

3. TEORI DASAR

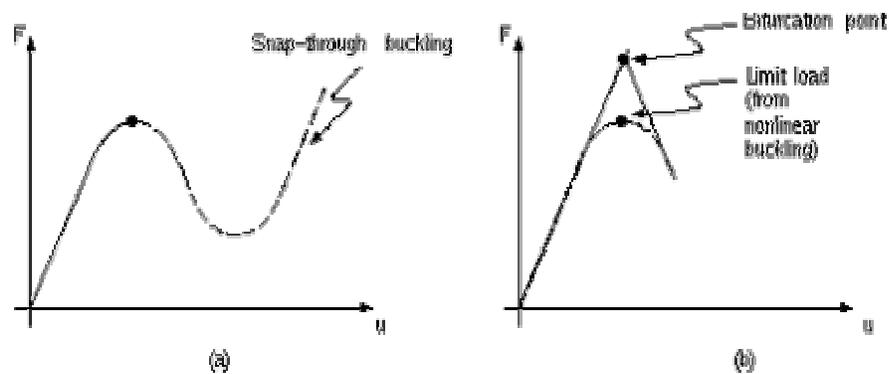
3.1 Buckling Analysis

Buckling analysis adalah suatu metode yang digunakan untuk menentukan besarnya *buckling loads-critical loads* pada suatu kondisi dimana struktur menjadi tidak stabil dan mengalami *buckling* (melengkung) sehingga dari *buckling analysis* ini dapat dihitung besarnya diameter silinder yang diperlukan agar silinder tersebut tidak mengalami *buckling* pada saat dikenai gaya dengan besar tertentu.

3.1.1 Types of buckling analysis

Ada 2 macam metode untuk memprediksi besarnya *buckling loads* dan *buckling mode shape* dari suatu struktur dengan menggunakan metode elemen hingga yakni :

- a. *Eigenvalue (linear) buckling analysis*
- b. *Non-linear buckling analysis*



(a) *Nonlinear load-deflection curve* (b) *Linear (Eigenvalue) buckling curve*

Gambar 3.1 Perbandingan Tipe *Buckling Analysis*

Sumber: www.uic.edu/depts/accc/software/ansys/html/guide_55/g-str/GSTR7.htm

3.1.1.1 *Eigenvalue (linear) buckling analysis*

Eigenvalue buckling analysis memprediksikan besarnya *buckling strength* secara teoritis dari suatu struktur sebagai struktur elastis yang ideal (dapat

dilihat pada gambar 1(b)). Metode ini mengambil pendekatan ideal untuk *elastic buckling analysis* yaitu dengan menggunakan persamaan Euler.

Bagaimanapun juga, keadaan yang tidak ideal pada kondisi nyata dan non-linearitas membatasi suatu struktur pada keadaan nyata untuk mencapai suatu kondisi teoritis dari *elastic buckling strength* dari struktur tersebut. Oleh karena itu, *Eigenvalue buckling analysis* seringkali memberikan hasil perhitungan yang kurang akurat dan sebaiknya tidak digunakan untuk melakukan analisa teknik dalam kehidupan sehari-hari pada kondisi nyata.

Pada analisa *eigenvalue (linear) buckling analysis* ada dua metode yang dapat digunakan yakni dengan menggunakan rumus Euler dan dengan menggunakan *Johnson's formula*. Penggunaan kedua metode ini didasarkan pada penggolongan dari *column* yang dianalisa, dimana untuk *column* yang tergolong *long column* metode analisa yang digunakan adalah rumus Euler sedangkan untuk *column* yang tergolong *short column*, besarnya *buckling critical load* dianalisa dengan menggunakan *Johnson's formula*.

Penggunaan kedua metode *buckling analysis* ini tidak dapat ditukar karena rumus Euler menggunakan kriteria modulus elastisitas dalam menganalisa besarnya *buckling critical load* sedangkan *Johnson's formula* menggunakan kriteria *yield strength* dalam menganalisa besarnya *buckling critical load* yang terjadi. Penggolongan *column* ini dilakukan dengan menganalisa besarnya rasio kerampingan (*slenderness ratio*) dari silinder. Penjelasan mengenai penggolongan *column* ini akan dibahas lebih lanjut pada bab IV dari laporan tugas akhir ini yakni pada bagian perhitungan besarnya beban kritis pada silinder yang mengalami *buckling*.

Berdasarkan referensi *Mechanics of Materials* karangan Ferdinand P.Beer halaman 614, persamaan Euler yang digunakan untuk menganalisa besarnya *buckling critical load* pada *long column* adalah sebagai berikut:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L_e^2} \quad (3.1)$$

atau:

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E}{(L_e/r)^2} \quad (3.2)$$

Dimana: P_{cr} = buckling critical load
 σ_{cr} = buckling critical strength
 L_e = panjang efektif dari silinder
 E = modulus elastisitas dari silinder
 I = momen inersia dari silinder
 r = jari-jari girasi

Pada *short column*, Johnson's formula yang digunakan untuk menganalisa besarnya *buckling critical load* adalah sebagai berikut:

$$P_{cr} = \sigma_y A \left[1 - \left(\frac{L_e / r}{4\pi^2 E} \right) \sigma_y \right] \quad (3.3)$$

Dimana: P_{cr} = beban kritis (*buckling critical load*)
 A = luas permukaan silinder yang menahan gaya
 L_e = panjang efektif silinder
 E = modulus elastisitas bahan
 σ_y = tegangan yield bahan

Selain penggolongan jenis silinder, salah satu factor yang juga harus diperhatikan dalam menganalisa besarnya *buckling critical load* adalah panjang efektif silinder (L_e). Panjang efektif dari silinder ditentukan berdasarkan jenis tumpuan dari silinder yang digunakan.

