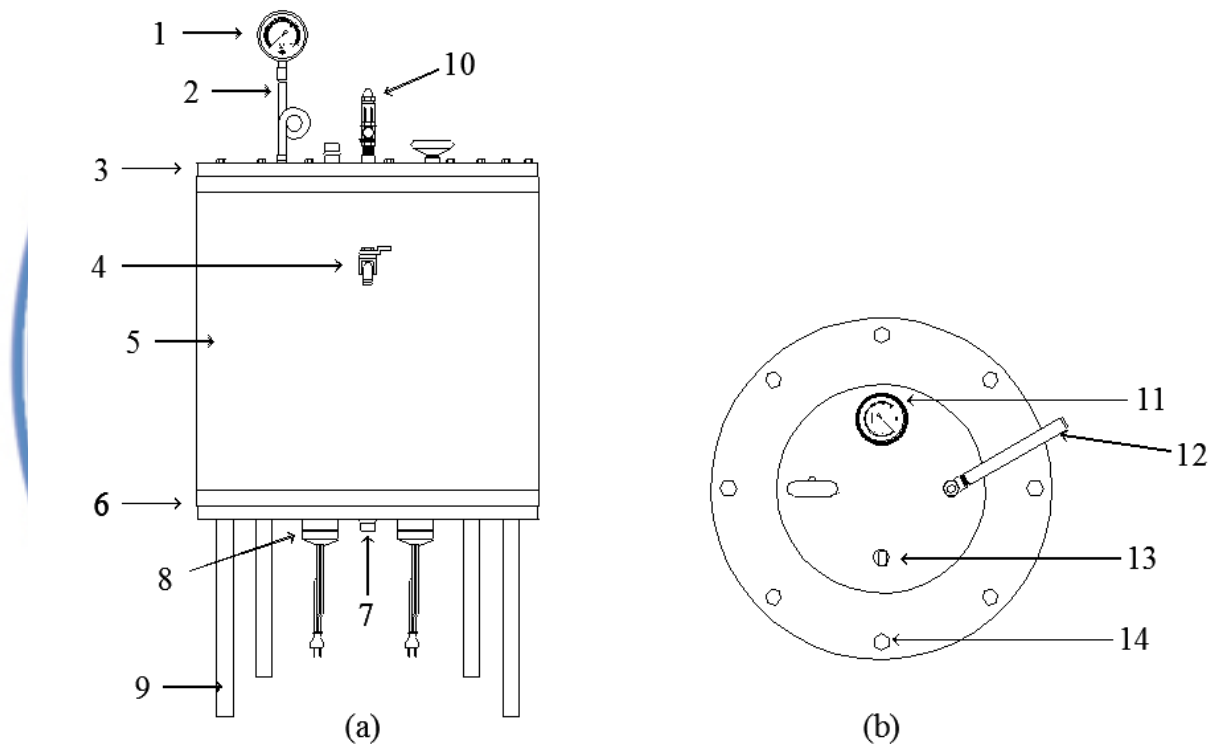
$$\tau = \frac{F}{0.707hl} (\text{psi}) \dots\dots\dots(2.28)$$



BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Geometri Marcet Boiler

Dalam tugas akhir ini peneliti ingin menganalisa konstruksi dari sebuah ketel uap sederhana yang diberi nama Marcet Boiler dengan geometri sebagai berikut:



Gambar 3.1 geometri marcet boiler

Keterangan :

(a) pandangan depan

(b) pandangan atas

1. pressure gauge

2. pipa siphon

3. flens tutup atas

4. kran batas air

5. bodi (bejana tekan)

