

BAB II

SISTEM PERPIPAAN

2.1 Sistem perpipaan

Sistem perpipaan seperti pembuluh darah arteri dan vena, membawa sumber kehidupan untuk peradaban. Perancangan sistem perpipaan yang baik dan aman sangat dibutuhkan untuk menjamin kelangsungan dari proses serta menjamin umur pemakaian dari sistem pemipaan sesuai dengan siklus rancangan (Pridiyatama dan Budi, 2014). Di kota yang modern sistem perpipaan mengantarkan air dari sumber mata air ke tempat-tempat yang ingin dituju, mengangkut kotoran dari gedung komersil ataupun rumah dan fasilitas kota lainnya menuju ke tempat pembuangan. Sebagai transportasi gas alam dan jalur distribusi untuk membawa gas alam dari sumber dan tangki penyimpanan ke tempat pengolahan, seperti pabrik pembangkit, fasilitas industri, dan gedung komersil maupun rumah.

Sistem perpipaan di pabrik pembangkit termal membawa uap bertekanan dan bertemperatur tinggi untuk menghasilkan listrik dan mengalirkan air bertekanan tinggi dan rendah, cairan kimia, uap bertekanan rendah, dan kondensat di suatu *plant* lainnya. Sistem perpipaan dapat disebut juga suatu sistem yang digunakan untuk melakukan transport fluida kerja antar *equipment* (peralatan) dalam suatu pabrik (*plant*) atau dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Pada *process plant* ini digunakan berbagai macam alat pemrosesan seperti *three phase separator*, *compressor*, *heat exchanger* dan *mechanical equipment* lainnya (Firdaus dan Djoeli, 2014).

Dalam dunia industri, biasanya dikenal beberapa istilah mengenai sistem perpipaan seperti *piping* dan *pipeline*. *Piping* adalah sistem perpipaan disuatu *plant*, sebagai fasilitas untuk mengantarkan fluida (cair atau gas) antara satu peralatan ke peralatan lainnya untuk melewati proses-proses tertentu. *Piping* ini tidak keluar dari satu wilayah *plant*. Sedangkan *pipeline* adalah sistem perpipaan untuk mengantarkan atau mengalirkan fluida antara satu *plant* di suatu daerah

tertentu ke *plant* di daerah lainnya. Ukuran panjang pipa biasanya memiliki panjang lebih dari 1 km tergantung jarak antar *plant*.

Sistem perpipaan ini harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban yang terjadi, baik beban statis dan dinamis yang terjadi (Manurung dan Bustami, 2013). Kemampuan sistem perpipaan untuk menahan beban yang bekerja seharusnya tidak menimbulkan kegagalan dan dikenal sebagai fleksibilitas sistem perpipaan (Santoso dan Hendra, 2010). Desain, konstruksi, operasi, dan perawatan untuk berbagai jenis sistem perpipaan harus melibatkan pengetahuan tentang dasar pokok perpipaan, material, memerhatikan desain khusus dan umum, fabrikasi dan penggunaan, pemeriksaan, pengujian dan inspeksi yang sudah ditetapkan pada aturan yang sudah dibuat di lingkup lokal maupun global.

2.2 Komponen sistem perpipaan

Di setiap sistem perpipaan terdapat komponen-komponen yang mendukung jalannya proses sistem perpipaan tersebut, setiap komponen perpipaan ini dibuat berdasarkan spesifikasi dan standar untuk kebutuhan di setiap pemakaian yang berbeda. Komponen sistem perpipaan secara umum dibagi menjadi beberapa kelompok :

1. Pipa.
2. Fitting (*elbow, tee, reducer, flange*, katup, dan lain-lain).
3. Instrumentasi (peralatan untuk mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti : temperatur, tekanan, laju aliran massa, level ketinggian, dan sebagainya).
4. Peralatan/*equipment* (bejana tekan, tungku pembakaran, pompa, kompresor, dan sebagainya).
5. Penyangga pipa (*pipe support, pipe hanger*).
6. Komponen khusus (*strainer, drain, vent*, dan sebagainya).

2.2.1 Pipa

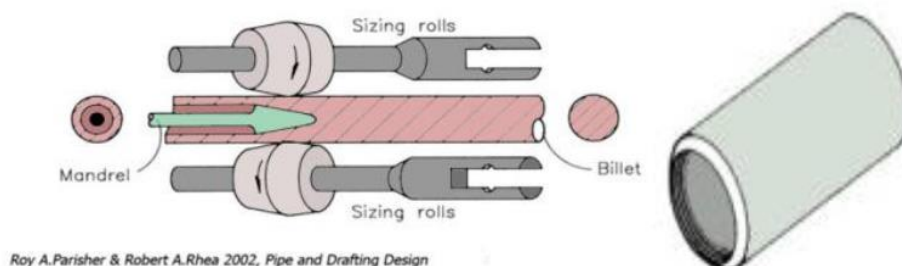
Pipa adalah istilah untuk benda silinder yang berlubang dan digunakan untuk memindahkan zat hasil pemrosesan seperti cairan, gas, uap, zat padat yang dicairkan maupun serbuk halus dan dalam penggunaannya sudah dispesifikasi dan standarisasi (Sasongko dan Sri, 2016).

2.2.1.1 Jenis Pipa

Dari sekian jenis pembuatan pipa secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu :

1. Jenis pipa tanpa sambungan (*seamless pipe*) adalah pembuatan pipa tanpa sambungan pengelasan. Pipa *seamless* dapat dibuat dengan proses sebagai berikut :
 - a. *Casting* (pengecoran).
 - b. *Forging* (penempaan).
 - c. *Pierching and rolling*.
 - d. *Mandrel stretch reduction*.
 - e. *Extraction*.

Seamless pipe dapat dibentuk juga dengan cara menusukkan sebuah batang silinder baja dengan suhu mendekati meleleh yang disebut *billet* dan dengan mandrel untuk menghasilkan pipa mulus tanpa sambungan yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



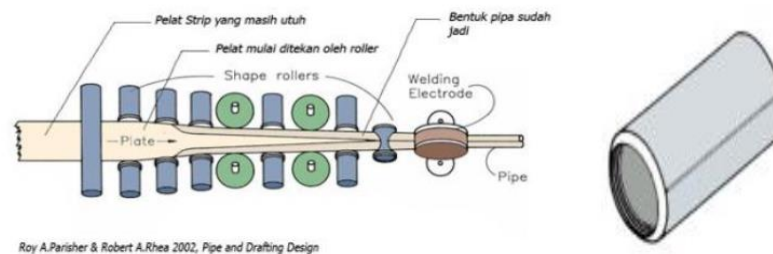
Gambar 2.1 Pipa tanpa sambungan (*seamless steel*).
(Parisher dan Robert, 2002)

2. Jenis pipa dengan sambungan (*welded pipe*) adalah pembuatan pipa dengan pengelasan sebagai penyambungannya. Pipa jenis ini dibuat dari

plate steel, strip atau *plate* menjadi pipa atau proses pengelasan *plate* atau *strip* bersamaan. Proses-proses tersebut berdasarkan pengelasannya yang dapat dibedakan lagi menjadi :

- a. Pipa *Electric Fusion Welding* (EFW).
- b. Pipa *Electric Resistance Welding* (ERW)

Butt-welded pipe dibuat dengan cara lembaran baja dimasukkan atau melewati pembentuk (*shaper*) membentuk sebuah rol di mana terdapat las kontak di dalamnya yang kemudian menjadi pipa silinder berlubang yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Roy A.Parisher & Robert A.Rhea 2002, Pipe and Drafting Design

Gambar 2.2 *Butt-welded pipe*.
(Parisher dan Robert, 2002)

Spiral-welded pipe dibuat dengan cara memuntir lembaran baja menjadi bentuk spiral, kemudian ujung di setiap spiral tersebut dilas sehingga menyatu satu sama lain (lihat Gambar 2.3). Tipe ini jarang digunakan dalam sistem perpipaan bertekanan rendah karena ketebalan pipa yang tipis.



Roy A.Parisher & Robert A.Rhea 2002, Pipe and Drafting Design

Gambar 2.3 Pipa las spiral.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.1.2 Bahan-bahan pipa secara umum

Bahan-bahan pipa yang dimaksudkan di sini adalah struktur bahan baku pipa tersebut yang dapat dibagi secara umum sebagai berikut :

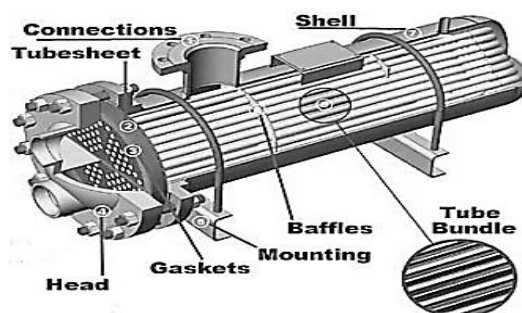
1. *Carbon steel.*
2. *Carbon moly.*
3. *Galvanees.*
4. *Ferro nickel.*
5. *Stainless steel.*
6. PVC (paralon).
7. *Chrome moly.*

Sedangkan untuk bahan-bahan pipa secara khusus dapat dikelompokkan menjadi :

1. *Vibre glass.*
2. *Aluminium.*
3. *Wrought iron* (besi tanpa tempa).
4. *Copper* (tembaga).
5. *Red brass* (kuningan merah).
6. *Nickel copper = monel* (timah tembaga).
7. *Nickel chrome iron = Inconel* (besi timah krom).

2.2.2 Tube

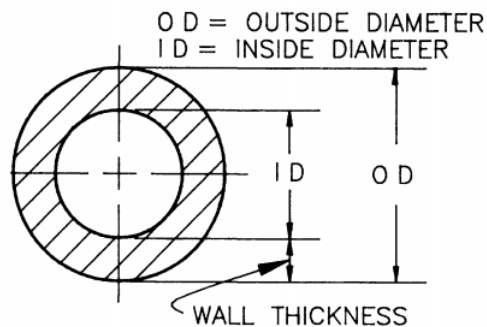
Tube adalah istilah untuk pipa-pipa berukuran kecil (NPS 2” dan lebih kecil). *Tube* sering digunakan pada pipa-pipa alat penukar kalor (*shell & tube heat exchanger*) dan *instrument connection / tubing* (pemasangan alat ukur suhu, tekanan, sistem kontrol secara hidrolik atau pneumatik misalnya katup kontrol/*control valve*) yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Tubing pada *heat exchanger*.
(Southwest Thermal Technology Inc, 2017)

2.2.3 Ukuran pipa

Seperti beberapa perbedaan dalam pembuatan pipa, terdapat juga perbedaan cara untuk menentukan ukuran pipa diantaranya *nominal pipe size* (NPS), *schedule* (sch), diameter dalam (ID) dan diameter luar (OD) yang ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Diameter pipa.
(Parisher dan Robert, 2002)

NPS menunjukkan diameter nominal pipa dalam satuan inchi. NPS bukanlah diameter dalam (ID) maupun diameter luar (OD). NPS dimaksudkan untuk memudahkan dalam penentuan ukuran pipa dan dalam perdagangan (pembelian pipa). *Schedule* pipa menunjukkan ukuran ketebalan dinding pipa. Untuk suatu NPS tertentu, ukuran diameter luar (OD) adalah sama, yang berbeda adalah diameter dalam (ID) yang tergantung dari nomor *schedulanya*. Tebal dinding pipa didefinisikan / ditunjukkan dengan:

1. Nomor *schedule* (**Standar ANSI/ASME**).
2. *API designation* (**Standar API**).
3. *Manufacturer's weight* (**Standar ASTM**).

