



**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA PIPA ALIRAN RUGI-
RUGI BELOKAN BAGIAN STATIS MENGGUNAKAN BESI
SIKU LUBANG
(STATIS)**

PROYEK AKHIR

Oleh

MOHAMMAD ISMAIL YAHYA

NIM 191903101022

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2022



**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA PIPA ALIRAN RUGI-
RUGI BELOKAN BAGIAN STATIS MENGGUNAKAN BESI
SIKU LUBANG**

PROYEK AKHIR

Disusun dan diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma III Teknik Mesin dan mencapai gelar Ahli Madya

Oleh

MOHAMMAD ISMAIL YAHYA

NIM 191903101022

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2022

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahrabbi'l'amin dengan rasa syukur yang mendalam dengan telah terselesainya Tugas Akhir ini penulis mempersembahkannya kepada:

1. Kedua orang tua, Bapak Mochammad Farid dan Agustri Hidayati yang senantiasa memberikan dukungan.
2. Dosen dan staff almamater tercinta Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember, terutama Bapak Ir. Muhammad Trifiananto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T. selaku dosen pembimbing anggota, serta Bapak Ir. Ahmad Adib Rosyadi S.T., M.T. selaku dosen penguji I, dan Bapak Ir. Hary Sutjahjono S.T.,M.T. selaku dosen penguji ke II.
3. Semua teman-teman kuliah dan sejurusan yang telah memberi masukan dan arahan hingga akhirnya terselesaikan tugas akhir ini.
4. Dan seluruh pihak yang turut memberikan dukungan dan bantuan yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

MOTTO

“ Sukses adalah jumlah dari upaya kecil, yang diulangi hari demi hari ”

(Robert Collier)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

nama : Mohammad Ismail yahya

NIM : 191903101022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Rancang bangun alat peraga pipa aliran rugi – rugi belokan (Bagian Statis)” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 30 November 2022
Yang menyatakan

Mohammad Ismail yahya
NIM 191903101022

PROYEK AKHIR

RANCANG BANGUN ALAT PERAGA PIPA ALIRAN
RUGI – RUGI BELOKAN BAGIAN STATIS

Oleh

Mohammad Ismail Yahya
NIM 191903101022

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Muhammad Trifiananto S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T.

PENGESAHAN

Proyek akhir berjudul “Rancang Bangun Alat Peraga Pipa Aliran Rugi – Rugi Belokan Bagian Statis” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat :

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama,



Ir. Muhammad Trifiananto S.T., M.T.
NIP 199003242019031017

Dosen Pembimbing Anggota,



Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T.
NIP 197003101997021001

Penguji

Dosen Penguji Utama,



Ir. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 198501172012121001

Dosen Penguji Anggota,



Ir. Hary Sutjahjono, S.T., M.T.
NIP 196812051997021002

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember



Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP 19700826 199702 1 001

RINGKASAN

Rancang Bangun Alat Peraga Pipa Aliran Rugi – Rugi Belokan Bagian Statis; Mohammad Ismail Yahya, 191903101022; 2022: halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pipa sebagai alat transportasi fluida dari tempat penampungan ke tempat pemakaian memerlukan instalasi perpipaan dengan berbagai ukuran diameter pipa. Berkaitan dengan instalasi perpipaan ada kalanya menggunakan pipa besi atau galvanis, dimana pipa galvanis lebih kuat, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak mudah pecah, relatif mudah dipasang serta tahan lama, dan pipa tersedia di pasaran dengan berbagai merek dan diproduksi oleh industri dalam negeri maupun produk impor.

Rugi-rugi aliran (*Head Losses*) adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida. Satuan *head losses* adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggisatu satuan panjang yang bersesuaian. Head losses terbagi menjadi dua bagian yaitu rugi mayor (*major losses*) dan rugi minor (*minor losses*), rugi mayor (*major losses*) adalah rugi aliran yang diakibatkan gesekan antara fluida dengan dinding pipa lurus yang mempunyai luas penampang yang tetap, rugi minor (*minor losses*).

Fluida adalah zat cair yang bisa mengalir menempati ruangan, mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Secara khusus, fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus-menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Fluida dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu zat cair dan gas. Zat cair terlihat memiliki volume tertentu, dan dapat berubah bentuk mengikuti ruangan yang ditempatinya.

Cara kerja dari alat ini yaitu pompa dihidupkan, setelah dihidupkan putaran dan daya dari pompa menghisap air yang akan dialirkan kepada pipa. Setelah air tersebut naik menuju pipa air tersebut akan mengalir, pada saat air mengalir di

dalam pipa terdapat stopkran yang mana akan dapat menghentikan aliran air tersebut. Kemudian air tersebut akan mengalir ke pipa selanjutnya yang dimana nantinya akan dilihat kecepatan aliran air tersebut menggunakan alat waterflow sensor motor yang akan disambungkan menggunakan arduino agar dapat melihat berapa kecepatan aliran airnya. Setelah dilihat kecepatan aliran airnya kemudian air tersebut akan kembali lagi kedalam timba dan juga seterusnya.

SUMMARY

Design and Construction of Loss Flow Pipe Visuals – Static Section Bend Loss; Mohammad Ismail Yahya, 191903101022; 2022: page; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Pipes as a means of fluid transportation from the reservoir to the place of use require the installation of piping with various sizes of pipe diameters. With regard to piping installations, sometimes iron or galvanized pipes are used, where galvanized pipes are stronger, resistant to high temperatures, not easily broken, relatively easy to install and durable, and pipes are available on the market with various brands and are produced by the domestic industry as well as products. import

Flow losses (Head Losses) are the loss of mechanical energy per unit mass of fluid. The unit head loss is a unit of length which is equivalent to one unit of energy required to move one unit of fluid mass as high as the corresponding unit length. Head losses are divided into two parts, namely major losses and minor losses, major losses are flow losses caused by friction between the fluid and a straight pipe wall that has a fixed cross-sectional area, minor losses. losses).

Fluid is a liquid that can flow to occupy space, has particles that can easily move and change shape without separation of masses. Specifically, a fluid is defined as a substance which continuously deforms under the influence of a shear stress. Fluid is divided into 2 (two) types, namely liquid and gas. Liquids appear to have a certain volume, and can change shape according to the space they occupy.

The way this tool works is that the pump is turned on, after turning on the rotation and power of the pump sucks water which will flow into the pipe. After the water rises to the pipe the water will flow, when the water flows in the pipe there is a stop which will stop the flow of water.

Then the water will flow into the next pipe where the speed of the water flow will be seen using a waterflow sensor motor which will be connected using Arduino so you can see how fast the water is flowing. After seeing the speed of the water flow then the water will return to the bucket and so on.

PRAKATA

Segala puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga proyek akhir yang berjudul “Rancang Bangun Alat Peraga Pipa Aliran Rugi – Rugi Belokan Bagian Statis” Dapat disusun dan diselesaikan yang diharapkan oleh penulis. Laporan proyek akhir ini disusun dan diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Diploma III Teknik Mesin pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis mengucapkan banyak terimakasih yang telah memberikan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak dalam penyusunan laporan Proyek Akhir khususnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu memulai dan menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Kedua orang tua, Bapak Mochammad Farid dan Agustri Hidayati yang senantiasa memberikan motivasi dukungan moral dan materi serta kasih sayang yang tak terhingga kepada penulis.
3. Bapak Ir. Muhammad Trifiananto S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing utama dan Bapak Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing anggota yang telah membantu pengujian, melatih keterampilan dan memberikan banyak ilmu pengetahuan kepada penulis sehingga pengujian dapat berjalan dan proyek akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
4. Bapak Ir. Ahmad Adib Rosyadi, M.T. sebagai dosen penguji utama dan Bapak Ir. Hary Sutjahjono, S.T.,M.T. sebagai dosen penguji anggota yang telah memberikan banyak kritik serta saran dalam penulisan proyek akhir ini;
5. Semua teman-teman kuliah dan sejurusan yang telah memberi masukan dan arahan hingga akhirnya terselesaikan tugas akhir ini.
6. Kepada teman proyek tugas akhir dzikrullah zhafar muhammad;

7. Kepada bapak fery selaku pembimbing pada saat di lab yang selalu memberi dukungan dan bekerja sama dalam menyelesaikan tugas akhir saya;
8. Rekan kuliah satu angkatan Teknik Mesin Universitas Jember 2019 yang sangat luar biasa.

Dalam penulisan dan penyusunan laporan Proyek Akhir ini penulis telah berusaha sebaik mungkin agar tidak ada satupun kekurangan dalam penulisan dan penyusunan. Namun tidak menutup kemungkinan bagi pembaca yang akan memberikan keritikan maupun saran sehingga dapat menyempurnakan laporan Proyek Akhir ini. Akhir kata penulis menyampaikan semoga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pembacanya.

Jember, 30 November 2022

Penulis

Mohammad Ismail Yahya

DAFTAR ISI

| | |
|---|----------|
| PERSEMBAHAN..... | i |
| MOTTO | ii |
| PERNYATAAN..... | iii |
| HALAMAN PROYEK AKHIR..... | iiiv |
| PENGESAHAN..... | v |
| RINGKASAN | vi |
| SUMMARY | viii |
| PRAKATA | x |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| BAB 1. PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan..... | 2 |
| 1.5 Manfaat..... | 2 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 3 |
| 2.1 Fluida | 3 |
| 2.2 Persamaan Bernauli | 5 |
| 2.3 Persamaan Kontinuitas | 6 |
| 2.4 Head Losses | 7 |
| 2.5 Aliran Lamainer | 8 |
| 2.6 Aliran Transisi | 8 |
| 2.7 Aliran Turbulen | 9 |
| 2.8 Rangka | 10 |
| 2.9 Pipa PVC | 12 |
| 2.10 Koefisien Kerugian Pada Belokan Pipa | 15 |

| | |
|--|-----------|
| 2.11 Presure Drop | 15 |
| 2.12 Manometer..... | 16 |
| 2.13 Piezometer | 16 |
| 2.14 Perencanaan Elemen Mesin Bagian Statis (Rangka) | 16 |
| 2.15 Perancangan Baut dan Mur | 19 |
| 2.16 Perancangan Kolom..... | 24 |
| BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN | 25 |
| 3.1 Alat dan Bahan..... | 25 |
| 3.1.1 Alat..... | 25 |
| 3.1.2 Bahan | 25 |
| 3.2 Waktu dan Tempat..... | 26 |
| 3.3 Metode Penelitian | 26 |
| 3.3.1 Studi Literatur | 26 |
| 3.3.2 Studi Lapangan | 26 |
| 3.3.3 Konsultasi..... | 26 |
| 3.3.4 Pengumpulan Data | 27 |
| 3.3.5 Perencanaan dan Perancangan | 27 |
| 3.3.6 Proses pembuatan..... | 27 |
| 3.3.7 Proses Manufaktur | 27 |
| 3.3.8 Proses Perakitan | 27 |
| 3.3.9 Pengujian Alat..... | 28 |
| 3.3.10 Penyempurnaan Alat | 28 |
| 3.3.11 Pembuatan Laporan..... | 28 |
| 3.4 Diagram Alir | 29 |
| BAB 4. PEMBAHASAN | 30 |
| 4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat..... | 30 |
| 4.1.1 Cara kerja Aliran Pipa Rugi – Rugi Belokan | 31 |
| 4.2 Analisa Hasil Perancangan dan Perhitungan | 32 |

| | | |
|--------------------------------------|--|-----------|
| 4.2.1 | Hasil Perancangan Bahan Rangka | 32 |
| 4.3 | Hasil Perancangan Mur dan Baut..... | 33 |
| 4.3.1 | Perencanaan Mur dan Baut Pengikat Pompa | 33 |
| 4.4 | Hasil Manufaktur | 33 |
| 4.4.1 | Proses Pemotongan | 33 |
| 4.4.2 | Pengeboran..... | 35 |
| 4.5 | Perakitan Alat | 35 |
| 4.6 | Proses Pengujian | 36 |
| 4.6.1 | Pengujian Rangka | 36 |
| 4.6.2 | Uji Ketegak Lurusan | 36 |
| 4.6.3 | Uji Kemiringan atau Sudut <i>Inklinasi</i> | 37 |
| 4.6.4 | Pengujian kekuatan Rangka, Mur, dan Baut..... | 37 |
| 4.7 | Hasil Proses Pengujian | 38 |
| 4.7.1 | Hasil Pengujian Rangka | 38 |
| 4.7.2 | Hasil Pengujian Kekuatan Rangka, Baut, dan Mur | 36 |
| BAB 5. PENUTUP..... | | 42 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 43 |
| 5.2 | Saran | 43 |
| DAFTAR PUSTKA..... | | 44 |
| A. LAMPIRAN PERHITUNGAN | | 47 |
| Lampiran A.1 | Berat Komponen Mesin..... | 47 |
| Lampiran A.2 | Perencanaan Batang Menumpu | 47 |
| Lampiran A.3 | Menentukan Momen Inersia..... | 52 |
| Lampiran A.4 | Perencanaan Mur dan Baut Pengikat Pompa Air | 54 |
| Lampiran A.5 | Menentukan bahan Baut dan mur..... | 50 |
| B. LAMPIRAN TABEL | | 57 |
| Tabel B.1 | Ukuran Standar Ulir kasar Metris | 57 |