6. flens tutup bawah

7. pembuangan air

11. termometer

8. heater

12. pipa pembuangan uap

9. kaki penyangga

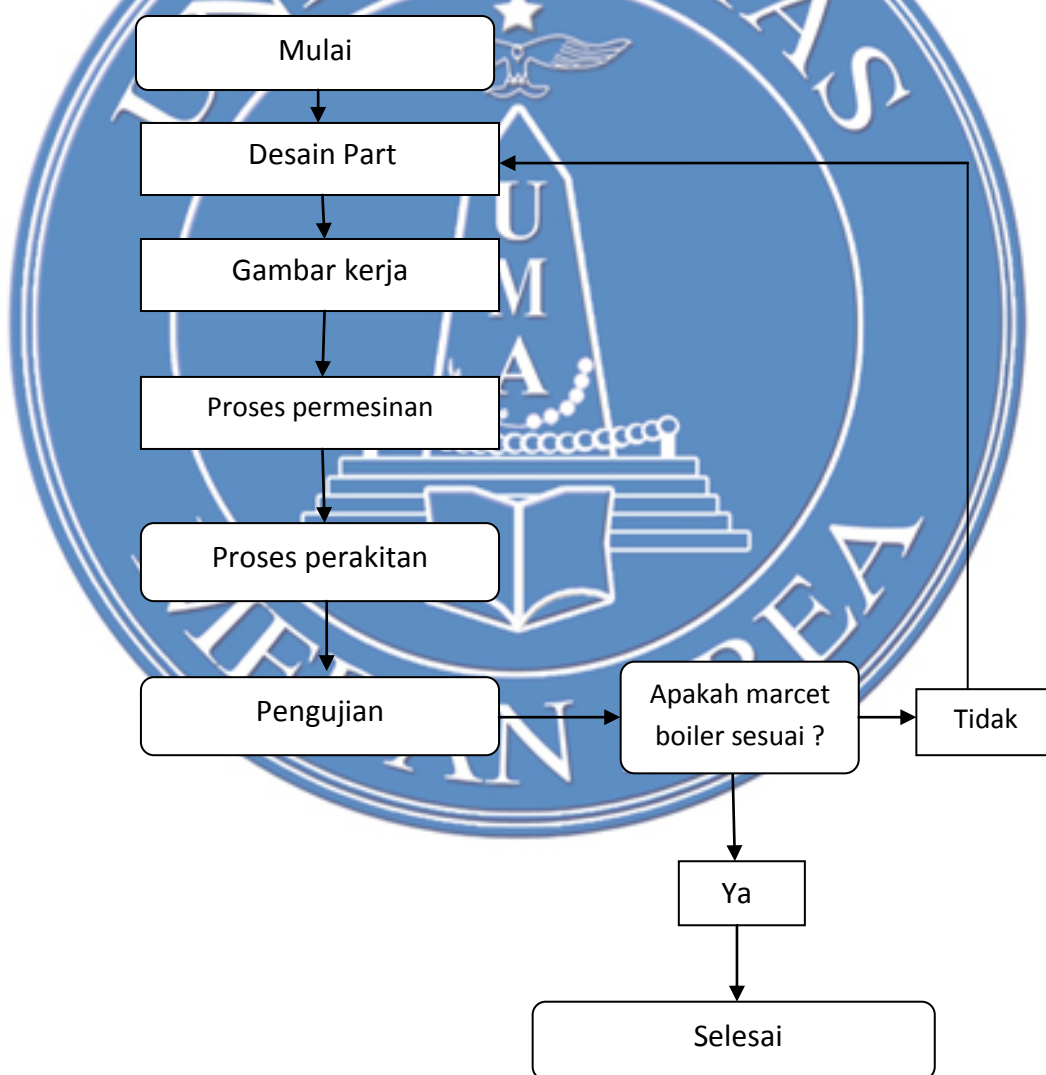
13. tempat pengisian air

10. safety valve

14. baut pengikat

3.2 Desain Pengujian

Metode yang digunakan pada pengerjaan Tugas Akhir ini adalah gabungan antara perancangan dan eksperimental. Pengujian dilaksanakan apabila perencanaan dan pembuatan marcet boiler ini telah selesai dilaksanakan.