Ukuran tebal dinding pipa menurut beberapa standar adalah sebagai berikut :

1. Standard **ANSI / ASME**
→ No. *schedule* : **5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 160**
2. Standard **ASTM** (*Manufacturer's Weight*)
→ *Schedule* **STD** (*standard*), **XS** (*extra strong*), **XXS** (*double extra strong*)

3. Standard API

→ Nilai *schedule* menurut API dapat dilihat dalam Gambar 2.6.

PIPE DATA REPRODUCED BY PERMISSION OF THE CRANE COMPANY, MIDWEST FITTING DIVISION												TABLE P-1				
Nom. Pipe Size	WALL THICKNESS			DIMENSIONS			WEIGHTS		AREAS				PROPERTIES			Approx. Weight of Welding Rods
	# Iron Pipe Size	Sch. No.	Other	Outside Diam.	Inside Diam.	Wall Thk.	Plain End Pipe	Weld In Pipe	Surface		Cross-Sectional		Moment of Inertia	Section Modulus	Radius of Gyration	
									Outside	Inside	Flow	Metal				
in.	in.	in.	in.	in.	in.	lb. per ft.	lb. per ft.	ft. ² per ft.	ft. ² per ft.	in. ⁴	in. ³	in. ⁴	in. ³	in.	lb.	
2	STD	55	API	2.375	2.245	.065	1.60	1.71	.622	588	3.958	.472	.315	.265	.817	—
		105	API	2.375	2.157	.109	2.64	1.58	.622	565	3.654	.776	.500	.421	.803	—
		40	API	2.375	2.067	.154	3.65	1.45	.622	540	3.355	1.075	.666	.561	.787	.2
	XS	80	API	2.375	1.939	.218	5.02	1.28	.622	507	2.953	1.477	.868	.731	.766	.3
		API	2.375	1.875	.250	5.67	1.20	.622	492	2.761	1.669	.955	.805	.756	.4	
	XXS	160	API	2.375	1.687	.344	7.46	.97	.622	442	2.235	2.195	1.164	.980	.728	.6
API		2.375	1.503	.436	9.03	.77	.622	393	1.774	2.656	1.312	1.104	.703	.8		
2 1/2	STD	55	API	2.875	2.709	.083	2.47	2.50	.753	.709	5.764	.728	.710	.494	.988	—
		105	API	2.875	2.635	.120	3.53	2.36	.753	.690	5.453	1.038	.988	.687	.976	—
		40	API	2.875	2.469	.203	5.79	2.07	.753	.646	4.788	1.704	1.530	1.064	.947	.3
	XS	80	API	2.875	2.323	.276	7.66	1.83	.753	.610	4.238	2.254	1.924	1.339	.924	.5
		API	2.875	2.125	.375	10.01	1.54	.753	.556	3.547	2.945	2.353	1.638	.894	.7	
	XXS	160	API	2.875	1.771	.552	13.70	1.07	.753	.463	2.464	4.028	2.871	1.997	.844	1.3
3	STD	55	API	3.500	3.334	.083	3.03	3.78	.916	.873	8.730	.891	1.301	.744	1.208	—
		105	API	3.500	3.260	.120	4.33	3.62	.916	.853	8.346	1.272	1.821	1.041	1.196	—
		API	3.500	3.250	.125	4.52	3.60	.916	.851	8.300	1.329	1.900	1.086	1.195	—	
	STD	40	API	3.500	3.188	.156	5.58	3.46	.916	.835	7.982	1.639	2.298	1.313	1.184	.2
		API	3.500	3.124	.188	6.65	3.32	.916	.818	7.465	1.956	2.691	1.538	1.173	.3	
		API	3.500	3.068	.216	7.58	3.20	.916	.802	7.393	2.228	3.017	1.724	1.164	.4	
	XS	80	API	3.500	3.000	.250	8.68	3.06	.916	.785	7.184	2.553	3.388	1.936	1.152	.5
		API	3.500	2.938	.281	9.65	2.94	.916	.769	6.780	2.842	3.819	2.182	1.142	.6	
	XXS	160	API	3.500	2.900	.300	10.25	2.86	.916	.761	6.605	3.016	3.892	2.225	1.136	.6
		API	3.500	2.624	.438	14.31	2.34	.916	.687	5.407	4.214	5.044	2.882	1.094	1.2	
	XXS	160	API	3.500	2.300	.600	18.58	1.80	.916	.601	4.155	5.466	5.993	3.424	1.047	1.8
		API	3.500	2.000	.800	22.77	1.50	.916	.500	3.000	1.047	1.004	1.021	1.960	.980	1.385

Gambar 2.6 *Schedule* pipa. (Sherwood dan Dennis, 1991)

Misalnya : Pipa dengan NPS 2” Sch. 80 (Sch. XS pada standar *manufacturer’s weight*) → mempunyai ID = 1,939”, OD = 2,375”, tebal = 0,2180”.

Perbedaan-perbedaan *schedule* ini dibuat guna :

1. Menahan *internal pressure* dari aliran.
2. Kekuatan dari material itu sendiri (*strength of material*).
3. Mengatasi korosi.
4. Mengatasi kegetasan pipa.

2.2.4 Pemilihan bahan perpipaan

Pemilihan bahan perpipaan haruslah disesuaikan dengan pembuatan teknik perpipaan dan hal ini dapat dilihat pada ASTM (*American Society of Testing Materials*) serta ANSI (*American National Standards Institute*) dalam pembagian sebagai berikut :

1. Perpipaan untuk pembangkit tenaga.
2. Perpipaan untuk industri bahan gas.

3. Perpipaan untuk penyulingan minyak mentah.
4. Perpipaan untuk pengangkutan minyak.
5. Perpipaan untuk proses pendinginan.
6. Perpipaan untuk tenaga nuklir.
7. Perpipaan untuk distribusi dan transmisi gas.

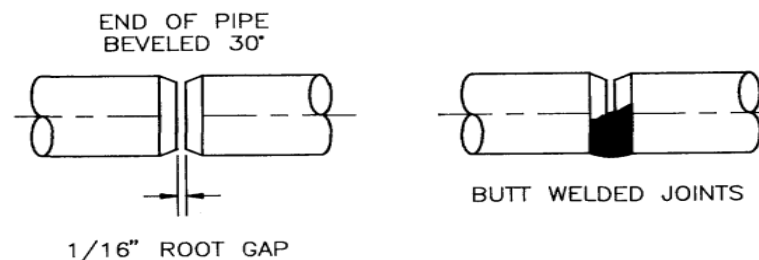
Selain dari penggunaan instalasi atau konstruksi seperti diterangkan diatas sehingga perlu pula diketahui jenis aliran, temperatur, sifat korosi, faktor gaya serta kebutuhan lainnya dari aliran serta pipanya.

2.2.5 Metode penyambungan pipa

Pada umumnya dalam membentuk suatu sistem perpipaan, satu pipa yang panjangnya standar (*spool*) tidak bisa berdiri sendiri, sehingga membutuhkan penyambungan antar *spool* agar membentuk *routing* seperti yang kita inginkan.

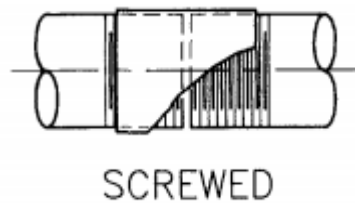
Berikut beberapa jenis sambungan pipa :

1. Sambungan *butt-weld* (lihat Gambar 2.7) dibuat dengan cara mengelas kedua ujung pipa yang sebelumnya dibentuk miring sehingga memudahkan dalam pengelasan.



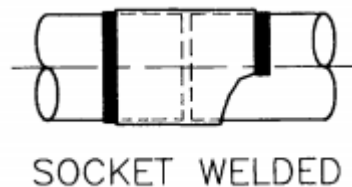
Gambar 2.7 Sambungan *butt-weld*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2. Sambungan ulir (lihat Gambar 2.8) biasanya digunakan untuk pipa ukuran 3 inchi atau lebih kecil, sambungan ini mudah diaplikasikan dan tidak membutuhkan lasan sehingga tidak bersifat permanen (bisa di bongkar pasang).



Gambar 2.8 Sambungan ulir.
(Parisher dan Robert, 2002)

3. Sambungan *socket-weld* (lihat Gambar 2.9) dibuat dengan cara pipa satu dan pipa lainnya dimasukkan ke dalam *socket* setelah itu dilas pada kedua ujungnya.



Gambar 2.9 Sambungan *socket-weld*.
(Parisher dan Robert, 2002)

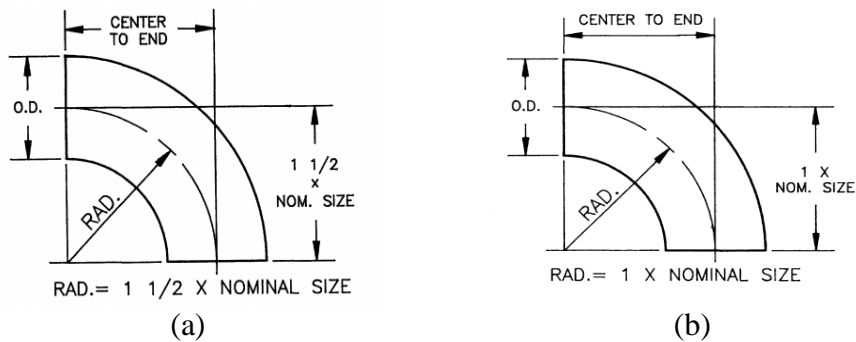
2.2.6 Sambungan (*fitting*)

Fitting merupakan bagian dari sistem perpipaan yang berfungsi sebagai penyambung antar pipa dan sebagai bagian akhir dari perpipaan, selain itu *fitting* juga dapat berfungsi untuk merubah arah aliran, menyebarkan aliran, membesar atau memperkecil volume aliran.

Beberapa jenis *fitting* antara lain sebagai berikut :

1. Siku (*Elbow*)

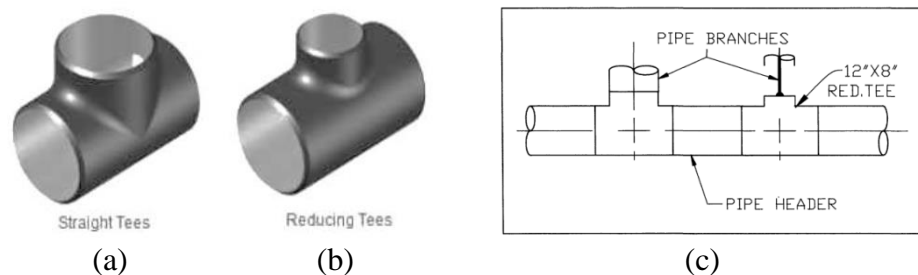
Elbow merupakan komponen sistem perpipaan yang digunakan untuk mengubah arah aliran, mengubah arah aliran ke atas, ke bawah, ke kanan, ke kiri dan sudut. Gambar 2.10 menunjukkan *elbow* terdiri dari dua jenis yang paling umum yaitu 45° dan 90° , bertipe *short radius* dan *long radius*.