Tabel B.2 Tekanan Permukaan yang Diizinkan pada Ulir 58

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Skema Aliran dari Pipa | 4 |
| Gambar 2.2 Profil Saluran Bernauli..... | 6 |
| Gambar 2.3 Head Losses | 7 |
| Gambar 2.4 Aliran Laminer | 8 |
| Gambar 2.5 Aliran Transisi..... | 8 |
| Gambar 2.6 Diagram Moody | 9 |
| Gambar 2.7 Distribusi Kecepatan Aliran Turbulen Dalam Pipa Tertutup..... | 10 |
| Gambar 2.8 Besi Siku Lubang | 12 |
| Gambar 2.9 Dimensi Pipa Spiral..... | 13 |
| Gambar 2.10 Pipa Bengkok | 14 |
| Gambar 2.11 Piezometer..... | 16 |
| Gambar 2.12 Diagram Beban Terpusat..... | 17 |
| Gambar 2.13 Diagram Beban Merata | 17 |
| Gambar 2.14 Profil Ulir Pengikat | 19 |
| Gambar 2.15 Jenis – Jenis Alur Ulir | 19 |
| Gambar 2.16Ulir Kanan dan Ulir Kiri | 20 |
| Gambar 2.17 Jenis – Jenis Baut pengikat | 20 |
| Gambar 2.18 Bagian – Bagian Ulir..... | 22 |
| Gambar 2.19 Kolom..... | 24 |
| Gambar 4.1 Alat Peraga Pipa Aliran Rugi-Rugi Belokan | 30 |
| Gambar 4.2 <i>Rangka Aliran Pipa Rugi-Rugi Belokan</i> | 32 |
| Gambar 4.3 Pematangan Bahan..... | 34 |
| Gambar 4.4 Proses Pengeboran | 35 |
| Gambar 4.5 Uji Ketegak Lurusan | 36 |
| Gambar 4.4 Uji Kemiringan atau Inklimasi..... | 37 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 1.2 Bahan Rangka | 11 |
| Tabel 2.2 Kekuatan Bahan | 11 |
| Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Kegiatan..... | 26 |
| Tabel 4.1 Bagian-Bagian Aliran Pipa Rugi-Rugi Belokan | 31 |
| Tabel 4.2 Ukuran dan Jumlah Proses Pemotongan Bahan Rangka Utama..... | 34 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian | 38 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kekuatan Rangka..... | 38 |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pipa sebagai alat transportasi fluida dari tempat penampungan ke tempat pemakaian memerlukan instalasi perpipaan dengan berbagai ukuran diameter pipa. Berkaitan dengan instalasi perpipaan ada kalanya menggunakan pipa besi atau galvanis, dimana pipa galvanis lebih kuat, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak mudah pecah, relatif mudah dipasang serta tahan lama, dan pipa tersedia di pasaran dengan berbagai merek dan diproduksi oleh industri dalam negeri maupun produk impor.

Dalam perkotaan, air sangat dibutuhkan, aliran air tersebut hanya dapat mengalir melalui dua aliran yaitu sungai dan aliran pipa. Aliran sungai adalah aliran air yang sangat besar tetapi aliran sungai merupakan aliran yang kotor yang berasal dari air hujan dan air rumah tangga. Aliran sungai tidaklah bermanfaat untuk masyarakat perkotaan karena hanyalah penyebab terjadinya banjir. Aliran pipa berisi air bersih untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Air tersebut dialirkan melalui media yang disebut pipa yang mempunyai berbagai jenis dan juga dimensi. Selain melalui pipa, aliran air juga melewati belokan (*elbow*), pipa *tee*, pembesaran dan pengecilan penampang (kontraksi) sehingga akan berakibat pada besar kecilnya kapasitas air yang dihasilkan.

Rugi-rugi aliran (*Head Losses*) adalah kehilangan energi mekanik persatuan massa fluida. Satuan *head losses* adalah satuan panjang yang setara dengan satu satuan energi yang dibutuhkan untuk memindahkan satu satuan massa fluida setinggisatu satuan panjang yang bersesuaian. Head losses terbagi menjadi dua bagian yaitu rugi mayor (*major losses*) dan rugi minor (*minor losses*), rugi mayor (*major losses*) adalah rugi aliran yang diakibatkan gesekan antara fluida dengan dinding pipa lurus yang mempunyai luas penampang yang tetap, rugi minor (*minor losses*).

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang dipaparkan di atas, terdapat beberapa rumusan masalah yang akan di paparkan anantara lain:

1. Bagaimana cara merancang dan membuat rangka pada alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan ?
2. Bagaimana kinerja alat peraga ini dapat maksimal sesuai dengan rencana menggunakan besi siku lubang sebagai rangka alat peraga?

1.3 Batasan Masalah

Dalam proses merancang dan membuat alat peraga pipa aliran rugi- rugi belokan dengan sistem menggunakan mesin perlu adanya batasan masalah yang perlu diuraikan antara lain:

- Penulis tidak membahas tentang elektrikal.
- Tidak membahas kajian ekonomis.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari perencanaan dan pembuatan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan dalam proyek akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui ujian komponen-komponen alat rugi-rugi aliran..
2. Untuk mengetagui pengujian fungsional alat secara keseluruhan, agar dapatdipakai sebagai alat uji

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari perencanaan dan pembuatan mesin pembersih buah jeruk dalam proyek akhir ini adalah:

1. Memastikan bahwa alat yang dibuat dapat berfungsi sesuai yang diinginkan.
2. Membandingkan hasil pengujian dengan rugi-rugi aliran secara teori, untuk memastikan keakuratan alat.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fluida

Fluida adalah zat cair yang bisa mengalir menempati ruangan, mempunyai partikel yang mudah bergerak dan berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Secara khusus, fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus-menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Fluida dibagi menjadi 2 (dua) macam yaitu zat cair dan gas. Zat cair terlihat memiliki volume tertentu, dan dapat berubah bentuk mengikuti ruangan yang ditempatinya.

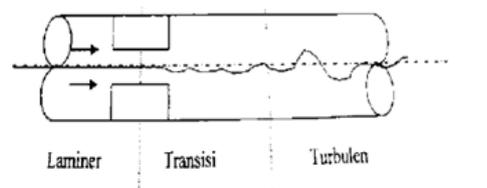
Menurut Raswari (1986), fluida merupakan suatu zat/bahan yang dalam keadaan setimbang tak dapat menahan gaya atau tegangan geser (shear force). Dapat pula didefinisikan sebagai zat yang dapat mengalir bila ada perbedaan tekanan dan atau tinggi. Suatu sifat dasar fluida nyata, yaitu tahanan terhadap aliran yang diukur sebagai tegangan geser yang terjadi pada bidang geser yang dikenai tegangan tersebut adalah viskositas atau kekentalan/kerapatan zat fluida tersebut. Fluida dapat didefinisikan sebagai suatu zat mampu alir dan dapat menyesuaikan bentuk dengan bentuk wadah yang ditempatinya, serta apabila diberikan tegangan geser, betapapun kecilnya akan menyebabkan fluida tersebut bergerak dan berubah bentuk secara terus-menerus selama tegangan tersebut bekerja (White, 1986).

Dengan pengertian diatas maka fluida dapat dibedakan atas zat cair dan gas. Dimana kedua zat ini pun berbeda secara teknis akibat gaya kohesif. Zat cair cenderung mempertahankan volumenya dan akan membutuhkan permukaan bebas dalam medan gravitasi. Aliran muka bebas sangat dipenuhi efek gravitasi sedangkan zat gas akan memuai dengan bebas sampai tertahan oleh dinding yang membatasinya. Gas tersebut akan membentuk atmosfer yang pada hakekatnya akan bersifat hidrostatis.

Fluida secara khusus didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Sebuah tegangan geser terbentuk apabila sebuah gaya tangensial bekerja pada sebuah permukaan. Apabila

benda-benda padat biasanya seperti baja atau logam-logam lainnya dikenai oleh suatu tegangan geser, mula-mula benda itu akan berdeformasi (biasanya sangat kecil), tetapi tidak akan terus menerus berdeformasi (mengalir). Mekanika fluida adalah ilmu yang mempelajari tentang tipe-tipe aliran fluida dalam medium yang berbeda-beda. Aliran fluida terbagi atas beberapa kategori, dibagi berdasarkan sifat-sifat yang paling dominan dari aliran tersebut, atau berdasarkan jenis dari fluida yang terkait. Berdasarkan pergerakannya aliran fluida terdiri dari :

- i. **Steady Flow** Steady flow merupakan suatu aliran fluida dimana kecepatannya tidak terpengaruh oleh perubahan waktu, sehingga kecepatan konstan pada setiap titik pada aliran tersebut.
- ii. **Non Steady Flow** Non steady flow terjadi apabila ada suatu perubahan kecepatan pada aliran tersebut terhadap perubahan waktu.
- iii. **Uniform Flow** Uniform flow merupakan aliran fluida yang terjadi besar dan arah dari vector-vector kecepatan tidak berubah dari suatu titik ke titik berikutnya dalam aliran fluida tersebut.
- iv. **Non Uniform Flow** Aliran ini terjadi jika besar dan arah vector-vector kecepatan fluida selalu berubah terhadap lintasannya. Ini terjadi apabila luas penampang medium fluida juga berubah.



Gambar 2.1 Skema Aliran dari Pipa
(Sumber : Streeter, 1988)

Untuk menganalisis kedua jenis aliran ini diberikan parameter tak berdimensi yang dikenal dengan nama bilangan Reynolds (White. 1986) sebagai berikut :

$$Re = Vd / U$$

(Sumber : White. 1986)

Dengan:

- Re = bilangan Reynolds
- v = kecepatan fluida (m/s)
- D = diameter pipa (m)
- u = viskositas kinematika fluida(m²/s)

2.2 Persamaan Bernauli

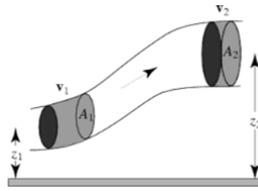
Hukum Bernoulli menjelaskan tentang konsep dasar aliran fluida (zat cair dan gas) bahwa peningkatan kecepatan pada suatu aliran zat cair atau gas, akan mengakibatkan penurunan tekanan pada zat cair atau gas tersebut. Artinya, akan terdapat penurunan energi potensial pada aliran fluida tersebut. Konsep dasar ini berlaku pada fluida aliran termampatkan (compressible flow), juga pada fluida dengan aliran tak-termampatkan (incompressible-flow). Hukum Bernoulli sebetulnya dapat dikatakan sebagai bentuk khusus dari konsep dalam mekanika fluida secara umum, yang dikenal dalam persamaan Bernoulli. Secara matematis persamaan Bernoulli adalah sebagai berikut.

$$\frac{P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1}{+ \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2} = P_2$$

(Sumber : Nuarsa.m., 2012)

Dimana :

P_{1,2} = tekanan di penampang 1 dan 2 (N/m²)
v_{1,2} = kecepatan di penampang 1 dan 2 (m/s)
h_{1,2} = tinggi pada permukaan 1 dan 2 (m)
ρ = berat jenis 1 dan 2 (N/m³)
g = gravitasi bumi (9,82 m/s²)



Gambar 2.2 Profil Saluran Bernauli

(Sumber : Khaerul, 2008)

Fluida tak termampatkan (inkompresibel) yang mengalir melalui suatu penampang sebuah pipa dan saluran apabila aliran bersifat tunak (steady state) dan tanpa gesekan (inviscid) akan memenuhi hukum yang dirumuskan oleh Bernoulli. Pada persamaan Bernoulli di atas sering dalam bentuk persamaan energi "Head". Head pada persamaan di atas terdiri dari head ketinggian " z ", head kecepatan " $V^2/2g$ ", dan head tekanan " $p/\rho g$ ". Head ketinggian menyatakan energi potensial yang dibutuhkan untuk mengangkat air setinggi " m " kolom air. Head kecepatan menyatakan energi kinetik yang dibutuhkan untuk mengalirkan air setinggi " m " kolom air. Yang terakhir, head tekanan adalah energi aliran dari " m " kolom air yang mempunyai berat sama dengan tekanan dari kolom " m " air tersebut.

2.3 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk pada suatu pipa terhadap kecepatan fluida yang keluar. Hubungan tersebut dinyatakan dengan:

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

(Sumber : Nuarsa.m., 2012)

Dimana:

- A1 = Luas penampang pipa 1 (m²)
- A2 = Luas penampang pipa 2 (m²)
- v1 = Kecepatan fluida pada pipa 1 (m/s)
- v2 = Kecepatan fluida pada pipa 2 (m/s)

Debit adalah besaran yang menyatakan volume fluida yang mengalir tiap satuan waktu:

$$Q = V / t$$

(Sumber : Nuarsa.m., 2012)

Dimana:

Q = debit (m³ /s)

V = volume (m³)

t = waktu (s)

2.4 Head Losses

Head losses adalah head atau kerugian-kerugian dalam aliran pipa yang terdiri atas mayor losses dan minor losses. (Sularso, 2000). Zat cair/fluida yang ada di alam mempunyai kekentalan, meskipun demikian dalam berbagai perhitungan mekanika fluida ada yang dikenal atau dianggap sebagai fluida ideal. Menurut Triadmojo (1996:1). Rugi aliran (*Head Losses*) merupakan pengurangan energi per satuan berat fluida pada aliran cairan pada sistem perpipaan. Head loss terdiri dari *major head loss* (hf), *minor head loss* (hm), dan *total head loss* (htot) (Fauzi Susanto, 2006:18).

$$H = H_f + H_m$$

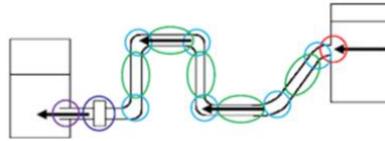
(Sumber : Fauzi Susanto, 2006:18).

