

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk memindahkan fluida dari peralatan (*equipment*) yang berada di dalam pabrik (*plant*) atau dari satu tempat ke tempat lain sehingga dapat terjadi proses produksi. Suatu sistem perpipaan (*piping system*) memiliki beberapa komponen pelengkap yaitu *flange*, katup, *reducer*, *elbow*, tumpuan / *structure*, percabangan, *nozzle* dan lain lain. Dalam dunia industri, sering dikenal sebagai *piping* dan *pipeline*. *Piping* adalah sistem perpipaan yang ada dalam *plant*, untuk mengalirkan fluida dari satu peralatan ke peralatan lain. *Piping* biasanya bersifat internal yaitu jalur hanya berada di dalam *plant*. Sedangkan *pipeline* adalah sistem perpipaan yang menghantarkan fluida dari satu *plant* ke *plant* lainnya. *Pipeline* biasanya memiliki pipa yang sangat panjang, karena melintasi suatu daerah.

Sistem perpipaan sangat sering ditemukan pada bidang industri dari sistem perpipaan tunggal (*simple*) sampai sistem perpipaan bercabang (*complex*). Contoh sistem perpipaan dalam industri pembangkit tenaga panas bumi adalah sebagai sarana pemindah fluida dari *reservoir* ke peralatan pembangkit, sistem distribusi air kedalam gedung dan lain lain. Sistem perpipaan memiliki berbagai macam alur atau percabangan sehingga banyak komponen dalam sistem perpipaan yang digunakan. Sebagai contoh adalah *tee* (percabangan), penyusutan diameter (*reducer*), pengatur aliran (*valve*) dan lain lain.

2.1.1. Jenis-jenis pipa

Jenis pipa dapat dikelompokkan secara garis besar yaitu :

- a) Jenis pipa yang memiliki sambungan dengan pengelasan.
- b) Jenis pipa yang memiliki sambungan tanpa pengelasan

2.1.2. Bahan-bahan pipa umum

Bahan pipa secara umum dari material atau struktur baru pembuatan awal pipa yaitu :

- a) *Carbon steel*
- b) *PVC (Polyvinyl chloride)*
- c) *Galvaness*
- d) *Ferro*
- e) *Chrome Moly*
- f) *Carbon Moly*

2.1.3. Bahan-bahan pipa khusus

- a) Kuningan
- b) Tembaga
- c) *Viberglass*
- d) Alumunium
- e) Besi timah crom
- f) Besi tanpa tempa

2.2. Komponen sistem perpipaan

Komponen sistem perpipaan harus dibuat berdasarkan spesifikasi, material dan standar yang telah ditentukan. Komponen sistem perpipaan ini meliputi pipa-pipa (*pipes*), sambungan (*fitting*), *equipment*, *support* dan komponen khusus.

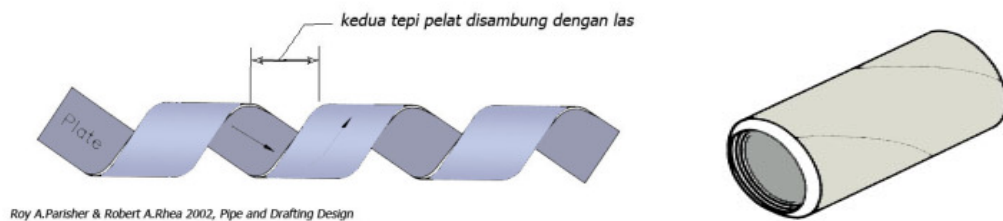
2.2.1. Pipa-pipa (*pipes*)

Pipa-pipa adalah sistem tertutup suatu media alat transportasi fluida gas maupun cair. Pipa-pipa ini banyak digunakan di industri sebagai media transportasi air, penyalur uap dari material pipa baja atau pipa besi yang biasa digunakan di industri pembangkit.

2.2.1.1. Pipa las spiral (*spiral welding pipe*)

Pipa las spiral adalah pipa yang dibuat dengan metode memuntir plat tipis sehingga berbentuk pipa yang kemudian tiap ujungnya di las sehingga menjadi sambungan pada pipa.

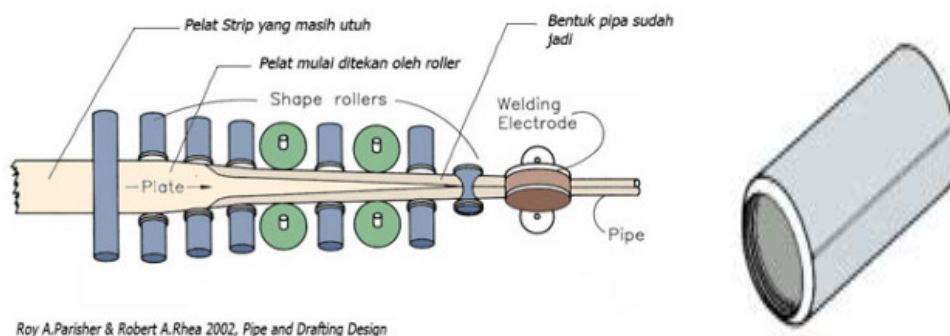
Pipa ini tidak terlalu banyak digunakan karena ketebalan dinding (*thickness*) yang tipis membuat pipa ini hanya bisa digunakan dalam tekanan rendah. Pipa las spiral sesudah dan sebelum plat di puntir dan dilas lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pipa las spiral (*spiral welding pipe*) sebelum dan sesudah (Roy A. Parisher & Robert A. Rhea, 2002)

2.2.1.2. Pipa di las (*butt weld pipe*)

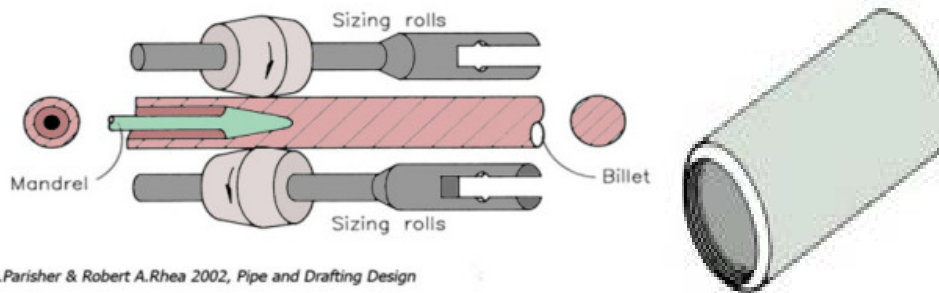
Pipa di las dibuat dengan cara memasukkan plat kedalam cetakan (*shaper roller*) yang akan merollnya menjadi bentuk pipa yang berlubang seperti Gambar 2.2. Pada proses penekanannya ini cetakan memiliki tekanan yang sangat tinggi.



Gambar 2.2 Pipa dilas (*butt-welded pipe*) sebelum dan sesudah. (Roy A. Parisher & Robert A. Rhea, 2002)

2.2.1.3. Pipa tanpa sambungan (*seamless steel*)

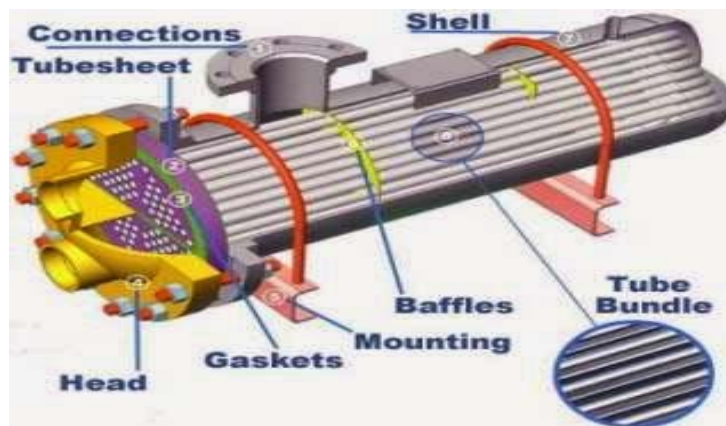
Pipa tanpa sambungan (*seamless steel*) ini dibuat dengan cara menusuk batang baja yang mendekati suhu cair (*billet*) dengan cara menggunakan sebuah mandrel yang mana pipa ini tidak memiliki sambungan seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pipa tanpa sambungan (*seamless steel*)
(Roy A. Parisher & Robert A. Rhea, 2002)

2.2.1.4. Tube

Tube adalah sebuah benda silindris yang memiliki lubang di tengahnya. *Tube* memiliki kemiripan dengan pipa namun ukurannya lebih kecil seperti pada Gambar 2.4. Ukuran tube maksimal adalah 2 inch. *Tube* biasanya digunakan alat-alat penukar kalor (*shell and tube heat exchanger*).



Gambar 2.4 Tubing pada *heat exchanger*.
(<http://engineering4read.blogspot.co.id>)

2.2.2 Sambungan (*Fitting*)

Sambungan adalah suatu komponen dalam sistem perpipaan yang berfungsi sebagai penyambung antar pipa dan sebagai akhir perpipaan atau *outlet fitting*. Sambungan memiliki berbagai macam bentuk dan fungsi yang berbeda beda.

2.2.2.1 *Flange*

Flange adalah sebuah mekanisme yang digunakan untuk menyambungkan antara pipa dengan pipa atau pipa dengan *nozzle equipment* yang lainnya. *Flange* bisa dipilih berdasarkan bentuk, tekanan, rating atau syarat yang memenuhi untuk desasin.

2.2.2.1.1 *Blind Flange*

Flange ini tidak memiliki lubang di tengah, karena *flange* ini biasa digunakan di akhir jalur pipa atau fitting. *Flange* ini berfungsi untuk menutup aliran sama halnya seperti *cap* lihat Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Blind flange*
(<https://hardhatengineer.com>)

2.2.2.1.2 *Weld Neck Flange*

Flange ini mempunyai bagian khusus yang mempunyai leher (*neck*) alat penyambungannya dengan menggunakan *butt welding*. *Flange* jenis ini digunakan untuk tekanan tinggi seperti bagian *nozzle* pada *vessel*, kompresor dan pompa. Karakteristik *flange* ini lihat Gambar 2.6 memiliki ketahanan sambungan terhadap

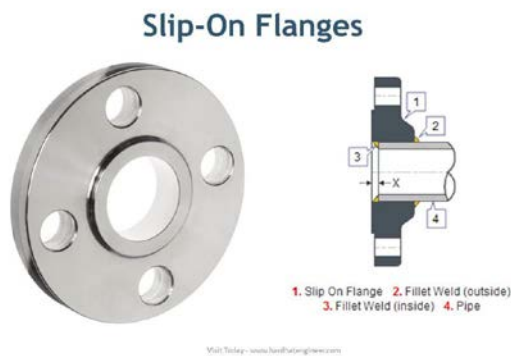
kejutan dengan getaran pipa akibat laju aliran fluida yang besar didalam pipa, harga *flange* ini relatif mahal.



Gambar 2.6 *Weld neck flange*
(<https://hardhatengineer.com>)

2.2.2.1.3 *Flange Slip On*

Flange jenis ini memiliki ketahanan getaran dan kejutan yang rendah. *Flange* ini hanya dapat di aplikasikan pada tekanan rendah seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 *Slip on flange*
(<https://hardhatengineer.com>)

2.2.2.1.4 *Socket Weld Flange*

Socket weld flange memiliki fungsi yang sama dengan *slip on flange*. Perbedaannya pada tempat penempatan pipa nya untuk *socket weld flange* memiliki dudukan seperti lubang bertingkat lihat Gambar 2.8.

