

PERENCANAAN ULANG MESIN PUNCH DI PT. OMETRACO ARYA SAMANTA SURABAYA

Ir. Arino Anzip, M. Eng. Sc^{1*}, Dadang Triawan²

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia^{1*}
arinoanzip@gmail.com

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia²
dadang2214@mhs.me.its.ac.id

Abstrak

Salah satu mesin yang ada di PT. Ometraco Arya Samanta, Surabaya adalah mesin punch dengan kapasitas mesin 63 ton yang mampu untuk melubangi sebuah plat dengan ketebalan mencapai 6 mm dan diameter lubang sampai 18 mm. PT. Ometraco Arya Samanta yang bergerak dalam bidang konstruksi baja biasanya menggunakan mesin punch untuk membuat sebuah ring pelat pada body water dispenser atau dapat diganti sesuai dengan kebutuhan. Mesin punch ini menggunakan sistem hidrolis.

Sistem electrohydraulic dalam mesin punch berfungsi untuk mengubah energi electric / listrik menjadi energi mekanik. Dengan menggunakan sistem electrohydraulic ini lebih mempermudah pekerjaan untuk melubangi sebuah pelat. Pada tugas akhir ini akan dilakukan redesain sistem electrohydraulic pada mesin punch. Parameter yang akan dianalisis diantaranya silinder hidrolis, pompa, motor listrik, gaya untuk proses punching dan simulasi sistem hidrolisnya.

Setelah dilakukan analisis didapat gaya yang bekerja pada silinder hidrolis adalah 784532 N atau 80 ton, tekanan pada silinder hidrolis adalah $2927573,46 \frac{N}{m^2}$, head loss total yang terjadi sistem hidrolis adalah 1032,62 m, daya motor listrik yang diperlukan adalah 1,5 HP. Sehingga kapasitas pompa yang dibutuhkan adalah 0,96 liter/detik. Dari sistem electrohydraulic, dilakukan simulasi dengan menggunakan fluidsim.

Kata kunci : *punch, electrohydraulic, punching*

1. Pendahuluan

Punching adalah mesin potong yang menggunakan tenaga hidraulic untuk menekan atau menghentakkan *tool punch* dengan berbagai bentuk tool sesuai bentuk / potongan yang diharapkan. Mesin Punch ialah salah satu mesin yang digunakan untuk mengurangi volume benda kerja (plat), yang tidak menghasilkan geram (*chip*) atau sisa benda kerja biasanya digunakan untuk membuat benda kerja (plat) secara massal dalam bentuk yang sama dan dikerjakan secara beruntun.

Adapun mesin punch yang digunakan di PT. Ometraco Arya Samanta, menggunakan sistem elektrohidrolis. Mesin punch ini memiliki gaya tonase sampai 63 ton. Untuk mengerjakan plat dengan ketebalan sampai 6 mm dan diameter 18 mm. Serta mampu untuk menambah kapasitas mesin.

Pada sistem mesin punch yang sudah ada, masih memiliki permasalahan seperti, gaya tonase yang kurang, proses loading dan unloading yang kurang mengutamakan K3,

tempat pembuangan minyak hidrolis yang kurang diperhatikan, dan mesin punch hanya mampu untuk digunakan pada ketebalan plat maksimum 6 mm saja dengan diameter lubang 18 mm. Berbagai masalah di atas membuat sistem mesin punch kurang produktif untuk skala besar dalam proses permesinan sehingga perlu adanya redesain mesin punch tersebut.

Oleh karena itu Tugas Akhir ini akan membahas mengenai redesain sistem elektrohidrolis yang sesuai pada mesin punch. Sehingga mesin punch memiliki kapasitas yang besar dan mampu untuk proses punching dengan ketebalan lebih dari 6 mm dan meningkatkan gaya tonase yang sudah ada. Dengan adanya sistem elektrohidrolis yang baik diharapkan mesin punch ini mampu memenuhi kapasitas mesin yang akan datang dan kapasitas mesin yang lebih besar.

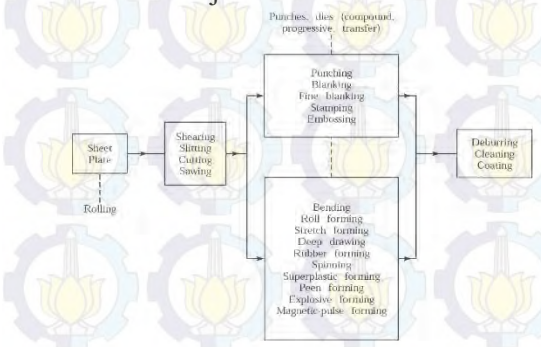
2. Dasar Pustaka Sheet Metal Forming

Yang dimaksud dengan sheet metal forming adalah proses pengerjaan plat dengan berbagai macam pengerjaan sehingga menjadi bentuk permanen namun bukan proses pemotongan. Dalam proses pembentukan, plat akan melalui beberapa tahapan yang dimulai saat punch menyentuh permukaan plat, adapun tahapan itu antara lain :

- Tekanan dalam daerah elastis. Dimana bahan akan mengalami perubahan bentuk sementara, jika tekanan ini dibatalkan maka plat akan kembali pada bentuk semula. Maka proses pembentukan belum selesai.
- Tekanan melewati daerah elastis dan masuk kedalam daerah plastis. Pada daerah ini akan diperoleh bentuk yang permanen, apabila pengerjaan menginginkan proses pembentukan maka pada tahap inilah dapat dicapai.
- Tekanan melewati daerah plastis. Apabila proses dilanjutkan sampai melewati daerah plastis maka akan terjadi proses retak, selanjutnya retakan akan bertemu sehingga proses ini akan menghasilkan proses pemotongan.

Karakteristik Proses Sheet Metal Forming

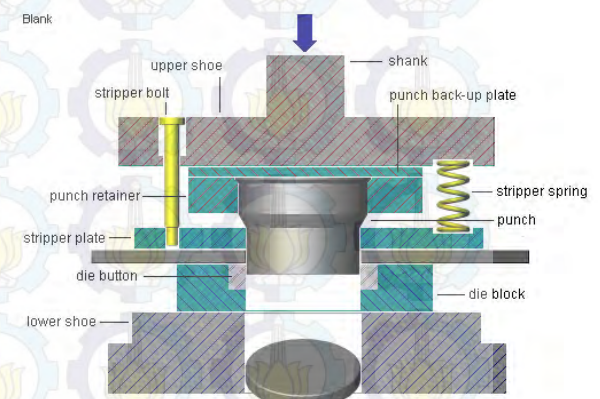
- Proses Sheet Metal Forming
Proses ini secara umum yang biasa digunakan dalam dunia industry konstruksi baja.