Dimana:

H = head losses (m)

Hf = mayor losses (m)

Hm = minor losses (m)



Gambar 2.3 Head Losses

(Sumber : Nuarsa.m., 2012)

2.5 Aliran Laminer

Pada aliran laminar, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan yang halus dan lancar dengan kecepatan fluida rendah dan viskositasnya tinggi. Aliran laminar merupakan aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, dengan satu lapisan meluncur secara lancar pada lapisan yang bersebelahan dengan saling tukar momentum secara molekular saja. Aliran laminar didefinisikan sebagai aliran dengan fluida yang bergerak dalam lapisan-lapisan, atau lamina-lamina dengan satu lapisan meluncur secara merata. Dalam aliran laminar ini viskositas berfungsi untuk meredam kecenderungan-kecenderungan terjadinya gerakan relative antara lapisan.

$$\mathbf{T} = \mu \left(\frac{dc}{dy} \right)$$

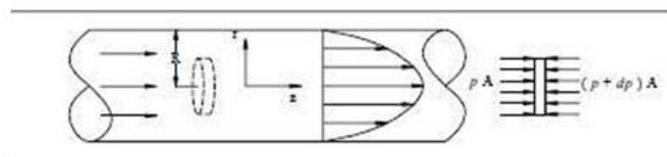
(Sumber : Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018)

dimana :

τ = tegangan geser pada fluida (N/m²)

μ = viskositas dinamik fluida (kg/m.det)

du/dy = gradient kecepatan ((m/det/m)

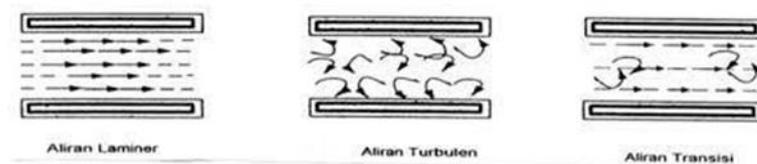


Gambar 2.4 Aliran Laminer

(Sumber : Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018)

2.6 Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan saat mengalami perubahan dari aliran laminer menjadi aliran turbulen. Aliran transisi adalah gabungan antara laminer dan turbulen, dengan turbulensi di tengah pipa dan aliran laminer dekat dengan tepi. Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminer ke aliran turbulen.

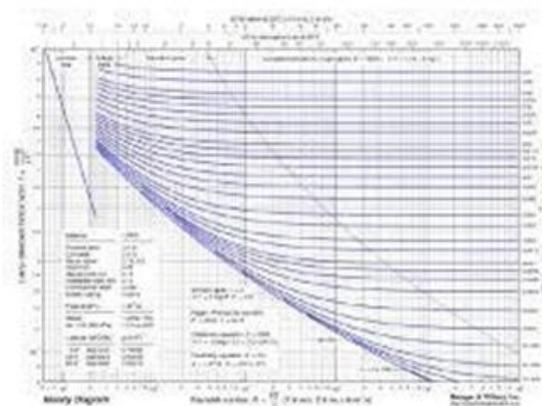


Gambar 2.5 Aliran Transisi

(Sumber : Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018)

2.7 Aliran Turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran yang mempunyai gerakan partikel-partikel fluida yang sangat tidak menentu, dengan saling tukar momentum dalam arah melintang yang dahsyat dan partikel-partikel fluida bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan fluida tinggi dan viskositasnya rendah. Untuk aliran turbulen, harga koefisien gesek tergantung pada kekasaran permukaan pipa dan bilangan Reynold yang diestimasi dari diagram Moody.

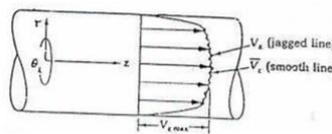


Gambar 2.6 Diagram Moody

(Sumber : Incropera and With, 1985)

Aliran fluida dalam pipa akan mengalami rugi-rugi/losses, yaitu major losses (hl) akibat terjadinya gesekan antara fluida dengan dinding pipa, dan juga mengalami minor losses (hlm) akibat adanya belokan, pembesaran mendadak, pengecilan mendadak, dan yang sejenisnya. Sehingga rugi total yang dialami fluida (I Gusti Gde Badrawada, 2008).

Aliran turbulen didefinisikan sebagai aliran yang dimana pergerakan partikel-partikel fluida sangat tidak menentu karena mengalami pencampuran serta putaran partikel antar lapisan, yang mengakibatkan saling tukar momentum dari satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain dalam skala yang besar. Dalam keadaan aliran turbulen maka turbulensi yang terjadi mengakibatkan tegangan geser yang merata diseluruh fluida sehingga menghasilkan kerugian aliran.



Gambar 2.7 Distribusi kecepatan aliran turbulen Dalam pipa tertutup pada arah aksial

(Sumber : Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018)

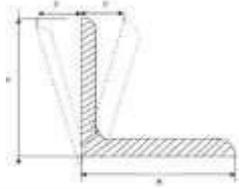
2.8 Rangka

Rangka adalah struktur datar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung-sambung satu dengan yang lain pada ujungnya, sehingga membentuk suatu rangka kokoh. Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut. Beban tersebut harus ditumpu dan diletakan pada peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya. Frame atau rangka alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan adalah sebagai tempat menempelnya komponen-komponen menahan guncangan, melindungi komponen-komponen sensitif saat terjadi benturan.

Besi siku terbuat dari material logam besi dan secara lebih spesifik lebih dikenal dengan bar siku (angle bar) maupun L-Bracket yang terbuat dari plat besi yang ditambahkan lapisan anti karat. Besi siku ini diproduksi dengan panjang sesuai SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu 6 meter. Namun untuk lebarnya mempunyai

ukuran yang bervariasi mulai dari 2cm, 3cm, 4cm dan juga 5 cm. a. Fungsi rangka Fungsi dari frame atau rangka adalah sebagai tempat menempelnya komponen - komponen, menahan guncangan, melindungi komponen-komponen sensitif saat terjadi benturan. Bahan Rangka Macam-macam rangka yang dibentuk khusus dan lebih banyak digunakan untuk struktur baja antara lain dapat dilihat pada

Tabel 2.1. Bahan rangka

| No | Bahan | Gambar |
|----|-------------------------|--|
| 1 | Baja profil siku Lubang |  |
| 2 | Pipa baja |  |

Sebelum melakukan pemilihan bahan perlu diketahui kekuatan bahan yang akan digunakan untuk suatu konstruksi baja, di bawah ini terdapat Tabel 2.2 kekuatan bahan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kekuatan bahan

| No. | Bahan | Tarik (MPa) | Tekan(MPa) | Geser(MPa) |
|-----|--------------------|-------------|------------|------------|
| 1 | Baja karbon tinggi | 83-166 | 83-166 | 55-110 |
| 2 | Baja karbon rendah | 110-207 | 207 220 | 83-138 |
| 3 | Baja cor | 55-103 | 55-103 | 41-83 |
| 4 | Besi cor | 21-28 | 70-110 | 21-28 |

(Sumber: Harris, 1982)

Pemilihan bahan rangka dipilih menggunakan bahan baja profil siku L. Langkah perancangan kerangka mesin *vakum forming* yaitu sebagai berikut:

a. Menentukan Kekuatan izin yang diizinkan

$$\sigma_{\text{izin}} = \sigma_u$$

$$/n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

σ_u = Tegangan batas bahan yang dipilih (Mpa)

n = Faktor Keamanan

σ_{izin} = Kekuatan yang diizinkan

a. Besi siku Lubang



Gambar 2.8 Besi siku Lubang

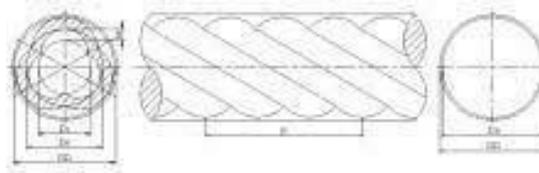
(Sumber: Harris, 1982)

Besi siku lubang merupakan salah satu komponen bangunan rumah yang sering dijumpai. Bahan ini sering digunakan untuk menopang berbagai benda berukuran besar dan berat yang ada di dalam rumah. Besi siku umumnya memiliki 2 bentuk yakni 90 derajat dan 45 derajat.

2.9 Pipa PVC

Pipa merupakan alat transportasi fluida yang murah. Pipa memiliki berbagai ukuran dan bentuk penampang salah satunya adalah pipa spiral. Namun pipa yang berpenampang lingkaran (pipa sirkular) adalah pipa yang paling banyak digunakan. Pipa spiral memiliki dimensi diameter luar pipa (OD), tebal pipa (t), diameter dalam spiral (Di), diameter luar spiral (Do) dan panjang pitch pipa spiral

(P) seperti gambar 2.9



Gambar 2.9 Dimesi Pipa Spiral

(sumber : Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018)

a. Pipa Halus

Koefisien gesekan pipa tergantung pada parameter aliran, apabila pipa adalah hidrolis halus parameter tersebut ialah kecepatan aliran diameter pipa dan kekentalan zat cair dalam bentuk angka Reynolds. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Blasius, mengemukakan bahwa rumus gesekan f untuk pipa halus adalah:

$$f = 0.316/Re^{0.25}$$

berlaku untuk $4000 < Re < 10^5$

Dari persamaan empiris koefisien gesek tersebut diatas dapat dihitung kehilangan energi disepanjang pipa berdasarkan persamaan Darcy- Weibach. Sedangkan percobaan Nikuradse memberikan persamaan yang agakberbeda dengan persamaan Blasius,

b. Pipa kasar

Tahanan pada pipa kasar lebih besar pada pipa halus, untuk pipa halus nilai f hanya bergantung pada angka reynolds. Untuk pipa kasar nilai f tidak hanya tergantung angka reynolds, tetapi pada sifat-sifat dinding pipa yaitu kekasaran relatif k/D , atau $f = (Re.k/D)$ dengan k = kekasaran dinding pipa, dan D = diameter pipa.

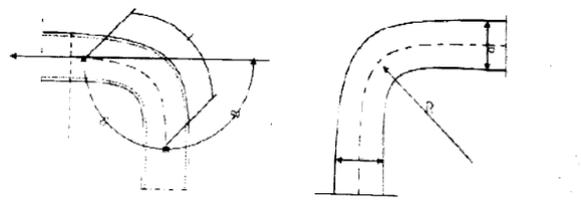
c. Pipa Berubah Arah

Perubahan arah pada pipa (belokan dan bengkokan) dapat menimbulkanrugialiran dari perubahan tersebut, besarnya rugialiran tergantung sudut perubahan arah pipa. Rugialiran yang diakibatkan adanya perubahan arah adalah diakibatkan benturan air pada dinding. Kecepatan air awal (V_1) berubah. Perubahan arah pada pipa (belokan dan bengkokan) dapat menimbulkanrugialiran

dari perubahan tersebut, besarnya rugialiran tergantung sudut perubahan arah pipa. Rugialiran yang diakibatkan adanya perubahan arah adalah diakibatkan benturan air pada dinding. Kecepatan air awal (V_1) berubah

d. Pipa Bengkok

Sudut dengan perubahan arah yang terkesan berangsur-angsur (*Bends*), rugialiran tergantung pada perbandingan antara jari-jari belokan dan diameter pipa. Perubahan arah secara berangsur-angsur (*bends*) pada pipa dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Pipa bengkok (*Bends*).

(Fauzi Susanto, 2006:26)

2.10 Koefisien kerugian pada belokan pipa

Ada dua macam belokan pipa yaitu belokan lengkung dan belokan patah. Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus Fuller dimana k pada persamaan 2.11 dinyatakan sebagai berikut (Sularso, Haruo Tahara: 2000).

$$k = \left[0,131 + 1,847 \left(\frac{D_b}{2R} \right)^{3,5} \right] \left[\frac{\theta}{90} \right]^{0,5} \quad (9)$$

Dimana :

D_b = Diameter dalam belokan (m)

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan (m)

θ = sudut belokan (derajat)

k = koefisien kerugian

(Sumber : Sularso, Haruo Tahara: 2000)

2.11 Pressure Drop

Pressure drop adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan penurunan tekanan dari satu titik di dalam pipa atau aliaran air. "Penurunan Tekanan" adalah hasil dari gaya gesek pada fluida seperti yang mengalir melalui tabung. Gaya gesek disebabkan oleh resistensi terhadap aliran. Faktor utama yang mempengaruhi resistensi terhadap aliran fluida adalah kecepatan fluida melalui pipa dan viskositas fluida. Aliran cairan atau gas selalu akan mengalir ke arah perlawanan sedikit (kurang tekanan). Pada aliran satu fase, pressure drop dipengaruhi oleh Reynold number yang merupakan fungsi dari viskositas, densitas fluida dan diameter pipa.

Secara matematis pressure drop pada pipa horizontal adalah sebagai berikut:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h \quad (11)$$

Dimana:

Δp = *pressure drop* (N/m²)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

g = gravitasi (m/s²)

Δh = selisih ketinggian pada manometer (m)

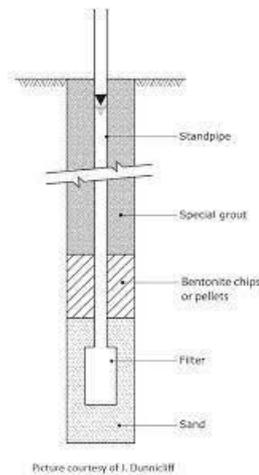
(Sumber : Nuarsa.m., 2012)

2.12 Manometer

Manometer adalah suatu alat pengukur tekanan yang menggunakan kolom cairan untuk mengukur perbedaan tekanan antara suatu titik tertentu dengan tekanan atmosfer (tekanan terukur), atau perbedaan tekanan antara dua titik. Manometer yang paling sederhana adalah piezometer, kemudian manometer pipa U, dan yang lebih rumit adalah manometer deferensial.

2.13 Piezometer

Alat ini tidak dapat digunakan untuk mengukur tekanan negatif, oleh karena itu dikembangkan monometer dengan menggunakan pipa U agar tekanan positif atau negatif dapat terukur.