Socket-Welded Flanges



Gambar 2.8 *Socket weld flange*
(<https://hardhatengineer.com>)

2.2.2.1.5 *Threaded Flange*

Flange jenis ini memiliki bentuk mirip dengan *slip on flange* . Perbedaannya pada *flange* jenis ini memiliki ulir di dalamnya lihat Gambar 2.9. *Flange* jenis ini biasanya digunakan dalam tekanan rendah dan tidak beroperasi dalam *temperatur* yang tinggi.

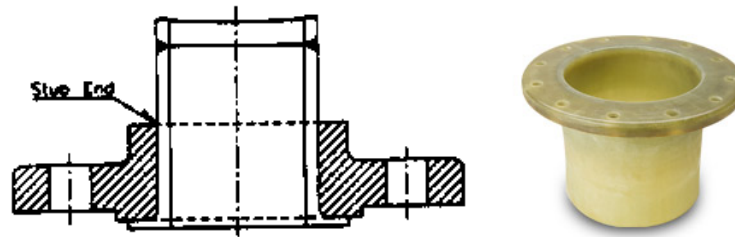
Threaded Flanges



Gambar 2.9 *Threaded flange*
(<https://hardhatengineer.com>)

2.2.2.1.6 *Stub End Flange*

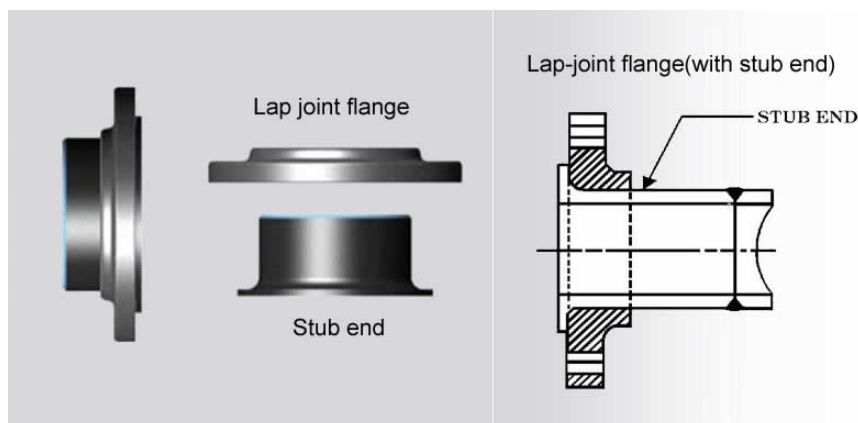
Stub end flange adalah dua buah elemen yang terdiri dari *Stub end* dan *Backing ring (flange)* Gambar 2.10. Fungsi *stub end* adalah menahan *backing ring (flange)*, sedangkan fungsi *backing ring* adalah untuk koneksi dengan mur atau baut pada *backing ring (flange)* lainnya.



Gambar 2.10 *Stub flange*
<http://www.piping-engineering.com>

2.2.2.1.7 *Lap Joint Flange*

Flange ini dapat digunakan ketika pada saat instalasi pipa menemui kesulitan untuk pemasangan baut atau kekurangan ruang lihat Gambar 2.11. Kemudian jenis *flange* ini bisa digunakan dimana terjadi tegangan lentur yang sangat besar.



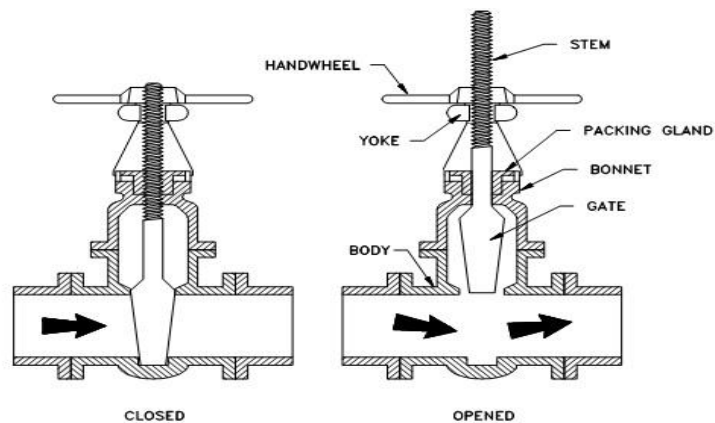
Gambar 2.11 *Lap joint flange*
<https://hardhatengineer.com>

2.2.2.2 **Katup (Valve)**

Katup adalah suatu komponen yang sering digunakan dalam sistem perpipaan. Fungsi dari katup adalah untuk menutup, memperbesar dan memperkecil aliran atau mengatur arah aliran fluida dalam suatu jalur pipa. Disini hanya akan membahas beberapa contoh katup yang sering digunakan yaitu :

2.2.2.2.1 Gate Valve

Gate Valve memiliki penyekat berupa piringan lihat Gambar 2.12. Katup jenis ini digunakan untuk membuka dan menutup aliran dengan pergerakan keatas dan kebawah.

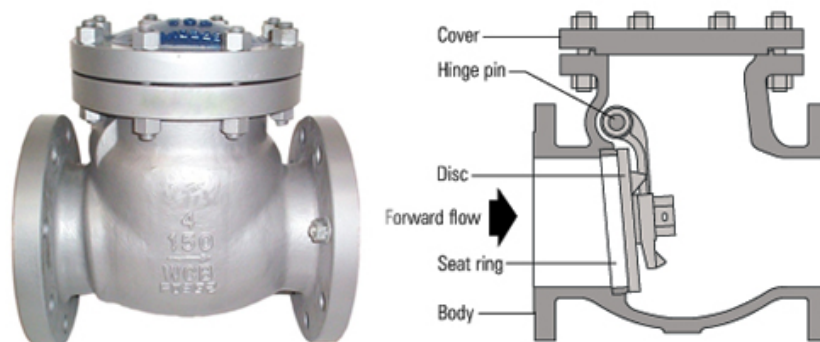


Gambar 2.12 Gate Valve
(<http://bit.ly/2moZOwm>)

2.2.2.2.2 Check Valve

Katup ini memiliki prinsip kerja yaitu hanya mengalirkan fluida satu arah dan mencegah fluida mengalir ke arah sebaliknya lihat Gambar 2.13.

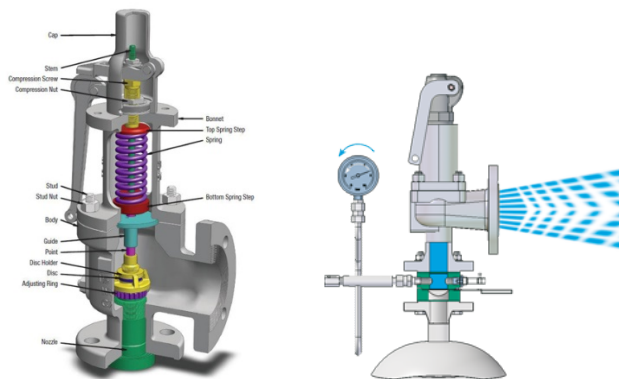
Check Valves



Gambar 2.13 Check Valve
(<http://bit.ly/2APK9ub>)

2.2.2.2.3 Safety Valve

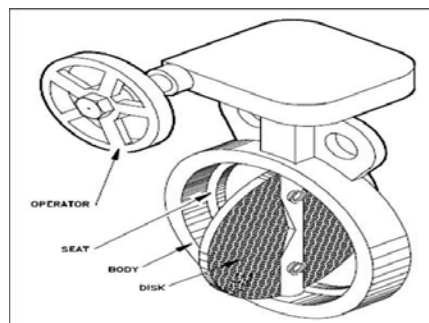
Safety valve biasa juga disebut sebagai *Relief valve*, katup ini biasanya di atur batasan tekanannya sehingga sangat menguntungkan ketika terjadi kerusakan *equipment* pada *piping*. Karena *safety valve* ini dapat membuang gas atau *liquid* dalam waktu singkat sehingga dapat mencegah terjadinya *overpressure* seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Safety Valve*
(<http://bit.ly/2qR2UO9>)

2.2.2.2.4 Butterfly Valve

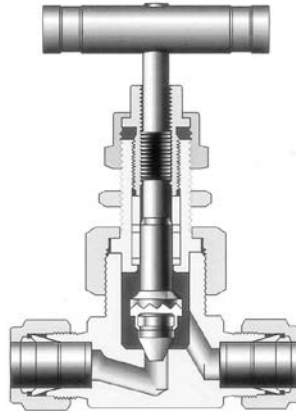
Butterfly valve hanya digunakan untuk memberhentikan aliran dalam tekanan yang sangat rendah dan akan memberikan *pressure drop* yang rendah juga lihat Gambar 2.15. Sehingga tidak cocok digunakan untuk mengatur aliran dan tekanan.



Gambar 2.15 *Butterfly Valve*
(<http://bit.ly/2EvVSAF>)

2.2.2.2.5 *Needle Valve*

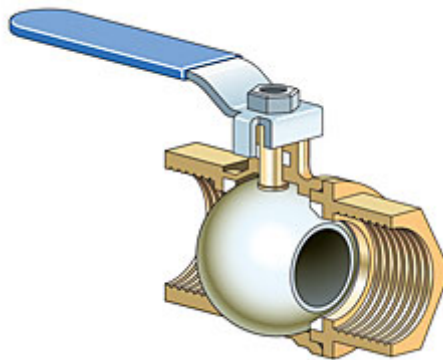
Katup ini dapat digunakan untuk *throttling* dengan sangat akurat dan juga dapat digunakan pada tekanan atau *temperatur* tinggi lihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 *Needle Valve*
(<http://bit.ly/2DkmlSm>)

2.2.2.2.6 *Ball Valve*

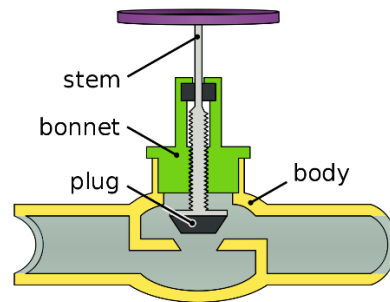
Katup ini memiliki penyekat berupa bola lihat Gambar 2.17 yang memiliki lubang untuk mengalirkan fluida. Katup jenis *ball valve* ini sangat mudah untuk menutup aliran. Katup ini bisa kita jumpai pada keran air.



Gambar 2.17 *Ball Valve*
(<http://bit.ly/2Ex1mv1>)

2.2.2.2.7 *Globe Valve*

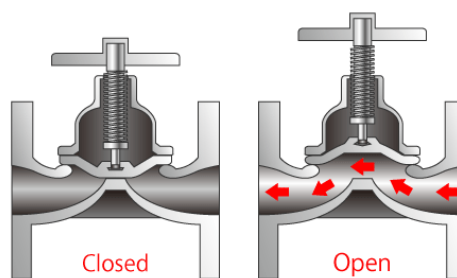
Katup ini digunakan untuk mengatur besar kecilnya aliran fluida. Katup ini sangat efisien karena kedudukan *valve* yang sejajar dengan fluida lihat Gambar 2.18. Sehingga erosi yang terjadi pada kedudukan dan piringan dapat terminimalisir.