Gambar 2.10 (a) *Long radius* (b) *Short radius*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2. Tee

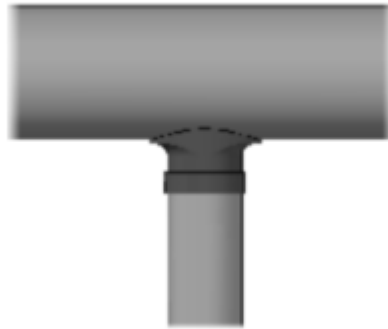
Seperti namanya, komponen *tee* ini berbentuk seperti huruf “T” dimana fungsinya untuk membagi arah aliran, memiliki diameter yang sama dengan pipa yang ingin disambung atau disebut juga dengan *straight tee* dan jika diameter cabangnya lebih kecil disebut *reducing tee* yang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 (a) *Straight tee* (b) *Reducing tee* (c) Sambungan *header* dan *branch*.
(Parisher dan Robert, 2002)

3. Stub-in

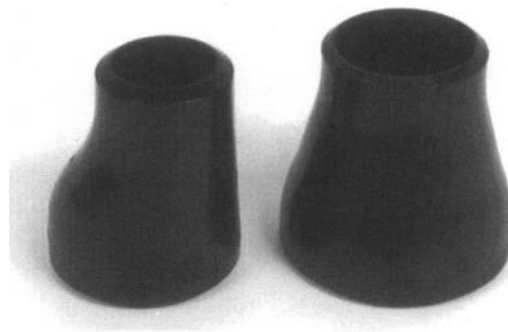
Metode lainnya untuk sambungan percabangan adalah *stub-in*. Gambar 2.12 menunjukkan *stub-in* biasanya digunakan sebagai pengganti alternatif *reducing tee*, *stub-in* dipasangkan langsung dengan pipa utamanya.



Gambar 2.12 *Stub-in*.
(Sugeng, 2017)

4. Reducer

Sambungan *reducer* ini berfungsi untuk memperkecil volume aliran fluida, dipasang pada pipa atau komponen berdiameter tertentu ke pipa atau komponen dengan diameter yang lebih kecil. Gambar 2.13 menunjukkan dua tipe *reducer* antara lain *concentric reducer* dan *eccentric reducer*, perbedaan diantara keduanya adalah jika *concentric reducer* memiliki satu *center* garis tengah, sedangkan *eccentric reducer* memiliki perbedaan *center* garis tengahnya.



Gambar 2.13 *Eccentric reducer* dan *concentric reducer*.
(Parisher dan Robert, 2002)

5. Coupling

Coupling merupakan komponen yang diperlukan pada sambungan-sambungan berukuran kecil seperti *socket-weld* dan ulir (*threaded*),

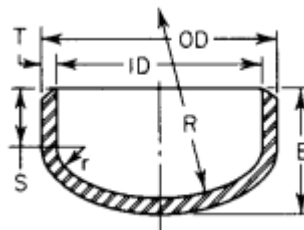
umumnya digunakan untuk sambungan instrumentasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 *Coupling*.
(Amazon, 2017)

6. *Cap*

Cap merupakan komponen yang berfungsi sebagai penghenti aliran yang dipasang dengan cara dilas pada ujung pipa, atau bisa disebut juga sebagai tutup dari ujung pipa ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 *Cap*.
(Nayyar, Piping Handbook 7th Edition)

2.2.7 *Flange*

Flange adalah komponen perpipaan yang mempunyai mekanisme untuk menyambungkan suatu elemen perpipaan dengan *valve*, *vessel*, pompa dan lainnya menjadi satu kesatuan utuh dengan baut sebagai alat perekatnya. Diantara *flange* yang terpasang terdapat sebuah *gasket* yang fungsinya untuk mencegah kebocoran fluida antar sambungan *flange*. Dengan penggunaan *flange* ini memudahkan untuk adanya bongkar pasang saat *maintenance* dilakukan tanpa mengurangi kegunaan untuk mengalirkan fluida pada tekanan tinggi. Secara umum *flange* dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan permukaan *face* nya antara lain :

1. *Flat face*

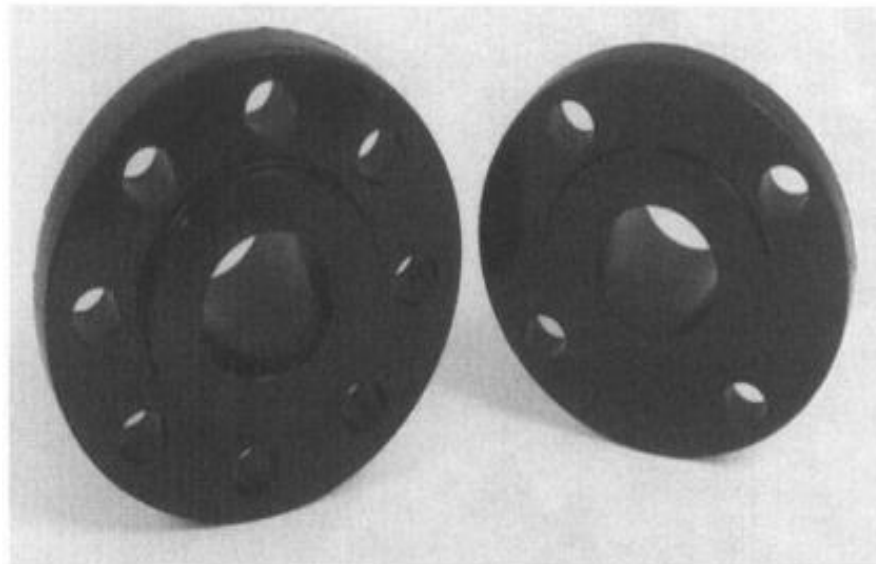
Seperti namanya, Gambar 2.16 menunjukkan tipe *flat flange* memiliki permukaan datar, memiliki permukaan sentuh antar *flange*. *Flange* jenis ini biasanya digunakan untuk jenis baja tuang (*cast iron*) dan juga *galvanize*.



Gambar 2.16 *Flat face*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2. *Raised face*

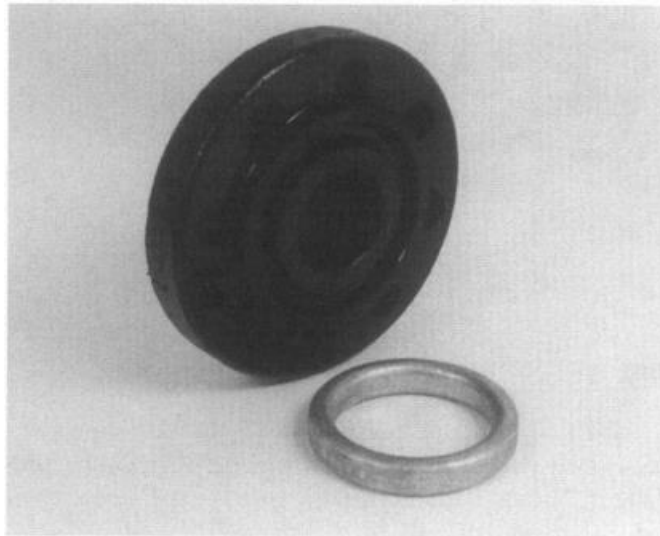
Sesuai namanya, Gambar 2.17 menunjukkan tipe *raised flange* ini memiliki permukaan sentuh yang lebih tinggi di tengah pada *face* nya.



Gambar 2.17 *Raised face*.
(Parisher dan Robert, 2002)

3. *Ring type-joint*

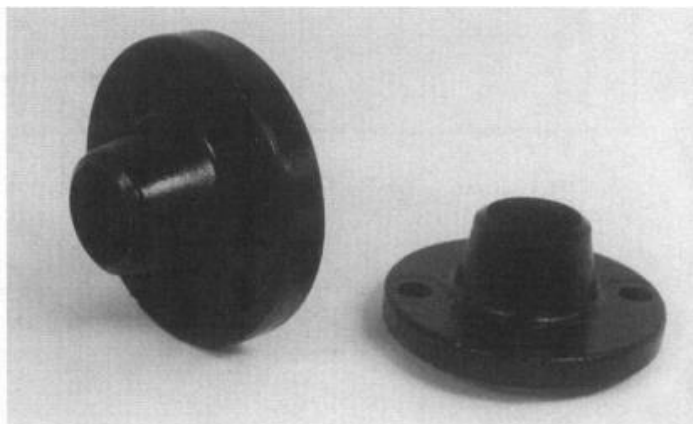
Flange tipe ini menggunakan *ring* sebagai gasket atau penyekatnya (lihat Gambar 2.18), gasket tersebut nantinya akan ditempatkan pada ruang yang tersedia pada *flange*.



Gambar 2.18 *Ring type-joint*.
(Parisher dan Robert, 2002)

4. *Weld neck flange*

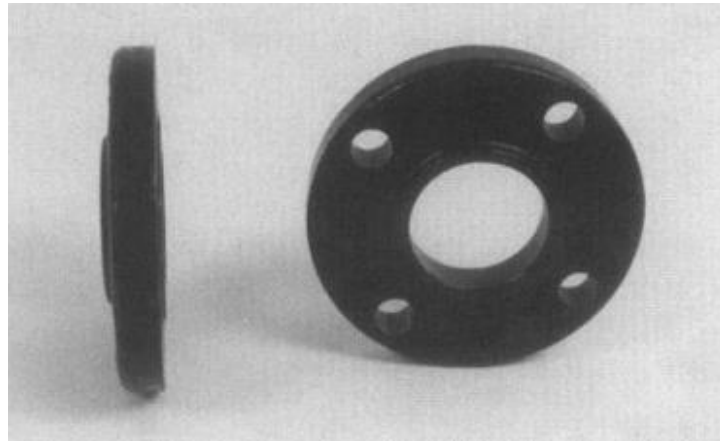
Flange jenis ini didesain untuk mengurangi *high-stress concentrations* pada permukaan *flange* dengan mentransfer tegangan pada sambungan antar pipa, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Weld neck flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