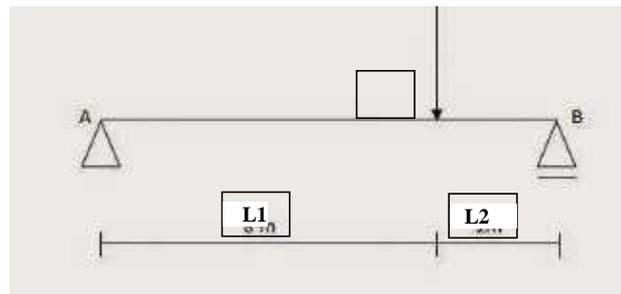
Gambar 2.11. Piezometer

(Sumber : Bruce R. Munson, 2003)

2.14 Perencanaan Elemen Mesin Bagian Statis (rangka)

a. Beban Terpusat

Perancangan rangka dibuat seringkis mungkin untuk mengurangi beban yang berlebih pada rangka, meski begitu segala aspek yang diperlukan dalam perancangan sebuah mesin tetap diperhitungkan. Karena pada dasarnya rangka merupakan bagian utama suatu mesin yang menopang seluruh komponen mesin. Rangka dirancang untuk mendukung beban dalam bentuk tertentu dan yang terpenting dalam hampir semua kasus hanya mengalami deformasi jika mengalami pembebanan. Semua struktur teknik atau unsur struktural mengalami gaya eksternal atau pembebanan. Hal ini akan mengakibatkan gaya eksternal lain atau reaksi pada titik pendukung strukturnya (Todd, 1980). Untuk diagram beban terpusat dapat dilihat pada gambar 2.12 di bawah.



Gambar 2.12 Contoh diagram beban terpusat
(sumber: Abduh, 2015)

Keterangan:

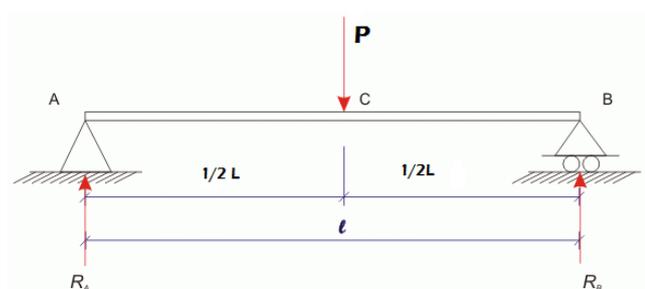
W = beban

A = tumpuan 1 B = tumpuan 2

L_1 = panjang bidang dari tumpuan 1 menuju beban L_2 = panjang bidang dari tumpuan 2 menuju beban

a. Beban Terbagi Merata

Beban terbagi merata adalah beban yang bertumpu tidak pada satu titik saja. Beban terbagi merata sebenarnya sama saja dengan beban terpusat, karena pada awalnya semua beban memang terbagi merata. Yang membedakan keduanya adalah lebar titik beban atau luas penampang dari beban yang bersentuhan dengan tumpuannya. Diagram dari beban terbagi merata dapat dilihat pada gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.13 Diagram beban terbagi merata
(sumber: Abduh, 2015)

Keterangan:

P = beban

A = tumpuan 1 B = tumpuan 2

L = panjang bidang dari beban terbagi merata

Menurut Tood, 1984 Semua gaya yang bekerja pada benda dianggap bekerja pada titik benda tersebut, dan jika gaya-gaya ini tidak seimbang. Oleh karena itu agar sebuah sistem gaya dalam keseimbangan resultan semua gaya dan resultan semua momen terhadap suatu titik = 0, persyaratan yang harus dipenuhi adalah:

$$\Sigma F_y = 0, \Sigma F_x = 0, \text{ dan } \Sigma M = 0$$

➤ Perencanaan batang kontruksi penyangga poros pada rangka. Syarat keseimbangan yaitu:

$$\Sigma F_x = 0 \text{ (gaya lintang arah sumbu x) } \Sigma F_y$$

$$= 0 \text{ (gaya lintang arah sumbu y) } \Sigma M_x = 0$$

$$\text{(momen lentur arah sumbu x) } \Sigma M_y = 0$$

$$\text{(momen lentur arah sumbu y)}$$

➤ Perhitungan dan pengecekan pada rangka Guna mengetahui kuat atau tidaknya suatu struktur rangka maka diperlukan perhitungan pengecekan tegangan yang terjadi pada rangka.

$$\sigma_{Max} = M_{max} / I_{total} (x,y) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Syarat } \sigma_{izin} \geq \sigma_{max}$$

Keterangan

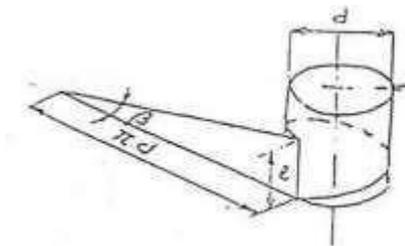
$$M_{max} \quad \quad \quad = \text{Momen Lentur maksimal (kg.mm}^2\text{)}$$

$$I_{total} \quad \quad \quad = \text{Momen inersia total (mm}^4 \text{)}$$

$$\sigma_{Max} \quad \quad \quad = \text{Tegangan maksimal (N/m)}$$

2.15 Perancangan Baut dan Mur

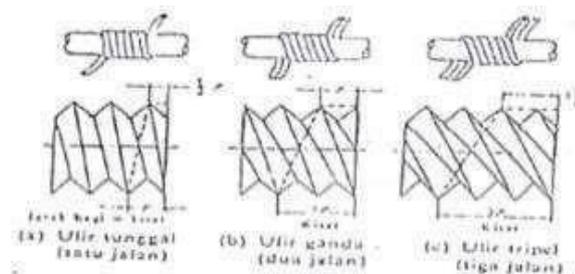
Bentuk ulir dapat terjadi bila sebuah lembaran berbentuk segi tiga digulung pada sebuah silinder, seperti diperlihatkan dalam Gambar dalam pemakaian. Ulir selalu bekerja dalam pasangan ulir luar dan ulir dalam, seperti dalam gambar ulir pengikat umumnya mempunyai profil segitiga sama kaki. Jarak antara satu puncak dengan puncak berikutnya dari profil ulir tersebut jarak bagi.



Gambar 2.14 Profil Ulir Pengikat

(Sumber: Sularso dan Suga, 2002)

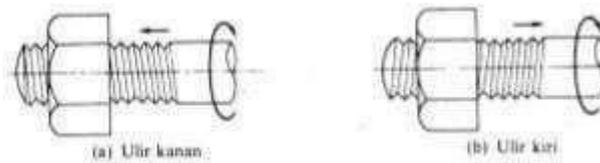
Ulir disebut tunggal atau satu jalan bila hanya ada satu jalur yang melilit silinder dan disebut dua atau tiga jalan bila ada dua atau tiga jalur. Jarak antara puncak-puncak yang berbeda satu putaran dari suatu jalur disebut kisar.



Gambar 2.15 Jenis-Jenis Jalur Ulir

(Sumber: Sularso dan Suga, 2002)

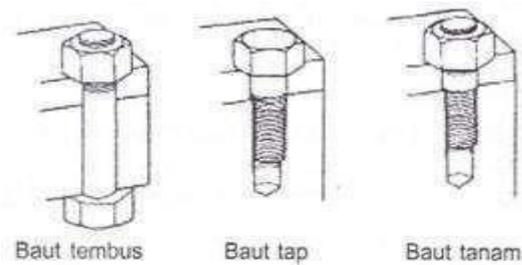
Ulir juga dapat berupa ulir kanan dan ulir kiri, ulir kanan bergerak maju bila diputar searah jarum jam dan ulir bergerak maju bila diputar berlawanan arah jarumjam. Pada umumnya ulir kanan lebih banyak dipakai.



Gambar 2.16 Ulir Kanan dan Ulir Kiri

(Sumber: Sularso dan Suga, 2002)

Baut dan mur dibagi menjadi baut penjepit, baut untuk pemakaian khusus, sekrup mesin, sekrup penetap, sekrup pengetap dan mur. Dalam perancangan ini hanya digunakan baut penjepit berbentuk baut tembus untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus yang diletakkan dengan sebuah mur.



Gambar 2.17 Jenis-Jenis Baut Pengikat

(Sumber: Sularso dan Suga, 2002)a. Menentukan besarnya beban maksimum yang diterima oleh masing- masing baut dan mur. Dengan faktor koreksi (f_c) = 1,2 – 2,0 untuk perhitungan terhadap deformasi (Sularso, 2002).

$$W_{max} = W_0 \cdot f_c \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan :

W_0 = Beban (N)

f_c = Faktor koreksi

b. Menentukan jenis bahan baut dan mur Tegangan tarik yang diizinkan (σ_a)

$$: \sigma_b = \frac{W}{A} \dots \dots \dots (2.9)$$

S_f

Tegangan geser yang diizinkan (T_n)

$$\tau_a = \frac{W}{A} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dengan :

W = Beban (N)

S_f = Faktor koreksi

σ_b = Kekuatan tarik (N/mm^2)

τ_a = Tegangan geser yang diizinkan (N/mm^2)

c. Dengan mengetahui besar beban maksimum dan besar tegangan yang diizinkan pada baut, maka diameter ini (D) baut dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

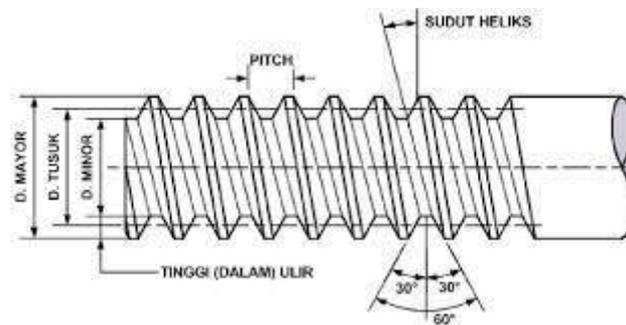
$$d \leq \frac{\sqrt{2W}}{\sigma_a} \text{ atau } \frac{\sqrt{4W}}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0.64} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan :

D = Diameter yang diperlukan (mm) W = Beban rencana (N)

σ_a = Kekuatan tarik bahan yang diizinkan (N/mm^2)

- d. Ulir baut dan mur dipilih ulir metris ukuran standart dengan dimensi sebagai berikut:



Gambar 2.18 Bagian – bagian ulir
(Sumber: Sularso dan Suga, 2002)

Keterangan :

1. Sudut ulir
2. Puncak ulir luar
3. Jarak bagi
4. Diameter inti dari ulir luar
5. Diameter luar dari ulir luar
6. Diameter dalam dari ulir dalam
7. Diameter luar dari ulir dalam

- e. Menentukan jumlah dan tinggi ulir yang diperlukan

$$Z \frac{W}{\pi \cdot d_2 \cdot h_1 \cdot q_a} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\pi \cdot d_2 \cdot h_1 \cdot q_a$$

Dengan :

Z = Jumlah ulir yang diperlukan

d_2 = Diameter efektif ulir dalam (mm)

H_1 = Tinggi kaitan (mm)

q_a = Tekanan permukaan yang diizinkan (N/mm^2)

f. Jumlah ulir yang diperlukan untuk panjang H dalam mm adalah

$$H \geq (0,8 - 1,0) \cdot D \quad (2.13)$$

g. Jumlah ulir yang dipakai adalah

$$z^1 = \frac{H}{P} \quad (2.14)$$

h. Tegangan geser akan ulir mur

$$T_b = \frac{W}{\Pi d_1 k p z^1} \quad (2.15)$$

Dengan :

- σ_b = Tegangan geser akan ulir mur (N/mm²)
- k = Konstanta ulir metris $\approx 0,84$

i. Tegangan geser akan ulir dalam adalah

$$\tau_n = \frac{W}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z^1} \quad (2.16)$$

Dengan :

- τ_n = Tegangan geser akan ulir dalam (N/mm²)
- D = Diameter ulir dalam
- J = Konstanta jenis ulir metris $\approx 0,75$

j. Persyaratan kelayakan dari baut dan mur yang direncanakan

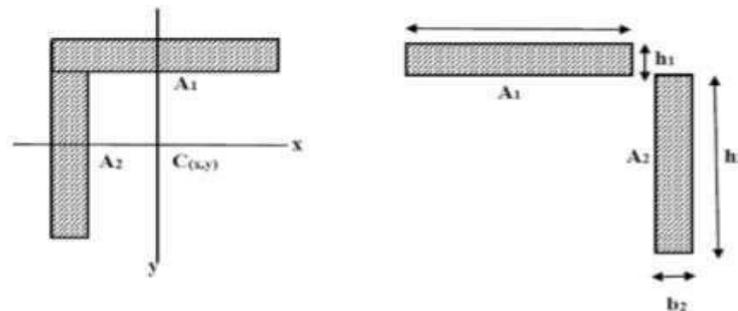
$$\tau_a \geq \tau_b \quad (2.17)$$

$$\tau_a \geq \tau_n \quad (2.18)$$

Dimana perancangan baut dan mur dapat diterima apabila τ_a dan τ_b dan τ_n (\leq) lebih kecil dari τ_a

2.16 Perancangan Kolom

Kolom yang dirancang pada alat vakum forming ini mengalami defleksi kecil pada kolom. Agar hasil perancangan kolom ini tidak mengalami bending maka beban yang diterima harus lebih kecil dari P_{cr} (beban kritis maksimum yang diterima kolom) yang sesuai dengan perancangan kolom (Shigley,1994).