Gambar 3.2 Diagram alir perencananan marcet boiler

3.3 Metode Perencanaan

Jika diuraikan, tahapan yang dilakukan dalam perencanaan marcet boiler adalah sebagai berikut:

A. Gambar Kerja

Sebelum melakukan pembuatan marcet boiler tersebut, peneliti harus bisa mendesain gambar sketsa dari marcet boiler tersebut, agar lebih memudahkan dalam proses pembuatannya. (Lampiran-A)

B. Alat dan Bahan

Setelah mampu membaca dan mendesain gambar kerja, peneliti harus bisa mempersiapkan alat yang dibutuhkan dan memilih bahan yang sesuai dengan kebutuhan.

Alat dan bahan yang digunakan diantaranya

- | | |
|---|----------------------------|
| a. PLATE ASTM A.514 dengan ukuran 16mm dan 10mm | j. Paku keling full set |
| b. Kawat las lb 3.2 mm | k. Heater 1000 watt |
| c. Baut dan mur 5/8" | l. Kran 1/2" |
| d. Busa rockwall | m. Plat strip |
| e. Alluminium | n. Packing steam |
| f. Pipa | o. Lem 2 ton |
| g. Savetyvalve | p. Lem tribond |
| h. Presuregauge | q. Socket |
| i. Termometer | r. Mata bor 17mm + sockbor |

C. Proses Pengerjaan Mesin

Setelah alat dan bahan siap, maka proses selanjutnya adalah melakukan proses pengerjaan mesin yang sesuai untuk bahan tersebut.

a. Pemotongan

Untuk bodi dari alat kita (marcet boiler) pertama tama kita harus mengukur ukuran 2 dimensi dari bahan yang ingin kita gunakan. Karena bodi dari alat yang ingin kita buat berbentuk lingkaran maka kita gunakan rumus keliling lingkaran $= \pi \times d$

$$\text{Sehingga} = 3,14 \times 304,8 \text{ mm} = 957,072 \text{ mm}$$

Jadi kita harus memotong bahan berbentuk persegi dengan panjang 957,072mm dan panjang 400 mm (dari tinggi alat yang ingin dibuat) bisa dengan blender ataupun pemotongan dengan mesin gunting.

Selanjutnya untuk pemotongan bahan tutup atas dan tutup bawah beserta ring dari marcet boiler kita membutuhkan jangka blender untuk pemotongan bulat, kita mau diameter dari tutup bawah dan atas = 520 mm dan diameter luar ring 520mm dan diameter dalam = 304,8 mm.

Untuk pemotongan tutup bawah dan tutup atas pertama kali kita cari jari jari yaitu setengah dari diameter menjadi 152,4 mm.

Jadi untuk pemotongan tutup kita stel jarak sejauh 260 mm dari mulut nozel blender, lalu letakkan jangka di pusat plat yang ingin di potong, potong bahan ini sebanyak dua buah karna untuk tutup atas dan tutup bawah.

Selanjutnya untuk memotong ringnya, sama juga seperti yang diatas kita juga menggunakan jari jari 152,4mm.

Jadi untuk pemotongan ring, karna kita menginkan diameter luar 520mm dan diameter dalam 304,8 potong dulu bagian luar ring yang berukuran 520mm dengan meletakan jangka di pusat plat yang sudah ditandai dengan mengatur jarak jangka dengan nozel sejauh 260mm sebanyak 2 buah karna ring yang dibutuhkan 2 buah kemudian ketika sudah selesai memotong bagian luar sekarang kita memotong bagian dalam yang berukuran 304,8mm dengan meletakan jangka di pusat ring tersebut lalu mengatur jarak jangka dengan nozel sejauh 152,4mm sebanyak 2 buah ring tadi.

Jika ring dan tutup sudah di potong, potong kembaliujung dari tutup tadi atau yang disebut di beri camper atau persing agar dilas nanti menjadi lebih kuat.

Ketika ring dan tutup sudah selesai berikan tanda jarak untuk tempat socket yang akan digunakan untuk ssafety valve,presuregauge,dan termometer. Setelah sudah di tandai potong dengan blender sehingga berbentuk lubang yang berukuran sesuai dengan socket yang ingin digunakan.

Selanjutnya untuk bodi dan ring sudah selesai sekaraang kita potong as dengan ukuran 75mm dengan menggunakan blender untuk kita gunakan nanti sebagai rumah pengikat dari heater/pemanas.