Gambar 2.1. Mekanisme proses sheet metal forming secara garis besar (Kalpakjian 2001, hal 381)

b. Blanking Die

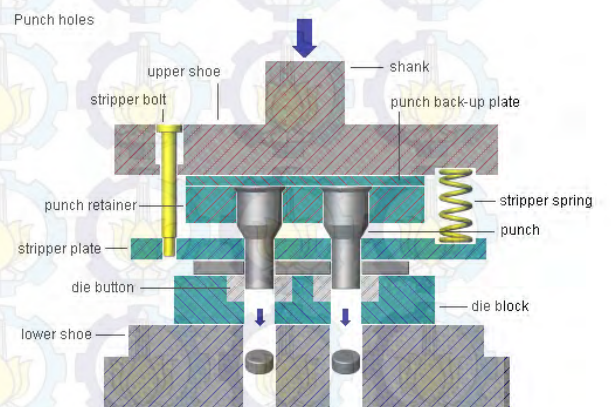
Blanking atau penembukan pada prinsipnya adalah proses penguntingan pelat dengan gaya geser antara punch dan dies. Pelat diletakkan diantara punch dan dies. Posisi dies di bawah dan tetap, sementara punch terletak pada bagian atas dan bergerak ke bawah pemotong bagian pelat sesuai dengan bentuk punch yang ada.



Gambar 2.2. Blanking Die (Kalpakjian 2009, hal 382)

c. Hole Punching Die

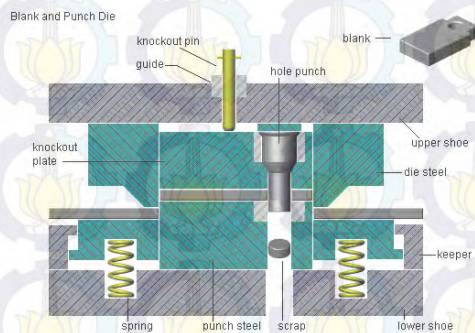
Pada dasarnya prinsipnya sama dengan blanking die namun Hole Punching Die menggunakan 2 punch dan 2 die (die block), yang dapat sekaligus membuat 2 lubang dalam sekali proses.



Gambar 2.3. *Hole Punching Die*
(Kalpakjian 2009, hal 284)

d. *Blank and Punch Die*

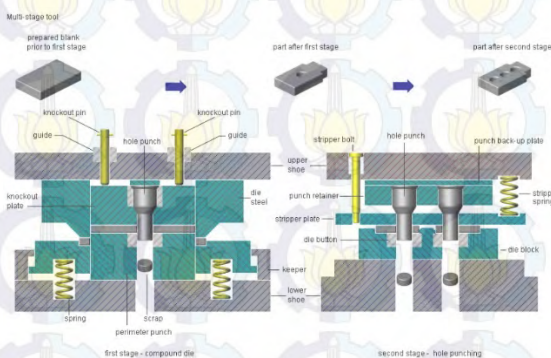
Pada dasarnya prinsipnya sama dengan blanking die namun yang membedakan hanya desain dan spring yang digunakan saja. Untuk blank and punch die menggunakan 2 spring untuk menjaga keseimbangan dalam proses punch.



Gambar 2.4. *Blank and Punch Die*
(Kalpakjian 2009, hal 286)

e. *Multi Stage Stamping*

Jenis ini biasa digunakan dalam mesin punch yang berbasis CNC (*computer numerical control*), yang dapat memproses suatu benda kerja (plat) dalam sekali proses terdapat stamping dan membuat lubang.

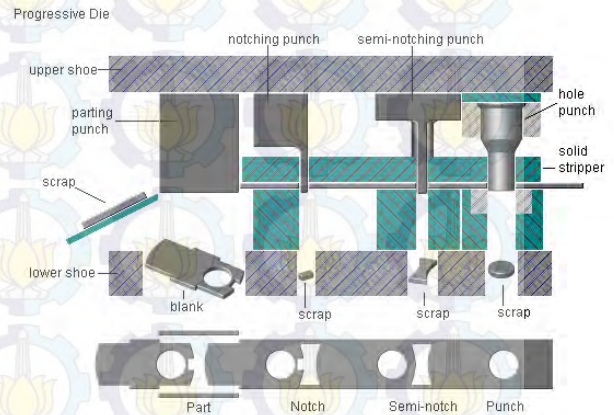


Gambar 2.5. *Multi Stage Stamping*
(Kalpakjian 2009, hal 287)

f. *Progressive Die*

Progressive die adalah salah satu jenis die set yang prinsip operasionalnya berjalan secara progressive, sehingga

sangat cocok diaplikasikan untuk continuous production line. Progressive die dapat diaplikasikan dalam banyak sektor industri, misal perhiasan (emas), automotive dan lain-lain.



Gambar 2.6. *Progressive Die* (Kalpakjian 2009, hal 286)

Mesin Punch

a. Mesin Punch (Tekan)

Jenis perkakas tekan (*press tool*) biasanya disesuaikan dengan jenis proses yang dikerjakan. Misalnya jika perkakas tekan hanya berfungsi untuk membuat blank maka disebut *Blanking Tool*. Secara lebih jelas, jenis - jenis perkakas tekan akan dibahas seperti berikut ini :

a) *Blanking tool* adalah perkakas

tekan untuk membuat *blank*.

Secara umum dikenal dua

macam *blanking tool* ditinjau

dari konstruksinya, yaitu

konstruksi biasa dan

konstruksi terbalik.

Konstruksi biasa ialah

konstruksi perkakas tekan

yang pada umumnya *punch*

dipasang pada *top plate* dan

die dipasang pada *bottom*

plate, dimana *blank* jatuh

melewati lubang *die*. Yang

kedua ialah konstruksi

terbalik, kebalikan dari

susunan perkakas tekan pada

umumnya. Pada konstruksi

terbalik *punch* dipasang pada

bottom plate dan *die* dipasang pada *top plate*, sehingga ketika kerja pemotongan selesai *blank* jatuh diatas plat yang dipotong.