Gambar 2.19 Kolom

Beban kritis yang diterima oleh kolom adalah:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4L} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

P_{cr} = beban kritis (kg)

E = modulus elastisitas beban (kg/mm^2) I = momen inersia batang (mm^4)

L = panjang kolom (mm)

BAB 3. METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam proses rancang bangun alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan bagian statis dengan menggunakan besi siku lubang sebagai berikut :

3.1.1 Alat

- | | | |
|----|----------------|------------------|
| a. | Gerinda Tangan | i. Penggores |
| b. | Meteran | j. Tang |
| c. | Kunci Pas | k. Pengaris Siku |
| d. | Pelindung Mata | l. Obeng |
| e. | Jangka Sorong | |
| f. | Meteran | |
| g. | Penitik | |
| h. | Sarung Tangan | |

3.1.2 Bahan

- | | | |
|----|------------------|---------------------|
| a. | Rangka | h. Penguat Rangka 2 |
| b. | Sambungan Pipa | i. Timba Air |
| c. | Pipa PVC | j. Pompa |
| d. | Lem Pipa PVC | k. Rangka dudukan |
| e. | Solatip Pipa | l. Baut |
| f. | Kaki Rangka | m. Mur |
| g. | Penguat Rangka 1 | |

3.2 Waktu dan Tempat Kegiatan

Waktu yang diperlukan mulai dari analisis, perancangan, pembuatan dan pengujian alat dilaksanakan selama kurang lebih 4 bulan berdasarkan pada jadwal yang ditentukan.

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Kegiatan

| No | NamaKegiatan | September | | | | Oktober | | | | November | | | | Desember | | | |
|----|-------------------------|-----------|---|---|---|---------|---|---|---|----------|---|---|---|----------|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Pengajuan judul | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2. | Pembuatan proposal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3. | Pembuatan studi pustaka | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4. | Seminar proposal | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5. | Pengerjaan alat | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6. | Pengujian alat | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7. | Alat selesai | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8. | Seminar hasil | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9. | Sidang proyek akhir | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tempat pelaksanaan perancangan dan pembuatan alat peraga aliran rugi-rugi belokan di lab konversi energi fakultas teknik kecamatan sumbersari kabupaten Jember.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Mempelajari literatur yang membantu dan mendukung perancangan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan, mempelajari perancangan aliran pipa, mur dan baut, dan literatur lain yang mendukung.

3.3.2 Studi Lapangan

Perancangan dan pembuatan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan dikerjakan dengan melakukan pengamatan pada proses aliran pipa berlangsung.

3.3.3 Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dosen lainnya untuk mendapatkan arahan tentang alat peraga aliran rugi-rugi belokan Metode Pengumpulan Data

3.3.4 Pengumpulan Data

Dalam merencanakan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan bagian statis, maka terlebih dahulu dilakukan pengamatan di lapangan, studi literatur, wawancara dan konsultasi yang mendukung pembuatan proyek akhir ini.

3.3.5 Perencanaan dan Perancangan

Setelah melakukan pencarian data dan pembuatan konsep yang diperoleh dari studi literatur, studi lapangan, dan konsultasi dengan dosen maka dapat direncanakan bahan yang dibutuhkan dalam perancangan dan pembuatan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan, Sehingga dalam proyek akhir ini yang akan di rancang adalah :

- a. Perancangan konstruksi rangka dan elemen mesin pada mesin alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan.
- b. Proses perakitan dan finishing.

3.3.6 Proses Pembuatan

Proses pembuatan ini meliputi proses untuk membentuk suatu alat sesuai dengan rancangan yang diinginkan. Adapun proses yang dilakukan dalam pembuatan mesin yaitu meliputi:

- a. Proses pemotongan.
- b. Proses perakitan.
- c. Proses pengeboran

3.3.7 Proses Manufaktur

Proses ini merupakan proses pembuatan mesin yang meliputi proses pemesinan untuk membentuk suatu alat sesuai dengan desain yang diinginkan meliputi :

- a. Proses pemotongan.
- b. Proses Perakitan.
- c. Proses pengeboran.

3.3.8 Proses Perakitan

Pada proses ini pemasangan setiap elemen disesuaikan dengandesain yang sudah dibuat dengan urutan sebagai berikut:

- a. Penggabungan kerangka.
- b. Pemasangan motor listrik pada kerangka.
- c. Menyempurnakan hasil perakitan.

3.3.9 Pengujian Alat

Dilakukan untuk mengetahui apakah alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan ini dapat bekerja dengan baik. Hal-hal yang dilakukan dalam pengujian alat yaitu :

- a. Melihat apakah motor listrik bekerja dengan baik.
- b. Melihat apakah mekanisme aliran air bekerja dengan baik.
- c. Melihat apakah sambungan pada pipa bekerja dengan baik.

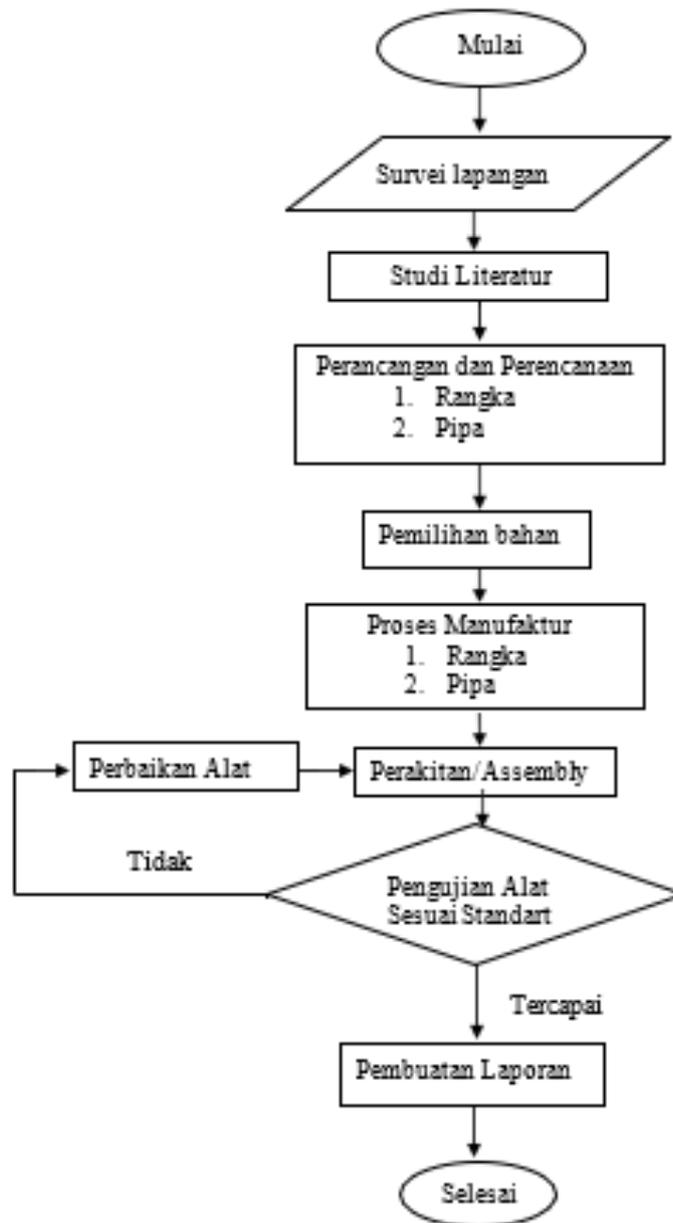
3.3.10 Penyempurnaan Alat

Penyempurnaan alat dilakukan apabila pada tahap pengujian terdapat masalah atau kekurangan, sehingga dengan adanya penyempurnaan alat ini dapat berfungsi dengan baik sesuai prosedur, tujuan dan perancangan yang telah direncanakan.

3.3.11 Pembuatan Laporan

Pembuatan laporan proyek akhir ini dilakukan secara bertahap dari awal analisa, desain, perancangan dan pembuatan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan (bagian statis).

3.4 Flowcart Perancangan Dan Pembuatan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan bagian statis menggunakan besi siku lubang

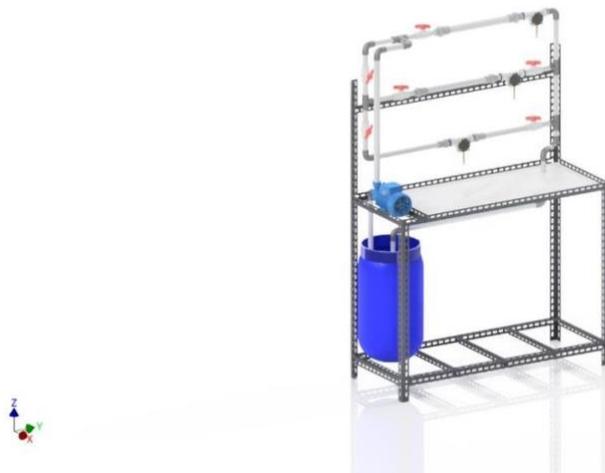


BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Pembuatan

Perancangan aliran rugi-rugi belokan diawali dengan desain menggunakan gambar yang nantinya dapat direalisasikan kedalam bentuk yang nyata. Desain juga nantinya dapat digunakan dalam penentuan ukuran dan proses pembuatan dari bagian-bagian alat. Gambar desain setiap bagian dari alat ini dapat dilihat pada lampiran C.

Hasil perancangan aliran rugi-rugi belokan dalam penelitian tugas akhir ini termuat dalam gambar 4.1. Perancangan aliran ini terdiri dari komponen-komponen yang digunakan dalam mesin yang terdiri dari komponen struktur rangka, *pipa*, dan pompa.



Gambar 4.1 Alat perga pipa aliran rugi-rugi belokan

Tabel 4.1 Bagian-bagian Aliran pipa rugi-rugi belokan

| No | Komponen |
|----|-------------------------|
| 1 | Rangka Aliran Pipa |
| 2 | Pompa 0,5 HP |
| 3 | Rangka Pompa |
| 4 | Dudukan Rangka |
| 5 | Pipa PVC |
| 6 | Baut Ulir Penyetel 12mm |

4.1.1 Cara kerja Aliran pipa rugi-rugi belokan

Cara kerja dari alat Aliran pipa rugi-rugi belokan ini yaitu menghubungkan pompa dengan pipa, menghidupkan pompa dan pipa, mengatur variable speed pada pipa, setelah dihidupkan aliran dan daya dari pompa menuju pipa dialirkan menggunakan air yang terdapat pada timba yang dialirkan dari pompa menuju ke pipa yang digerakkan. Setelah itu aliran air tersebut menuju ke pipa melalui pompa dan kemudian air tersebut mengalir dari pipa pertama dan juga menuju pipa selanjutnya. Untuk sistem alirannya menggunakan sistem buka tutup menggunakan alat yang berupa kran, lalu untuk kecepatan aliran tersebut dapat diukur menggunakan alat yang berupa voltmeter dengan alat tersebut dapat kita ketahui berapa kecepatan aliran pada pipa tersebut. Dan air tersebut kembali lagi ke dalam timba dan begitupun seterusnya.

4.2 Analisa Hasil Perancangan dan Perhitungan

Berikut merupakan bentuk struktur rangka *aliran pipa rugi-rugi belokan* yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Rangka *aliran pipa rugi-rugi belokan*

Berdasarkan hasil perhitungan yang terdapat pada lembar lampiran didapatkan hasil sebagai berikut. Aliran pipa rugi-rugi memiliki dua titik tumpuan pada rangka yaitu A dan B. Batang A dan B menerima beban sama besar sehingga menggunakan tumpuan A dan B untuk merencanakan rangka.

4.2.1 Hasil Perancangan Bahan Rangka

Sebelum dilakukan pemotongan material dipotong terlebih dahulu sesuai desain. Pada pemotongan material tersebut digunakan alat gerenda dengan diameter 2,6 mm.. Sedangkan benda kerja yang dirakit menggunakan mur baut dengan ulir 12mm Sehingga didapatkan harga tegangan yang diijinkan:

- Tegangan normal yang diijinkan (σ'_{zul}) = 13,5 kg/mm².
- Tegangan geser yang diijinkan (τ'_{zul}) = 13,5 kg/mm².

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

$$\sigma'_{zul} \geq \sigma' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 8,5 \text{ kg/mm}^2$$

$$\sigma'_{zul} \geq \tau' \approx 13,5 \text{ kg/mm}^2 \geq 0,172 \text{ kg/mm}^2$$

Dari hasil diatas maka sambungan las telah memenuhi syarat.

4.3 Hasil Perancangan Mur dan Baut

4.3.1 Perencanaan mur dan baut pengikat pompa air

Mur dan baut menerima beban dari rangka sebesar 131,14 kg. Bahan mur dan baut yang dipilih adalah baja liat dengan kadar karbon 0,2%C. Dari perhitungan dipilih jenis ulir metris ukuran standar M 12 (JIS B0205) dengan standar dimensi sebagai berikut:

- Dimensi luar ulir dalam (D) = 12 mm
- Jarak bagi (P) = 1,75 mm
- Diameter inti (d_1) = 10,106 mm Tinggi
- Kaitan (H1) = 0,974 mm
- Diameter efektif ulir dalam = 10,863 mm

Dengan harga $k \approx 0,84$ dan $j \approx 0,75$, didapatkan:

- Tegangan geser akan ulir baut τ_b = 12,293kg/mm²
- Tegangan geser akan ulir mur τ_n = 13,700 kg/mm²

Tegangan geser yang diizinkan $\tau_a = 1,4$ kg/mm², Karena harga τ_b dan τ_n lebih besar dari tegangan geser yang diizinkan τ_a , maka mur dan baut tersebut telah memenuhi syarat untuk digunakan.

4.4 Hasil Manufaktur

Proses manufaktur pada pembuatan alat ini dibagi menjadi 4 proses yaitu: Proses pemotongan, proses perakitan, dan proses pengeboran. Proses-proses manufaktur untuk lebih jelasnya lagi dapat dilihat pada pembahasandibawah ini.