5. *Slip-on flange*

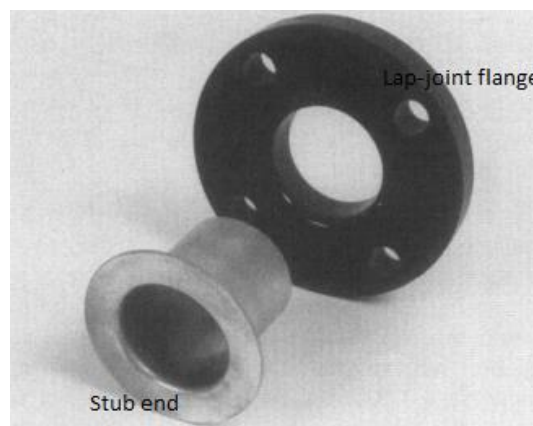
Flange jenis ini sangat ideal digunakan untuk daerah yang memiliki tekanan yang rendah karena kekuatannya sepertiga dari *weld neck flange* dan memiliki ukuran yang lebih pendek, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 *Slip-on flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

6. *Lap-joint flange*

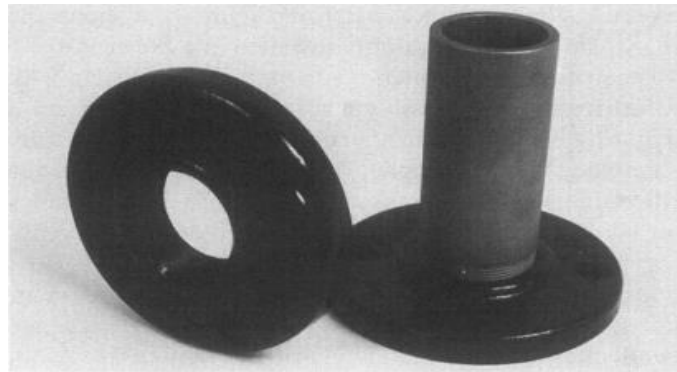
Biasanya digunakan untuk komponen yang menggunakan bahan karbon atau baja paduan rendah pada sistem perpipaan. Gambar 2.21 menunjukkan *lap-joint flange* pada penggunaannya dipasang dengan komponen *stub end* sebagai perekatnya, ini nantinya akan memudahkan dalam hal perawatan.



Gambar 2.21 *Lap-joint flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

7. *Threaded flange*

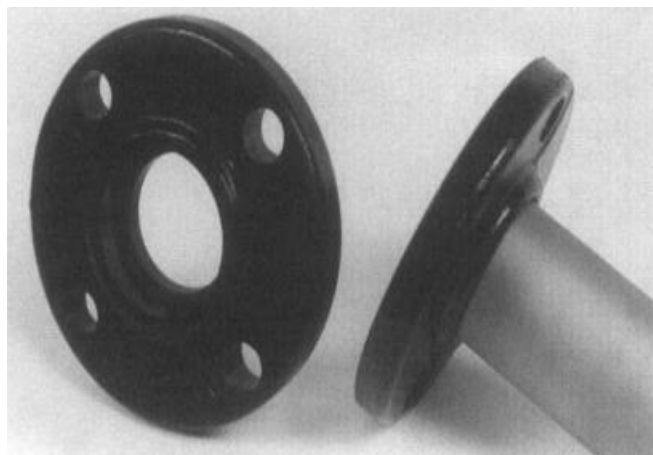
Memiliki bentuk yang mirip dengan *slip-on flange*, hanya lubangnya berulir, dapat dipasang tanpa sambungan las (lihat Gambar 2.22). Kelebihannya *threaded flange* dapat digunakan dengan baik pada tekanan yang ekstrem dengan temperatur atmosfer normal dan pada area dengan resiko ledakan yang besar.



Gambar 2.22 *Threaded flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

8. *Socked weld flange*

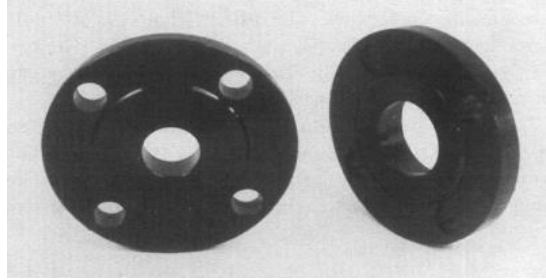
Socked weld flange umumnya digunakan pada sistem perpipaan bertekanan tinggi yang memiliki ukuran diameter kecil ($\frac{1}{2}$ " sampai 4"), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.23.



Gambar 2.23 *Socked weld flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

9. *Reducing flange*

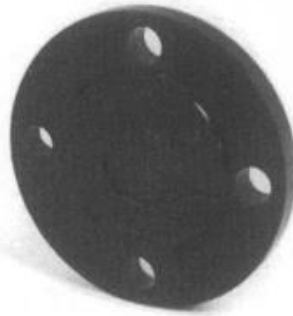
Seperti halnya *reducing fitting*, Gambar 2.24 menunjukkan *reducing flange* yang digunakan untuk memperkecil diameter pipa, kebanyakan diaplikasikan pada instalasi yang memiliki ruang terbatas.



Gambar 2.24 *Reducing flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

10. *Blind flange*

Flange jenis ini dalam pengaplikasiannya digunakan untuk mengakhiri dari suatu jalur pipa atau bisa disebut juga sebagai penutup pipa dan tidak memiliki sebuah *hub* atau lubang pada bagian tengahnya. *Blind flange* dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 *Blind flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

11. *Orifice flange*

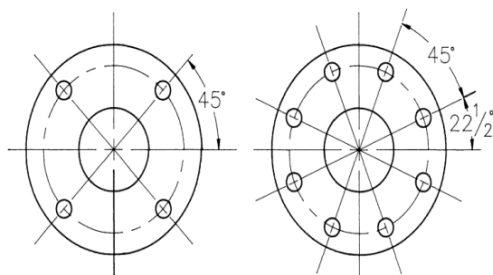
Flange jenis ini berfungsi untuk mengukur rata-rata aliran yang melewatinya pada sistem perpipaan, *orifice flange* dapat dilihat pada Gambar 2.26.



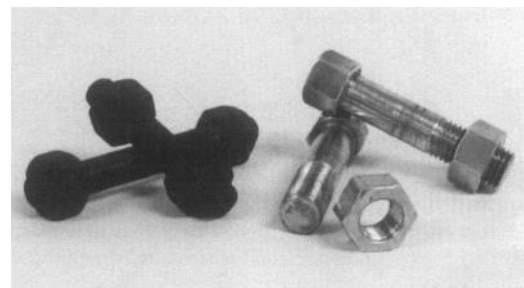
Gambar 2.26 *Orifice flange*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.8 Bolts

Dalam penyempurnaan pada sambungan *flange* dibutuhkan baut dan gasket. Baut dalam fungsinya bertugas untuk mengaitkan dengan kuat pada sambungan *flange*, *nozzle* dan *valve* secara bersamaan. Penggunaan baut mengikuti *pressure rating* pada *flange*, dengan memperhitungkan jarak, ukuran dan nomor pada baut. Gambar 2.27 menunjukkan baut dibagi menjadi dua tipe yaitu *machine bolt* dan *stud bolt*, *machine bolt* mempunyai satu mur (*nut*) disalah satu ujungnya dan ulir pada ujung bagian lainnya, sedangkan *stud bolt* berulir sepanjang bautnya dan memiliki dua mur untuk saling mengaitkan pada ujungnya.



(a)



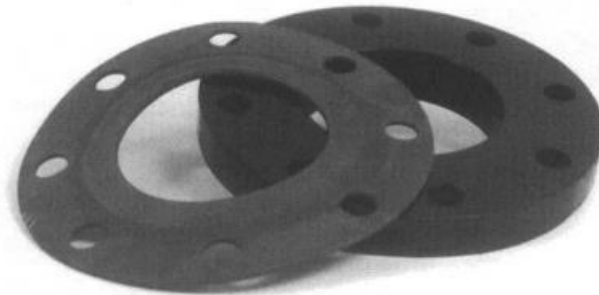
(b)

Gambar 2.27 (a) Jarak antar lubang baut (b) Baut *stud* dan *machine*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.9 Gasket

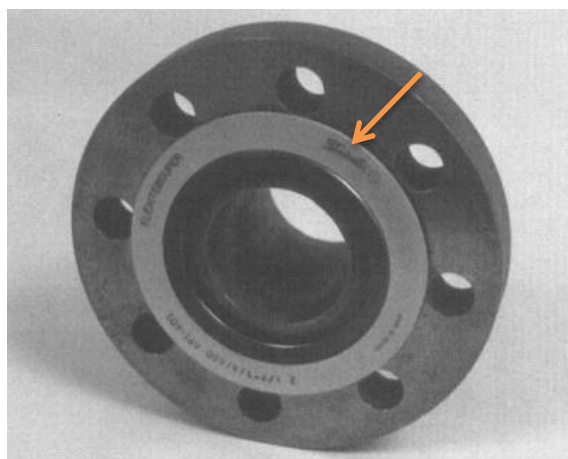
Gasket ini dalam penggunaannya sangat vital karena berfungsi untuk mencegah kebocoran pada sambungan sambungan dalam sistem perpipaan. Menggunakan gasket dengan material yang lebih lunak sangat baik digunakan untuk meminimalisir kemungkinan adanya kebocoran, beberapa material yang digunakan untuk membuat gasket antara lain asbes, karet (*rubber*), *neoprene*, *lead* dan tembaga. Gambar 2.28, Gambar 2.29 dan Gambar 2.30 menunjukkan jenis-jenis gasket yang mengikuti bentuk permukaan *flange*, berikut beberapa jenis gasket yang biasa digunakan dalam sistem perpipaan :

1. *Full face gasket*



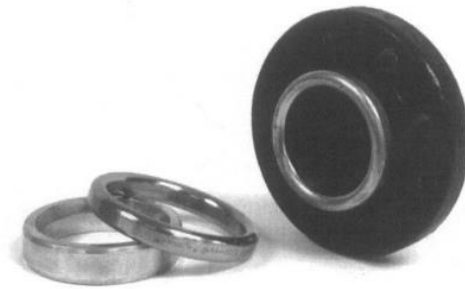
Gambar 2.28 *Full face gasket*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2. *Flat ring gasket*



Gambar 2.29 *Flat ring gasket*.
(Parisher dan Robert, 2002)

3. *Metal ring gasket*



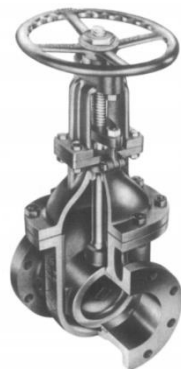
Gambar 2.30 *Metal ring gasket*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.10 Katup (*valve*)

Katup adalah sebuah perangkat dalam sistem perpipaan yang berfungsi yang tidak hanya untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida namun juga dapat mengatur volume dan tekanan pada laju aliran fluida, dengan cara membuka, menutup atau menutup sebagian. Katup dibuat dengan berbagai ukuran, *body*, dan *rating* untuk menyesuaikan pada pemakaiannya, antara lain untuk jenis-jenis katup sebagai berikut :

1. *Gate valve*

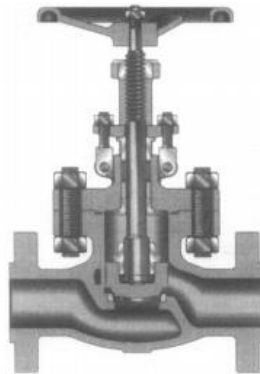
Katup jenis ini didesain untuk membuka atau menutup aliran dengan cara tertutup rapat dan terbuka penuh, sehingga *gate valve* (lihat Gambar 2.31) ini tidak cocok untuk mengatur debit aliran karena kurang akurat dalam hal mengontrol jumlah aliran dan jika posisi *gate* terbuka sebagian maka akan terjadi turbulensi.