- b) *Piercing tool* merupakan dasar perancangan jenis perkakas ini sama dengan *blanking tool* konstruksi biasa. Perbedaannya terletak pada yang dikerjakan, yaitu kalau *blanking tool* memotong plat berupa gulungan atau lembaran sedangkan *piercing tool* mengerjakan satu keping benda kerja bidang berupa *blank*. Fungsi *piercing tool* adalah untuk membuat lubang. Oleh karena itu bentuk dan ukuran lubang ditentukan oleh *punch*. Untuk menepatkan kedudukan benda kerja biasanya dipakai *nest* yang merupakan susunan beberapa pin atau plat. Sedangkan untuk memudahkan pengambilan *keeping* benda kerja bisa dibuat tangga pada tepi *die* dengan pengerjaan mesin. Untuk memudahkan penepatan kedua alat pelubang (*punch* dan *die*) paling tidak diperlukan pemasangan dua buah pin penepat, namun akan lebih baik jika menggunakan *die – set*. Tentu saja penggunaan *die – set* akan lebih mahal, namun hasilnya lebih memuaskan.
- c) *Progressive tool* merupakan dua atau lebih kerja pemotongan sederhana dikombinasikan dalam satu perkakas dan prosesnya merupakan proses yang bersambung secara langsung, perkakas tekan tersebut dinamakan *progressive tool*. Yang dimaksud *progressive* disini adalah kerja langkah demi langkah dari proses pertama hingga terakhir

terbentuk benda yang dikehendaki. Setelah setiap langkah pemotongan plat didorong atau diumpamakan dengan panjang langkah yang tepat dan sama setiap pengumpan. Pengumpan bahan berhenti tersebut dinamakan *station*. Pada langkah terakhir dari *progressive tool* biasanya berupa proses *blanking*, *parting*, atau *cropping*.

- d) *Compound tool* terdapat dua atau lebih kerja pemotongan setiap langkah pemotongan pada satu *station*. Proses pemotongan kebanyakan gabungan antara *blanking* dengan *piercing*. Dua macam operasi tersebut adalah berseberangan, yaitu *piercing punch* dipasang pada *top plate* dan *piercing die* dipasang pada *bottom plate*, sedangkan *blanking punch* yang juga berfungsi sebagai *piercing die* pada bagian tengah penampangnya dipasang pada *bottom plate*, dan *blanking die* dipasang pada *top plate*.
- e) *Gang tool* merupakan dua atau lebih komponen yang sejenis atau sama dibuat dalam satu langkah, hal ini disebut *gang tool*. Perkakas jenis ini dipakai jika komponen dengan bentuk yang tidak rumit akan dibuat dalam jumlah yang sangat banyak dengan kecepatan kerja yang tinggi. Penampang *punch* dan *die* yang rumit potensial rusak sehingga sering menunda kelanjutan produksi.
- f) *Group tool* adalah dalam satu unit perkakas tekan terdapat dua atau lebih *station* yang terpisah dan berdiri sehingga tidak digunakan proses pengumpanan bahan. Biasanya tidak lebih dari dua jenis operasi yang digabung pada satu *die – set*. Oleh

karena peletakan plat dan pengambilan hasil potongan dengan tangan, maka alat ini kurang ekonomis.



Gambar 2.7. Mesin Punch di PT.

Ometraco Arya Samanta Surabaya

b. Proses penekanan (punching)

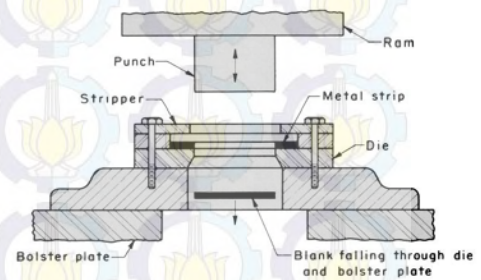
Mesin punch pada umumnya digunakan untuk membuat lubang atau istilah lainnya adalah pengeplongan, ada beberapa jenis mesin punch yang digerakkan secara mekanik maupun secara hidrolis. Untuk mesin punch (hydrabend) sering digunakan dalam proses produksi ini, misal untuk pembuatan ring plat pada Body Water Dispenser atau dapat diganti sesuai dengan kebutuhan. Mesin ini dapat melubangi plat dengan ketebalan 2mm – 6mm. Mesin punch (hydrabend) dan hasilnya proses punch ini dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.8. Hasil dari Mesin Punch di PT. Ometraco Arya Samanta Surabaya

Pada gambar diatas terdapat mesin punch dengan proses blanking. Proses blanking adalah proses pengguntingan plat dengan gaya geser antara punch dan dies. Prinsip kerja mesin punch ini adalah Plat diletakkan diantara punch dan dies. Posisi dies di bawah dan tetap sementara punch terletak pada bagian atas dan bergerak ke bawah pemotong bagian plat sesuai dengan bentuk punch yang ada. Plat yang diletakan di atas dies ini dijepit dengan stopper. Stopper ini berfungsi menekan pelat agar pada saat penekanan dengan punch ini tidak terjadi pergeseran yang menyebabkan bahan pelat menjadi keriput. Dies dan punch merupakan komponen utama pada proses blanking ini. Bentuk dan dies disesuaikan dengan bentuk-bentuk komponen dari bahan pelat yang diinginkan. Antara dies dan punch mempunyai kelonggaran (clearance). Kelonggaran ini disesuaikan dengan tebal bahan dan jenis dari bahan pelat yang akan di blanking.

Proses blanking dapat dilakukan sekaligus dengan menggunakan dies dan punch dalam sekali jalan contoh proses blanking ini dapat dilihat pada gambar 5.14 dibawah ini :



Gambar 2.9. Proses Mesin Punch di PT.

Ometraco Arya Samanta Surabaya (Kalpakjian 2009, hal 288)

Pada gambar diatas terlihat proses blanking pada pembuatan ring plat untuk baut dan mur. Pembuatan ring pelat ini dilakukan dengan proses penekanan secara terus menerus, dimana bahan pelat yang menjadi bahan baku ring ini di potong arah memanjang. Pelat digerakkan secara lurus sambil mengikuti langkah turunnya punch menekan dan melobangi pelat.