3.1.1.2 *Non-linear buckling analysis*

Non-linear buckling analysis ini biasanya memberikan pendekatan yang lebih akurat untuk menentukan besarnya *buckling loads* dari suatu struktur karena itu *non-linear buckling analysis* ini lebih disarankan dalam mendesain atau mengevaluasi suatu struktur.

Pada metode ini, struktur yang dianalisa diberikan beban yang besarnya meningkat secara bertahap untuk mencari besarnya beban dimana struktur menjadi tidak stabil, seperti dapat dilihat pada gambar 1(a). Pada metode

non-linear buckling analysis digunakan iterasi *Newton-Raphson* untuk menentukan besarnya penambahan beban pada struktur, dimana setiap beban memiliki *buckled mode shape* yang berbeda-beda.

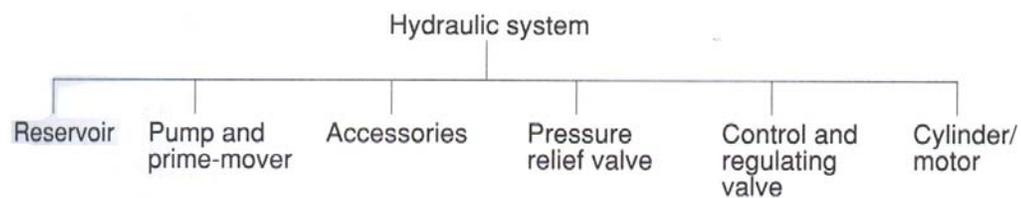
3.2 Basics of Industrial Hydraulics

Penggunaan *hydraulics system* dalam dunia industri telah berkembang sangat pesat. Penggunaan *hydraulics system* ini terutama berkembang dalam industri *machine tools, material handling devices, transport and other mobile equipment*.

Komponen komponen utama dalam suatu sistem hidrolik terdiri atas komponen-komponen berikut ini:

- a. **Reservoir** yang berfungsi sebagai tangki penyuplai oli
- b. **Pump and prime mover** berfungsi sebagai komponen penggerak dari sistem hidrolik
- c. **Pressure relief valve** berfungsi sebagai pengaman dalam pengoperasian sistem hidrolik
- d. **Control valves** sebagai pengontrol gerakan dan kontrol dari sistem
- e. **Cylinder** sebagai working element dari sistem hidrolik

Secara diagram, komponen-komponen sistem hidrolik dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Komponen Sistem Hidrolik

Sumber: *Oil Hydraulics System* karangan S.R. Majumdar halaman 89

3.3 Hydraulic Oils

Hydraulic fluid power dapat didefinisikan sebagai suatu power transmisi pada sistem hidrolik, dimana fluida ini merupakan *incompressible fluid*, yang digunakan sebagai media untuk *power transmitting*. Tujuan utama dari sistem

hidrolik ini adalah mengubah suatu bentuk energi yang dimiliki oleh fluida menjadi kerja.

Hydraulic power ini biasanya dihasilkan oleh pompa, dimana energi yang dihasilkan oleh pompa ini kemudian diubah menjadi kerja dengan menggunakan *hydraulic cylinder* atau *actuator* (linear atau rotary). Proses pengubahan energi yang dimiliki oleh fluida menjadi kerja ini dilakukan dengan adanya pergerakan dari fluida hidrolik melalui tabung metal cylinder hidrolik. Proses pergerakan silinder hidrolik ini dikendalikan dengan menggunakan *valve*.

Fungsi dari fluida pada system hidrolik ini adalah sebagai berikut:

- a. Untuk mentransfer *hydraulic energy*
- b. Untuk melumasi semua bagian atau komponen dari sistem hidrolik
- c. Untuk mencegah terjadinya korosi pada sistem hidrolik
- d. Untuk menghilangkan pengotor
- e. Agar panas yang terjadi pada sistem hidrolik tidak terlalu tinggi

3.3.1 Tipe-tipe Fluida Hidrolik

Ada berbagai macam tipe material yang dapat digunakan sebagai fluida pada sistem *hydraulic*. Jenis variasi fluida system hydraulic ini mulai dari air hingga *inorganic salt solutions, water oil emulsions, synthetic* dan *natural organic material*. Air merupakan fluida hidrolik pertama yang digunakan pada awal revolusi industri, sedangkan fluida yang banyak digunakan sebagai fluida hidrolik saat ini adalah jenis *petroleum based oil*.

3.3.2 Oil Compatibility

Berdasarkan referensi *Oil Hydraulic System* karangan S.R Majumdar halaman 132, beberapa aturan yang perlu diperhatikan berkaitan dengan *oil compatibility* adalah sebagai berikut:

1) Gear Pump

Viscositas fluida hidrolik yang dapat digunakan pada *gear pump* berkisar antara 30 hingga 70 cSt dengan temperature kerja 10⁰ hingga 30⁰ C

2) *Screw Pump*

Screw Pump dapat digunakan hampir untuk semua tipe fluida dengan *range* viscositas yang besar. Viscositas fluida hidrolis yang dapat digunakan pada *screw pump* berkisar antara 20 hingga 70 cSt.

3) *Vane Pump*

Viscositas fluida hidrolis yang dapat digunakan pada *vane pump* berkisar antara 30 hingga 50 cSt dengan temperature kerja 10⁰ hingga 35⁰ C

4) *Piston Pump*

Viscositas fluida hidrolis yang dapat digunakan pada *piston pump* berkisar antara 60 hingga 70 cSt. *Piston pump* ini cocok untuk fluida hidrolis yang memiliki *fire resistant* yang cukup baik.

3.4 *Filter and Filtration*

Pada perancangan suatu sistem hidrolis, filter merupakan suatu komponen yang memiliki peran yang sangat penting agar efisiensi kerja dari komponen-komponen hidrolis cukup baik dan juga dalam *service life* dari komponen-komponen hidrolis tersebut. Fluida hidrolis atau oli yang digunakan pada sistem hidrolis mengandung banyak partikel benda asing (*solid and liquid*) yang seringkali tidak dikehendaki karena dapat menyebabkan sistem hidrolis tidak dapat bekerja dengan baik.