Gambar 2.31 *Gate valve*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2. *Globe valve*

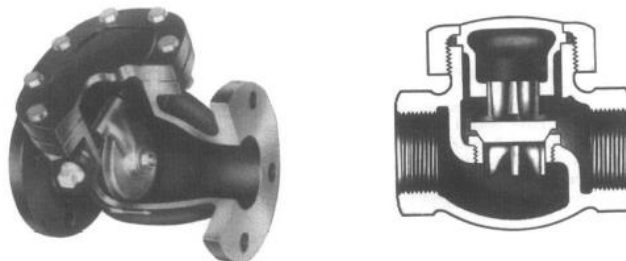
Katup jenis ini sangat mudah dioperasikan dan banyak digunakan untuk beberapa kondisi. Gambar 2.32 menunjukkan *Globe valve* didesain untuk mengubah arah aliran, namun perubahan aliran tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan dan turbulensi, sehingga tidak cocok digunakan untuk aliran yang ada penurunan tekanan dan turbulensi di dalamnya.



Gambar 2.32 *Globe valve*.
(Parisher dan Robert, 2002)

3. *Check valve*

Katup jenis ini didesain untuk mencegah terjadinya aliran balik, beroperasi secara otomatis dengan gravitasi dan tekanan sebagai penggerakannya. Terdapat dua jenis *check valve* yaitu *swing check* dan *lift check* (lihat Gambar 2.33), *swing check valve* terdiri atas sebuah *disk* seukuran pipa yang digunakan dan didesain menggantung pada poros pada bagian atasnya, sedangkan *lift check valve* biasanya dipasangkan dengan *globe valve*, dan mempunyai bentuk *body* yang menyerupai *globe valve*.



Gambar 2.33 Katup *swing* dan *lift check*.
(Parisher dan Robert, 2002)

4. *Ball valve*

Ball valve menggunakan bola berbahan metal dengan lubang di tengahnya yang terpasang pada pusat katup untuk mengontrol aliran (lihat Gambar 2.34), penggunaan katup jenis ini sangat mahal ketimbang jenis katup lainnya. Banyak digunakan pada proses hidrokarbon, juga sangat baik digunakan dalam aliran fluida gas dan uap dan laju aliran rendah.



Gambar 2.34 Katup bola.
(Parisher dan Robert, 2002)

5. *Butterfly valve*

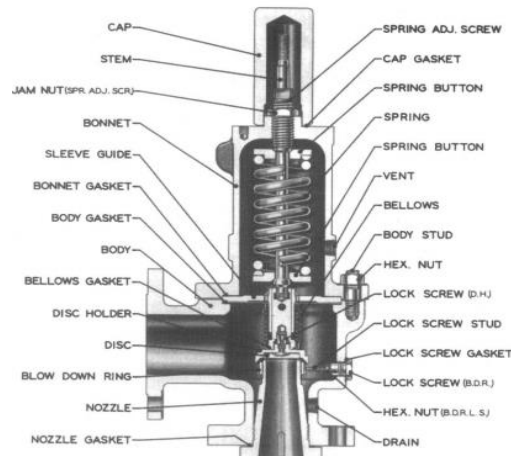
Merupakan jenis katup yang didesain sederhana dan umumnya untuk aliran yang bertekanan rendah. Desainnya yang sangat sederhana tersebut, sehingga dalam penggunaannya untuk mengontrol aliran hanya diperlukan $\frac{1}{4}$ putaran untuk membuka dan menutup secara penuh, Gambar 2.35 menunjukkan *butterfly valve*.



Gambar 2.35 *Butterfly valve*.
(Parisher dan Robert, 2002)

6. Relief valve

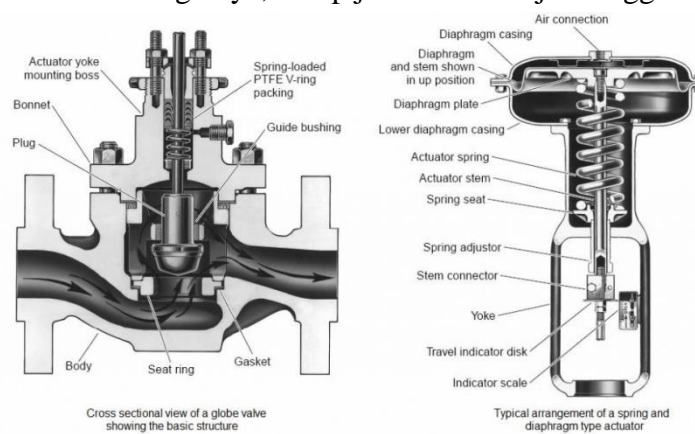
Katup jenis ini berbeda dari jenis katup lainnya, didesain untuk melepaskan tekanan berlebih pada peralatan (*equipment*) dan sistem perpipaan di mana akan mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan tersebut dan juga kecelakaan pekerja, Gambar 2.36 menunjukkan *relief valve*.



Gambar 2.36 *Relief valve*.
(Parisher dan Robert, 2002)

7. Control valve

Sesuai dengan namanya, Gambar 2.37 menunjukkan *control valve* didesain untuk mengontrol aliran yang akan melewatinya sesuai dengan pengaturan yang telah diberikan sebelumnya pada katup ini. Sebagai salah satu contoh parameternya adalah tekanan, laju aliran, temperatur, level ketinggian, dan lain sebagainya, katup jenis ini bekerja menggunakan sensor.



Gambar 2.37 *Control valve*.
(Enggcyclopedia, 2011)

2.2.11 Komponen khusus

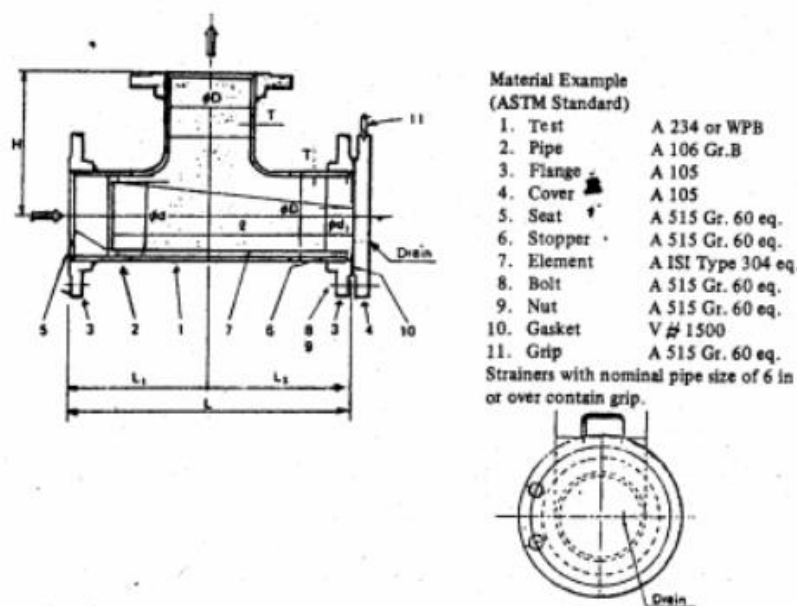
Komponen khusus yang dimaksud di sini adalah saringan (*strainer*), alat perangkap uap (*steam trap*), *vent* dan drain, yang di mana berfungsi membantu kinerja dari suatu sistem perpipaan. Beberapa penjelasan mengenai komponen khusus sebagai berikut :

a. Saringan (*strainer*)

Sesuai namanya, saringan ini berguna untuk menyaring kotoran baik yang berupa cair, padat maupun gas, sehingga aliran yang akan diproses atau hasil proses lebih baik mutunya. Beberapa tipe *strainer* antara lain :

1) Tipe T

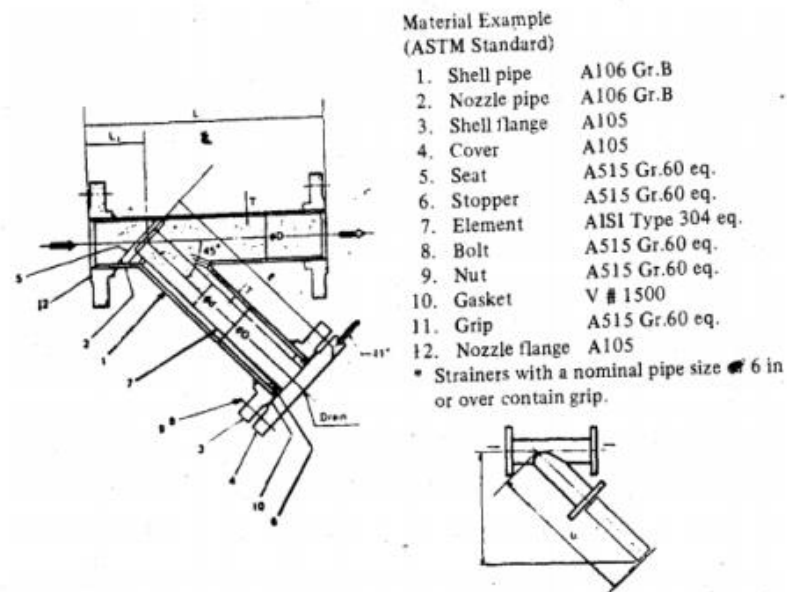
Gambar 2.38 menunjukkan *strainer* tipe T ini secara umum digunakan untuk memperluas ruang aliran dan memperkecil tekanan pada jalur pipa.



Gambar 2.38 *Strainer* tipe T.
(Raswari, 2009)

2) Tipe Y

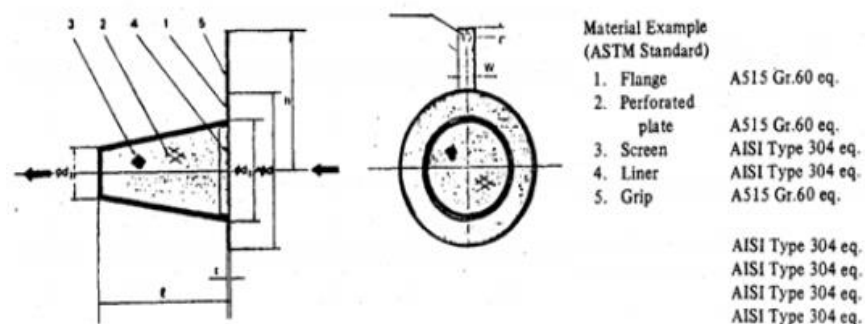
Saringan tipe Y ini berfungsi untuk menyaring kotoran langsung dan mengarahkannya ke bawah. Gambar 2.39 menunjukkan *strainer* tipe Y.