Untuk kaki dari marcet boiler kita gunakan pipa $\frac{1}{2}$ ' yang kita potong dengan gerinda potong yang berukuran dengan panjang 235 mm.

b. Pengerollan

Setelah dipotong, bahan untuk bodi tersebut di rol (canay) dalam keadaan dingin agar tidak mengubah sifat dan karakteristik dari bahan tersebut. Sampai kedua ujungnya ketemu dan membentuk diameter dalam sesuai dengan yang direncanakan.

Langkah selanjutnya, bodi untuk boiler yang sudah di rol (canay) di las (welding), dalam proses pengelasan harus diperhatikan betul-betul bagaimana cara pengelasan yang baik agar tidak terjadi kebocoran. Setelah bodi dari marcet boiler tersebut dilas, maka selanjutnya flens tutup atas dan bawah juga dilas bersama bodi dari marcet boiler tersebut.

c. Pembubutan

Untuk proses pembubutan, bahan yang tadi sudah di potong, kemudian perlu proses penyelesaian di tutup bawah dan tutup atas beserta ring dan as yang akan dibentuk sesuai ukuran masing masing.

Pertama yang dikerjakan adalah tutup dan ring, untuk mempermudah dan menghasilkan sekaligus mempercepat pekerjaan kita gandeng atau kita gabungkan antara ring dan tutup yang berpasangan. Jika sudah kita gabungkan dengan mengelas titik saja maka akan ada dua unit plan tutup.

Di pembubutan plan ini kita buat plan dengan ukuran diameter luar 520 dan diameter dalam 304,8 serta dinding dari plan tutup dan ring itu diratakan dan diberi garis benang untuk pembagian pengeboran dan garis tebal 3 buah agar mencegah kebocoran.

Untuk pembubutan as yang akan kita gunakan untuk rumah heater pertama sekali as yang telah kita potong tadi kita ikat di cak bubutan dan kita stel seperti pembubutan plan tadi, kemudian jika sudah distel kita bubut rata terlebih dahulu sesuai dengan gambar dan ukuran yang disesuaikan dengan ukuran socket, setelah selesai di bubut rata kita stel lagi transmisi mesin bubut untuk membuat ulir, disini kami membuat rumah heater ini dengan jenins ulir 11 dengan cara matikan otomatis jalan memanjang ataupun melintang dan masukan sepindel untuk

membuat ulir. Jika semua telah disetel kita kenakan sedikit saja ujung pahat ke benda untuk memastikan bahwa ulir yang ingin kita buat sudah sesuai dengan yang kita inginkan. Sebagai catatan untuk pembubutan ulir kita gak boleh membuka spindel otomatis ulir untuk mengembalikan meja pahat tapi dengan cara menarik kebelakang meja pahat dan memutar balikan putaran cak dengan menaikan spindel hidup mati berlawanan agar meja tersebut kembali kebelakang.

Ketika ulir telah selesai kita balik benda kerja untuk pembubutan pengunci rumah heater tersebut dengan cara mengikat benda kerja ke cak bubutan dan jika sudah siap kita stel dan tinggal kita bubut rata sesuai gambar.

d. Pengeboran

Di proses pengeboran ini, plan yang tadi telah kita bubut tadi kita bagi garis benang tersebut dengan delapan titik untuk nantinya kita bor, pertama sekali kita bagi empat terlebih dahulu garis benang tersebut lalu dari empat titik tadi kita bagi dua lagi sehingga menjadi delapan lubang.