Gambar 2.18 *Globe Valve*
(<http://bit.ly/2FoO7h1>)

2.2.2.2.8 *Diafragma Valve*

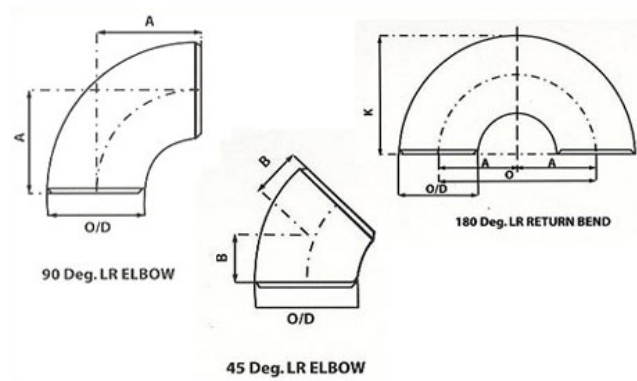
Katup diafragma ini berfungsi untuk membuka dan menutup dengan diafragma seperti Gambar 2.19. Kelebihan *valve* ini dibandingkan dengan jenis *valve* yang lain adalah menghasilkan aliran tanpa riak (*tenang/smooth*) dan fluida mengalir tanpa tahanan. *Valve* ini sangat baik untuk *flow control* dan penutupan aliran yang sangat rapat.



Gambar 2.19 *Diafragma Valve*
(<http://bit.ly/2APFf0p>)

2.2.2.3 *Siku (Elbow)*

Sambungan ini berfungsi untuk merubah arah aliran fluida lihat Gambar 2.20. *Elbow* memiliki 3 jenis yang paling umum yaitu *elbow* 45°, *elbow* 90°, *elbow* 180°.



Gambar 2.20 Siku (*Elbow*)
<http://bit.ly/2qSMRQa>

2.2.2.4 Sambungan Tee

Sambungan jenis ini berfungsi berfungsi untuk menyambungkan 3 pipa lihat Gambar 2.21 dan 2.22. Sambungan ini memiliki beberapa jenis yaitu *straight tee* yaitu sambungan *tee* yang memiliki lubang dengan diameter membesar dari pipa utama. *Reducer tee* yaitu sambungan *tee* yang memiliki lubang diameter yang mengecil dari pipa utama.



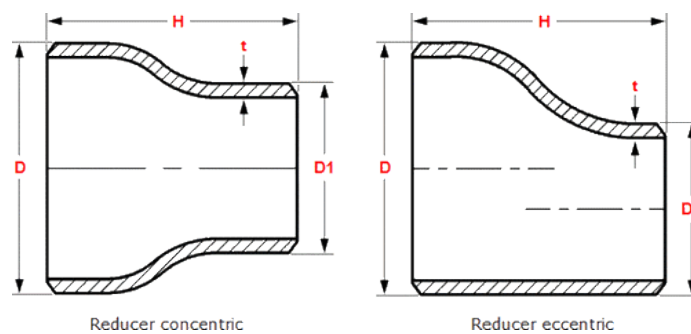
Gambar 2.21 *Reducer Tee*
<http://bit.ly/2mrGcrl>



Gambar 2.22 *Straight Tee*
<http://amzn.to/2mqOXSm>

2.2.2.5 Reducer

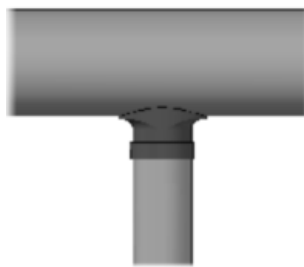
Reducer adalah sambungan yang berfungsi untuk mereduksi atau memperkecil ukuran pipa. Sambungan ini memiliki ukuran diameter kedua ujungnya berbeda seperti pada Gambar 2.23. Sambungan ini digunakan untuk menyambungkan pipa besar ke pipa kecil. *Reducer* memiliki 2 jenis yaitu *eccentric* dan *concentric*.



Gambar 2.23 *Reducer concentric* dan *eccentric*
(<http://bit.ly/2D0NFYP>)

2.2.2.6 Stub in

Sambungan ini memiliki fungsi yang sama dengan *tee*. Perbedaan antara *stub in* dan *tee* adalah *tee* merupakan komponen yang terpisah dari pipa utamanya. *Stub in* merupakan serangkaian komponen yang sudah menempel pada pipa utamanya seperti Gambar 2.24 namun sebagai pengganti *reducer*. Fungsi dari kedua komponen ini sama yaitu untuk membagi arah aliran.



Gambar 2.24 *Stub in*
(<http://bit.ly/2AOYMOOr>)

2.2.2.7 Cap

Gambar 2.25 adalah *Cap* berfungsi untuk menghentikan laju aliran. Di las langsung pada bagian ujung pipa utama.



Gambar 2.25 *Cap*
(<http://bit.ly/2EwP7P0>)

2.2.2.8 *Baut-baut (Bolting)*

Baut atau *bolting* berfungsi sebagai pengikat untuk menahan dua obyek bersama, dan berbagai jenis komponen atau *equipment*. Ada tiga jenis baut yang umum digunakan yaitu baut mesin (*machine bolt*), baut paku (*stud bolt*), dan ulir penutup (*cap screw*) lihat pada Gambar 2.26.

2.2.2.8.1 *Baut mesin (machine bolt)*

Baut jenis ini adalah baut yang sering kita lihat sehari-hari. Baut jenis ini mudah untuk mengalami kerusakan karena seluruh panjangnya harus menerima gaya torsi. Pada saat di kencangkan atau di kendorkan maka baut akan mengalami beban torsi dan ini dapat merusak baut.

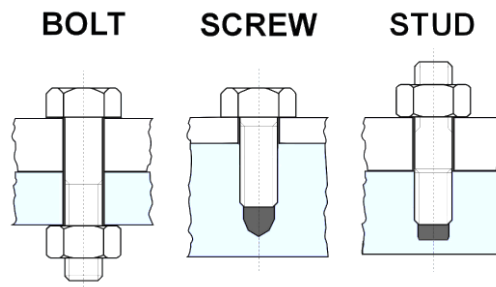
2.2.2.8.2 *Baut paku (Stud bolt)*

Stud bolt memiliki dua buah mur yang dapat dikencangkan dari sisi kanan atau kirinya lihat Gambar 2.26. Penggunaan *stud bolt* ini biasanya digunakan pada sambungan *flange* yang menghubungkan antar pipa atau *equipment* tertentu.

Stud bolt ini memiliki beberapa keunggulan jika dibanding *machine bolt*, diantaranya adalah:

1. *Stud bolt* lebih mudah dibuka jika berkarat (rusak)
2. Memiliki diameter yang seragam (tidak ada *head*)
3. *Stud bolt* yang jarang digunakan dapat mudah dibuat dari baja padat (*round stock*)

Tetapi di balik keunggulannya *stud bolt* ini mempunyai satu kelemahan yaitu membingungkan arah ketika dilepas atau di kencangkan.



Gambar 2.26 *Machine bolt, screw bolt, dan stud bolt*
<http://bit.ly/2mp6Voz>

2.2.2.9 *Gasket Pipa*

Gasket pada sambungan *flange* berfungsi sebagai pencegah kebocoran. *Gasket* perlu di pasang baik yang berbentuk lingkaran atau oval. *Gasket* di letakan di permukaan *flange* (*face flange*) seperti gambar 2.27.



Gambar 2.27 *Gasket*
<http://bit.ly/2FwGPI6>

2.2.2.9.1 *Standar untuk gasket*

- a) ASME B16.20: *Ring-join gasket dan grooves untuk steel pipe flanges (metallic gasket)*
- b) ASME B16.21: *Non-Metallic gasket untuk pipe flange*

2.2.2.9.2 *Pemilihan gasket*

Pemilihan *gasket* harus meliputi beberapa pertimbangan :

- a) Spesifikasi fluida yang digunakan contohnya suhu, tekanan dan sifat korosif.
- b) Aspek financial.

- c) Seberapa sering pembongkaran *flange* untuk tujuan perawatan dan lain-lain.
- d) Persyaratan atau *code* yang harus di pertimbangkan.

2.2.3 Komponen Khusus

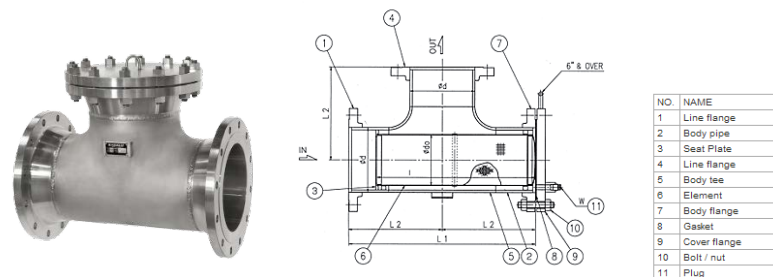
Komponen khusus adalah suatu komponen yang digunakan sebagai salah satu tahap dimana fluida yang mengalir di *treatment* agar dapat meminimalisir kerugian pada saat proses produksi.

2.2.3.1 Saringan (Strainer)

Saringan ini berfungsi sebagai penyaring kotoran fluida. Saringan ini guna untuk membuat proses produksi lebih baik. Berikut adalah beberapa macam tipe saringan :

2.2.3.1.1 Saringan jenis T

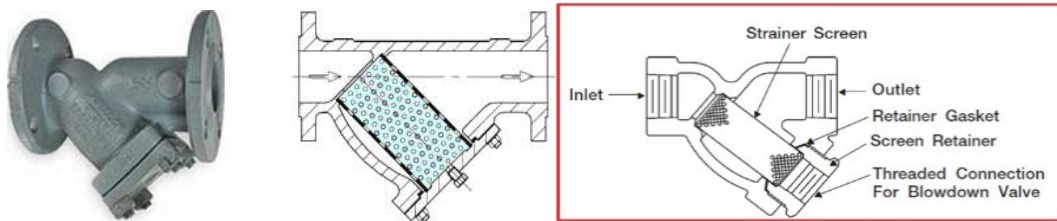
Saringan jenis ini digunakan untuk memperluas aliran pipa dan mereduksi tekanan aliran lihat Gambar 2.28.



Gambar 2.28 *Strainer type T*.
<http://bit.ly/2EEwCti>

2.2.3.1.2 Saringan jenis Y

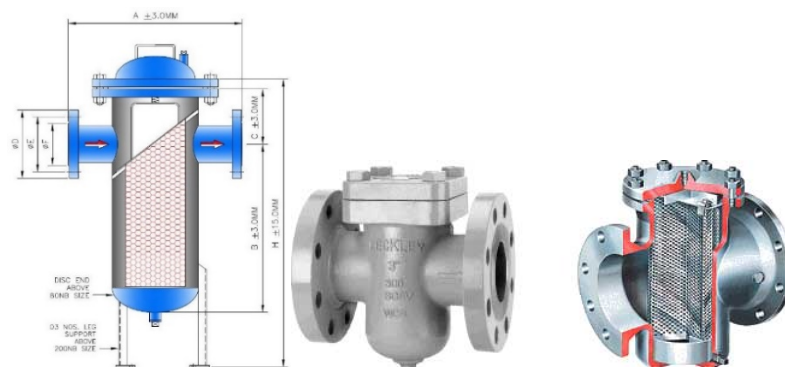
Saringan jenis ini menyaring kotoran secara langsung dan menyaringnya kebawah namun fluida tetap bergerak satu arah seperti pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29 *Strainer type Y* .
<http://bit.ly/2mFqER9>

2.2.3.1.3 Saringan jenis *basket*

Tipe ini digunakan untuk menyaring aliran yang lurus, selain itu alat penyaringnya tergantung dari karakteristik dari jenis cairan atau fluida seperti Gambar 2.30.