Gambar 2.39 *Strainer* tipe Y.
(Raswari, 2009)

3) Tipe sementara (*temporary type*)

Saringan tipe sementara ini biasa digunakan pada *start-up* sistem perpipaan, dimana fungsinya untuk mencegah adanya sedimentasi dan menyaring kotoran saat *start-up*. Gambar 2.40 menunjukkan *trainer* tipe sementara.

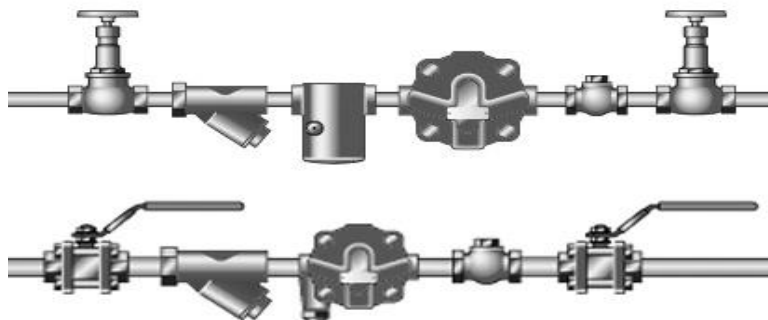


Gambar 2.40 *Strainer* tipe sementara.
(Raswari, 2009)

b. Perangkat uap (*steam trap*)

Steam trap merupakan alat yang berfungsi untuk menjebak atau dengan kata lain memisahkan fluida cair yang tidak ada perannya dalam sistem

perpipaan, yang dapat memberikan hambatan pada aliran uap dan menimbulkan kerugian bagi proses aliran uap itu sendiri (lihat Gambar 2.41). Perangkat uap ini dipasang pada daerah terendah dari suatu jalur perpipaan atau dipasang pada kantung pipa yang disebut *drip leg*.



Gambar 2.41 *Steam trap*.
(Sarco, 2017)

2.2.12 *Mechanical equipment*

Mechanical equipment digunakan untuk memulai, mengakhiri, memanaskan, mendinginkan, mencairkan, menguapkan, memindahkan, menyimpan, mencampur, atau memisahkan komoditi aliran yang melewati sistem perpipaan. Berikut beberapa *equipment* yang umum digunakan dalam sistem perpipaan pada suatu *plant*.

2.2.12.1 *Vessel*

Vessel terbagi menjadi dua tipe, yaitu *horizontal vessel* dan *vertical vessel*. *Horizontal vessel* yang ditunjukkan pada Gambar 2.42 memiliki bentuk tangki silinder tempat penyimpanan yang sejajar dengan permukaan bumi. Digunakan terutama untuk mendapatkan dan mengumpulkan cairan, maka tidak ada komponen yang bergerak di dalamnya. *Nozzle* yang terdapat di atas *vessel* berguna untuk jalan masuknya cairan dan mengisi *vessel* tersebut, sedangkan *nozzle* yang terdapat di bawah *vessel* berguna untuk jalur keluarnya cairan.



Gambar 2.42 *Horizontal vessel.*
(Parisher dan Robert, 2002)

Sedangkan pada Gambar 2.43 menunjukkan *vertical vessel* memiliki bentuk tangki silinder yang arahnya tegak lurus dengan permukaan bumi, yang tingginya kurang lebih 200 kaki. Pada kolom fraksinasi terdapat *internal plate* yang disebut *trays*, berfungsi untuk memisahkan dan mengumpulkan berbagai jenis senyawa molekul untuk persediaan umpan untuk keperluan proses.

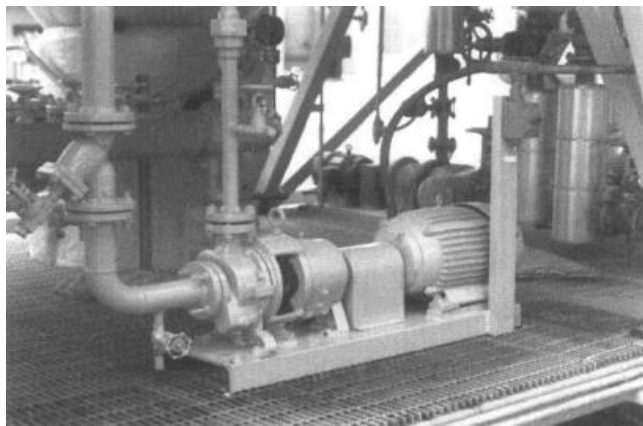
Proses pecahnya air umpan menjadi senyawa molekul disebut *fractional distillation*. Selanjutnya setelah pemurnian dan pemrosesan, senyawa tersebut akan menjadi hasil produk seperti solar, *gasoline*, *kerosene* dan lainnya.



Gambar 2.43 *Vertical vessel.*
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.12.2 Pompa

Gambar 2.44 menunjukkan pompa merupakan sebuah alat mekanik yang digunakan untuk memindahkan fluida di bawah tekanan dari satu lokasi menuju lokasi lainnya. Pompa mempercepat kecepatan aliran yang melewati di dalam pipa, dengan demikian meningkatkan laju aliran. Terdapat beberapa tipe pompa yang digunakan berdasarkan klasifikasinya : *centrifugal*, *reciprocating* atau *rotary*.



Gambar 2.44 Pompa.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.12.3 Penggerak pompa

Pada semua pompa memerlukan sebuah alat penggerak untuk dapat berfungsi, yang disebut *drivers* (lihat Gambar 2.45). *Driver* terhubung pada pompa melalui poros yang berputar. Poros berputar menggerakkan *impeller*, *gears*, *screws* atau *pistons* untuk memulai kerja dari pompa. Umumnya elektrik motor adalah *driver* yang sering digunakan.



Gambar 2.45 Elektrik motor.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.12.4 Kompresor

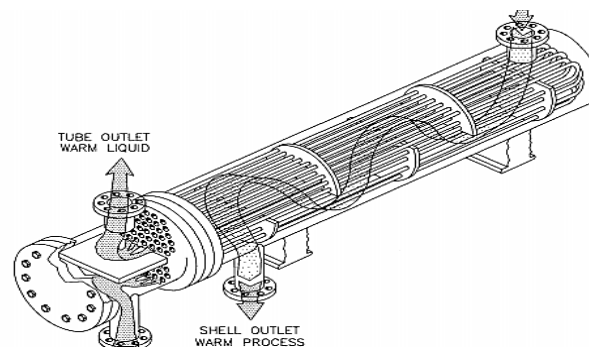
Kompresor serupa seperti pompa, namun kompresor didesain hanya untuk memindahkan udara, gas, atau uap daripada cairan. Kompresor digunakan untuk meningkatkan laju aliran berbentuk gas dari satu lokasi ke lokasi lainnya, dengan cara dimampatkan sehingga menghasilkan udara/gas bertekanan. Seperti pompa, terdapat beberapa tipe kompresor yang digunakan berdasarkan klasifikasinya : *centrifugal*, *reciprocating* atau *rotary*. Gambar 2.46 menunjukkan kompresor yang berada di pabrik pengolahan.



Gambar 2.46 Kompresor.

2.2.12.5 Exchangers

Exchanger (lihat Gambar 4.47) pada perpipaan berfungsi untuk memindahkan panas dari satu fluida ke fluida lainnya. Jika temperatur cairan yang diinginkan terlalu panas atau ingin menjadi dingin untuk hasil produk, *exchanger* dapat mengerjakan keduanya. *Exchanger* tidak mencampurkan fluida secara bersamaan, tetapi melalui kontak pnanas dengan permukaan pada beda temperatur.



Gambar 2.47 *Exchanger*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.12.6 Tangki penyimpanan

Sesuai namanya, tangki ini berfungsi untuk menyimpan minyak mentah yang diprioritaskan untuk digunakan pada proses pengilangan. Juga menyimpan hasil produk yang akan dikirim atau diambil oleh *customer*. Gambar 2.48 menunjukkan tangki penyimpanan.



Gambar 2.48 Tangki penyimpanan.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.13 Penggambaran proses perencanaan sistem perpipaan

Sebelum memulai pembangunan sebuah *plant*, dalam pengerjaannya dibutuhkan sebuah acuan, diantaranya dapat berupa dokumen dan gambar teknik yang mendukung yang memberikan informasi mengenai hal-hal apa saja yang harus dikerjakan dalam membangun *plant* tersebut.

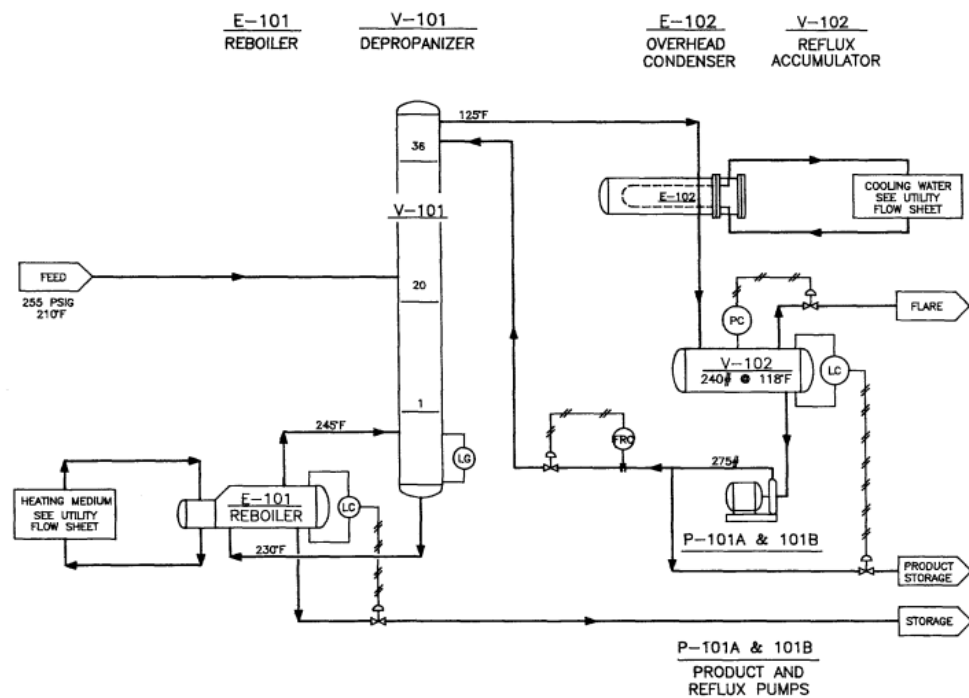
2.2.13.1 *Flow diagrams and instrumentation*

Flow diagram menjelaskan tentang bentuk atau susunan gambar skematik aliran fluida dan gas yang melewati suatu unit atau pada seluruh *plant*. Dengan menggunakan symbol-simbol untuk menunjukkan berbagai macam bagian *equipment*, *flow diagram* memberikan gambaran untuk seluruh operasi pada sebuah fasilitas kepada *piping designer*. Berikut beberapa tipe dari *flow diagram* :

a. *Process flow diagram*

Process flow diagram merupakan *flow diagram* pertama yang dikembangkan oleh departemen *flow diagram*. Gambar 2.49 menunjukkan *process flow diagram* meliputi beberapa hal berikut ini :

- 1) *Equipment* utama.
- 2) Pipa utama.
- 3) Arah aliran.
- 4) Operasi tekanan dan temperatur.
- 5) Instrumentasi utama.