4.4.1 Proses Pemotongan

Pemotongan bahan rangka dilakukan dengan menggunakan gerinda tangan. Berikut jumlah dan ukuran pemotongan bahan rangka:

Tabel 4.2 Ukuran dan jumlah proses pemotongan bahan rangka utama.

| Nama | Ukuran | Jumlah | Total |
|---|---------------|---------------|-----------------|
| Besi <i>Siku Lubang</i> 40 x 40 tebal 2 mm | 145 mm | 2 | 290 mm |
| Besi <i>Siku Lubang</i> 40 x 40 tebal 2 mm | 166 mm | 5 | 830 mm |
| Besi <i>Siku Lubang</i> 40 x 40 tebal 2 mm | 90 mm | 2 | 180 mm |
| Besi <i>Siku Lubang</i> 40 x 40 tebal 2 mm | 45 mm | 8 | 360 mm |
| | | Jumlah | 1.660 mm |

Total panjang besi *siku lubang* yang dibutuhkan adalah 1.660 mm. dalam selonjor panjangnya 3 m, sehingga untuk membuat rangka alat peraga aliran rugi-rugi belokan ini dibutuhkan 6 lonjor besi siku lubang. sehingga untuk membuat rangka alat peraga aliran pipa dibutuhkan 6 lonjor besi siku lubang.



Gambar 4.3 Pemotongan Bahan

4.4.2 Proses Pengeboran

Proses pengeboran dilakukan pada alat *peraga pipa aliran rugi-rugi belokan*. Proses pengeboran menggunakan mata bor. Pengeboran rangka sebagai posisi meja pada rangka.

Pengeboran dilakukan untuk membuat lubang pada benda kerja. Pengeboran dilakukan pada meja alat tersebut . Untuk pengeboran pada meja sebanyak 2 lubang pada triplek. Pengeboran pada triplek bagian atas sebanyak 2 lubang.



Gambar 4.4 proses pengeboran

4.5 Perakitan Alat

Berikut tahapan perakitan alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan sebelum dilakukan pengujian:

- a. Memasang rangka besi siku lubang
- b. Memasang timba pada rangka
- c. Memasang baut pengikat pada pompa air
- d. Memasang rangka pipa
- e. Memasang sambungan pipa menggunakan lem pipa
- f. Memasang kran dan alat volmeter pada sambungan pipa
- g. Mengencangkan mur dan baut pada setiap bagian yang ada

4.6 Proses Pengujian

Proses pengujian dalam pembuatan alat *peraga pipa aliran rugi-rugi belokan* ini secara garis besar dibagi menjadi 2 pengujian yaitu: pengujian rangka dan pengujian fungsi alat. Pembahasan secara detail dapat dilihat pada pembahasan dibawah ini.

4.6.1 Pengujian Rangka

Proses pengujian rangka dalam pembuatan alat *peraga pipa aliran rugi-rugi belokan* ini dibagi menjadi 2 pengujian yaitu:

4.6.2 Uji Ketegaklurusan

Uji ketegaklurusan menggunakan bantuan alat *waterpass*. Uji ketegaklurusan ini berfungsi untuk mengetahui apakah *frame* yang telah dibuat memiliki ketegaklurusan yang tidak melebihi standar dari ketegaklurusan *frame* alat yang akan dibuat. Proses pengujian ketegaklurusan ini dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5 uji ketegak lurusan

4.6.3 Uji Kemiringan atau Sudut *Inklinasi*

Uji kemiringan atau sudut *inklinasi* menggunakan bantuan alat penggaris busur. Uji kemiringan ini berfungsi untuk mengetahui apakah frame yang telah dibuat memiliki kemiringan yang tidak melebihi standar atau kemiringan sudah sesuai sudut *inklinasi*. Proses pengujian kemiringan ini dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6 Uji Kemiringan/*Inklinasi*

4.6.4 Pengujian Kekuatan Rangka, Mur, dan Baut

Prosedur dari pengujian kekuatan rangka, mur, baut, 8 kali. Pengujian sebanyak 8 kali dilakukan dengan mengalirkan air dari timba menuju pipa yang berbeda di setiap percobaan dan dengan *frekuensi* yang berbeda juga pada setiap percobaan. Berikut merupakan prosedur pengujian kekuatan rangka, mur, baut. Pengujian menggunakan pompa air

Prosedur pengujian kekuatan rangka, mur, baut, dan menggunakan air adalah sebagai berikut:

1. Mengecek air apakah sudah mengalir dengan baik atau belum
2. Menghubungkan kabel pompa ke stop kontak
3. Mengecek pipa apakah mengalami kebocoran atau tidak
4. Menuangkan air pada timpa
5. Mengecek setiap rangka, mur, baut, selama dilakukan pengujian dengan kecepatan aliran yang berbeda
6. Mengecek kran apakah berfungsi dengan baik atau tidak

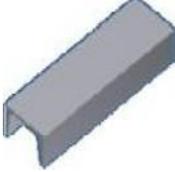
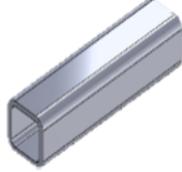
Pembahasan dari data diatas adalah sebagai berikut:

- a. Ketika alat dihidupkan dalam keadaan tidak ada beban atau ada, tidak ada baut dan mur yang lepas, kendur, atau patah
- b. Ketika alat dihidupkan dalam keadaan tidak ada beban atau ada, tidak ada rangka yang bergeser atau patah
- c. Ketika alat dihidupkan dalam keadaan tidak ada beban atau ada, tidak ada sambungan las yang retak atau patah.

❖ Pemilihan Komponen - Komponen Rancang Bangun Alat Peraga Pipa Aliran Rugi – Rugi Belokan Bagian Statis Dengan Menggunakan Besi Siku Lubang

Pada rancang bangun alat peraga pipa aliran rugi – rugi belokan bagian statis dengan menggunakan besi siku lubang ini dilakukan dengan mencari dan membandingkan opsi-opsi pilihan yang dapat di pakai guna mendapatkan suatu alat yang optimal.

Tabel Analisis morfologi rancang bangun alat peraga pipa aliran rugi – rugi belokan bagian statis dengan menggunakan besi siku lubang.

| No | Variable | Varian | | |
|----|----------|--|---|--|
| | | A | B | C |
| 1 | Rangka | Besi UNP  Gambar Besi UNP | Besi Hollow  Gambar Besi Hollow | Besi siku Lubang  Gambar Besi Siku Lubang |
| 2 | Pipa | Pipa PVC  Gambar Pipa PVC | Pipa Logam  Gambar Pipa Logam | Pipa PPR  Gambar Pipa PPR |
| 3 | Baut | Baut Hexagonal  Gambar Baut Hexagonal | Baut L  Gambar Baut L | Baut Scrub  Gambar Baut Scrub |

Dari berbagai macam variasi komponen - komponen alat yang mungkin digunakan padarancang bangun alat peraga pipa aliran rugi – rugi belokan bagian statis dengan menggunakan

besi siku lubang, makavariasi yang dipilih pada setiap komponen utama ini adalah sebagai berikut:

1. Rangka

Tabel Variasi pilihan rangka

| Varian | Kelebihan | Kekurangan |
|------------------|--|---------------------------------------|
| Besi CNP | Struktur kuat dan kokoh | Harga mahal dan berat |
| Besi hollow | Struktur cukup kuat, kokoh, dan bentuknya kompak | Harga dibawah besi UNP |
| Besi siku Lubang | Harga murah dan ringan | Tidak cukup kuat terhadap beban besar |

Dari uraian diatas, maka besi siku lubang dipilih sebagai jenis besi yang dipakai untuk konstruksi karena memiliki harga murah dan ringan sehingga mudah untuk disesuaikan dengan bentuk konstruksi.

2. Pipa

Tabel Variasi pilihan pipa

| Varian | Kelebihan | Kekurangan |
|---------------------------------|--|---|
| Pipa PVC (polyvinly chloride) | Harga murah dan mudah untuk pemasangannya | Tidak ramah lingkungan |
| Pipa Logam | Struktur cukup kuat, dan Tahan panas | Mahal dan bobotnya sangat berat |
| Pipa PPR (polypropylene random) | Bahan Tebal dan tahan terhadap Suhu tinggi | Proses instalasi harus menggunakan alat bantu |

Dari uraian diatas, maka pipa PVC dipilih sebagai jenis pipa yang dipakai untuk konstruksi karena memiliki harga murah dan mudah untuk pemasangannya sehingga mudah untuk disesuaikan dengan bentuk konstruksi.

3. Baut

Tabel Variasi pilihan baut

| Varian | Kelebihan | Kekurangan |
|----------------|---|---|
| Baut Hexagonal | Harga murah dan mudah untuk pemasangannya | Berat baut ringan |
| Baut L | Struktur cukup kuat | Mahal dan bobotnya sangat berat |
| Baut Scrub | Harga Murah | Berat baut Ringan dan hanya benda tertentu yang bisa menggunakan baut ini |

Dari uraian diatas, maka Baut Hexagonal dipilih sebagai jenis baut yang dipakai untuk konstruksi karena memiliki harga murah dan mudah untuk pemasangannya sehingga mudah untuk disesuaikan dengan bentuk konstruksi.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan alat peraga aliran pipa rugi-rugi belokan dapat disimpulkan:

- a. Diawali dengan pembuatan desain gambar kemudian dilanjutkan dengan pemilihan bahan kemudian membuat alat peraga dan dilanjutkan perakitan alat kemudian melakukan pengujian alat dan pengambilan data yang terakhir pembuatan laporan. desain alat peraga aliran pipa rugi-rugi belokan memiliki bagian bagian yaitu bagian rangka utama, rangka pompa, timba, pipa. Manufaktur yang terdiri dari pemotongan, pengeboran dan perakitan pembuatan alat peraga aliran pipa rugi-rugi belokan.
- b. Kinerja alat peraga ini dapat maksimal telah disesuaikan dengan rangka alat peraga pipa aliran rugi-rugi belokan menggunakan bahan besi *siku lubang* dengan ukuran 40 mm x 40 mm x 2 mm. Tegangan batas (σ_u) = 410 MPa, Momen inersia = 426.666,66 mm⁴. tegangan pada prfil siku lubang (σ) = 188,9 kg/mm². Tegangan geser (τ') = 0,172 kg/mm². Tegangan yang diizinkan (σ_{izin}) = 24,55 kg/mm².

5.2 Saran

Saran dalam perancangan dan pembuatan alat peraga aliran pipa rugi-rugi belokan, antara lain:

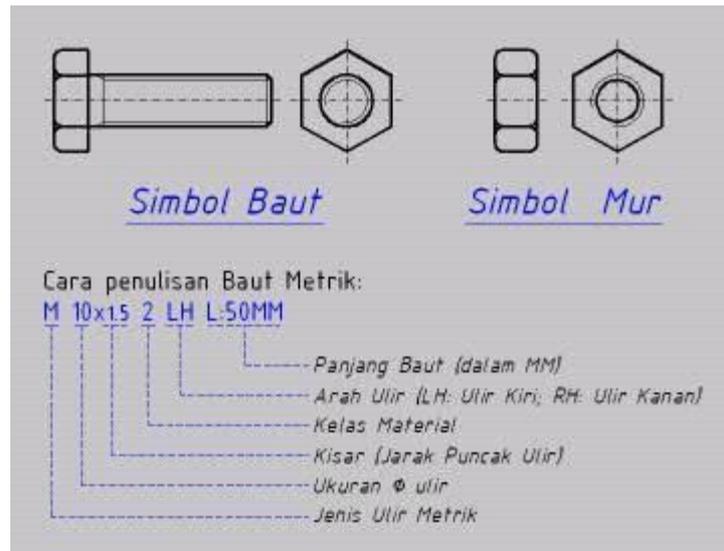
- a. Dalam pemilihan *pipa* sebaiknya agar memilih bahan sesuai perencanaan.
- b. Penelitian selanjutnya atau pengembangan dari alt peraga aliran pipa rugi-rugi belokan sebaiknya rangka penopang bisa dibuat memanjang dan memendek agar bisa digunakan untuk kebutuhan lainnya

DAFTAR PUSTKA

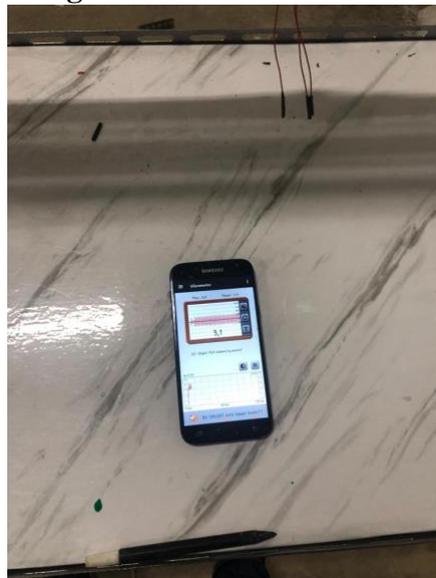
- Dwi, B., Suharno. K., dan Widodo. S., 2016. Analisis Debit Air dan Rugi Belokan Pada Pipa TEE. Universitas Tidar.
- Djojodhardjo, H., 1983, Mekanika Fluida, Jakarta: Erlangga.
- Dr., Ir. Ahmad Indra. dkk., 2018. Analisa Aliran Fluida Dalam Pipa Spiral Pada Variasi Pitch Dengan Menggunakan Metode Computational Fluid Dynamics (CFD), Universitas Gunadarma Depok, Indonesia.
- Eka.I., Sulaiman, dan Galsha. A., 2017. Analisa Rugi Aliran (Head Losses) pada Belokan Pipa PVC, Institut Teknologi Padang Jalan Gajah Mada Kandis Nanggalo, Padang, Indonesia.
- Eswanto., Syahputra, D., 2017, Analisa Distribusi Kapasitas Aliran Fluida di Daerah Percabangan Pada Sistem Perpipaan, Institut Teknologi Medan.
- Jalaluddin, Akmal, S., Za, N., Ishak., 2019. Analisa Profil Aliran Fluida Cair dan Pressure Drop pada Pipa L menggunakan Metode Simulasi Computational Fluid Dynamic (CFD).
- Pratikto., dan Wahyudi. S., 2017. Penurunan Kerugian Head pada Belokan Pipa dengan Peletakan Tube Bundle, Universitas Brawijaya, Malang.
- Rafi, M., 2020. Rugi-Rugi Aliran, Universitas Riau.
- Reza, A., 2018. Pengujian Rugi-Rugi Sambungan KNEE Pipa Galvanis Pada Berbagai Ukuran Diameter Pipa, Politeknik Negeri Bandung
- Zainudin., Sayoga, A., Nuarsa., 2012. Analisa Pengaruh Variasi Sudut Sambungan Belokan Terhadap Head Losses Aliran Pipa, Universitas Mataram.