Setelah pembagian titik lubang telah selesai kita pasang mata bor 17mm di sockbor lalu kita pasang mata bor di mesin bor dengan menyentaknya. Jika mata bor telah terpasang kita naikan plan tadi yang sudah di titik ke atas mesin bor lalu kita ikat plan tersebut, jika telah terikat kuat barulah kita bor titik titik lobang yang telah kita tandai tadi. Setelah plan pertama telah dibor 8 lobang lakukan pengeboran pada plan kedua seperti pada plan pertama tadi. Ketika selesai pengeboran berikan tanda di samping plan agar memudahkan ketika akan dilakukan pemasangan nanti, kemudian selanjutnya kita melepaskan gandingan tadi dengan menggerinda las titik yang telah kita buat tadi.

e. Penyekrapan

Dibagian ini kita hanya sedikit melakukan penyekrapan. Kita hanya menyekrap bagian untuk pengunci rumah heater. Untuk penyekrapan kita pertama kali mengikat benda kerja di ragum mesin sekrap, setelah benda telah terkunci kuat kita stel benda kerja agar benda tidak mereng sebelah, setelah penyetelan selesai kita langsung bisa menyekrap benda tadi sesuai ukuran yang ingin kita buat sampai terbentuk menjadi tempat pengunci.

D. proses perakitan

Proses perakitan dilakukan apabila semua proses pengerjaan mesin telah selesai. Hal yang perlu diperhatikan dalam perakitan adalah memasang bagian-bagian yang sesuai. Sehingga lebih memudahkan dalam proses perakitan tersebut.

E. pengujian alat

setelah proses perakitan marcet boiler selesai, maka marcet boiler tersebut siap untuk diuji, apakah marcet boiler tersebut aman digunakan atau tidak.



DAFTAR PUSTAKA

1. Ir. M. J. Djokosetyohardjo. 1987. Ketel Uap. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
2. Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchael, Ir. Gandhi Harahap M.Eng, 1984. "Perencanaan Teknik Mesin" Edisi Keempat, Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Sularso dan Suga, Kiyokatsu. 1991. Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Penerbit Erlangga, Jakarta.
4. Hartanto, Sugiarto, dan Sato Takeshi. 1983. Menggambar Mesin Menurut Standard ISO. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
5. Muin, Syamsir A..., "Pesawat-Pesawat Konversi Energi I (Ketel Uap), Cetakan pertama, CV. Rajawali, Jakarta 1988.
6. Chatae, Ketel Uap dan Kelengkapannya, Pradnya Paramitha, Jakarta 1975.
7. <https://www.google.co.id/search?q=grafik+suhu+terhadap+sifat+tarik+baja&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ei=Fxn2UiYG8qIuAS2iYLADA&ved=0CAYQAUoAQ&biw=1024&bih=537#q=kurva+perubahan+perlahan+waktu&tbm=isch&imgdii=>
8. https://www.google.co.id/?gws_rd=cr,ssl&ei=Rj2U8b6B8WjugTI9oDgAQ#q=grafi+suhu+terhadap+sifat+tarik+baja

LAMPIRAN

Lampiran A

Ukuran standard ulir kasar metris (JIS B 0205)

Ulir			Ulir dalam				
1	2	3	Jarak	Tinggi	Diameter	Dimeter	Diameter
			bagi	kaitan	luar D	efektif D2	dalam D1
			<i>P</i>	<i>H1</i>			
					Ulir luar		
					Diameter	Diameter	Diameter
					luar	efektif	inti <i>d1</i>
					<i>d</i>	<i>d2</i>	
M 6			1	0,541	6,000	5,350	4,917
		M 7	1	0,541	7,000	6,350	5,917
M 8			1,25	0,677	8,000	7,188	6,647
		M 9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647
M 10			1,5	0,812	10,000	9,026	8,376
		M 11	1,5	0,812	11,000	10,026	9,376
M 12			1,75	0,947	12,000	10,863	10,106
	M14		2	1,083	14,000	12,701	11,835
M 16			2	1,083	16,000	14,701	13,835

	M 18		2,5	1,353	18,000	16,376	15,294
M 20			2,5	1,353	20,000	18,3765	17,294
	M 22		2,5	1,353	22,000	20,376	19,294

Lampiran B

Kekuatan tarik baja karbon cor

JIS G 5101 baja karbon cor

Lambang	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
SC 37	18	37	Untuk bagian motor
SC 42	21	42	Untuk konstruksi mesin umum
SC 46	23	46	“
SC 69	25	49	“