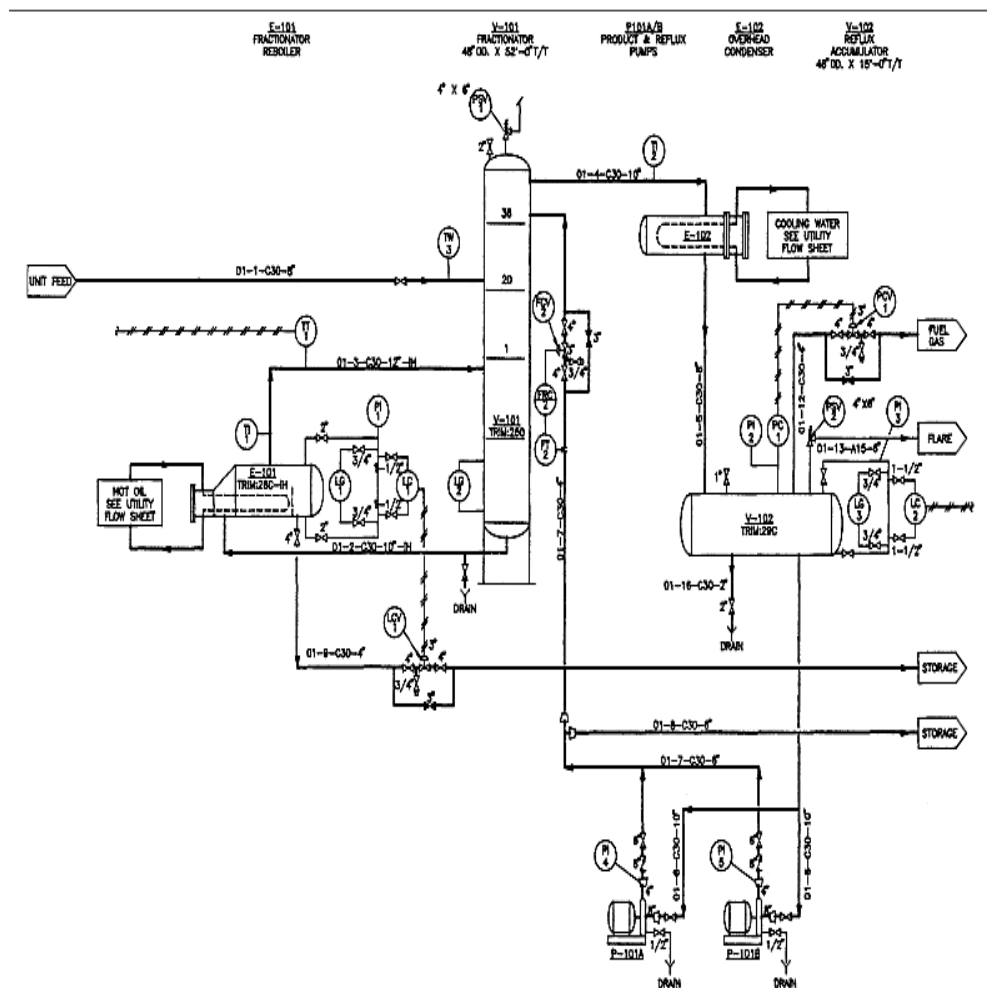
Gambar 2.49 *Process flow diagram*.
(Parisher dan Robert, 2002)

b. *Mechanical flow diagram*

Mechanical flow diagram memberikan informasi data yang lebih spesifik daripada *process flow diagram*. *Mechanical flow diagram* juga dikenal dengan sebutan P & ID (*process and instrument diagram*), yang merupakan gambar panduan utama untuk perencanaan sebuah *plant*.

Pada Gambar 2.50 menunjukkan *mechanical flow diagram* meliputi beberapa hal berikut ini :

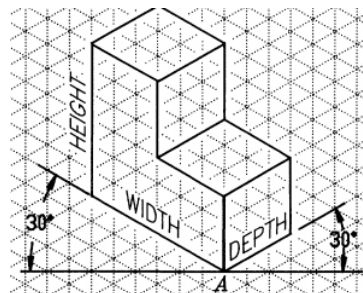
- 1) *Line number* pipa dan arah alirannya.
- 2) Spesifikasi pipa dan ukurannya.
- 3) Keseluruhan *equipment*.
- 4) Keseluruhan *valve*.
- 5) Semua instrumentasi dengan alat pengontrolnya.



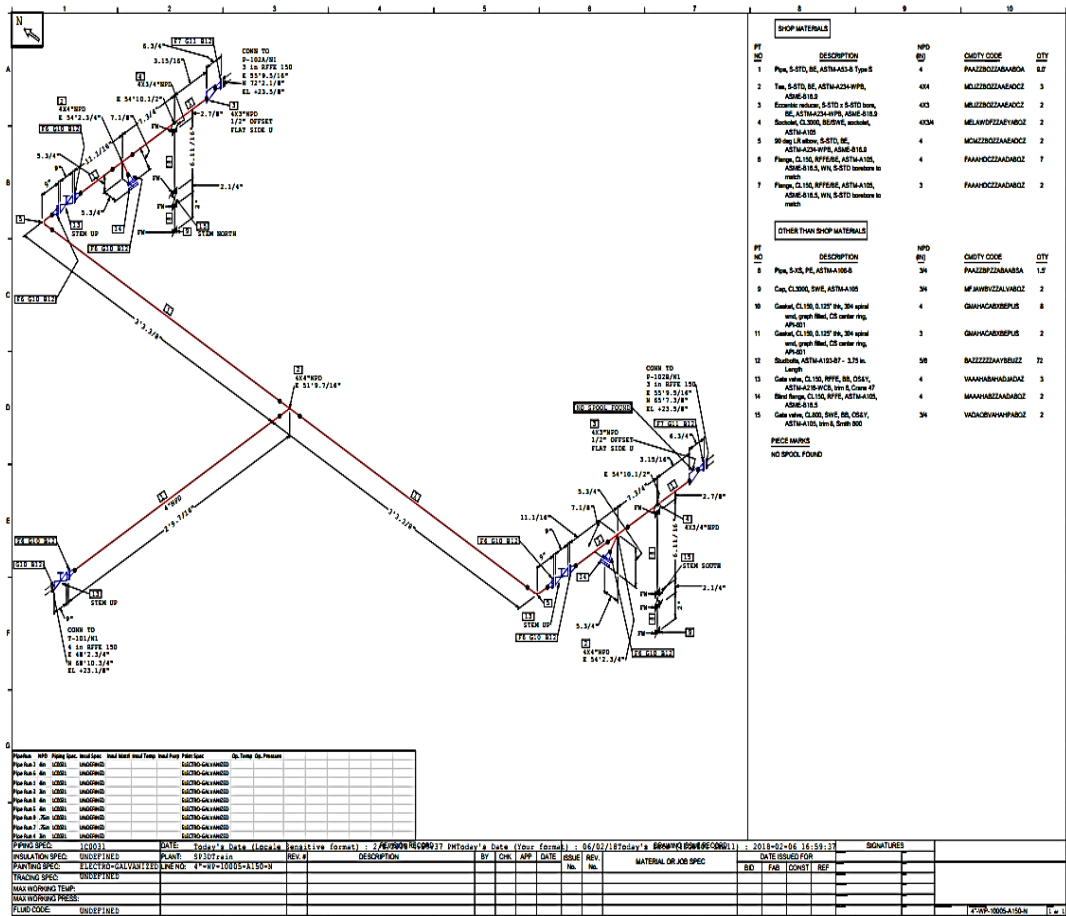
Gambar 2.50 *Mechanical flow diagram*.
(Parisher dan Robert, 2002)

2.2.13.2 Gambar isometric

Merupakan gambar pelaksanaan konstruksi perpipaan yang memiliki 3 dimensi ukuran pada suatu *object* yaitu *height*, *width* dan *depth* (lihat Gambar 2.51). Gambar 2.52 menunjukkan Gambar *isometric* yang berisi informasi mengenai jenis dan jumlah komponen-komponen yang digunakan pada perpipaan, panjang pipa, material yang digunakan dan spesifikasinya.



Gambar 2.51 *Height*, *width* dan *depth*. (Parisher dan Robert, 2002)



Gambar 2.52 Gambar *isometric*.

2.2.14 Berat *equipment*

Menghitung estimasi berat dari *equipment* yang ada pada suatu desain *plant* sangatlah perlu, selain mendapatkan berat total keseluruhan *plant*, juga untuk menjadi acuan dalam menentukan biaya produksi pada tiap-tiap *equipment* yang akan dibuat. Selain itu, perhitungan biaya tersebut nantinya dapat dijadikan tolak ukur untuk mencari *vendor* dalam kegiatan tender. Berikut cara-cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan berat dari suatu *equipment* :

- Mencari tebal *shell* (t) menggunakan persamaan rumus 2.1 yang didapat dari *pressure vessel handbook*, Megyesy, bukan *storage tank* :

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

Keterangan :

P = MAWP (psig), didapat dari tabel di bawah ini, dengan asumsi *temperature* dan *rating*. Tabel 2.1 menunjukkan *rating* dan MAWP untuk plat dari buku ASME B 16.5 *pipng process*.

Tabel 2.1 Tabel *rating* dan MAWP untuk plat.

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
C-Si	A 105 (1)	A 216 Gr. WCB (1)	A 515 Gr. 70 (1)
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)		A 516 Gr. 70 (1)(2) A 537 Cl. 1 (3)

NOTES:

(1) Upon prolonged exposure to temperatures above 800°F, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible, but not recommended for prolonged use above 800°F.

(2) Not to be used over 850°F.

(3) Not to be used over 700°F.

WORKING PRESSURES BY CLASSES, psig							
Class Temp., °F	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	285	740	990	1480	2220	3705	6170
200	200	675	900	1350	2025	3375	5625
300	230	655	875	1315	1970	3280	5470
400	200	635	845	1270	1900	3170	5280
500	170	600	800	1200	1795	2995	4990
600	140	550	730	1095	1640	2735	4580
650	125	535	715	1075	1610	2685	4475
700	110	535	710	1065	1600	2665	4440
750	95	505	670	1010	1510	2520	4200
800	80	410	550	825	1235	2060	3430
850	65	270	355	535	805	1340	2230
900	50	170	230	345	515	860	1430
950	35	105	140	205	310	515	860
1000	20	50	70	105	155	260	430

R = jari-jari *shell* (inch).

SA = *allowable stress* (psi), didapat dari tabel *basic allowable stress* untuk material baja. (lihat Tabel 2.2).

Tabel 2.2 Tabel *basic allowable stress* untuk material baja.