Tonnage Calculation

Tonnage calculation adalah satuan ton untuk menentukan suatu kapasitas mesin. Dalam hal ini yang akan dibahas gaya tonase

mesin punch yang ada di PT. Ometraco Arya Samanta, Surabaya. Gaya tonase dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$F = \frac{p \times t \times \sigma}{1000}$$

Dimana :

F = Gaya Tonase Mesin Punch (ton)

p = parameter lubang (mm)

t = tebal material / plat (mm)

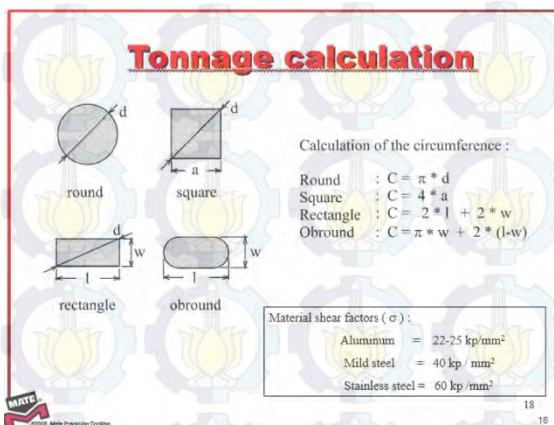
σ = shear factor (kgf/mm²)

* shear factors (σ):

Aluminium 22 -25 kgf/mm²

Mild Steel 40 kgf/mm²

Stainless Steel 60 kgf/mm²



Gambar 2.10. Tonnage Calculation untuk parameter lubang berdasarkan *Basic Punching Theory*

2.1.1. Kapasitas Mesin

Untuk menentukan suatu kapasitas mesin punch dapat dihitung dengan mencari gaya potong, gaya stripper dan gaya mesin atau kapasitas mesin. Dengan begitu barulah tahu kapasitas mesin yang sebenarnya. Berikut adalah penjelasannya:

1. Gaya Potong

Gaya potong adalah gaya yang dibutuhkan pada saat penetrasi *punch* terhadap material. Jika *die* terdiri dari lebih dari satu *punch* untuk penetrasi terhadap material secara simultan maka gaya potongnya adalah penjumlahan dari gaya-gaya pada masing-masing *punch*. Tujuan

utama untuk menghitung gaya potong dari suatu proses pemotongan adalah untuk menentukan besarnya daya mesin press yang digunakan dalam proses produksi. Pada umumnya perusahaan sudah memiliki sejumlah mesin press dengan kapasitas tertentu serta *loading* yang bervariasi sehingga perancangan *press dies* dapat menyesuaikan dengan kondisi perusahaan. Selain itu, pengetahuan tentang gaya potong sangat penting untuk mencegah *overload press* atau kegagalan dalam menggunakan kapasitas mesin press. Gaya F untuk *punch* dan *die* dengan pemotongan paralel dapat di estimasikan dalam persamaan sebagai berikut. Gaya potong dalam pengerjaan logam lembaran dapat ditentukan dengan :

$$F = 0,7 \times t \times L \times UTS$$

Dimana :

F = Gaya potong mesin punch (N)

t = tebal material plat (mm)

L = parameter bentuk lubang (mm)

UTS = *ultimate tensile strength* (N/mm²)

- $L = \pi \times d$

Parameter bentuk Lubang (L) menurut buku *Manufacturing Engineering and Technology* (by Kalpakjian & Schmid) 6th, sama dengan parameter lubang (p) berdasarkan *Basic Punching Theory* dari perusahaan manufaktur MATE Precision Tooling. Dengan begitu rumus Gaya Potong menjadi seperti dibawah ini :

$$F = 0,7 \times t \times p \times UTS$$

Dimana :

p = parameter lubang (mm)

2. Gaya Stripper

Seperti telah diketahui sebelumnya bahwa fungsi dari *stripper* adalah untuk menjepit atau menahan material agar material tidak bergerak ketika proses pemotongan atau pembentukan sedang berlangsung. Selain berfungsi sebagai penjepit atau penahan material, *stripper* elastis juga berfungsi mengarahkan ujung *punch* terhadap *die* ketika terjadi proses pemotongan sehingga *buckling* pada ujung *punch* dapat terhindarkan. Jenis *stripper* elastis ini adalah *stripper* pegas dan *stripper*

urethane.. Dalam perhitungan bisa menggunakan rumus :

$$F_{st} = 2.5\% \sim 20\% \times F$$

Dimana :

F_{st} = Stripping force (N)

3. Gaya Mesin

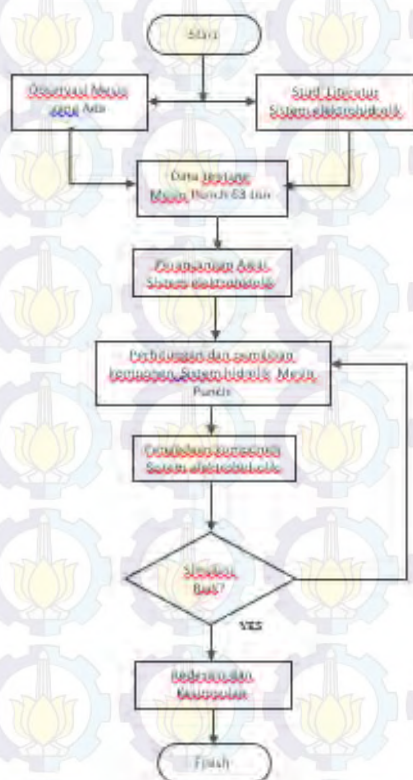
Gaya mesin merupakan jumlah gaya potong dijumlahkan dengan gaya stripper dan dikalikan *safety factor* sehingga diperoleh rumus berikut:

$$F_m = (F + F_{st}) \times sf$$

3. Metodologi

Metodologi penelitian merupakan suatu kerangka yang dibuat sebagai acuan untuk melakukan proses analisis terhadap sistem elektrohidrolik mesin punch. Dalam hal ini mencakup langkah kerja sistematis yang dilakukan oleh peneliti dalam melakukan perhitungan. Prosedur penelitian dan pelaksanaan penyusunan tugas akhir ini dapat dijelaskan pada diagram alir (*flow chart*) berikut:

Diagram alir pembuatan laporan.



3.1. Obyek Penelitian

Untuk melakukan penelitian tugas akhir, diperlukan suatu obyek yang akan

diteliti. Pada penelitian ini yang menjadi obyek penelitian adalah mesin punch yang ada pada PT. Ometraco Arya Samanta Surabaya. Mesin Punch ini digunakan untuk mengerjakan plat yang biasa digunakan dalam pembuatan konstruksi baja untuk gudang dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1. Data dimensi mesin punch

Variabel	Nilai	Satuan
Panjang keseluruhan	1200	mm
Lebar keseluruhan	1500	mm
Tinggi Keseluruhan	2300	mm

3.2. Metode Pengambilan Data

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini diperlukan beberapa data yang diambil dari mesin punch sebagai acuan dalam membuat desain baru pada sistem elektrohidroliknya. Data yang ada dilakukan analisis kemudian dilakukan perencanaan ulang untuk mencari desain baru yang lebih baik.