Fungsi dari filter pada sistem hidrolis ini adalah untuk menyaring dan memurnikan oli yang digunakan yaitu dengan menghilangkan material-material yang tidak dikehendaki yang terkandung dalam oli, dimana sebagian besar material ini berupa material padat (*solid*) seperti debu, kotoran, dan *worn out metallic parts*, tetapi material yang tidak dikehendaki ini dapat juga berupa *liquid* seperti air, acids, cat.

Penggunaan filter dan *filtration method* yang tepat sangat perlu untuk diperhatikan dalam desain sebuah sistem hidrolis karena dengan penggunaan filter dan *filtration method* yang tepat dapat mengurang biaya yang timbul akibat kerusakan mesin demikian pula biaya perawatan mesin dapat dikurangi.

3.4.1 Filter Arrangement

Posisi penempatan filter digunakan dalam suatu sistem hidrolik dapat dibedakan atas dua jenis, yaitu:

- i) *Full Flow Filtering*
- ii) *By-pass Flow Filtering*

3.4.1.1 Full Flow Filtering

Pada suatu sistem hidrolik, sangat diperlukan semua aliran fluida yang ada melewati filter. Hal ini berarti semua fluida hidrolik yang digunakan harus masuk ke dalam filter melewati masukan (*inlet*) dari filter dan keluar melewati sisi keluaran (*outlet*) dari filter setelah fluida melewati semua elemen dari filter.

Beberapa cara penempatan filter untuk *full flow filter* beserta keuntungan dan kerugiannya dapat dilihat pada tabel (3.1) berikut ini:

Tabel 3.1 Tabel Perbandingan *Filter Arrangement* untuk *Full Flow Filter*

	Filtering of the main flow		
	Return flow filter	Pump inlet filter	Pressure line filter
Advantages	economical simple maintenance	protects pump from contamination	smaller pore size possible for valves sensitive to dirt
Dis- advantages	contamination can only be checked having passed through the hydraulic components	difficult access, inlet problems with fine pored filters. Result: cavitation	expensive
Remarks	frequently used	can also be used ahead of the pump as a coarse filter	requires a pressure-tight housing and contamination indicato

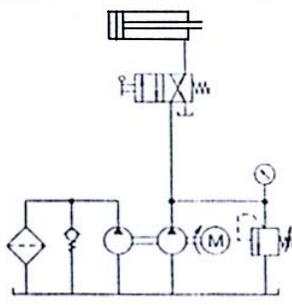
Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULIC* halaman 136

3.4.1.2 *By-pass Flow Filtering*

Dalam pengoperasian suatu sistem hidrolik, terkadang tidak seluruh volume fluida yang digunakan perlu untuk difilter dan hanya sebagian saja fluida yang perlu untuk difilter.

Keuntungan dan kerugian serta pemasangan (*filter arrangement*) untuk *by-pass flow filtering* dapat dilihat pada tabel (3.2) berikut ini:

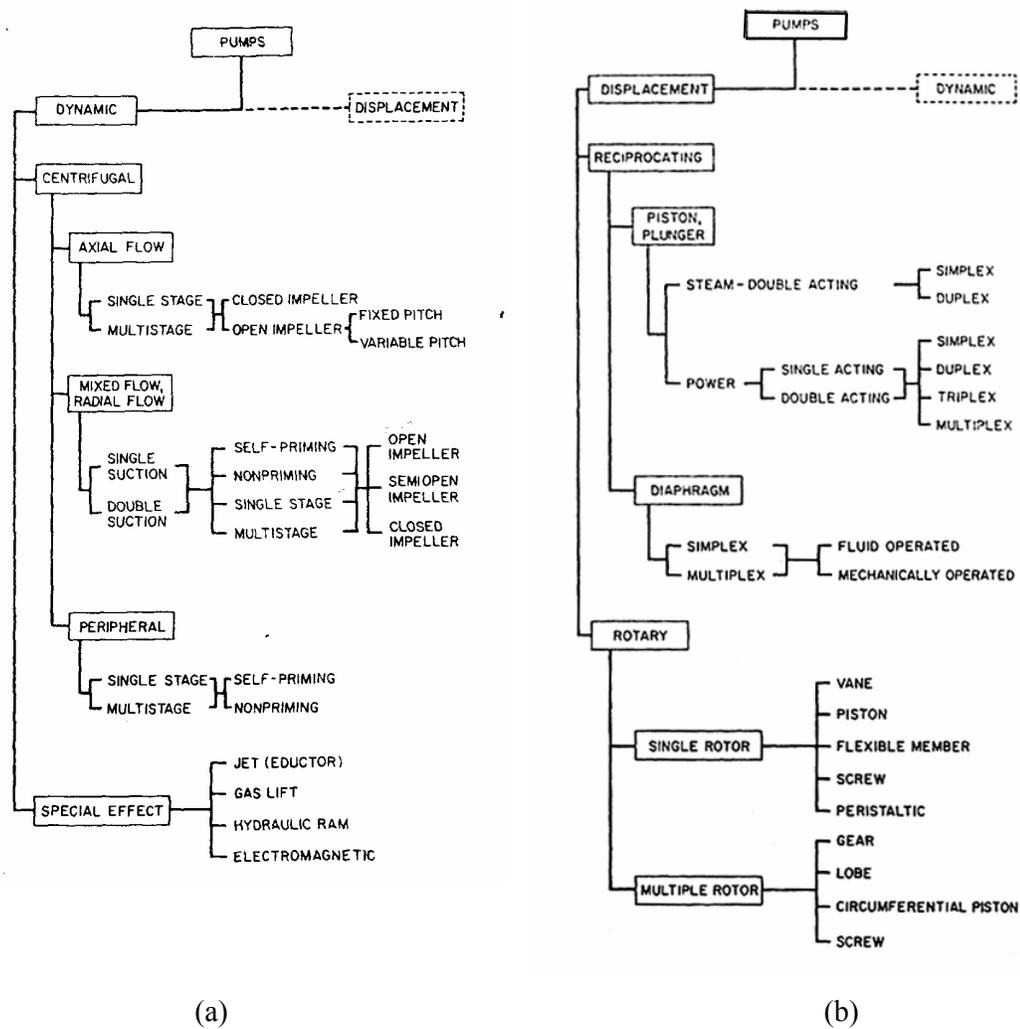
Tabel 3.2 Tabel *Filter Arrangement* untuk *By-pass Flow Filtering*