Gambar 2.30 *Strainer type basket* .
<http://bit.ly/2qYID9w>

2.2.3.1.4 Saringan jenis *temporary*

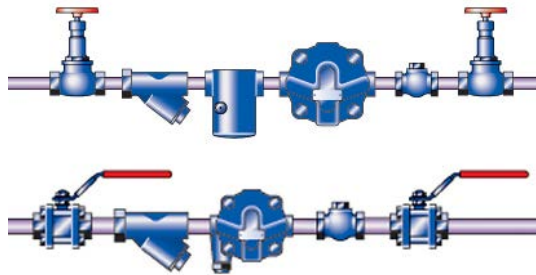
Saringan jenis ini biasa digunakan ketika start up atau pengetesan awal lihat Gambar 2.31.



Gambar 2.31 *Strainer type temporary* .
<http://bit.ly/2DaKnCa>

2.2.3.2 Perangkap Uap (*Steam trap*)

Steam trap merupakan alat yang digunakan untuk memisahkan antara uap dengan air. Pemisahan ini guna untuk menghilangkan hambatan oleh air bahkan dapat memberikan kerugian-kerugian pada saat proses produksi berlangsung lihat Gambar 2.32. *Steam trap* ini biasa kita jumpai di perusahaan pembangkit tenaga uap sebagai penghasil listriknya.



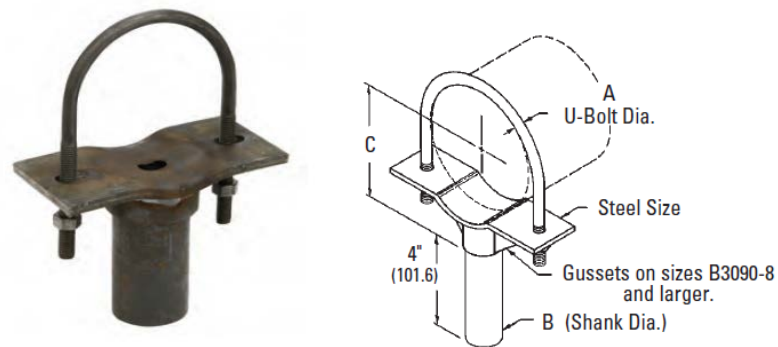
Gambar 2.32 *Steam trap*.
(<http://bit.ly/2FAykf2>)

2.2.4 Penyangga (*Support*)

Support disini dirancang untuk mendukung pipa dari struktur dasar secara vertikal dan horizontal tergantung penyesuaiannya. *Guide* dan *slide* pipa dirancang untuk memungkinkan gerakan longitudinal karena ekspansi termal dan kontraksi pipa. Pelindung dan *saddle* dirancang untuk mencegah kerusakan pada isolasi pipa. Berikut adalah macam-macam penyangga untuk pipa :

2.2.4.1 *U-Bolt*

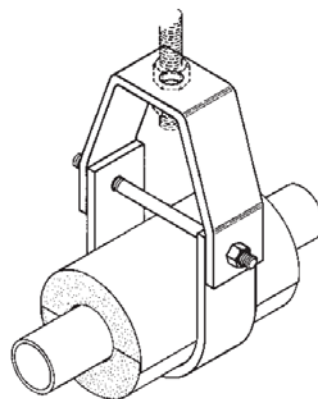
Penyangga jenis ini berbentuk U terbalik lihat Gambar 2.33. Pipa akan dilewatkan kedalam U kemudian di kunci dengan ulir meyesuaikan ukuran diameter pipa.



Gambar 2. 33 *U-bolt*.
(<http://www.cooperindustries.com>)

2.2.4.2 *Pipe hanger*

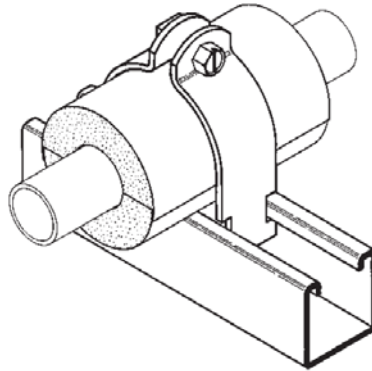
Penyangga jenis ini membuat pipa tergantung di udara lihat Gambar 2.34. *Pipe hanger* biasanya di gantungkan kemudian pipa di lewatkan sehingga berat dari pipa akan tertopang oleh penyangga ini.



Gambar 2.34 *Pipe hanger*
(<http://www.cooperindustries.com>)

2.2.4.3 *Strut Mounted*

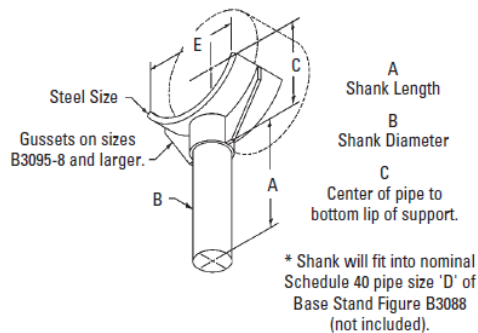
Penyangga *strut mounted* adalah berupa *clamp*. Penyangga ini menjepit pipa kemudian mengencangkannya dengan mur dan baut seperti Gambar 2.35.



Gambar 2.35 *Strut mounted*
<http://www.cooperindustries.com>

2.2.4.4 *Pipe Saddle Support*

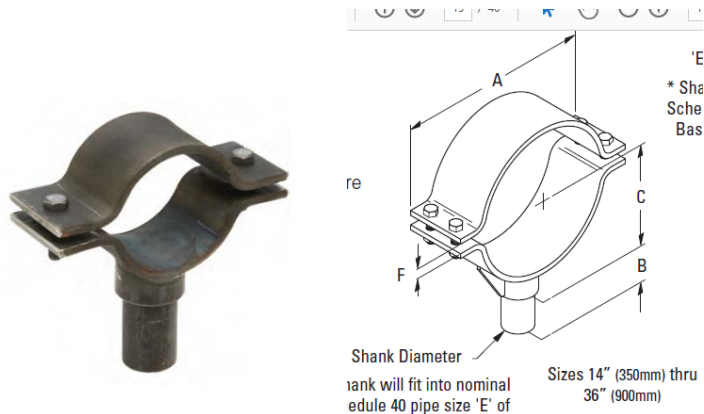
Fungsi dari penyangga jenis ini adalah untuk menyangga pipa horizontal yang dipasang di lantai lihat Gambar 2.36.



Gambar 2.36 *Pipe saddle support*
<http://www.cooperindustries.com>

2.2.4.5 *Pipe saddle pipe with trap*

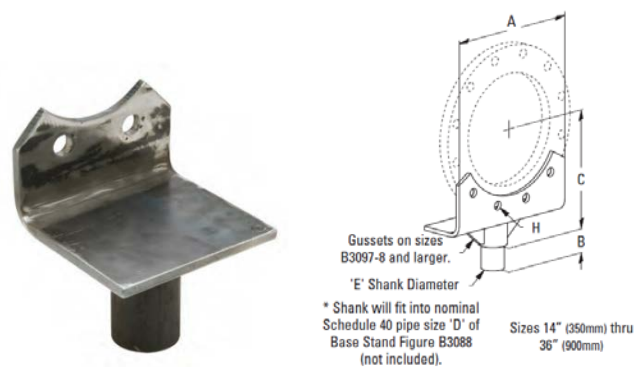
Penyangga jenis ini digunakan untuk pipa horizontal dengan mengunci pipa dari atas lihat Gambar 2.37.



Gambar 2.37 *Pipe saddle pipe with trap*
<http://www.cooperindustries.com>

2.2.4.6 *Flange support*

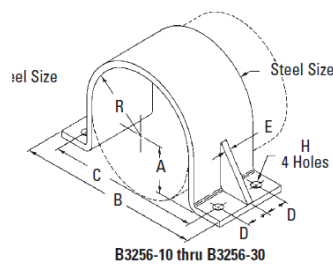
Penyangga jenis ini dirancang untuk mendukung *flange* dengan material besi tuang seberat 125 lb dan sambungan *flange* baja seberat 150 lb lihat Gambar 2.38.



Gambar 2.38 *Flange support*
<http://www.cooperindustries.com>

2.2.4.7 *Anchor clamp*

Penyangga jenis ini dirancang untuk mencegah gerakan *longitudinal* atau Gerakan *lateral* pada pipa. Dimana pipa berlabuh ke tiang beton atau struktur pendukung lainnya lihat Gambar 2.39.



Gambar 2.39 *Anchor clamp*
<http://www.cooperindustries.com>

2.3 Penentuan rating tekanan dan *temperature*

Variasi rating tekanan dan *temperature* proses dalam suatu jalur pipa dapat menimbulkan suatu kebutuhan untuk mendefinisikan rating tekanan dan *temperature*. Dalam suatu instalasi sistem perpipaan akan selalu ada beban tekanan yang bekerja yang dapat membuat komponen-komponen pipa dan pipa dapat mengalami tegangan-tegangan. Agar tidak terjadi tegangan-tegangan maka komponen pipa membutuhkan rating tertentu. Dalam hal ini diperlukan suatu ketebalan dinding dari komponen-komponen pipa yaitu dengan mencari berdasarkan *standard* ketebalan berdasarkan komponen-komponen :

- Pipa = *no.schedule*.
- Tube = *no.BWG (Birmingham wire gauge)*.
- Fitting = BW (*Butt Weld*) = *no.schedule* dimana fitting BW terletak.
 = SW (*Socket Weld*) = *no.class* (ASME B16.11)
 = THRD (*Threaded*) = *no.class* (ASME B16.11)
- Flange = NPS ½" – 24" = *no.class* (ASME B16.5)
 NPS 26" – 48" = *no.class* (ASME B16.47)
- Valve = *no.class* (ASME B16.34)

2.4 Pemilihan bahan

Pemilihan bahan ini harus disesuaikan berdasarkan syarat pipa dan standar. Terdapat dua standar yang sering digunakan yaitu ASTM (*American society of testing material*) dan ANSI (*American national standar institute*).

Setelah menentukan perpipaan yang akan digunakan kemudian perlu diketahui juga beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu spesifikasi dari fluida yang akan digunakan.