LAMPIRAN

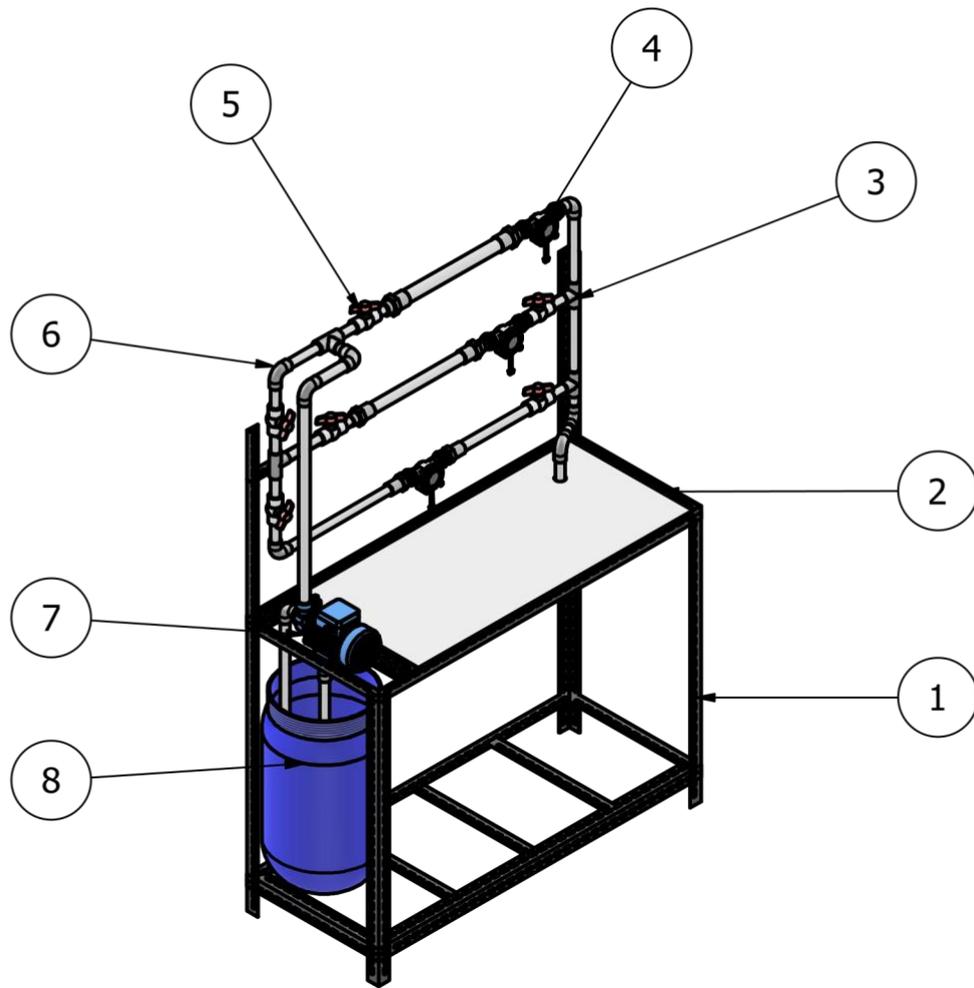
➤ Gambar Baut



➤ Gambar Getaran Rangka



➤ Gambar Desain Alat



PART LIST

| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
|------|-----|--------------|--------------------|
| 8 | 1 | Tabung Air | Material Plastic |
| 7 | 1 | Pompa Air | Material Iron Cast |
| 6 | 10 | Elbow | Material Plastic |
| 5 | 6 | Stop kran | Material Plastic |
| 4 | 3 | Flow meter | Material Plastic |
| 3 | 4 | Pipa T | Material Plastic |
| 2 | 1 | Meja keramik | 151 cm x 45 cm |
| 1 | 1 | Frame | 166 cm x 45 cm |

| | | | |
|--|------------------------------------|---|--------------|
| | Skala : 1 : 20 | Digambar : M. Ismail Yahya, Dzikrullah dzafar.M | Keterangan : |
| | Satuan : MM | NIM : (191903101022), (191903101017) | |
| | Tanggal : 31/10/2022 | Diperiksa : | |
| | TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER | ALAT PERAGA PRAKTIKUM | A-4 |

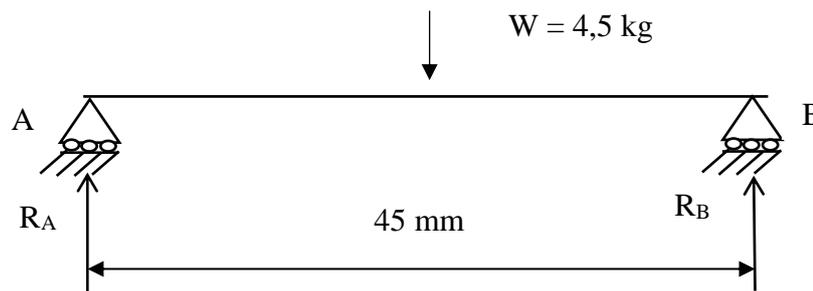
LAMPIRAN A. PERHITUNGAN

A.1 Berat Komponen Mesin

Berat komponen mesin digunakan untuk menentukan bahan dan kekuatan bahan yang dibutuhkan oleh rangka. Berat serta gaya yang diberikan oleh komponen-komponen mesin adalah sebagai berikut:

- Pompa Air = 4,5 kg
- Timba = 1,5 kg
- Meja triplex = 4 kg
- Instalasi pipa = 2 kg
- Besi siku = 0,83 kg

A.2 Perencanaan batang menumpu



Gambar gaya batang A-B

Gaya beban yang diterima oleh bidang penumpu di atas dilambangkan dengan simbol F , R_A , dan R_B . R_A dan R_B adalah reaksi tumpuan pada titik A dan B. Beban yang dialami oleh bidang penumpu diatas didapatkan dari Pompa Air sebagai berikut:

$$W = 4,5 \text{ kg}$$

$$\sum F = 4,5 \times 10$$

$$= 45$$

$$F = \frac{45 \text{ N}}{2}$$

$$= 22,5$$

$$q = w/L$$

$$= 22,5/45$$

$$= 2 \text{ N/mm}$$

$$w = q.L$$

$$= 2 \cdot 45$$

$$= 90 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$R_A \cdot 45 - w \cdot 22,5 = 0$$

$$R_A \cdot 45 - 90 \cdot 22,5 = 0$$

$$R_A \cdot 45 - 2.025 = 0$$

$$R_A = \frac{2.025}{45}$$

$$R_A = 45 \text{ N}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$w \cdot 22,5 - R_B \cdot 45 = 0$$

$$90 \cdot 22,5 - R_B \cdot 45 = 0$$

$$R_B = \frac{2.025}{45}$$

$$R_B = 45 \text{ N}$$

$$\sum V = 0$$

$$R_A + R_B = w$$

$$45 \text{ N} + 45 \text{ N} = 90 \text{ N}$$

$$90 \text{ N} = 90 \text{ N (OK)}$$

Menentukan gaya geser

$$Q_x = R_A - qx$$

$$Q_x = 45 - 2 \cdot x$$

$$Q_0 = 45 - 2 \cdot 0 = 45 \text{ N}$$

$$Q_1 = 45 - 2 \cdot 1 = 41 \text{ N}$$

$$Q_{22,5} = 45 - 2 \cdot 22,5 = 0 \text{ N}$$

$$Q_{45} = 45 - 2 \cdot 45 = -45 \text{ N}$$

Menentukan momen

$$\sum M_A = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$M_x = R_A \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

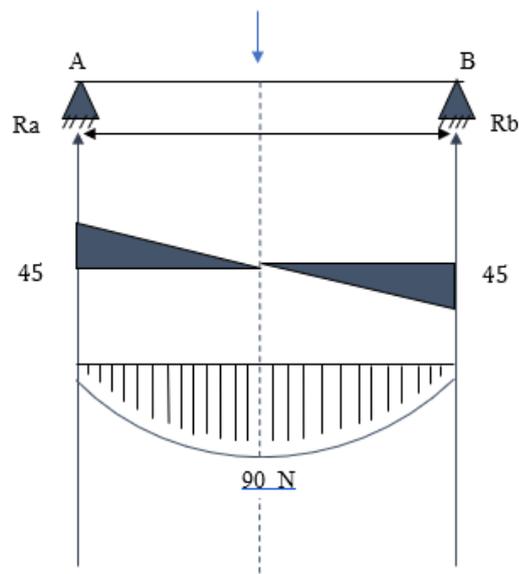
$$M_x = 45 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot x^2$$

$$M_x = 45 \cdot x - 1 \cdot x^2$$

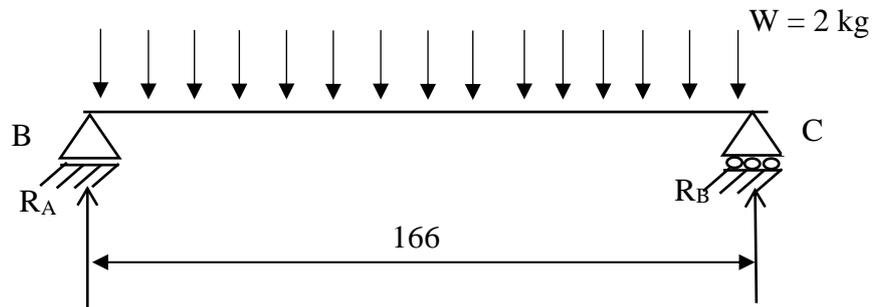
$$M_0 = 45 \cdot 0 - 1 \cdot 0^2 = 0 \text{ N.mm}$$

$$M_1 = 45 \cdot 1 - 1 \cdot 1^2 = 44 \text{ N.mm}$$

$$M_{22,5} = 45 \cdot 22,5 - 1 \cdot 22,5^2 = 967,5 \text{ N.mm}$$



Gambar diagram bidang geser dan bidang momen batang A-B.



Gambar gaya batang B-C

Gaya beban yang diterima oleh bidang penumpu di atas dilambangkan dengan simbol F , R_A , dan R_B . R_A dan R_B adalah reaksi tumpuan pada titik A dan B. Beban yang dialami oleh bidang penumpu diatas didapatkan dari Instalasi Pipa sebagai berikut:

$$W = 2 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \sum F &= 2 \times 10 \\ &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= (20 \text{ N})/2 \\ &= 10 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= w/L \\ &= 10/166 \\ &= 16,6 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w &= q \cdot L \\ &= 16,6 \cdot 166 \\ &= 2.755,6 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\sum MB = 0$$

$$R_A \cdot 166 - w \cdot 83 = 0$$

$$R_A \cdot 166 - 2.755,6 \cdot 83 = 0$$

$$R_A \cdot 166 - 228.714,8 = 0$$

$$R_A = 228.714,8/166$$

$$R_A = 1.377,8 \text{ N}$$

$$\sum MA = 0$$

$$w \cdot 83 - RB \cdot 166 = 0$$

$$2.755,6 \cdot 83 - RB \cdot 166 = 0$$

$$RB = 228.714,8 / 166$$

$$RB = 1.377,8 \text{ N}$$

$$\sum V = 0$$

$$RA + RB = w$$

$$1.377,8 \text{ N} + 1.377,8 \text{ N} = 2.755,6 \text{ N}$$

$$2.755,6 \text{ N} = 2.755,6 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