	<p>By-pass flow filtering</p>
Advantages	smaller filter possible as an additional filter
Dis-advantages	lower dirt-filtering capacity
Remarks	only part of the delivery is filtered

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULIC* halaman 137

3.5 Pompa Hidrolik (*Hydraulic Pump*)

Berdasarkan kontinuitas aliran, pompa dapat diklasifikasikan seperti pada gambar (3.3) berikut ini:



Gambar 3.3

(a) *Classification of Dynamic Pump* (b) *Classification of Displacement Pump*

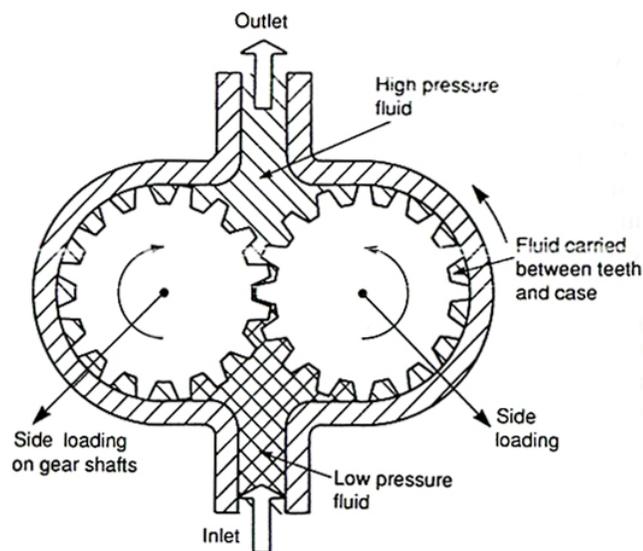
Sumber: *Pump Handbook* edisi ketiga chapter 1.4

Berdasarkan pembahasan pada bab II dari laporan tugas akhir ini yakni mengenai proses desain dan pemilihan *alternative* mekanisme, telah diperlihatkan bahwa jenis pompa yang cocok untuk digunakan pada sistem hidrolik dari proses *punch plastic bag* ini adalah *gear pump*. Oleh karena itu pada laporan tugas akhir

ini, jenis pompa yang akan dijelaskan pada teori dasar dari pompa hidrolik ini adalah *gear pump*.

3.5.1 GEAR PUMP

Gear pump merupakan salah satu jenis *rotary pump* yang sangat umum digunakan karena *gear pump* dapat digunakan untuk berbagai aplikasi. Pada sebuah *gear pump*, *pumping action* dihasilkan oleh dua buah *gear* yang saling berkaitan, dimana *gear* yang satu merupakan penggerak dari *gear* yang lain.



Gambar 3.4 Prinsip Kerja *Gear Pump*

Sumber: *HYDRAULICS AND PNEUMATICS* karangan Andrew Parr halaman 42

Salah satu hal yang penting yang harus diperhatikan pada prinsip kerja dari sebuah *gear pump* adalah arah putaran dari kedua roda gigi. Arah putaran dari kedua roda gigi berlawanan dengan pemikiran orang pada umumnya. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan tekanan dari fluida hidrolik

Pada sebuah *gear pump* seperti pada gambar (3.4) di atas, bagian dari kedua roda gigi yang saling terjadi kontak menyebabkan terjadinya *seal* antara bagian *inlet* dan *outlet* dari *gear pump* sehingga fluida mengalir dari bagian *inlet* ke bagian *outlet* melalui celah antara roda gigi dengan *casing* pompa.

3.6 Direction Control Valves

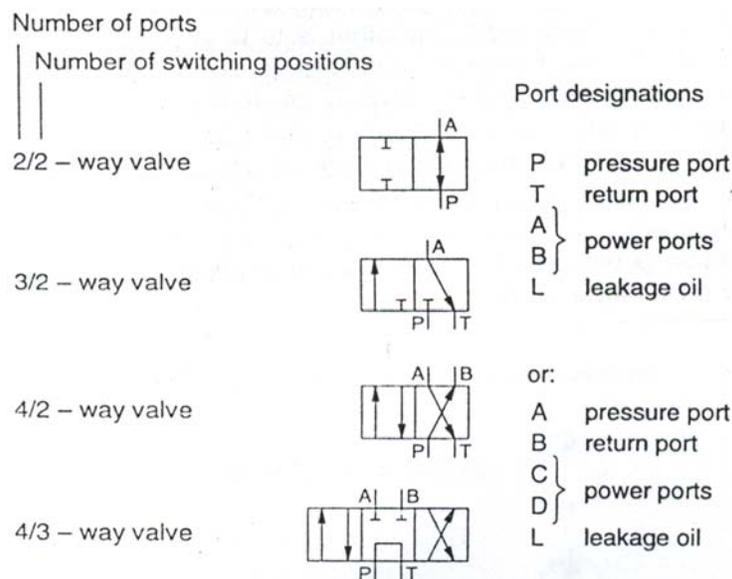
Pada suatu sistem hidrolik, pompa menyebabkan terjadinya aliran dari fluida hidrolik yang akan diteruskan ke silinder dan *actuator* yang lain. *Pressure energy* yang dihasilkan oleh pompa diteruskan ke *actuator* melalui *valves*.