2.5 Piping Desain (*Piping Design*)

Dalam piping desain banyak faktor dan hal yang harus di perhatikan. Berikut faktor-faktor yang perlu diketahui agar bisa mendesain sistem perpipaan :

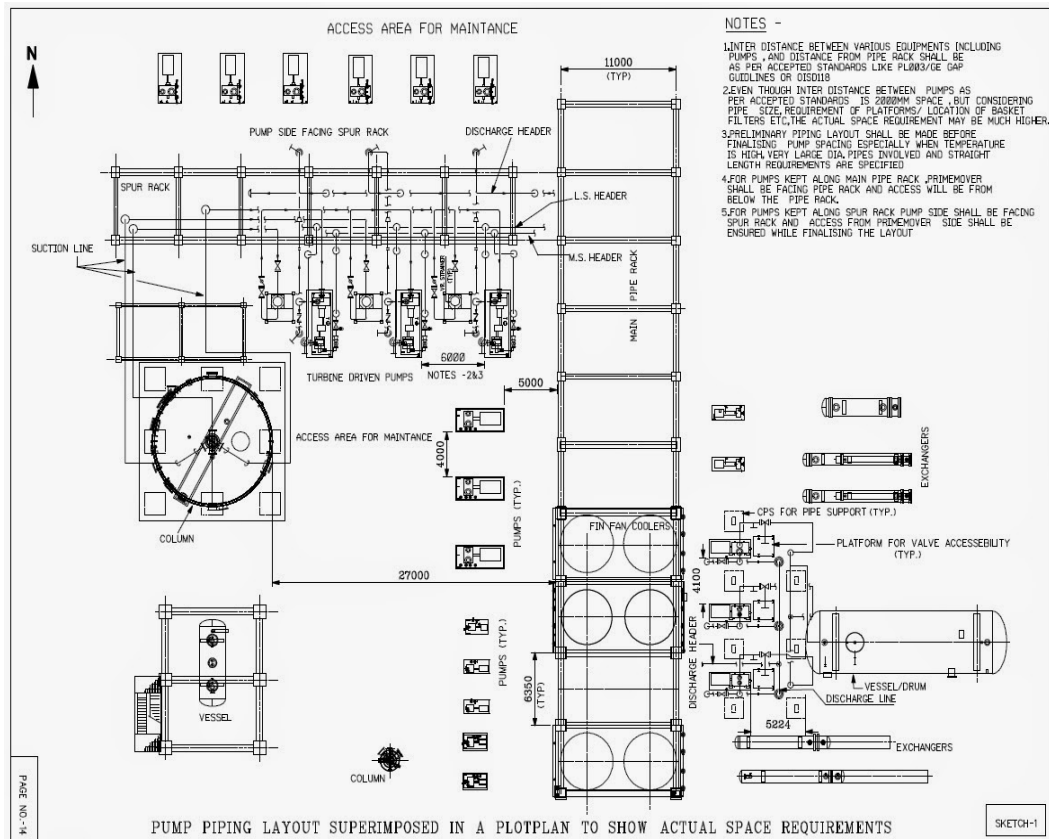
2.5.1 *Plot plan*

Plot plan adalah suatu sistem penggambaran yang gambarnya meliputi tata letak *equipment* dan *pipe rack* gambar dari *plot plan* ini menggunakan pandangan yang dilihat dari atas lihat Gambar 2.40. Persyaratan dalam pembuatan *plot plan* adalah :

- a) Mudah untuk *maintenance*.
- b) Memungkinkan pengoperasiannya.
- c) Mudah untuk *control* dan *safety* .
- d) Mudah untuk pengamanan kebakaran.

Gambar dalam dunia teknik merupakan suatu informasi teknik dan komunikasi baik dalam spesifikasi, kontruksi dan konsultasi. Sehingga dalam pembuatan *plot plan* harus bisa mudah dimengerti makna dan tujuan dari penggambarannya.

Penggambaran dan pembuatan *plot plan* ini merupakan hal yang sangat penting, karena perencanaan perpipaan akan mengambil jalur proses nya dari Gambar ini.



Gambar 2.40 Plot plan.
<http://www.pipingguide.net/2014>

2.5.2 Peralatan (Equipment)

Equipment adalah suatu komponen yang digunakan dalam pengolahan fluida dalam proses produksi yang memiliki fungsi tertentu. Dalam bidang industri sangat banyak *equipment* yang digunakan yaitu sebagai pemanas, *storage*, pemberi tekanan dan lain-lain. Berikut adalah beberapa *equipment* yang banyak digunakan di industri atau perusahaan :

2.5.2.1 Penukar panas (Heat exchanger)

Heat exchanger adalah alat yang digunakan untuk menukar kalor dari fluida yang memiliki *temperature* tinggi dengan fluida yang memiliki *temperature* rendah lihat gambar 2.41 (Bambang, 2008).



Gambar 2.41 *Heat Exchanger*
(<http://bit.ly/2B48htc>)

2.5.2.2 Pompa (Pump)

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari suatu tempat menuju ke tempat lain dengan cara meningkatkan tekanan pada fluida (gunawan, 2018) seperti Gambar 2.42.



Gambar 2.42 *Pump*
(<http://bit.ly/2DmFdCJ>)

2.5.2.3 Tangki (Tank)

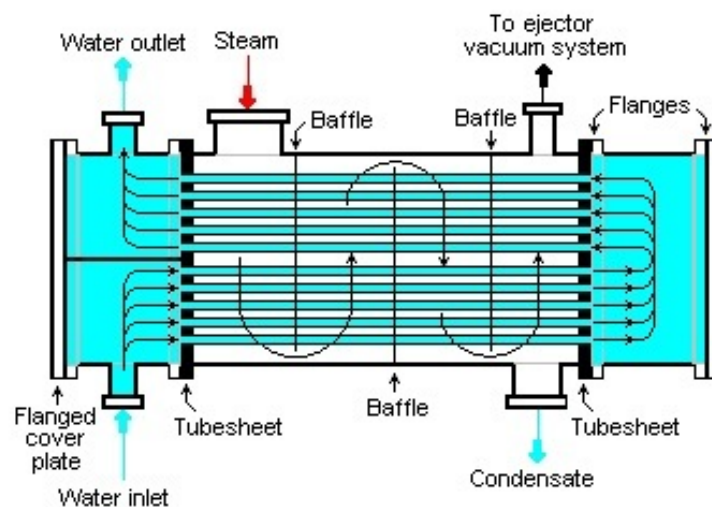
Tangki adalah suatu alat yang digunakan sebagai untuk tempat penyimpanan dari produk atau lainnya seperti Gambar 2.43.



Gambar 2.43 *Tank*
(<http://bit.ly/2FIRcbJ>)

2.5.2.4 Kondensor (*Condensor*)

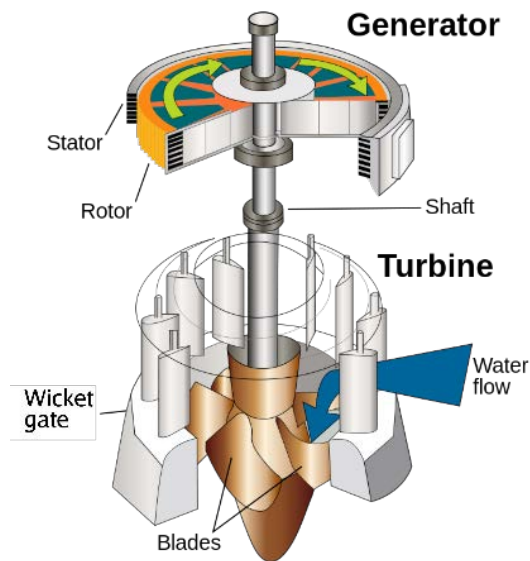
Kondensor adalah salah satu komponen utama dari mesin pendingin yang berfungsi sebagai penukar panas (Eko, 2014). Kerja kondensor yang baik dapat meningkatkan prestasi kerja bagi mesin pendingin seperti Gambar 2.44.



Gambar 2.44 *Condensor*
(<http://bit.ly/2EIpgnm>)

2.5.2.5 *Turbine*

Turbin adalah sebuah mesin penggerak yang berputar dengan mengambil energi kinetik dari arus fluida seperti Gambar 2.45. (sihombing dkk, 2014).



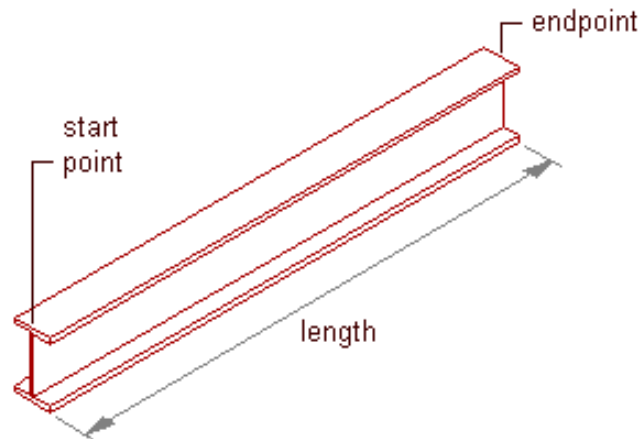
Gambar 2.45 *Turbine*
<http://bit.ly/2psQhmy>

2.5.3 Rak pipa (*Pipe rack*)

Pipe rack adalah suatu rak yang dibuat untuk membuat jalur pipa terlihat seragam dan lebih cantik. Namun begitu, fungsi *pipe rack* bukan hanya itu. *Pipe rack* juga memberikan suatu kesan sistem *water treatment* yang dibuat benar-benar digarap secara serius dan profesional. *Pipe rack* terdiri dari beberapa komponen atau part yaitu :

2.5.3.1 *Member*

Member adalah obyek yang dapat berbentuk balok, penjepit, atau kolom lihat Gambar 2.46. Semua balok, penjepit, dan kolom yang dibuat adalah sub-tipe dari satu elemen anggota struktur tunggal.



Gambar 2.46 *Member*
(<http://autode.sk/2Dvgxrl>)

2.5.3.2 *Stairs*

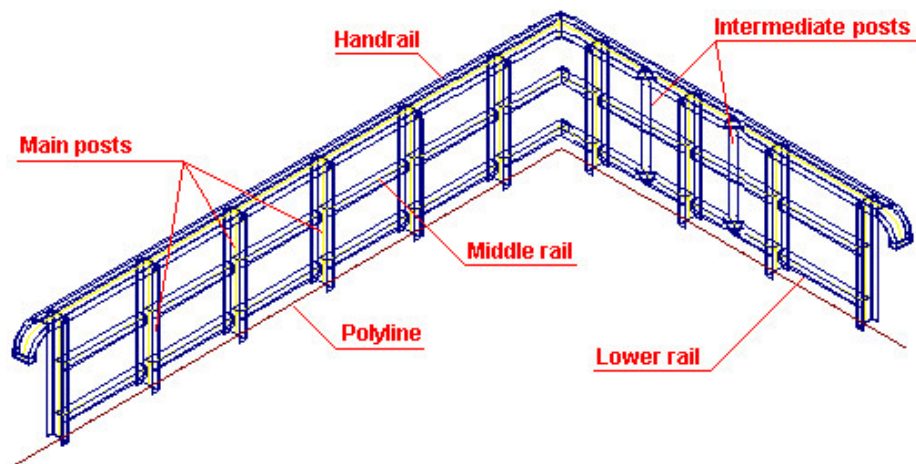
Stairs adalah benda untuk berjalan dari tempat rendah ke tempat tinggi dengan ketinggian sudut dan terdiri dari anak tangga lihat Gambar 2.47. *Stair* bisa di desain berdasarkan lebar dan ketinggian sudut.



Gambar 2.47 *Stairs*
(<http://bit.ly/2EZpN4c>)

2.5.3.3 Railing

Fungsi *railing* tangga adalah sebagai bidang pembatas agar aktifitas yang ada pada saat orang menaiki tangga dapat dilakukan dengan aman dan tidak akan terjatuh seperti Gambar 2.48 (stephanus, 2013).



Gambar 2.48 *Railing*
(<http://autode.sk/2Ds4Rqh>)

2.5.3.4 Plate

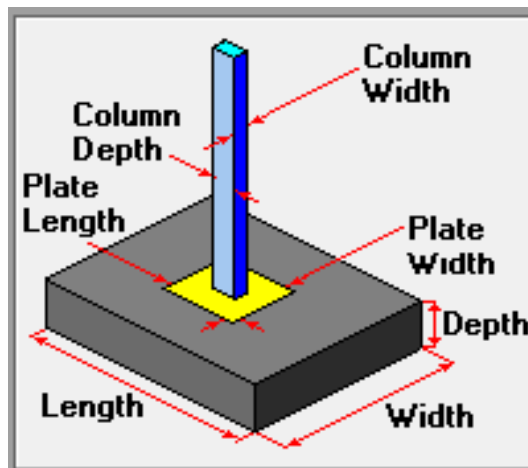
Plate adalah lantai yang digunakan untuk pijakan pada tempat yang memiliki *elevasi* ketinggian. Desain dari *plate* harus berdasarkan jenis, bahan, penempatan, dan bentuk seperti Gambar 2.49.