3.3. Parameter Penelitian

Untuk melakukan perhitungan ulang, perlu beberapa parameter awal yang berhubungan. Parameter tersebut didapat dari pengambilan data pada mesin punch. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- Massa mesin punch : 250 kg
- Diameter punch and die : 18 mm
- Ketebalan plat : 6 mm
- Shear factor mild steel : 40 kgf/mm²

4. PEMBAHASAN

Analisis Mesin Punch

Mesin Punch yang ada pada PT. Ometraco Arya Samanta merupakan mesin press dengan daya tonase 63 ton dengan menggunakan sistem elektrohidrolik. Jenis perkakas tekan (*press tool*) biasanya disesuaikan dengan jenis proses yang dikerjakan. Misalnya jika perkakas tekan hanya berfungsi untuk membuat blank maka disebut *Blanking Tool*

Namun mekanisme ini mempunyai beberapa kekurangan yaitu, kurang mampu

untuk melubangi plat dengan ketebalan 12 mm. Berikut adalah foto mesin punch yang ada di PT. Ometraco Arya Samanta Surabaya :



Gambar 4.1. Mesin Punch 63 ton



Gambar 4.2. Bagian punch and die



Gambar 4.3. Bagian sistem hidrolik

Mesin punch yang sudah ada dilakukan analisis untuk mengetahui kekurangan teknis yang ada pada konstruksi yang lama. Hal yang dianalisis meliputi *tonnage calculation*, sistem hidraulik, plat dengan ketebalan 6 mm. Data spesifikasi yang digunakan untuk melakukan analisis pada mesin punch yang lama adalah sebagai berikut :

Berat Mesin Punch	= 250 kg
Diameter <i>Punch and die</i>	= 18mm
Shear factor Mild Steel	= 40 kgf/mm ²

Data di atas didapat dari hasil pengukuran langsung pada mesin punch. Berikut adalah analisis yang dilakukan pada mesin punch yang lama:

Dalam sistem punch ini dapat dihitung daya tonase dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

A. *Tonnage Calculation*

Untuk mengetahui gaya tonase pada mesin punch mengacu pada rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{p \times t \times \sigma}{1000}$$

$$F = \frac{(\pi x d) \times t \times \sigma}{1000}$$

$$F = \frac{(\pi \times 18 \text{ mm}) \times 6 \text{ mm} \times 40 \text{ kgf/mm}^2}{1000}$$

$$F = 13,5648 \text{ ton}$$

$$F = 13564,8 \text{ kgf}$$

$$F = 135648 \text{ N}$$

Gaya tersebut merupakan gaya tonase yang sudah ada pada mesin punch di PT. Ometraco Arya Samanta, Surabaya. Dan akan di redesain dengan gaya 80 ton atau sama dengan $F = 784.532\text{N}$. berikut langkah yang di perlukan untuk meredesain mesin punch 80 ton.

Menghitung gaya potong yang terjadi pada plat baja ST36, kemudian menghitung gaya stripper yang terjadi pada saat proses punching. Berikut adalah cara menghitungnya.

- Gaya Potong

Untuk plat baja jenis ST36 memiliki UTS (*ultimate tensile strength*) 36 $\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$, kemudian parameter lubang L = $(\pi \times d)$, maka gaya potong nya sebesar :

$$F = 0,7 \times t \times p \times UTS$$

$$= 0,7 \times 6 \text{ mm} \times (\pi \times 18 \text{ mm}) \times 36 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

$$= 8545,83 \text{ kgf}$$

$$= 83805,96 \text{ N}$$

Selanjutnya menghitung gaya stripper yang terjadi pada saat proses punching.

- Gaya Stripper

Merupakan gaya yang terjadi pada penjepit material. Besarnya gaya stripper yaitu gaya untuk menjepit material adalah :

$$F_{st} = 20\% \times F$$

$$= 0,2 \times 83805,96 \text{ N}$$

$$= 16761,19 \text{ N}$$

- Kapasitas Mesin

Gaya yang diperlukan mesin punch untuk melubangi sebuah plat dengan

ketebalan 6mm dan diameter punch 18mm adalah :

Dengan *safety factor* (1,2-1,5)

$$F_m = (F + F_{st}) \times sf$$

$$= (83805,96 \text{ N} + 16761,19 \text{ N}) \times 1,3$$

$$= 130737,29 \text{ N}$$

Gaya mesin yang diperlukan untuk proses punching sebesar 130737,29 N = 13073,729 kgf atau 13,07 ton.

B. Sistem Hidraulik

Untuk mengetahui sistem hidrolik yang dipakai pada mesin punch yang sudah ada mengacu pada setiap komponen hidrolik yang digunakan pada mesin punch. Dengan gaya tonase mencapai 80 ton maka yang di perlukan untuk menghitung sistem hidrolik yang akan dibuat.

• Kondisi Awal

Dengan melihat kondisi awal yang sudah ada di PT. Ometraco Arya Samanta maka dapat di hitung gaya tonase yang sebenarnya pada saat mesin punch 63 ton bekerja. Dengan data sebagai berikut :

➤ Diameter Silinder Hidrolik = 8in = 203,2 mm = 0,2032 m

(Dengan Tekanan Max. 151,72 bar)

➤ PRV setting = 110 bar

(Dengan Pompa Vickers V-10-7 tekanan max. 140 bar)

Maka dapat di cari luas permukaan silinder hidraulik adalah

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (203,2 \text{ mm})^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (0,2032 \text{ m})^2$$

$$= 0,03241 \text{ m}^2$$

Kemudian Gaya yang di hasilkan sebagai berikut :

$$F = P \times A = 110 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0,032 \text{ m}^2$$

$$= 352.000 \text{ N}$$

$$= 35.200 \text{ kgf}$$

$$= 35,2 \text{ ton}$$

- **Kapasitas Mesin 63 Ton**

Dengan melakukan pengecekan ulang, maka kapasitas awal yang sudah ada di PT. Ometraco Arya Samanta dapat di hitung dari data yang diperoleh dilapangan sebagai berikut :

- Diameter *Punch and die* = 22 mm
- Tebal plat = 24 mm
- Shear factor Mild Steel = 40 kgf/mm²

Maka kapasitas mesin punch yang sudah ada dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$F = \frac{p \times t \times \sigma}{1000}$$

$$F = \frac{(\pi \times d) \times t \times \sigma}{1000}$$

$$F = \frac{(3,14 \times 22 \text{ mm}) \times 24 \text{ mm} \times 40 \text{ kgf/mm}^2}{1000}$$

$$F = 66,3168 \text{ ton}$$

Dengan gaya tonase sebesar 66,3168 ton sudah memenuhi untuk kapasitas yang ada sekarang yaitu 63 ton, namun pada kenyataannya di lapangan tebal plat sebesar 24 mm merupakan tebal plat maximum yang bisa di gunakan untuk proses *punching*.