Berbagai macam *valves* digunakan pada sistem hidrolik untuk mengatur aliran dari fluida hidrolik. Pada dasarnya suatu *valve* digunakan untuk mengatur:

- (a) *Blocking or stopping of flow*
- (b) *Direction of flow*
- (c) Tekanan kerja dari oli
- (d) Kapasitas aliran (*flow quantity*)
- (e) Fungsi-fungsi khusus

Pada dasarnya, fungsi dari *direction control valve* pada sebuah sistem hidrolik adalah sebagai pengatur semua pergerakan dari silinder dengan cara mengatur arah aliran dari fluida hidrolik yang terdapat dalam sistem hidrolik.

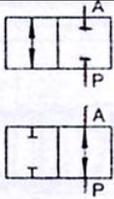
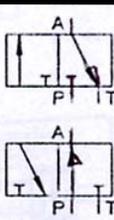
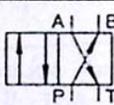
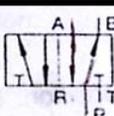
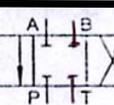
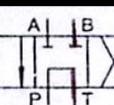
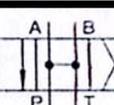
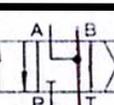
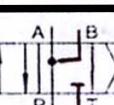
Berikut ini adalah gambar beberapa *directional control valve* dan cara penulisan nama *directional control valve*:



Gambar 3.5 Labelling Directional Control Valve

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 173

Pada gambar 3.6 berikut ini adalah directional control valve yang sering digunakan dalam perancangan suatu sistem hidrolik

<p>2/2-WV</p> <p>Normal position "closed" (P; A)</p> <p>Normal position "flow" (P → A)</p>	
<p>3/2-WV</p> <p>Normal position "closed" (P, T → A)</p> <p>Normal position "flow" (P → A, T)</p>	
<p>4/2-WV</p> <p>Normal position "flow" (P → B, A → T)</p>	
<p>5/2-WV</p> <p>Normal position "flow" (A → R, P → B, T)</p>	
<p>4/3-WV</p> <p>Mid position "closed" (P, A, B, T)</p>	
<p>4/3-WV</p> <p>Mid position "Pump re-circulating" (P → T, A, B)</p>	
<p>4/3-WV</p> <p>"H" mid position (P → A → B → T)</p>	
<p>4/3-WV</p> <p>Mid position "working lines de-pressurised" (P, A → B → T)</p>	
<p>4/3-WV</p> <p>Mid position "By-pass" (P → A → B, T)</p>	

Gambar 3.6 *Directional Control Valve*

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 183

3.7 Flow and Pressure Control

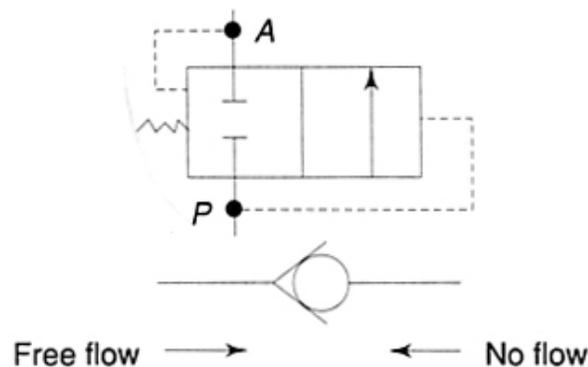
Pada suatu sistem hidrolik, di samping terdapat *direction control valve* seperti yang telah dijelaskan pada subbab 3.6, juga terdapat beberapa tipe *valve* yang lain, yaitu:

- a. *Non-return valves*
- b. *Flow control valves*
- c. *Pressure control valves*

3.7.1 Non-return valve

Non-return valve juga dikenal sebagai *check valve*, dimana fungsi utama *check valve* pada sistem hidrolik adalah untuk mencegah adanya aliran balik (*reverse flow*) dari fluida hidrolik. Penggunaan dari *check valve* ini dapat sebagai *pressure control* atau *directional control*.

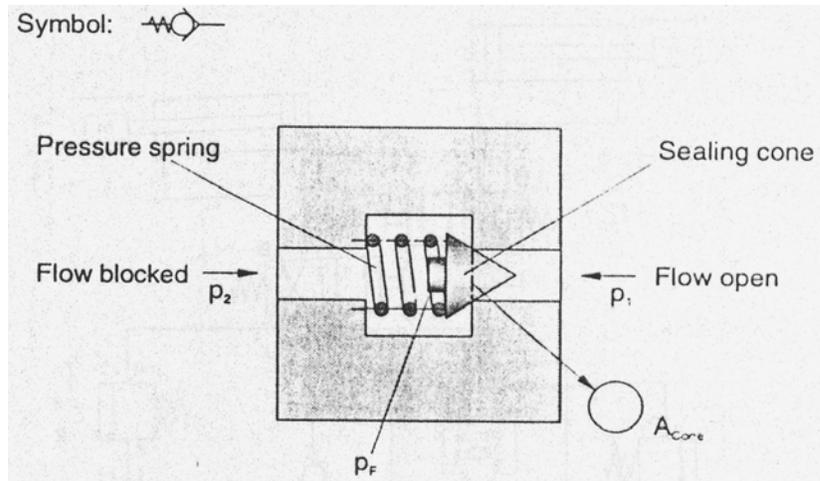
Simbol dari *non-return valve* dapat dilihat pada gambar (3.7) berikut ini:



Gambar 3.7 Graphic Symbol of Check Valve

Sumber: *Oil Hydraulic System* karangan S.R Majumdar halaman 172

Pada saat *non-return valve* difungsikan sebagai *pressure control*, biasanya bagian *moveable part* dari *valve* tersebut ditopang dengan pegas. Gambar dari *non-return valve* yang dilengkapi dengan pegas dapat dilihat pada gambar (3.8) berikut ini:



Gambar 3.8 *Non-return Valve* dengan Pegas

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 201

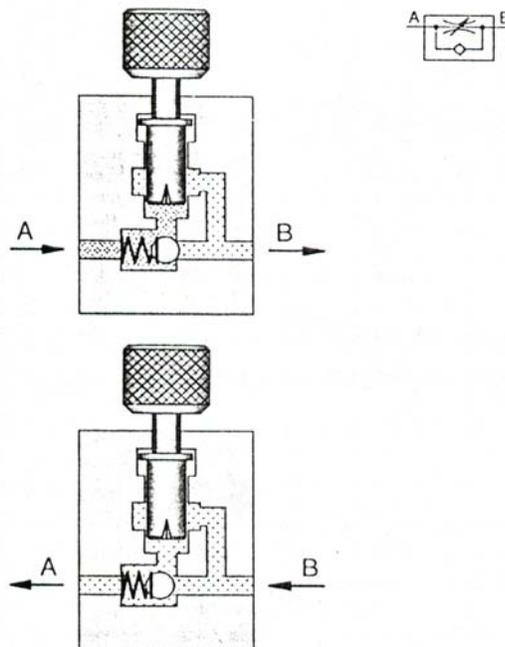
Konstruksi dari *non-return valve* ini sangat sederhana. *Non-return valve* ini terdiri dari rumah valve (*valve body*) dengan masukan dan keluaran dan sebuah *internal moveable member* yang ditopang dengan pegas. *Moveable member* yang terdapat dalam *non-return valve* ini biasanya berbentuk bola.

Prinsip kerja dari *non-return valve* ini adalah pada saat tekanan fluida yang melewati bagian *inlet* dari valve cukup besar untuk mengatasi atau melawan gaya yang ditimbulkan oleh pegas dari *non-return valve* ini, maka fluida akan mendorong *moveable part* dari *non-return valve* sehingga fluida tersebut dapat melewati *non-return valve*.

3.7.2 *Flow Control Valves*

Pada suatu sistem hidrolis, *flow control valve* digunakan untuk mengatur kecepatan gerak dari *hydraulic actuators*. Prinsip dasar dari valve ini adalah mengatur aliran fluida dengan cara memperbesar atau memperkecil area yang dilalui oleh fluida hidrolis tersebut.

Berikut ini adalah gambar dari *flow control valve* dan juga gambar symbol dari *flow control valve* yang digunakan dalam penyederhanaan gambar untuk perancangan sistem hidrolis



Gambar 3.9 Simbol dan Gambar *One-way Flow Control Valve*

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 219

3.7.3 Pressure Control Valves

Fungsi dari *pressure control valves* pada suatu sistem hidrolik adalah sebagai berikut:

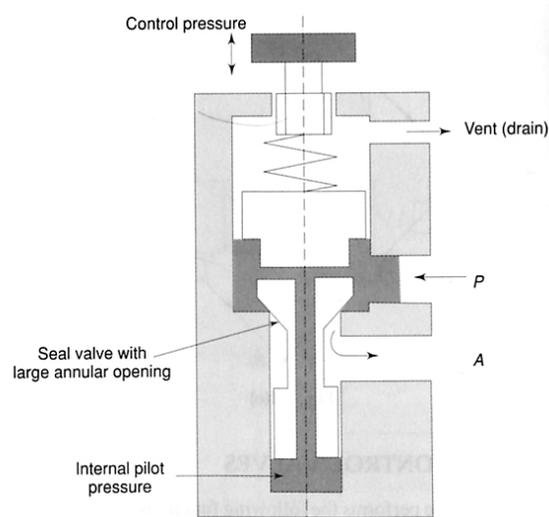
1. Membatasi tekanan maksimum pada sistem sebagai *safety*
2. Mengatur besarnya tekanan kerja dari sistem
3. *Unloading system pressure*

Pertimbangan yang digunakan dalam penggunaan *pressure control valve* pada sistem hidrolik adalah keseimbangan antara tekanan kerja yang diperlukan dengan besarnya beban yang harus dihasilkan.

3.7.3.1 Pressure Relief Valves

Penggunaan *pressure relief valve* dapat dijumpai pada setiap sistem hidrolik. *Pressure relief valve* merupakan sebuah *normally closed valve* yang dihubungkan antara *pressure line* dengan *oil reservoir*.

Fungsi dari *pressure relief valve* ini adalah membatasi tekanan kerja dari sistem hidrolik sehingga bila tekanan kerja maksimum tercapai, *pressure relief valve* ini akan mengalirkan fluida hidrolik dari pompa ke *reservoir*.

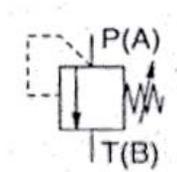


Gambar 3.10 *Pressure Relief Valve*

Sumber: *Oil Hydraulic Systems* karangan S.R Majumdar halaman 176

Pada gambar 3.10 di atas, dapat dilihat adanya pegas dalam komponen *pressure relief valve*. Fungsi pegas di sini adalah untuk mengatur besarnya tekanan kerja yang diijinkan pada sistem hidrolik tersebut. Bila tekanan kerja dari fluida hidrolik lebih kecil gaya pegas maka *valve* akan tetap tertutup, sebaliknya bila tekanan kerja fluida hidrolik lebih besar dari gaya pegas maka *valve* akan terbuka dan fluida hidrolik dapat melalui *valve* tersebut.