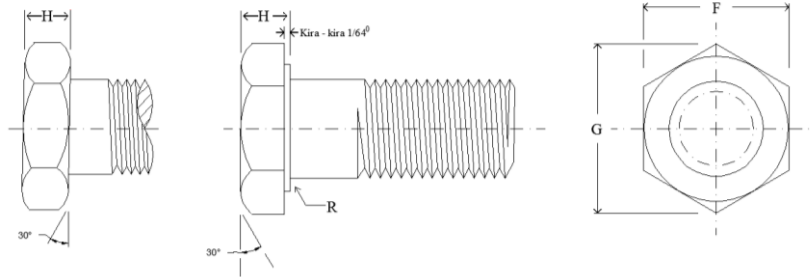
Lampiran C

Kekuatan tarik dan kekerasan dari baja ASTM A514

Thickness, in.	Ultimate Tensile Strength, ksi (MPa)	Yield Strength ^a min, ksi (MPa)	Elonga- tion in 2 in. or 50 mm, ^{b,c,e} min, %	Reduction of Area ^{b,c} , min, %	Brinell Hardness ^d Num- ber
To 3/4, incl	110 to 130 (760 to 895)	100 (690)	18	40 ^f	235 to 293
Over 3/4 to 2 1/2, incl	110 to 130 (760 to 895)	100 (690)	18	40 ^f , 50 ^f	...
Over 2 1/2 to 6, incl	100 to 130 (690 to 895)	90 (620)	16	50 ^f	...

Lampiran D

Dimensi dari baut segi enam yang sesuai (ASA B18.2-1952)

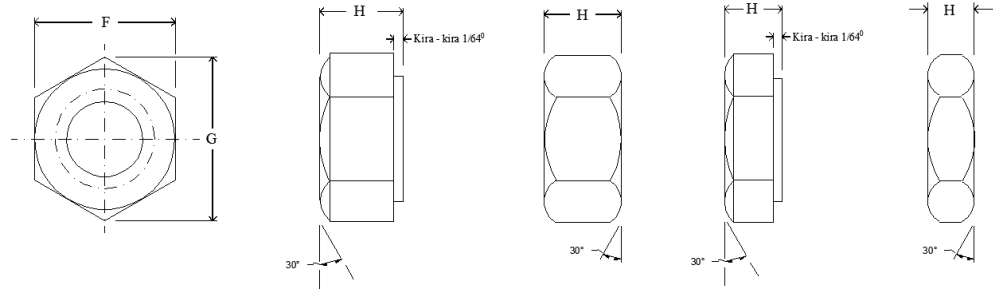


Ukuran luar atau diameter luar ulir dasar	Diameter badan minimum (maks sama dengan ukuran normal)	Lebar kunci (F)			Lebar kebebasan (G)		Tinggi (H)			
		maks	dasar	min	maks	min	maks	dasar	min	
1/4	0.25	0.2450	7/16	0.4375	0.428	0.505	0.488	5/32	0.163	0.150
2/16	0.31	0.3605	1/2	0.5000	0.489	0.577	0.577	13/44	0.211	0.195
3/8	0.37	0.3690	9/16	0.5625	0.551	0.650	0.628	15/64	0.211	0.195
7/16	0.43	0.4305	5/8	0.6250	0.612	0.722	0.698	9/32	0.291	0.272
1/2	0.50	0.4930	3/4	0.7500	0.736	0.866	0.840	5/16	0.323	0.302
9/16	0.56	0.5545	13/16	0.8125	0.798	0.938	0.910	23/64	0.371	0.348
5/8	0.62	0.6170	15/16	0.9375	0.922	1.083	1.051	25/64	0.403	0.378
3/4	0.75	0.7410	1 1/4	1.1250	1.100	1.299	1.254	15/32	0.483	0.455
7/8	0.87	0.8660	1 5/16	1.3125	1.285	1.516	1.465	35/44	0.563	0.531
1	1.00	0.9900	1 1/2	1.5000	1.469	1.732	1.675	39/64	0.627	0.591
1 1/8	1.12	1.1140	1 11/16	1.6875	1.631	1.949	1.859	11/16	0.718	0.658