- **Perencanaan Ulang Mesin Punch**

Untuk melakukan perencanaan ulang (redesain) maka yang diperlukan adalah mengganti silinder hidrauliknya dengan yang lebih besar dan mengganti pompa yang sudah ada sekarang. Berikut adalah penjelasan tentang redesain yang akan dilakukan.

Untuk memenuhi gaya tonase yang di inginkan yaitu 80 ton maka harus diganti dengan silinder hidraulik dengan diameter yang lebih besar yaitu 10 inch (254 mm) dengan *maximum pressure 3.000psi* (206,89 bar), karena PRV setting 110 bar tidak bisa memenuhi gaya tonase 80 ton, dan apabila PRV setting yang sudah ada di naikkan misalnya 175bar maka silinder hidrauliknya akan rusak dikarenakan *maximum operating system* dari silinder hidraulik yang sudah ada hanyalah 151,72 bar. Kemudian berdasarkan

data silinder yang baru (perencanaan ulang) dan dengan PRV setting 175 bar maka akan didapat gaya sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (254 \text{ mm})^2 = \frac{\pi}{4} (0,254 \text{ m})^2 = 0,05 \text{ m}^2$$

$$F = P \times A = 175 \times 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times 0,05 \text{ m}^2 = 875.000 \text{ N} = 87.500 \text{ kgf} = 87,5 \text{ ton}$$

Dengan gaya tonase tersebut sudah memenuhi untuk mesin punch dengan kapasitas 80 ton. Berikutnya adalah langkah pemilihan komponen sistem hidraulik untuk mesin punch 80 ton.

4.1. Pemilihan Komponen-Komponen Sistem Hidrolik

Dari hasil observasi yang dilakukan di PT. Ometraco Arya Samanta yang bertempat di Rungkut, Surabaya. Data inilah yang digunakan untuk meredesain mesin punch. Mengingat gaya yang dibutuhkan untuk melakukan proses *punching* yang relatif besar maka pemilihan silinder hidraulik untuk melakukan proses ini relatif sulit dan rumit. Selain itu pula pemilihan silinder tersebut juga hanya didasarkan atas kebutuhan panjang langkah atau stroke yang dibutuhkan untuk pemasangan silinder pada kerangka peralatan. Jadi gaya tonase mesin punch sebesar $F = 80.000 \text{ kgf}$ atau 784.532 N inilah yang digunakan sebagai dasar untuk sistem control elektrohidrolik pada penelitian ini. Dari hasil pengamatan di pabrik didapat bahwa silinder yang digunakan mempunyai panjang langkah atau stroke $s = 16,2$ dan waktu rata-rata proses *punching* 5 detik, sehingga diperoleh kecepatan proses *punching* :

$$v = \frac{s}{t} = \frac{16,2 \text{ cm}}{5 \text{ dt}} = \frac{0,162 \text{ m}}{5 \text{ dt}} = 3,24 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{dt}} = 1,94 \frac{\text{m}}{\text{menit}}$$

Kemudian dengan melihat pada katalog silinder merk PARKER maka didapatkan data diameter diameter bore silinder sebesar 8 inchi atau 203,2 mm, maka Luas permukaan silinder adalah sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = \frac{\pi}{4} (203,2 \text{ mm})^2$$

$$= \frac{\pi}{4} (0,2032 \text{ m})^2$$

$$= 0,03241 \text{ m}^2$$

Kemudian bilamana dilihat dari kinerja pada silinder hidrolik dimana efisiensi silinder hidrolik $\eta_{sh} = \frac{Fv}{P_2 Q_2}$ dengan besar efisiensi silinder 0,8 – 0,95 (Majumdar, 2002).



Gambar 4.4. Definisi silinder hidrolik

Dengan melihat gambar diatas maka besar kapasitas pelumas Q_2 dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$Q_2 = vxA = 3,24 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{dt}} \times 0,03241 \text{ m}^2$$

$$= 0,00105 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}$$

$$= 1,05 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}$$

$$= 63 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{menit}}$$

$$= 63 \frac{\text{liter}}{\text{menit}}$$

Jadi, kebutuhan kapasitas pelumas sebesar 63 liter/menit inilah dibutuhkan untuk menggerakkan silinder sesuai dengan kecepatan yang diinginkan.

Kemudian dengan melihat pada katalog silinder merk PARKER maka didapatkan

data diameter diameter bore silinder sebesar 203,2 mm tadi dengan tekanan kerja maksimum 3000psi atau 151 bar, dengan style JJ double acting, rod flange serta panjang langkah atau stroke sebesar 6,38 inchi atau 162 mm. Silinder jenis ini dipilih didasarkan atas sirkuit hidrolik yang telah direncanakan dengan menggunakan silinder double acting. Pada kondisi tekanan kerja maksimum dari silinder tersebut maka akan diperoleh besar gaya silinder teoritis sebesar :

$$F = PA =$$

$$151 \text{ bar} \times \frac{\pi}{4} (0,2032 \text{ m})^2 = 489391$$

$$\text{N}$$

Gaya silinder sebesar itu pada hakekatnya akan sangat bisa memenuhi gaya mesin punch yang dibutuhkan, jadi silinder dengan diameter 254 mm merk Parker dapat digunakan pada sistem hidrolik untuk proses punching.

Dari hasil pengujian gaya pada mesin punch pada saat proses punching sebesar 784.532N dan diameter silinder hidrolik yang sudah dipilih sebesar 254 mm maka besarnya tekanan silinder yang terjadi adalah sebagai berikut :

Tekanan silinder hidraulik saat penekanan : $\eta_{sh} = \frac{Fv}{P_2 Q_2}$ dengan besar efisiensi silinder 0,85 adalah :

$$P_2 = \frac{Fv}{\eta_{sh} Q_2}$$

$$= \frac{63000 \text{ N} \times 4,06 \times 10^{-2} \frac{\text{m}}{\text{dt}}}{0,85 \times 1,05 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}$$

$$P_2 = 2287058,824 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$P_2 = 22,8 \text{ bar}$$

Jadi tekanan yang dihasilkan pada saat proses punching adalah 22,8 bar.