Simbol dari *pressure relief valve* dapat dilihat pada gambar 3.11 berikut ini:



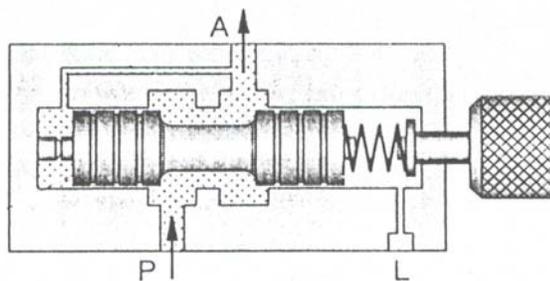
Gambar 3.11 Simbol *Pressure Relief Valve*

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 164

3.7.3.2 Pressure Regulation Valve

Penggunaan dari *pressure regulators* ini adalah untuk menghasilkan tekanan keluaran fluida yang lebih rendah daripada tekanan masukan fluida, dimana tekanan masukan fluida lebih besar daripada tekanan keluaran fluida hidrolik tersebut. *Pressure regulator* ini biasanya digunakan pada suatu sistem hidrolik yang memerlukan beberapa tekanan fluida yang berbeda selama proses berlangsung.

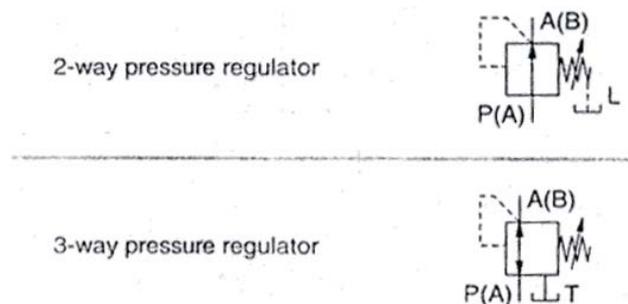
Gambar dari *pressure regulators* dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut ini:



Gambar 3.12 2-way Pressure Regulator

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 173

Penyederhanaan dari gambar 3.13 dapat dilihat pada gambar symbol *pressure regulators* berikut ini:



Gambar 3.13 Simbol *Pressure Regulators Valve*

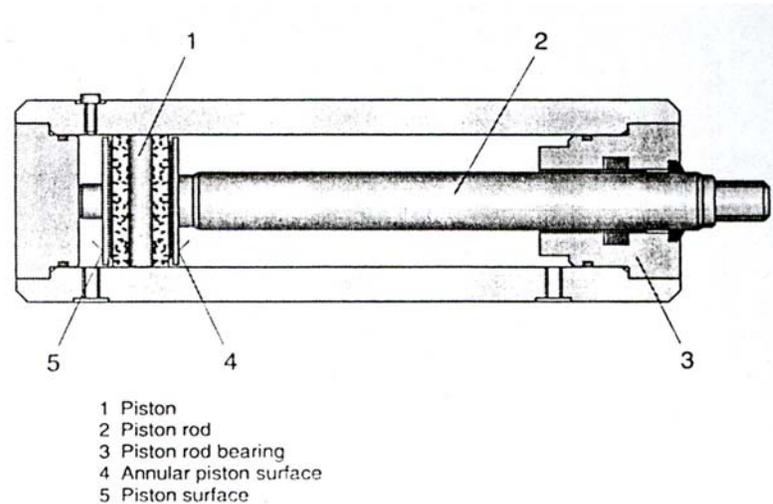
Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 164

3.8 Hydraulic Cylinder

Hydraulic cylinder yang digunakan pada perancangan suatu sistem hidrolik ada dua macam yaitu *single acting cylinder* dan *double acting cylinder*.

Pada perancangan otomasi mesin punch polastic bag ini jenis silinder hidrolik yang digunakan adalah *double acting cylinder*. Oleh karena itu, berikut ini hanya akan dijelaskan mengenai *double acting cylinder*.

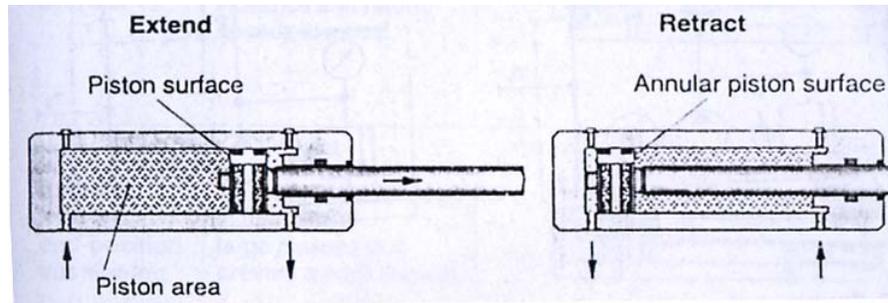
3.8.1 Double Acting Cylinder



Gambar 3.14 *Double Acting Cylinder*

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 228

Double acting cylinder adalah silinder hidrolik dimana dalam pergerakannya menggunakan fluida bertekanan, baik pada saat silinder melakukan langkah *extend* maupun langkah *retract*. Dengan penggunaan fluida bertekanan pada pergerakannya, maka pada *double acting cylinder* memungkinkan untuk melakukan proses kerja baik pada langkah *extend* maupun langkah *retract*. Salah satu hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan *double acting cylinder* pada perancangan suatu sistem hidrolik adalah bahwa pada saat silinder melakukan langkah *extend*, gaya yang dihasilkan oleh silinder lebih besar bila dibandingkan dengan gaya yang dihasilkan oleh silinder pada saat langkah *retract* pada tekanan yang sama. Hal ini disebabkan karena pada saat langkah *extend*, luas permukaan piston yang menahan tekanan fluida lebih besar daripada luas permukaan silinder yang menahan tekanan pada saat langkah *retract*.