Lampiran E

Dimensi dari mur segi enam dan mur penjepit segi enam yang sesuai

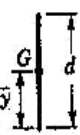
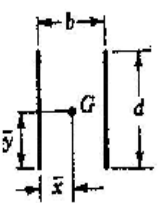
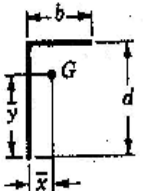
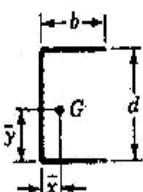
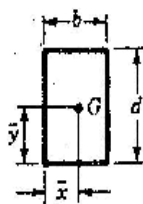

(ASA B18.2-1952)



Ukuran luar atau diameter luar ulir dasar	Diameter badan minimum (maks sama dengan ukuran normal)	Lebar kunci (F)			Lebar kebebasan (G)		Tinggi (H)			
		maks	dasar	min	maks	min	maks	dasar	Min	
1/4	0.25	0.2450	7/16	0.4375	0.428	0.505	0.488	5/32	0.163	0.150
2/16	0.31	0.3605	1/2	0.5000	0.489	0.577	0.577	13/44	0.211	0.195
3/8	0.37	0.3690	9/16	0.5625	0.551	0.650	0.628	15/64	0.211	0.195
7/16	0.43	0.4305	5/8	0.6250	0.612	0.722	0.698	9/32	0.291	0.272
1/2	0.50	0.4930	3/4	0.7500	0.736	0.866	0.840	5/16	0.323	0.302
9/16	0.56	0.5545	13/16	0.8125	0.798	0.938	0.910	23/64	0.371	0.348
5/8	0.62	0.6170	15/16	0.9375	0.922	1.083	1.051	25/64	0.403	0.378
3/4	0.75	0.7410	1 1/4	1.1250	1.100	1.299	1.254	15/32	0.483	0.455
7/8	0.87	0.8660	1 5/16	1.3125	1.285	1.516	1.465	35/44	0.563	0.531
1	1.00	0.9900	1 1/2	1.5000	1.469	1.732	1.675	39/64	0.627	0.591
1 1/8	1.12	1.1140	1 11/16	1.6875	1.631	1.949	1.859	11/16	0.718	0.658

Lampiran F sifat-sifat puntiran dari las sudut

Tabel 9-1 SIFAT PUNTIRAN DARI LAS-LAS-SUDUT*

Las	Luas leher	Lokasi dari G	Momen Inersia sudut satuan
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$ $\bar{y} = \frac{2bd + d^2}{2(b + d)}$	$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b + d}$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$
	$A = 1.414\pi r$		$J_u = 2\pi r^3$

* G adalah titik berat dari kelompok las; h adalah ukuran las; bidang dari kopel daya putar adalah pada bidang kertas semua las-las ini berukuran sama.

Lampiran G

Sifat-sifat mekanis dari baja

Harga-hargayang di rol panas (HR) dan ditarik dingin (CD) adalah harga taksiran minimum yang biasanya dapat diharapkan pada daerah ukuran ^{3/4} sampai 1^{1/4} in.

Nomor UNS	Nomor AISI	Cara pengerjaan	Kekuatan mengalah (kpsi)	Kekuatan tarik (kpsi)	Pemanjangan daam 2 in (%)	Penguraan luasan (%)	Kekerasan brinel H_B
G10100	1010	HR	26	47	28	50	95
		CD	44	53	20	40	105
G10150	1015	HR	27	50	28	50	101
		CD	47	56	18	40	111
G10180	1018	HR	32	58	25	50	116
		CD	54	64	15	40	126
	1112	HR	33	56	25	45	121
		CD	60	78	10	35	167
G10350	1035	HR	39	72	18	40	143
		CD	67	80	12	35	163
G10400	1040	HR	42	76	18	40	149
		CD	71	85	12	35	170
G10450	1045	HR	45	82	16	40	163
		CD	77	81	12	35	179
G10500	1050	HR	49	90	15	35	179
		CD	84	100	10	30	197

Lampiran H