4.2. Mencari Head Loss Pada Sistem Hidraulik

Dengan melihat skema sistem hidrolik dan mengingat titik 1 ditentukan pada permukaan pelumas dalam reservoir dan titik 2 adalah titik yang diambil sesaat sebelum

masuk lubang A (lubang pada bagian atas silinder) pada silinder hidrolik saat proses punching maka proses perhitungan head loss dapat dihitung dengan menggunakan persamaan energy berikut ini.

Dari persamaan Energi yang ada yaitu :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 + H_p - H_m - H_L = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

Dimana asumsi yang diambil adalah :

$$P_1 = 1 \text{ atm} = 0 \text{ gauge}$$

$$V_1 = 0$$

$H_m = 0$ (karena tidak ada motor hidrolik pada titik 1 dan 2)

Kemudian dari data-data yang diperoleh :

$$Z_1 = 303 \text{ mm}$$

$$Z_{2 \text{ punching}} = 2595 \text{ mm}$$

$$\text{Maka } H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_L$$

Data-data yang ada di mesin punch yang akan di redesain adalah :

- $(Z_{2 \text{ punching}} - Z_1) = 2,292 \text{ m}$
- Silinder punching port A dan B masing-masing mempunyai diameter $\frac{3}{4}$ inch = 19,05 mm
- $P_2 = 2287058,824 \frac{N}{m^2}$
- Density minyak hidrolik BP HLP 46 = 880 kg/m^3
- Viscositas Minyak hidrolik BP HLP 46 = $46 \text{ mm}^2/\text{dt}$
- $\gamma_{oil} = SG \times \gamma_{H_2O} = 0,9 \times 8630 \frac{N}{m^3} = 7767 \frac{N}{m^3}$

Dengan menggunakan data-data diameter pipa dan selang yang sudah disebutkan diatas maka selanjutnya dilakukan perhitungan berikut :

1. Perhitungan besarnya $\frac{P_2}{\gamma}$

$$\frac{P_2}{\gamma} = \frac{2287058,824 \frac{N}{m^2}}{7767 \frac{N}{m^3}} = 294,46 \text{ m}$$

2. Perhitungan besarnya $\frac{v_2^2}{2g}$ pada diameter selang $\frac{3}{4}$ inch :

Mengingat bahwa $Q = A \times v_2$ maka harga v_2 diperoleh besarnya :

$$v_2 = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{m^3}{dt}}{2,8 \times 10^{-4} m^2} = 45,72 \frac{m}{dt}$$

sehingga didapatkan :

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{m^2}{dt^2}}{20 \frac{m}{dt^2}} = 104,5 \text{ m}$$

4.2.1. Mencari Head Loss Mayor Dan Minor

Head loss pada sistem hidraulik terdiri atas head loss mayor dan head loss minor dimana besarnya head loss mayor terjadi pada pipa lurus dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$H_L = \frac{64}{N_R} \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Sedangkan besar head loss minor yang merupakan kerugian gesek yang terjadi pada fitting pipa dan berbagai katup, dapat dicari dengan menggunakan rumus ini :

$$H_{Lm} = K \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

a. Perhitungan head loss mayor

- Pipa yang diukur dari tangki pelumas masuk ke pompa suction (panjang 20 cm dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch)

Besarnya Reynold Number

$$(RN) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{m^3}{dt}}{2,8 \times 10^{-4} m^2} = 45,72 \frac{m}{dt}$$

sehingga didapat

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{m^2}{dt^2}}{20 \frac{m}{dt^2}} = 104,5 \text{ m}$$

$$RN = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{45,72 \frac{m}{dt} \times 0,01905 \text{ m}}{46 \frac{mm^2}{dt}}$$

$$RN = \frac{0,87 \frac{m^2}{dt}}{46 \times 10^{-6} \frac{m^2}{dt}} = 18913 \text{ (aliran turbulen)}$$

Besarnya friction factor (f) dapat dilihat pada diagram Moody :

$$Relative \text{ Roughness} = \frac{\epsilon}{D}$$

Dimana material pipa adalah *galvanized iron*, $\epsilon = 0,15 \text{ mm}$ dan diameter pipa 19,05 mm, maka :

$$Relative \text{ Roughness} = \frac{0,15 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} =$$

0,0078

Dapat dilihat pada diagram moody, ditetapkan bahwa besarnya $f = 0,039$, sehingga didapatkan

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$H_L = 0,039 \left(\frac{0,2 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right) 104,5 \text{ m}$$

$$H_L = 42,78 \text{ m}$$

- Pipa yang diukur dari pompa masuk ke Relief valve (panjang 100 cm dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch)

Besarnya Reynold Number

$$(RN) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{m^3}{dt}}{2,8 \times 10^{-4} m^2} = 45,72 \frac{m}{dt},$$

sehingga didapat

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{m^2}{dt^2}}{20 \frac{m}{dt^2}} = 104,5 \text{ m}$$

$$RN = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{45,72 \frac{m}{dt} \times 0,01905 \text{ m}}{46 \frac{mm^2}{dt}}$$

$$RN = \frac{0,87 \frac{m^2}{dt}}{46 \times 10^{-6} \frac{m^2}{dt}} = 18913 \text{ (aliran turbulen)}$$

Besarnya friction factor (f) dapat dilihat pada diagram Moody :

$$Relative \text{ Roughness} = \frac{\epsilon}{D}$$

Dimana material pipa adalah *galvanized iron*, $\epsilon = 0,15 \text{ mm}$ dan diameter pipa 19,05 mm, maka :

$$Relative \text{ Roughness} = \frac{0,15 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} =$$

0,0078

Dapat dilihat pada diagram moody, ditetapkan bahwa besarnya $f = 0,039$, sehingga didapatkan

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$H_L = 0,039 \left(\frac{1 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right) 104,5 \text{ m}$$

$$H_L = 213,93 \text{ m}$$

- Fleksible hose yang diukur dari solenoid masuk ke pressure gauge (panjang 80 cm dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch)