Gambar 3.15 Langkah *Extend* dan *Retract* Pada *Double Acting Cylinder*

Sumber: *Textbook FESTO DIDACTIC HYDRAULICS* halaman 231

3.9 Conveyor

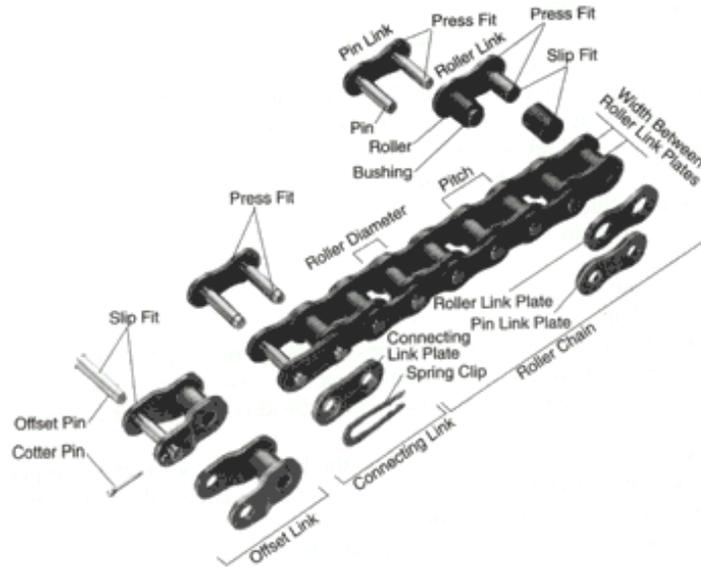
Pada perancangan otomasi mesin *punch plastic bag* ini, *conveyor* berfungsi sebagai *feeder* dari proses *punch*, atau dengan kata lain *conveyor* ini menggantikan tenaga manusia untuk melakukan setting awal *plastic bag* sebelum dikenai proses *punch*. *Conveyor* ini juga perlu untuk dilengkapi dengan pencekam untuk memudahkan dalam memindahkan posisi *plastic bag*.

Berdasarkan pemilihan alternative mekanisme yang telah dilakukan pada bab sebelumnya mengenai *mechanical design process* pada saat pemilihan mekanisme *material handling equipment*, telah diambil kesimpulan bahwa jenis *conveyor* yang paling sesuai untuk digunakan pada perancangan otomasi mesin *punch plastic bag* ini adalah *chain conveyor*. Oleh karena itu berikut ini akan dijabarkan mengenai teori dasar dari *chain conveyor*.

3.9.1 Chain Conveyor

3.9.1.1 Power Transmission Chain

Pada gambar 3.16 berikut ini adalah bagian-bagian dasar dari rantai yang digunakan sebagai *power transmission system*



Gambar 3.16 *Basic Components of Power Transmission Chain*

Sumber: U_S_ Tsubaki - The Complete Guide to Chain Section 1.htm

Power transmission chain merupakan rantai yang digunakan untuk mentransmisikan daya dari motor ke *sprocket* yang digerakkan. Keuntungan penggunaan rantai sebagai alat transmisi daya adalah rantai sangat ekonomis untuk *low speed* dan *large loads*.

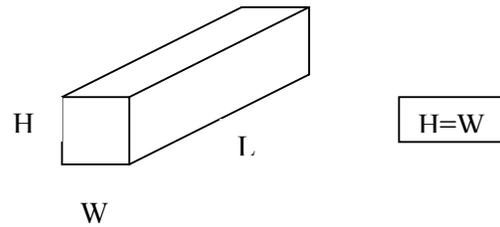
3.10 Pasak

Fungsi dari pasak secara umum adalah untuk meneruskan gaya atau daya dari satu elemen ke elemen mesin lainnya seperti dari poros ke *sprocket*. *Key* dibuat dari material yang kekuatannya lebih kecil dibandingkan kekuatan material yang disambung.

Pada mesin *punch plastic bag* ini, *key* digunakan untuk meneruskan gaya atau daya dari poros ke *sprocket*, sehingga *key* harus memiliki kekuatan material lebih rendah dibandingkan dengan material dari poros maupun material dari *sprocket*. Hal ini dilandasi pemikiran bahwa proses pembuatan *key* lebih mudah dibandingkan dengan proses pembuatan poros.

Pada mesin *punch plastic bag* ini jenis *key* yang digunakan adalah *square key* karena *square key* mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibanding *flat key*.

3.10.1 Square Key

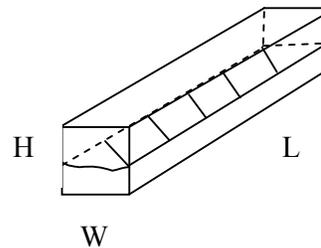


Gambar 3.17 Square Key

Kerusakan pada sebuah *key* dapat disebabkan oleh dua hal, yakni:

- rusak karena geser
- rusak karena kompresi

3.10.1.1 Key Rusak Karena Geser



Gambar 3.18 Square Key Rusak Karena Geser

Besarnya beban yang bekerja pada poros:

$$P = \frac{T}{d/2} = \frac{2.T}{d} \dots\dots\dots(3.4)$$

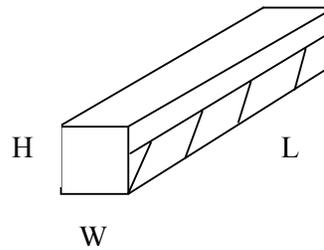
Besarnya luasan geser dari key adalah $A_s = w.L$. Sehingga besarnya *design shear stress*:

$$\tau_{design} = \frac{P}{A_s} = \frac{2.T}{d.w.L} \dots\dots\dots(3.5)$$

Sehingga besarnya panjang minimum (panjang kritis) *key* yang diperlukan akibat rusak karena geser adalah:

$$L_{cr} = \frac{2.T_{max}}{d.w.\tau_{design(key)}} \dots\dots\dots(3.6)$$

b. Rusak karena kompresi



Gambar 4.24 *Square Key* Rusak Karena Kompresi

Besarnya luasan kompresi dari *key* adalah $A_c = H.L/2$. Sehingga besarnya *design compressive stress*:

$$\sigma_{design} = \frac{P}{A_c} = \frac{2.T}{d.H.L/2} = \frac{4.T}{d.H.L} \dots\dots\dots(3.7)$$

Sehingga besarnya panjang minimum (panjang kritis) *key* yang diperlukan akibat rusak karena kompresi adalah:

$$L_{cr} = \frac{4.T_{max}}{d.H.\sigma_{design(key)}} \dots\dots\dots(3.8)$$