Gambar 2.49 *Plate*
(<http://bit.ly/2DzI4Ig>)

2.5.3.5 *Footing*

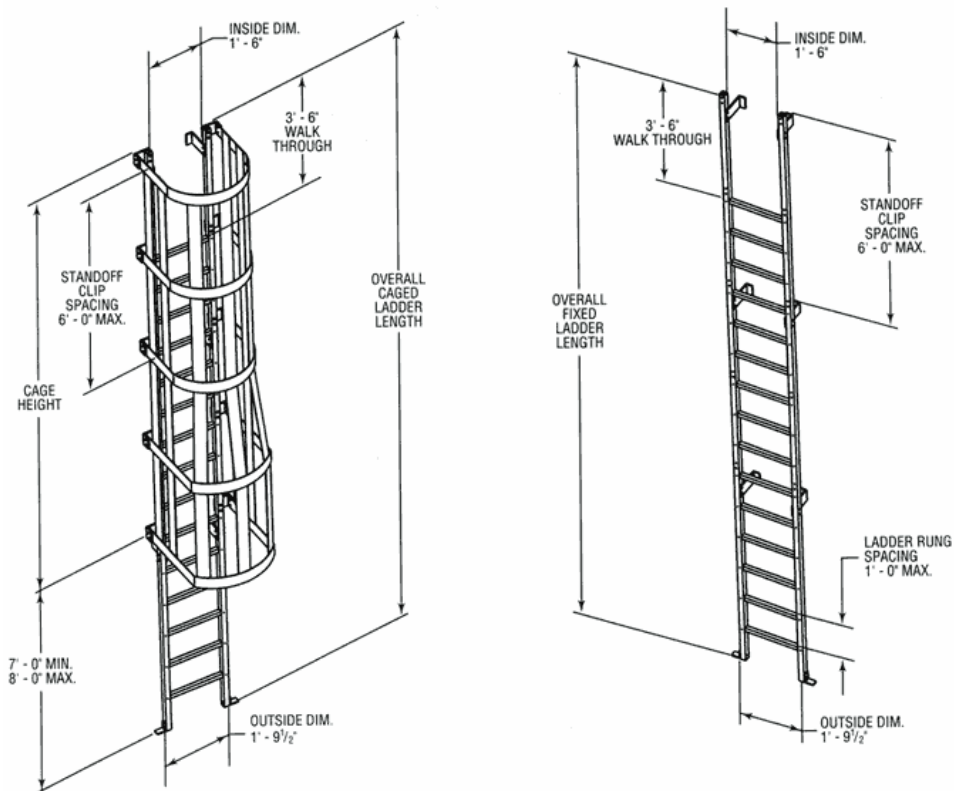
Footing adalah suatu pondasi dari *structure*. *Footing* harus di ukur berdasarkan *structure* yang akan dibuat, setelah menentuka *structure* kemudian *Footing* bisa di desain lebar, panjangnya serta kedalamannya lihat Gambar 2.50.



Gambar 2.50 *Footing*
(<http://bit.ly/2F0PhON>)

2.5.3.6 Ladder

Ladder adalah tangga vertikal lurus untuk menjangkau tempat tinggi tanpa memerlukan banyak ruang seperti Gambar 2.51. Ladder ini biasanya di tempatkan pada samping *equipment* sebagai jalan untuk memudahkan perawatan dan pengecekan.



Gambar 2.51 Ladder
(<http://bit.ly/2DWB5a0>)

2.5.4 Gambar Komposit

Penggambaran komposit adalah gambar yang dipergunakan untuk menunjukkan gambar tampak dari berbagai pandangan (rahmadi, 2016). Pada gambar ini tidak banyak keterangan yang berupa tulisan yang disertakan kecuali nomer pipa, nomor *equipment*, jarak antara dua peralatan, elevasi suatu pipa.

2.5.4.1 Gambar tampak atas

Pada gambar tampak atas maka bisa dilihat berapa jarak antar *equipment* satu dengan yang lainnya. Pada gambar ini juga bisa dilihat jalur pipa.

2.5.4.2 Gambar tampak samping

Pada gambar tampak samping ini akan terlihat elevasi pada masing-masing baik *equipment* maupun pipa. Di samping itu, pada suatu ruangan akan tampak jarak pipa atau komponen dengan lantai (*slab*) di atasnya. Akan tampak jelas pula tinggi *handle* dari *valve*, sehingga dapat diantisipasi ketidaksiapaannya.

2.5.4.3 Gambar tampak muka

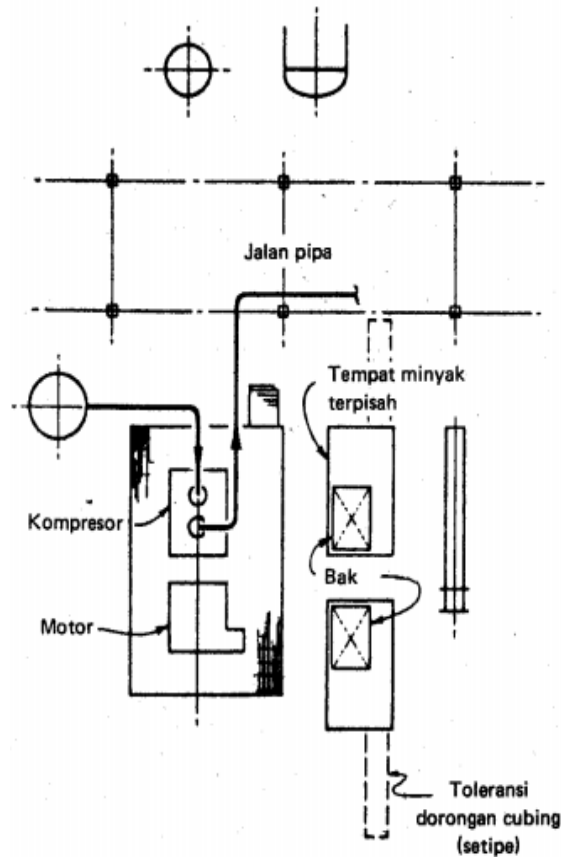
Bentuk penggambaran ini kalau dalam istilah gambar mesin adalah gambar penampang. Dalam merencanakan penggambaran ini haruslah benar-benar diperhatikan bagian mana yang kurang bisa diinput secara jelas oleh gambar tampak atas (*plan*) untuk memperlihatkan elevasi atau ketinggiannya, karena itu gambar ini pun kadangkala disebut juga gambar elevasi.

2.5.4.4 Penggambaran perpipaan dan peralatan tampak atas

Penggambaran perpipaan dan peralatan tampak atas ini pada prinsipnya sama dengan penggambaran *piping plan*, hanya bedanya ditambah dengan peralatan, sehingga lebih rumit seperti Gambar 2.52. Karena penggambaran *piping* dan *equipment* ini menggunakan peralatan sudah tentu harus diketahui pula data-datanya.

Sistem perencanaan penggambaran ini haruslah berdasarkan data atau gambar dari penjual peralatan (*vendor*), sehingga dapat diketahui :

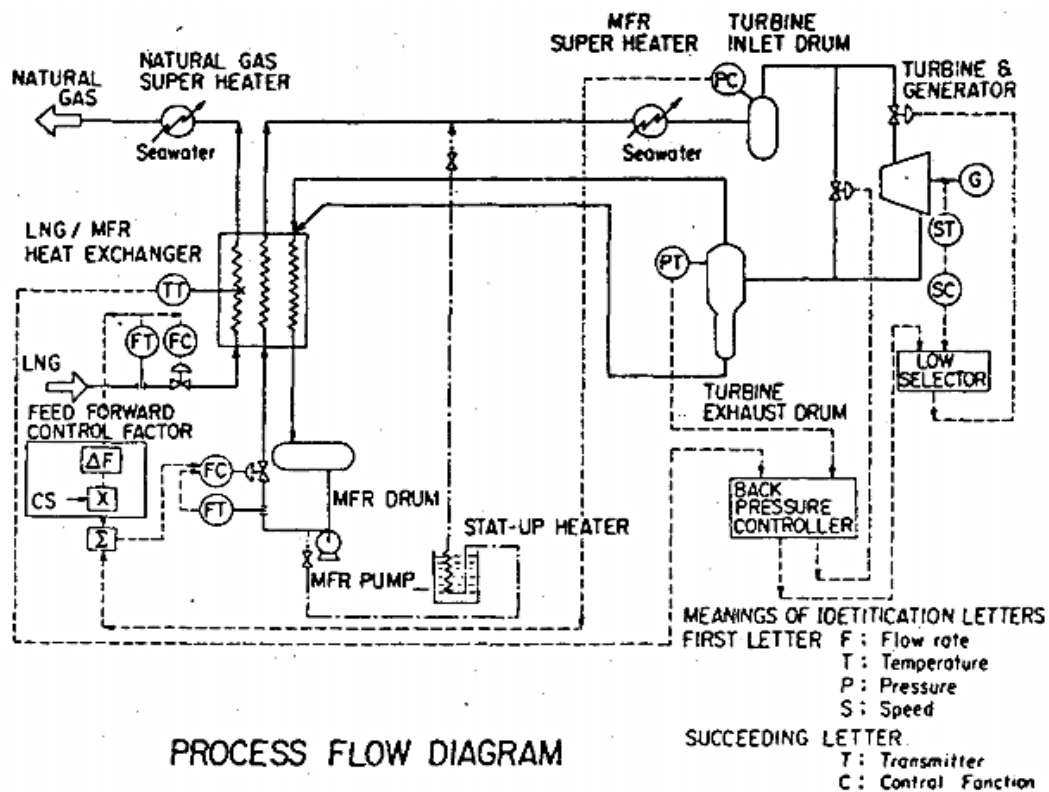
1. Lokasi, orientasi, elevasi peralatan
2. Lokasi, orientasi, elevasi dari *nozzle* peralatan
3. Ukuran *nozzle* peralatan
4. Tekanan desain pada *nozzle* serta temperturnya
5. Instrumentasi yang harus dipasang pada peralatan.



Gambar 2.52 Contoh penggambaran perpipaan dan peralatan tampak atas (Raswari, 2009)

2.5.5 Penggambaran diagram alir proses (*proces flow diagram*)

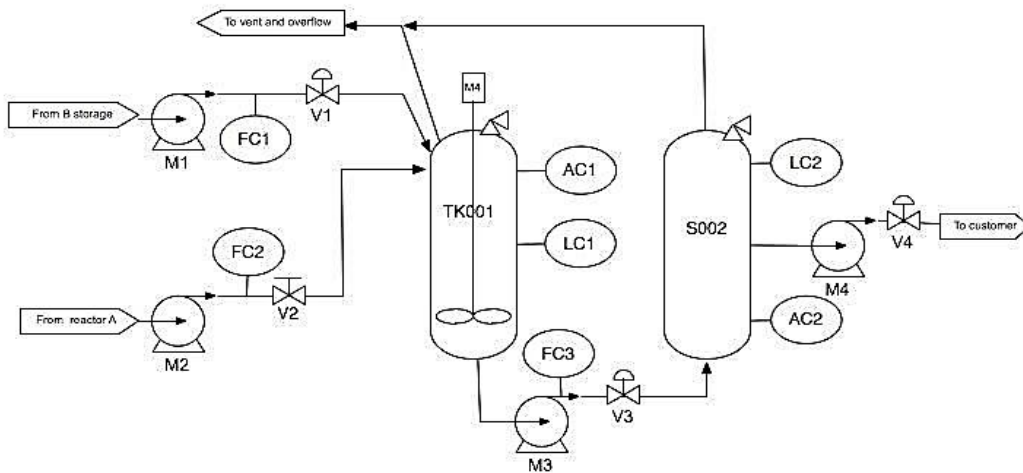
Diagram alir proses dibuat untuk dapat memberikan informasi mengenai proses yang cukup lengkap. Gambar ini dibuat menurut rangkaian proses, sedangkan bentuk informasi peralatan proses dan perlengkapannya digambarkan berdasarkan simbol-simbol internasional, begitu juga kode-kode yang digunakan lihat Gambar 2.53.