Besarnya Reynold Number

$$(RN) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{m^3}{dt}}{2,8 \times 10^{-4} m^2} = 45,72 \frac{m}{dt},$$

sehingga didapat

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{m^2}{dt^2}}{20 \frac{m}{dt^2}} = 104,5 \text{ m}$$

$$RN = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{45,72 \frac{m}{dt} \times 0,01905 \text{ m}}{46 \frac{mm^2}{dt}}$$

$$RN = \frac{0,87 \frac{m^2}{dt}}{46 \times 10^{-6} \frac{m^2}{dt}} = 18913 \text{ (aliran turbulen)}$$

Besarnya friction factor (f) dapat dilihat pada diagram Moody :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$

Dimana material pipa adalah *galvanized iron*, $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$ dan diameter pipa 19,05 mm, maka :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{0,15 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} =$$

0,0078

Dapat dilihat pada diagram moody, ditetapkan bahwa besarnya $f = 0,039$, sehingga didapatkan

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$H_L = 0,039 \left(\frac{0,8 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right) 104,5 \text{ m}$$

$$H_L = 171,15 \text{ m}$$

- Pipa yang diukur dari counter balance masuk ke unloading valve (panjang 30 cm dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch)

Besarnya Reynold Number

$$(\text{RN}) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{2,8 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 45,72 \frac{\text{m}}{\text{dt}},$$

sehingga didapat

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{\text{m}^2}{\text{dt}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{dt}^2}} = 104,5 \text{ m}$$

$$\text{RN} = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{45,72 \frac{\text{m}}{\text{dt}} \times 0,01905 \text{ m}}{46 \frac{\text{mm}^2}{\text{dt}}}$$

$$\text{RN} = \frac{0,87 \frac{\text{m}^2}{\text{dt}}}{46 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{dt}}} = 18913 \text{ (aliran turbulen)}$$

Besarnya friction factor (f) dapat dilihat pada diagram Moody :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$

Dimana material pipa adalah *galvanized iron*, $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$ dan diameter pipa 19,05 mm, maka :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{0,15 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} =$$

0,0078

Dapat dilihat pada diagram moody, ditetapkan bahwa besarnya $f = 0,039$, sehingga didapatkan

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$H_L = 0,039 \left(\frac{0,3 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right) 104,5 \text{ m}$$

$$H_L = 64,18 \text{ m}$$

- Fleksible hose yang diukur dari unloading valve masuk ke silinder hidrolik (panjang 50 cm dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch)

Besarnya Reynold Number

$$(\text{RN}) = \frac{\rho v D}{\mu} = \frac{v D}{\nu}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,28 \times 10^{-2} \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{2,8 \times 10^{-4} \text{m}^2} = 45,72 \frac{\text{m}}{\text{dt}},$$

sehingga didapat

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{2090,3184 \frac{\text{m}^2}{\text{dt}^2}}{20 \frac{\text{m}}{\text{dt}^2}} = 104,5 \text{ m}$$

$$\text{RN} = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{45,72 \frac{\text{m}}{\text{dt}} \times 0,01905 \text{ m}}{46 \frac{\text{mm}^2}{\text{dt}}}$$

$$\text{RN} = \frac{0,87 \frac{\text{m}^2}{\text{dt}}}{46 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{dt}}} = 18913 \text{ (aliran turbulen)}$$

Besarnya friction factor (f) dapat dilihat pada diagram Moody :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{\varepsilon}{D}$$

Dimana material pipa adalah *galvanized iron*, $\varepsilon = 0,15 \text{ mm}$ dan diameter pipa 19,05 mm, maka :

$$\text{Relative Roughness} = \frac{0,15 \text{ mm}}{19,05 \text{ mm}} = 0,0078$$

Dapat dilihat pada diagram moody, ditetapkan bahwa besarnya $f = 0,039$, sehingga didapatkan

$$H_L = f \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

$$H_L = 0,039 \left(\frac{0,5 \text{ m}}{0,01905 \text{ m}} \right) 104,5 \text{ m}$$

$$H_L = 106,97 \text{ m}$$

Didapat head loss mayor total = $42,78\text{m} + (2 \times 213,93\text{m}) + (2 \times 171,15\text{m}) + 64,18\text{m} + 106,97\text{m} = 984,09 \text{ m}$

b. Perhitungan head loss minor

Perhitungan head loss minor dimana head loss ini terjadi pada katup dan fitting dari hose yang digunakan, pada proses punching. Data system punching menunjukkan bahwa :

- Semua katup DCV yang digunakan diasumsikan sama dengan katup dengan merk oilpath. Dimana tiap katup DCV besarnya turunan $\Delta P = 1 \text{ bar}$ dan $h = 11,34 \text{ m}$. maka jumlah besarnya turunan tekanan adalah $\Delta P = 2 \text{ bar}$ sehingga $h = 22,68 \text{ m}$.
- Filter yang digunakan mempunyai $\Delta P = 0,5 \text{ bar}$ (Industrial hydraulics manual, 1999) sehingga $h = 5,67 \text{ m}$.
- Elbow 90° sebanyak 6 buah dengan diameter $\frac{3}{4}$ inch maka didapatkan $6 \times k \frac{v^2}{2g} = 6 \times 0,75 \times 1,31 \text{ m}$, maka diperoleh harga $h = 5,89 \text{ m}$.
- Manometer atau pressure gauge digunakan satu buah dengan asumsi kerugian tekanan sebesar 1 bar

maka kerugian tekanan total adalah $11,34 \text{ m}$.

- Sambungan Tee 3 buah dengan diameter $\frac{3}{4}$ dan kerugian tekanan diasumsikan sama dengan elbow 90° maka didapatkan $3 \times k \frac{v^2}{2g} = 3 \times 0,75 \times 1,31 \text{ m}$ maka didapatkan $2,95 \text{ m}$

Head loss minor total yang terjadi pada system hidrolik adalah $22,68 \text{ m} + 5,67 \text{ m} + 5,89 \text{ m} + 11,34 \text{ m} + 2,95 \text{ m} = 48,53 \text{ m}$.

Jadi Head loss total = head loss mayor + head loss minor = $984,09\text{m} + 48,53\text{m} = 1032,62 \text{ m}$ atau sama dengan 91 bar gauge .

Pada akhirnya diperoleh besar head pompa (H_p) :

$$H_p = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_L$$

$$H_p = 294,46\text{m} + 104,5\text{m} + 2,292\text{m} + 1032,62\text{m} = 1516,34\text{m}$$

$$H_p = 1516,34 \text{ m} \times 7767 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} = 11777412,78 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 117 \text{ bar}$$

Dengan hasil head pompa maka bias dipakai untuk perhitungan selanjutnya. Yaitu memilih komponen pompa yang akan digunakan.