Menentukan gaya geser

$$Q_x = RA - qx$$

$$Q_x = 1.377,8 - 16,6 \cdot x$$

$$Q_0 = 1.377,8 - 16,6 \cdot 0 = 1.377,8 \text{ N}$$

$$Q_1 = 1.377,8 - 16,6 \cdot 1 = 1.361,2 \text{ N}$$

$$Q_{83} = 1.377,8 - 16,6 \cdot 83 = 0 \text{ N}$$

$$Q_{166} = 1.377,8 - 16,6 \cdot 166 = -1.377,8 \text{ N}$$

Menentukan momen

$$\sum MA = 0$$

$$\sum MB = 0$$

$$M_x = RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

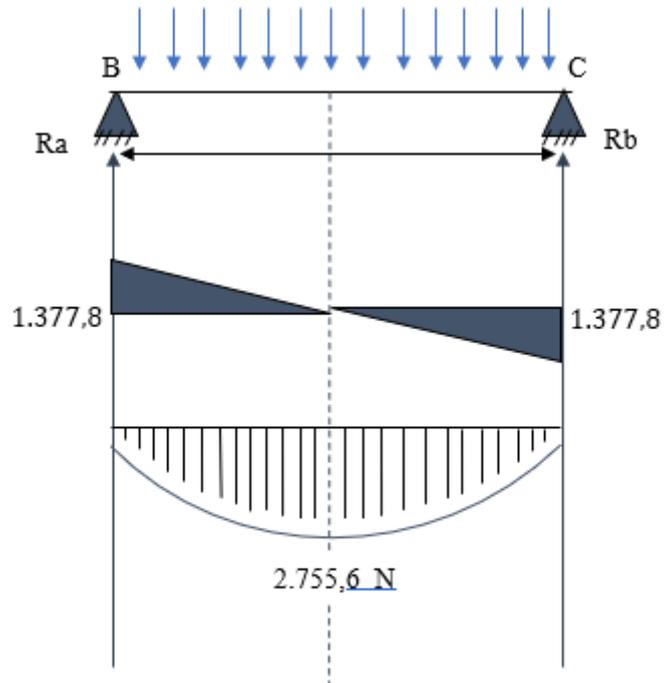
$$M_x = 1.377,8 \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 30,4 \cdot x^2$$

$$M_x = 1.377,8 \cdot x - 15,2 \cdot x^2$$

$$M_0 = 1.377,8 \cdot 0 - 8,3 \cdot 0^2 = 0 \text{ N.mm}$$

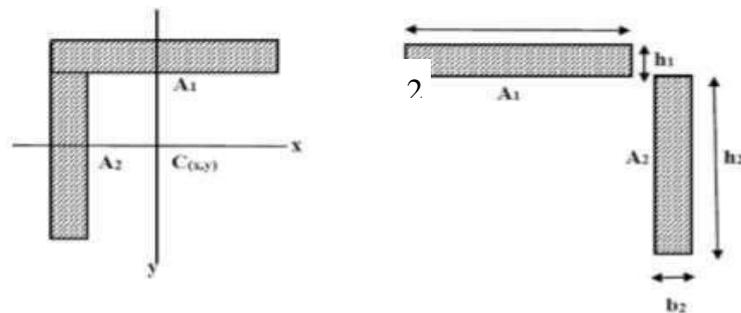
$$M_1 = 1.377,8 \cdot 1 - 8,3 \cdot 1^2 = 1.369,5 \text{ N.mm}$$

$$M_{83} = 1.377,8 \cdot 83 - 8,3 \cdot 83^2 = 112.979,6 \text{ N.mm}$$



Gambar diagram bidang geser dan bidang momen batang B-C Gambar diagram bidang geser dan bidang momen batang A-B.

A.3 Menentukan momen inersia



Gambar penampang besi siku lubang

Dimensi besi siku yang digunakan

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

$$b_2 = 40 \text{ mm}$$

$$h_1 = 40 \text{ mm}$$

$$h_2 = 40 \text{ mm}$$

$$Mb = \frac{f.l}{2} = \frac{(13,6\text{kg})(166 \text{ mm})}{2} = 1.128,8 \text{ kg.mm}$$

$$\text{Modulus Elastisitas (E)} = 210000 \text{ MPa} = 210000 \text{ N/mm}^2$$

Luas permukaan

$$A_1 = b_1 \cdot h_1 = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = b_2 \cdot h_2 = 40 \cdot 40 = 1600 \text{ mm}^2$$

$$A_{total} = A_1 + A_2 = 1600 \text{ mm}^2 + 1600 \text{ mm}^2 = 3200 \text{ mm}^2$$

Momen inersia

$$I_1 = \frac{b_1 \cdot h_1^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} = 213333,33 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} = \frac{40 \cdot 40^3}{12} = 213333,33 \text{ mm}^4$$

$$I_{total} = I_1 + I_2 = 213333,33 \text{ mm}^4 + 213333,33 \text{ mm}^4 = 426.666,66 \text{ mm}^4$$

Menentukan centroid

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{(A_1 \cdot x_1) + (A_2 \cdot x_2)}{A_1 + A_2} \\ &= \frac{(1600 \text{ mm} \cdot 20) + (1600 \text{ mm}^2 \cdot 20)}{1600 \text{ mm}^2 + 1600 \text{ mm}^2} \\ &= 2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi pada rangka profil siku lubang ukuran 40 x 40 x 2 mm
berbahan St 37

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{Mb}{I_{total}} \cdot x_1 \\ &= \frac{1.128,8 \text{ kg.mm}}{426.666,66 \text{ kg.mm}} \cdot 2 \\ &= 188,9 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Bahan rangka menggunakan profil siku St-37. Sifat-sifat mekanis bahan dapat diperoleh yaitu, tegangan leleh (σ_m) = 120 MPa, tegangan batas (σ_u) = 140-410 MPa, dan faktor keamanan (n) = 1,67 (Zein, M.A. 2018).

Menentukan tegangan izin:

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_u}{n}$$

$$= \frac{410}{1,67} = 245,5 \text{ MPa} = 24,55 \text{ kg/mm}^2$$

Nilai yang diperoleh telah sesuai syarat yaitu $\sigma = 188,9 \text{ kg/mm}^2 \leq \sigma_{izin} = 24,55 \text{ kg/mm}^2$, maka ukuran batang profil hollow 40 x 40 x 2 mm mampu menahan beban alat.

A.4 Perencanaan Mur dan Baut Pengikat Pompa air

Baut dan mur yang direncanakan adalah baut dan mur pengikat pompa air. Dengan mengambil factor koreksi (f_c) = 1,2 – 2,00, maka factor koreksi yang diambil adalah $f_c = 1,2$. Karena ingin mendapatkan hasil yang semaksimal mungkin.

$$\begin{aligned} W_0 &= \text{pompa} \\ &= 45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\max} &= W_0 \cdot f_c \\ &= 45 \text{ kg} \cdot 1,2 \\ &= 54 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban yang diterima masing-masing baut

$$\begin{aligned} W_{\text{total}} &= \frac{W_{\max}}{4} \\ &= \frac{54 \text{ kg}}{4} \\ &= 13,5 \text{ kg} \end{aligned}$$

A.5 Menentukan Bahan Baut dan Mur

Bahan baut dan mur yang direncanakan dari baja karbon rendah dengan kadar karbon 0,2% C yaitu St-37, $\sigma_b = 140 - 410 \text{ N/mm}^2 \approx 28 \text{ kg/mm}^2$. Sehingga didapatkan faktor keamanan (s_f) 8 - 10 ≈ 10 . Tekanan permukaan yang diizinkan $q_a = 3 \text{ kg/mm}^2$ (Zein, M.A. 2018).

Kekuatan Tarik yang diizinkan

$$\begin{aligned} \sigma_a &= \frac{\sigma_b}{s_f} \\ &= \frac{28}{10} \\ &= 2,8 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

Kekuatan Geser yang Diiijinkan

$$\begin{aligned}\tau_a &= 0,5 \cdot \sigma_a \\ &= 0,5 \cdot 2,8 \\ &= 1,4 \text{ kg/mm}^2\end{aligned}$$

Dengan mengetahui besar beban maksimum dan besar tegangan geser yang diijinkan, maka diameter inti baut (D) yang dihitung adalah:

$$\begin{aligned}D_{\text{baut}} &\geq \sqrt{\frac{4W_{\text{total}}}{\pi \cdot \sigma_a \cdot 0,64}} \\ &\geq \sqrt{\frac{4 \cdot 13,5 \text{ kg}}{3,14 \cdot 1,4 \text{ kg/mm}^2 \cdot 0,64}} \\ &\geq \sqrt{19,193} \\ &\geq 4,3 \text{ mm}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka dapat dipilih d_1 dengan cara melihat table B.3 ukuran standar ulir kasar metris untuk menentukan diameter baut. Disini diambil

$D = 12 \text{ mm}$. Sehingga ulir baut dan mur yang dipilih ulir metris kasar dengan ukuran standar M12 dan didapat standar dimensi sebagai berikut:

Dimensi luar ulir dalam(D) = 12 mm

Jarak bagi(p) = 1,75 mm

Diameter Inti (d_1) = 10,106 mm

Tinggi Kaitan(H_1) = 0,974 mm

Diameter efektif ulir dalam (d_2) = 10,863 mm

Dari data diatas dapat ditetapkan untuk perhitungan ulir dalam dimana untuk ulir metris harga $k \approx 0,84$ dan $j \approx 0,75$.

Menurut standar (Sularso, 2018):

$$\begin{aligned}H &\geq (0,8 - 1,0) \cdot D \\ &\geq (0,2) \cdot 12 \\ &\geq 2,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

Karena standar tinggi mur lebih dari sama dengan 2,4 maka tinggi mur yang diambil adalah 6,56 mm sehingga jumlah ulir mur (Z) adalah

$$Z = \frac{H}{P}$$

$$= \frac{6,56}{1,75}$$

$$= 3,74$$

Tegangan geser akan Ulir Baut τ_b adalah:

$$\tau_b = \frac{W_{baut}}{\pi \cdot d_1 \cdot k \cdot p \cdot z}$$

$$= \frac{13,5 \text{ kg}}{3,14 \cdot 10,106 \text{ mm} \cdot 0,84 \cdot 1,75 \text{ mm} \cdot 3,74}$$

$$= 12,293 \text{ kg/mm}^2$$

Tegangan geser akan ulir Mur τ_n adalah:

$$\tau_n = \frac{W_{baut}}{\pi \cdot D \cdot j \cdot p \cdot z}$$

$$= \frac{13,5 \text{ kg}}{3,14 \cdot 12 \text{ mm} \cdot 0,75 \cdot 1,75 \text{ mm} \cdot 3,74}$$

$$= 13,700 \text{ kg/mm}^2$$

Maka : $\tau_b \geq \tau_a \approx 12,2 \text{ kg/mm}^2 \geq 1,4 \text{ kg/mm}^2$

$$\tau_n \geq \tau_a \approx 13,7 \text{ kg/mm}^2 \geq 1,4 \text{ kg/mm}^2$$

Harga τ_b dan τ_n memenuhi syarat yang ditentukan, sehingga mur dan baut yang dipilih adalah M12 dengan ketinggian mur 6,56 mm dan dari bahan baja liat dengan kadar karbon 0,2% C.

LAMPIRAN B. DAFTAR TABEL

Tabel B.3 Ukuran standar ulir kasar metris (satuan : mm)

| Jenis ulir | | | Ulir Dalam Mur | | | | |
|------------|------|------|--|----------------------|--|--|--|
| | | | Jarak bagi (p) Tinggi kaitan (H ₁) | Diameter Luar (D) | Diameter Efektif (D ₂) | Diameter Dalam (D ₁) | Ulir luar (Baut) |
| 1 | 2 | 3 | | | | Diameter Luar (d) | Diameter Efektif (d ₂) |
| M 6 | | M 7 | 1,00 | 0,541 | 6,000 | 5,3500 | 4,9170 |
| | | | 1,00 | 0,541 | 7,000 | 6,3500 | 5,9170 |
| M 8 | | | 1,25 | 0,677 | 8,000 | 7,1880 | 6,6470 |
| | | M 9 | 1,25 | 0,677 | 9,000 | 8,1880 | 7,6470 |
| M 10 | | | 1,50 | 0,812 | 10,00 | 9,0260 | 8,370 |
| | | M 11 | 1,50 | 0,812 | 11,00 | 10,026 | 9,3760 |
| M 12 | M 14 | | 1,75 | 0,974 | 12,00 | 10,863 | 10,106 |
| | | | 2,00 | 1,083 | 14,00 | 12,701 | 11,835 |
| M 16 | | | 2,00 | 1,083 | 16,00 | 14,701 | 13,835 |
| M 20 | M 18 | | 2,50 | 1,353 | 18,00 | 16,376 | 15,294 |
| | | | 2,50 | 1,353 | 20,00 | 18,376 | 17,294 |
| | M 22 | | 2,50 | 1,353 | 22,00 | 20,376 | 19,294 |
| M 24 | M 27 | | 3,00 | 1,624 | 24,00 | 22,051 | 20,752 |
| | | | 3,00 | 1,624 | 27,00 | 25,052 | 23,752 |
| M 30 | | | 3,50 | 1,894 | 30,00 | 27,727 | 26,211 |
| M 36 | M 33 | | 3,50 | 1,894 | 33,00 | 30,727 | 29,211 |
| | | | 4,00 | 2,165 | 36,00 | 34,402 | 31,670 |
| | M 39 | | 4,00 | 2,165 | 39,00 | 44,752 | 34,670 |

| | | | | | | | |
|------|------|--|------|-------|-------|--------|--------|
| M 42 | | | 4,50 | 2,436 | 42,00 | 39,077 | 37,129 |
| | | | 4,50 | 2,436 | 45,00 | 42,077 | 40,129 |
| M 48 | M 45 | | 5,00 | 2,706 | 48,00 | 44,752 | 42,587 |
| | M 52 | | 5,00 | 2,076 | 52,00 | 48,752 | 46,587 |
| M 56 | | | 5,50 | 2,997 | 56,00 | 52,428 | 50,048 |
| | M 60 | | 5,50 | 2,997 | 60,00 | 56,428 | 54,046 |
| M 64 | | | 6,00 | 3,248 | 64,00 | 60,103 | 57,505 |
| | M 68 | | 6,00 | 3,248 | 68,00 | 64,103 | 61,505 |

Sumber : Sularso dan K. Suga. 2018. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cetakan kesebelas. Jakarta: Pradnya Paramita.

Tabel B.4 Tekanan permukaan yang diizinkan pada ulir (satuan kg/mm²)

| Bahan | | Tekanan permukaan yang diizinkan q _a (kg/mm ²) | |
|------------|-------------------------|--|-----------------|
| Ulir luar | Ulir dalam | Untuk pengikat | Untuk penggerak |
| Baja liat | Baja liat atau perunggu | 3 | 1 |
| Baja keras | Baja liat atau perunggu | 4 | 1,3 |
| Baja keras | Besi cor | 1,5 | 0,5 |

Sumber : Sularso dan K. Suga. 2018. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Cetakan kesebelas. Jakarta: Pradnya Paramita.