Gambar 2.53 Diagram aliran proses (Raswari, 2009)

2.5.6 Penggambaran PID (*piping and instrumen diagram*)

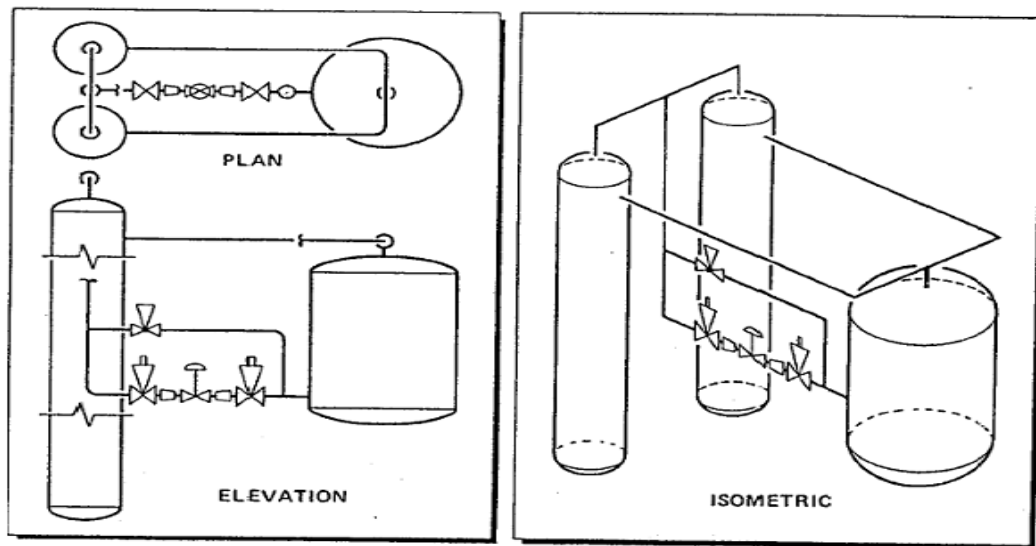
Gambar P&ID atau gambar diagram perpipaan dan instrumentasi merupakan *master plant* dari suatu instalasi pabrik (misal : industri proses, industri pembangkit listrik, dll) seperti Gambar 2.54. Penggambaran P&ID adalah penggambaran yang memuat informasi lengkap yang diperlukan untuk *layout* (tata letak) sistem perpipaan, alur operasi, dan data sesuai prosesnya.



Gambar 2.54 Contoh gambar *P&ID*.
<http://bit.ly/2DVBrxT>

2.5.7 Penggambaran Isometrik (*Isometric*)

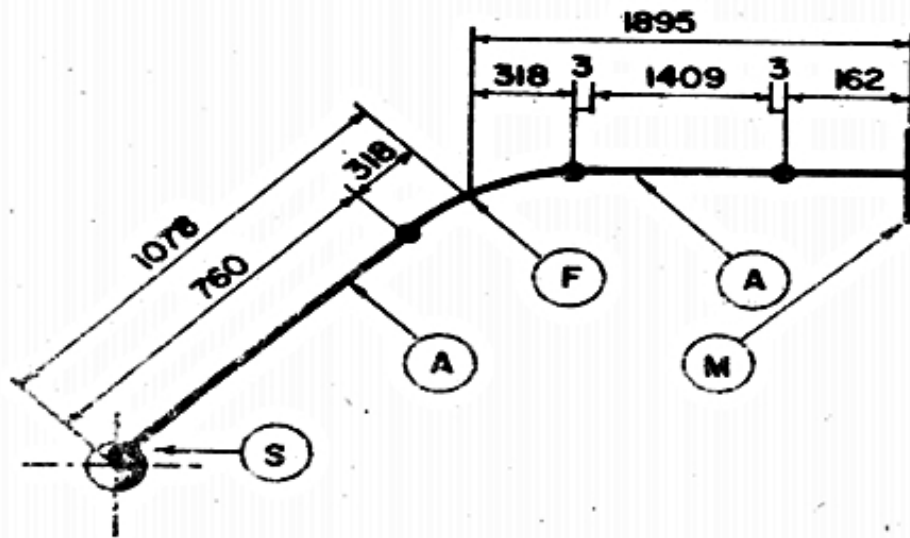
Gambar isometrik merupakan gambar pelaksanaan suatu konstruksi perpipaan. Sehingga seorang mandor atau kepala mandor haruslah benar-benar menguasai cara membaca gambar serta pelaksanaan konstruksinya, begitu juga apabila ingin mengadakan pengoperasian baik pemeliharaan atau perbaikan. Penggambaran isometrik tidak menunjukkan skala sebenarnya, karena poin pentingnya adalah arah dan peletakannya, tetapi gambar isometrik dibuat tetap profesional. Tujuan *piping drawing* baik itu gambar isometrik atau lainnya adalah untuk memberikan informasi yang detail agar suatu *plan* benar-benar dapat dikonstruksi lihat Gambar 2.55.



Gambar 2.55 Contoh *plan view* dan *isometric view*
<http://www.idpipe.com/2014>

2.5.8 Penggambaran *Spool*

Gambar *spool* adalah merupakan gambar fabrikasi atau gambar detail dari suatu sistem penggambaran perpipaan. Pada umumnya perencanaan penggambaran *spool* ini telah ditentukan terlebih dahulu pada penggambaran isometrik, dimana pada satu gambar isometrik mungkin ada beberapa gambar *spool* yang harus dibuat, begitu juga pada gambar *plan* dimana nomor *spool* akan dicantumkan apabila pekerjaannya dilakukan dibengkel Gambar 2.56.



Daftar Material

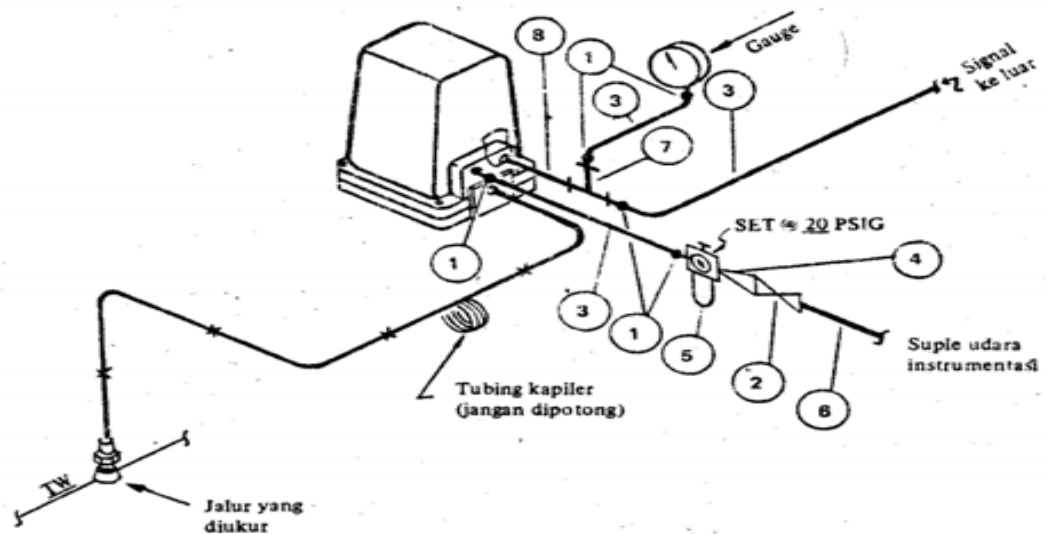
Jumlah	Ukuran	Uraian
F 1	20"	STD. 45° ELL.
M 1	20"	300° RF. WN. STD. WT.
S 1	20"	20" Saddle.
Seluruh pipa adalah ASTM A-106 Gr. B SMLS STD. WT.		
A 1	20"	1409 IPE IBE
A 1	20"	760 BE
Total pipa 2159 MM.		

Gambar 2.56 Gambar *spool*
(Raswari, 2009)

2.5.9 Penggambaran Instrument

Seperti telah dilihat pada perencanaan penggambaran P&ID Gambar 2.54 (*piping and instrument diagram*), dimana instrumentasi hanya digambarkan dengan simbol-simbol dan sistem media kerjanya, yaitu bagaikan suatu rangkaian lingkaran yang menunjukkan tipe dan fungsi sedangkan jalur atau garis penghubung adalah merupakan sistem media kerja instrumentasi tersebut.

Bentuk penggambaran detail instrumentasi ini merupakan penggambaran bentuk, sambungan peralatan yang sesungguhnya, tidak seperti pada penggambaran P&ID dan penggambaran perpipaan yang hanya diberi kode-kode serta simbol-simbolnya saja. Gambar 2.57 merupakan contoh penggambaran instrumentasi beserta keterangannya.



NO.	JUMLAH	URAIAN MATERIAL
1	5	1/4" T X 1/4" MNPT CONN. 316 SS
2	1	1/2" X 800° FNPT GATE V.A. C.S.
3	140'	1/4" O.D. X 0,035" W T. 316 SS TUBING
4	1	1/2" X 1/4" SWAGE NIPPLE SCHI 60 C.S. TBI
5	1	1/4" FNPT AIR FILTER REGULATOR
6	1	1/2" φ SCH.160 GALV. PIPE
7	1	1/4" FNPT X 3000° EQUAL TEE C.S. A-105
8	1	1/4" X 4" LG. SCH.160 PIPE NIPPLE C.S. TBE
9	6	1/4" TUBING UNION CONN. 316SS

Gambar 2.57 Gambar *Instrument*.
(Raswari, 2009)

2.6 Estimasi Berat

Estimasi berat adalah perkiraan berat dari suatu *equipment*, komponen dan pipa. Estimasi berat bisa terbagi kedalam beberapa bentuk antara lain :

2.6.1 *Weight Shell*

Shell merupakan bagian dari suatu *equipment* yang berbentuk silinder. *Shell* biasanya merupakan badan *equipment*. Untuk mencari berat *shell* bisa dicari menggunakan suhu, material (ASME B16.5 1A) , proses (ASME B16.5 1A), tekanan operasi, tekanan maksimum (ASME B16.5 tabel 2) dan rating. *Weight shell* bisa dicari dengan rumus t (*thickness*) yaitu :

$$t = \frac{P_{MAWP} \times R}{S \times E - 0,4 \times P_{MAWP}} + CA \quad (2.1)$$

Keterangan : t = *Wall thickness* (inch)
 P_{MAWP} = Tekanan ijin maksimum (psi)
R = Jari-jari (inch)
S = *Stress Allowable* (psi) (ASME B31.3)
E = Efisiensi sambungan (ASME B31.3)
CA = *Corrosion Allowance*

Jika t sudah didapat kemudian bisa mencari berat dari *shell* menggunakan nilai diameter dan tebal dari *shell*. *Weight shell* bisa dicari menggunakan *pressure vessel handbook, eleventh edition* (Megyesy, 1998).

$$W = L \times M_{O,S} \quad (2.2)$$

Keterangan : W = *Weight total* (lb/in)
L = Jari-jari (inch)
 $M_{O,S}$ = Berat O.S (lb)

Rumus ini tidak berlaku karena pada tangki. *thickness shell* pada tangki bisa dicari menggunakan rumus dari buku API 650 yaitu:

$$t = \frac{2,6 \times D \times (H-1) \times \rho_{air}}{SA} + CA \quad (2.3)$$

Keterangan : t = *wall thickness* (in)
D = Diameter (in)
H = tinggi (in)
 ρ_{fluida} = massa jenis fluida (lb/in³)
SA = *Stress allowable* (psi)
CA = *Corrosion allowance* (in)

Untuk mencari luas tangki digunakan rumus selimut tabung yaitu :

$$A = 2 \times \pi \times r \times z \quad (2.4)$$

Keterangan : A = Luas (m²)
r = Jari-jari (m)
z = tinggi (m)

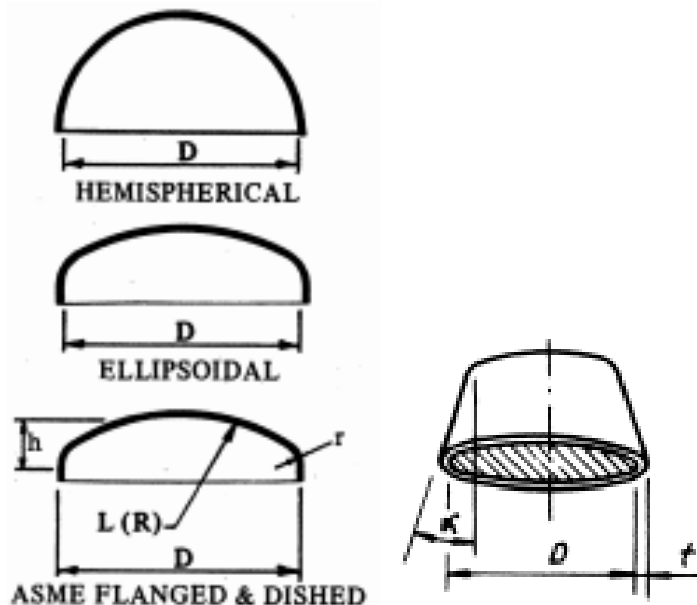
Weight tangki tidak dicari menggunakan tabel *pressure vessel handbook, eleventh edition* (Megyesy,1998). Berat *shell* tangki bisa dicari menggunakan persamaan :

$$W = \rho \times (A \times t) \times g \quad (2.5)$$

Keterangan :
 W = *Weight* (N)
 ρ = Massa jenis (Kg/m³)
 g = gravitasi (m/s²)
 A = luas penampang (m)
 t = *thickness* (m)

2.6.2 *Weight Head*

Head merupakan ujung dari sebuah bentuk *equipment*. *Head* memiliki beberapa bentuk yaitu *hemispherical*, *elipsoidal*, *ASME flange & dished* dan *conical* seperti Gambar 2.58. Berat *head* bisa dicari menggunakan rumus-rumus sesuai bentuk dari *head*. Berat *head* bisa dicari berdasarkan tebal dan tinggi menggunakan tabel *pressure vessel handbook, eleventh edition* (Megyesy,1998).



Gambar 2.58 Jenis *Head*
 (Megyesy, 1998)

Berat *head* bisa dicari menggunakan rumus-rumus sesuai bentuk dari *head*. Berat *head* bisa dicari berdasarkan tebal dan tinggi menggunakan tabel *pressure vessel handbook, eleventh edition* (Megyesy,1998).

$$t_{\text{elipsoidal}} = \frac{P_{MAWP} \times D}{2 \times S \times E - 1,8 \times P_{MAWP}} + CA \quad (2.6)$$

Keterangan : t = Wall thickness (inch)
 P_{MAWP} = Tekanan ijin maksimum (psi)
 D = Diameter (inch)
 S = Stress Allowable (psi) (ASME B31.3)
 E = Efisiensi sambungan (ASME B31.3)
 CA = Corrosion Allowance

Thickness head untuk tangki bisa dicari menggunakan rumus dari buku API 650 yaitu :

$$t = \frac{D}{400 \sin \theta} + CA \quad (2.7)$$

Keterangan : t = wall thickness (in)
 D = Diameter (ft)
 CA = Corrosion Allowance (in)

Untuk mencari luas dari *head* tangki bisa dicari menggunakan rumus :

$$s = \frac{\text{tinggi}}{\cos 30^\circ} \quad (2.8)$$

$$A = \pi \times r (r + s) \quad (2.9)$$

2.6.3 Plate

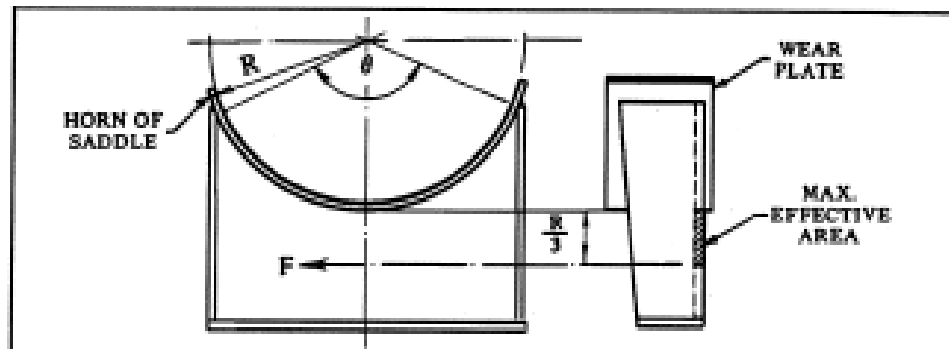
Plate merupakan pijakan untuk pondasi dari *equipment*. Tebal *Plate* dicari menggunakan rumus dari buku API 650 yaitu :

$$t = \frac{\sqrt{H \times G}}{215} + CA \quad (2.10)$$

Keterangan : t = Wall thickness (in)
 H = tinggi (in)
 G = massa jenis fluida (lb/in³)

2.6.4 Weight Saddle

Saddle adalah penunjang dari suatu *vessel* yang harus diperhitungkan karena memastikan kekuatan bending dari *vessel* pada kedua penunjang (barun, 2013) seperti Gambar 2.59.



Gambar 2.59 *Saddle*
(Megyesy, 1998)

$$L_{\text{luas } 1/3 \text{ lingkaran}} = \frac{120}{360} \times \pi \times r^2 \quad (2.11)$$

$$T_{\text{segitiga}} = \sqrt{R_{\text{shell}}^2 - \frac{1}{2} L_{\text{saddle}}^2} \quad (2.12)$$

$$L_{\Delta \text{segitiga}} = \frac{1}{2} \times L_{\text{saddle}} \times T_{\text{segitiga}} \quad (2.13)$$

$$L_{\text{arsiran}} = L_{\text{luas } 1/3 \text{ lingkaran}} - L_{\Delta \text{segitiga}} \quad (2.14)$$

$$A_{\text{saddle \& plat aus}} = L - L_{\text{arsiran}} \quad (2.15)$$

Berat saddle bisa dicari menggunakan rumus 2.5.

2.6.5 Weight Nozzle

Nozzle adalah suatu komponen yang digunakan sebagai tempat keluarnya fluida dari suatu *equipment*. *Weight nozzle* bisa dicari menggunakan *software pipe data pro 12.1*. *Nozzle* dibagi menjadi 2 bagian yaitu pipa dan *flange*.

$$L_{\text{pipa}} = H - L_{\text{flange}} \quad (2.16)$$

Keterangan : L_{pipa} = Panjang pipa keseluruhan (m)

H = Projection (m)

L_{flange} = Panjang *flange* (m)

$$W_{\text{pipa total}} = L_{\text{pipa}} \times X_{\text{pipa}} \text{ (Kg/m)} \quad (2.17)$$

Keterangan : $W_{\text{pipa total}}$ = Berat pipa keseluruhan (Kg)
 L_{pipa} = Panjang pipa (m)
 X_{pipa} = Berat pipa (Kg/m)

$$W_{\text{nozzle}} = W_{\text{pipa total}} + Y \quad (2.18)$$

Keterangan : W_{nozzle} = Berat nozzle (Kg)
 $W_{\text{pipa total}}$ = Berat pipa keseluruhan (Kg)
 Y = Berat *flange* (Kg)

2.6.6 Weight Foundation

Foundation / pondasi adalah penopang dari suatu *equipment*. Rumus yang digunakan untuk mencari berat pondasi yaitu :

$$W_{\text{total}} = L \times M_{o.s} \quad (2.19)$$

Keterangan : W = *Weight* total (lb/in)
 L = Panjang (inch)
 $M_{o.s}$ = Berat O.S (lb)

2.6.7 Tubesheet

Tubesheet adalah komponen untuk menopang pipa-pipa api pada pemanas yang merupakan bagian/komponen yang mendapatkan tekanan paling besar (Hakim dan subekti, 2015). Berat *tubesheet* bisa dicari menggunakan persamaan (2.5).

2.7 Aturan Batasan Routing Pipa

Dalam suatu instalasi perpipaan tidak sedikit mengalami kesalahan pada saat pengerjaan dan setelah selesai konstruksi. Aturan batasan *routing* pipa ini adalah suatu aturan yang menjadi referensi *space* dalam instalasi sistem perpipaan. Aturan batasan *routing* pipa dibagi menjadi 2 yaitu :

2.7.1 Pembebasan Daerah Horizontal

- a. Dari peralatan ke pipa. (0,8 m)
- b. Jarak dimuka jalan orang. (1 m)
- c. Antara ujung-ujung pompa yang berdekatan. (0,7 m)
- d. Jalan-jalan minimum *flat form*. (0,7 m)
- e. *Flat form* bagian ujung. (1 m)
- f. Pada dinding sebelah ujung peralatan untuk jalur hantar. (1,2 m)
- g. Alat-alat pemanas dengan peralatan yang sensitif terbakar. (30 m)
- h. Alat-alat pemanas (*fire heater*) ke pompa dan peralatan yang mudah terbakar, termasuk kompresor. (15,5 m)
- i. Alat-alat pemanas dengan peralatan yang tak mudah terbakar. (8 m)
- j. Jarak antar dua kompresor. (2,2 m)
- k. Kompresor yang menangani uap atau gas yang mudah terbakar dengan pompa-pompa. (8 m)

2.7.2 Pembebasan Daerah Vertikal

- a. Pada jalur pipa utama. (4,5 m)
- b. Semua jalur pipa dalam ruangan dan peralatan lainnya dalam ruangan bangunan, *flat form* bagian atas. (2,3 m)
- c. Jalan umum utama. (5,3 m)
- d. Jalan umum kedua. (4,5 m)
- e. Di atas jalan kereta api. (6,9 m)
- f. Di atas jalan instalasi, untuk peralatan yang bergerak (6,1 m)
- g. Di atas jalur pompa, kompresor, motor-motor *turbin* (3,8 m)