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp.										
						Tensile	Yield	to 100	200	300								
Carbon Steel (Cont'd)																		
Pipes and Tubes (2) (Cont'd)																		
...	A 53	1	B	(57)(59)	}	B	60	35	20.0	20.0	20.0							
...	A 106	1	B	(57)														
...	A 333	}	1	6								(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A 334																	
...	A 369																	
...	A 381	S-1	Y35	...								A	}	60	35	20.0	20.0	20.0
...	API 5L	S-1	B	(57)(59)(77)	B													
...	A 139	S-1	C	(8b)	}	A	60	42	20.0	20.0	20.0							
...	A 139	S-1	D	(8b)														
...	API 5L	S-1	X42	(55)(77)														
...	A 381	S-1	Y42	...														
...	A 381	S-1	Y48	...	A	62	48	20.6	19.7	18.7								
...	API 5L	S-1	X46	(55)(77)	}	A	63	46	21.0	21.0	21.0							
...	A 381	S-1	Y46	...														
...	A 381	S-1	Y50	...	A	64	50	21.3	20.3	19.3								
A 516 Gr. 65	A 671	1	CC65	(57)(67)	}	B	65	35	21.7	21.3	20.7							
A 515 Gr. 65	A 671	1	CB65	(57)(67)														
A 515 Gr. 65	A 672	1	B65															
A 516 Gr. 65	A 672	1	C65	(57)(67)								A	65	35	21.7	21.3	20.7	
...	A 139	S-1	E	(8b)	}	A	66	52	22.0	22.0	22.0							
...	API 5L	S-1	X52	(55)(77)														
...	A 381	S-1	Y52	...														
A 516 Gr. 70	A 671	1	CC70	(57)(67)	}	B	70	38	23.3	23.1	22.5							
A 515 Gr. 70	A 671	1	CB70	(57)(67)														
A 515 Gr. 70	A 672	1	B70															
A 516 Gr. 70	A 672	1	C70	(57)(67)								A	70	38	23.3	23.1	22.5	
...	A 106	1	C	(57)								B	70	40	23.3	23.3	23.3	
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 671	1	CD70	(67)	D	70	50	23.3	23.3	22.9								
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 672	1	D70															
A 537 Cl. 1 (≤ 2½ in. thick)	A 691	1	CMSH70															
...	API 5L	S-1	X56	(51)(55)(71)(77)	A	71	56	23.7	23.7	23.7								
...	A 381	S-1	Y56	(51)(55)(71)	A	71	56	23.7	23.7	23.7								







Contoh : diketahui material A 515 Gr 70 dan temperatur 100 °F, ketemu

$$SA = 23,3 \text{ ksi} = 23300 \text{ psi.}$$

E = efisiensi sambungan, seamless pipe = 1, didapat dari tabel nilai *joint efficiency* untuk berbagai sambungan, lihat Tabel 2.3.

CA = *corrosion allowance* = 0,125 inch.

Tabel 2.3 Tabel nilai *joint efficiency* untuk berbagai sambungan.

TYPES OF WELDED JOINTS					
TYPES CODE UW-12		JOINT EFFICIENCY, E When the Joint:			
		a. Fully Radio- graphed	b. Spot Examined	c. Not Examined	
1		Butt joints as attained by double-welding or by other means which will obtain the same quality of deposited weld metal on the inside and outside weld surface. Backing strip if used shall be removed after completion of weld.	1.00	0.85	0.70
2	 For circumferential joint only	Single-welded butt joint with backing strip which remains in place after welding	0.90	0.80	0.65
3		Single-welded butt joint without use of backing strip	—	—	0.60
4		Double-full fillet lap joint	—	—	0.55
5		Single-full fillet lap joint with plug welds	—	—	0.50
6		Single full fillet lap joint without plug welds	—	—	0.45

- Menghitung berat *shell*
 - a. Setelah didapatkan nilai tebalnya, hasilnya dan besar nilai diameter *shell*-nya dibulatkan ke atas. Gunanya untuk mendapatkan nilai I.S dan O.S pada tabel berat *shell and head* dari *pressure vessel handbook*, Megyesy yang ditunjukkan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tabel berat *shell and head*.

WEIGHT OF SHELLS & HEADS										
DIAM. VESSEL	WALL THICKNESS									
	5/8"					11/16"				
	SHELL		HEAD			SHELL		HEAD		
	I.S.	O.S.	ELLIP	F.&D.	HEMIS	I.S.	O.S.	ELLIP	F.&D.	HEMIS
12	84	76	58	40	55	93	83	64	44	61
14	97	89	70	50	73	108	98	79	55	81
16	111	103	87	61	95	122	112	95	67	105
18	124	116	101	74	119	137	127	113	83	132
20	137	129	121	86	146	152	142	133	97	162
22	151	143	138	101	176	166	156	154	113	194
24	164	156	161	121	208	181	171	177	133	230
26	177	169	180	138	243	196	186	198	151	269
28	191	183	201	156	281	211	201	221	171	311
30	204	196	228	175	322	225	215	251	195	355
32	218	210	257	201	365	240	230	283	221	403
34	231	223	288	223	411	255	245	317	245	454
36	244	236	326	245	460	269	259	353	270	508
38	258	250	355	275	512	284	274	390	302	565
40	271	263	391	300	566	299	289	430	330	625
42	284	276	428	327	623	313	303	471	360	688
48	324	316	552	421	811	357	347	607	458	895
54	364	356	691	526	1024	401	391	760	579	1129
60	404	396	846	643	1261	445	435	931	707	1390
66	444	436	1017	772	1523	489	479	1118	849	1677
72	484	476	1203	912	1810	533	523	1323	1003	1994
78	524	516	1405	1065	2121	577	567	1545	1171	2337
84	564	556	1622	1229	2458	621	611	1784	1352	2707
90	604	596	1855	1405	2818	665	655	2041	1545	3104
96	644	636	2104	1592	3204	710	700	2315	1751	3529
102	685	677	2368	1791	3614	754	744	2605	1970	3980
108	725	717	2648	2003	4049	798	788	2913	2203	4459
114	765	757	2944	2225	4509	842	832	3239	2448	4965
120	805	797	3213	2460	4993	886	876	3535	2706	5498
126	848	837	3578	2706	5502	930	920	3910	2977	6058
132	885	877	3980	2965	6036	974	964	4317	3261	6646
138	925	917	4325	3234	6595	1018	1008	4703	3557	7261
144	965	957	4720	3516	7178	1062	1052	5185	3868	7902

Contoh : D = 40 inch dan t = 5/8", ketemu I.S = 271 lb/ft dan O.S = 263 lb/ft.

- b. Maka berat *shell* dapat dicari dengan menggunakan persamaan rumus 2.2,

$$W_{\text{shell}} (\text{kg}) = \text{panjang shell (ft)} \cdot \text{O.S (lb/ft)} \quad (2.2)$$

- Mencari tebal *head* (t) dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.3 yang didapat dari *pressure vessel handbook*, Megyesy :

$$t = \frac{P_{(MAWP)} \cdot D}{(2 \cdot SA \cdot E) + 1.8 \cdot P_{(MAWP)}} + CA \text{ (inch)} \quad (2.3)$$

Keterangan :

P = MAWP (psig), sama seperti MAWP *shell*.

D = diameter (inch).

SA = *allowable stress* (psi), sama seperti SA *shell*.

E = efisiensi sambungan, seamless pipe = 1, didapat dari *pressure vessel handbook*, Megyesy. lihat Gambar 2.53.

CA = *corrosion allowance* = 0,125 inch.

- Menghitung berat *head*, bentuk *ellipsoidal* :
 - a. Setelah didapatkan nilai tebalnya, hasilnya dan besar nilai diameter *head*-nya dibulatkan ke atas. Gunanya untuk mendapatkan nilai berat *head* pada tabel *weight* dari *pressure vessel handbook*, Megyesy yang ditunjukkan pada tabel 2.3.

Contoh : D = 24 inch dan t = 11/16", ketemu berat *head* = 177 lb untuk *head* dengan bentuk *ellipsoidal*.

- Menghitung berat *tube sheet* :

Persamaan rumus 2.4 digunakan untuk menghitung berat *tube sheet* :

$$W = \rho_{\text{baja}} \cdot A \cdot t \cdot g \text{ (kg)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

A = $\pi \cdot r^2$, merupakan luas permukaan *tube sheet* (m²).

t = tebal *tube sheet* (m).

ρ_{baja} = 7850 (kg/m³).

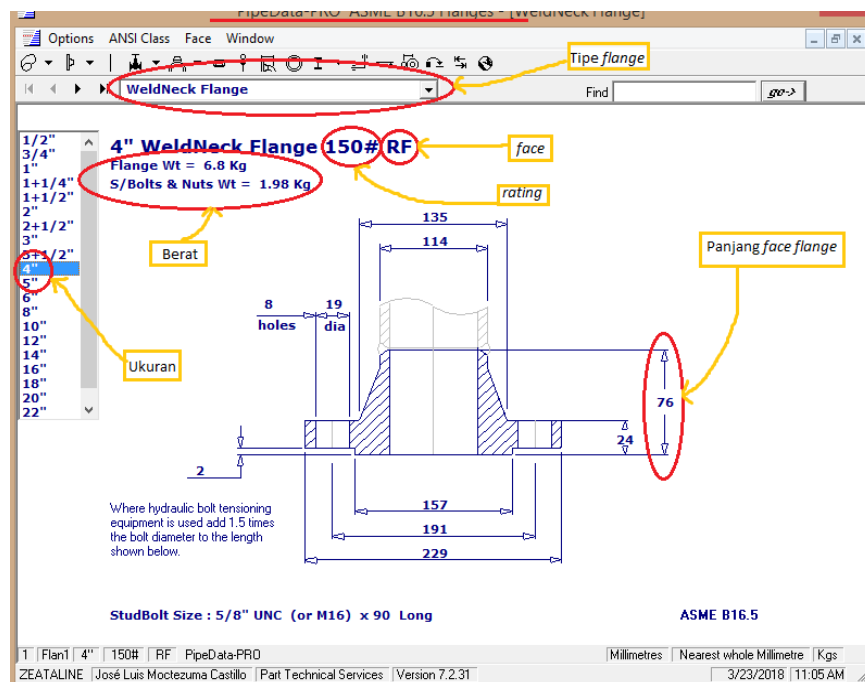
g = gaya gravitasi = 9,81 (m/s²).

- Menghitung berat *nozzle* :

Karena di suatu *nozzle* terpadat *flange* dan *pipa nozzle*, maka harus diketahui terlebih dahulu berat keduanya. Untuk mencari berat keduanya dapat dicari dengan menggunakan aplikasi *pipe data pro* seperti Gambar 2.54 dan Gambar 2.55.

a. Berat *flange*

Contoh : diketahui *size* = 4", tipe = *weld neck*, sch. STD, *rating* = 150#, *face* = RF, *projection* = 1200 mm.



Gambar 2.54 *Pipe data pro*, mencari berat *flange*.

Didapat dari *pipe data pro* :

Berat *flange* = 6,8 kg,

berat mur baut = 1,98 kg

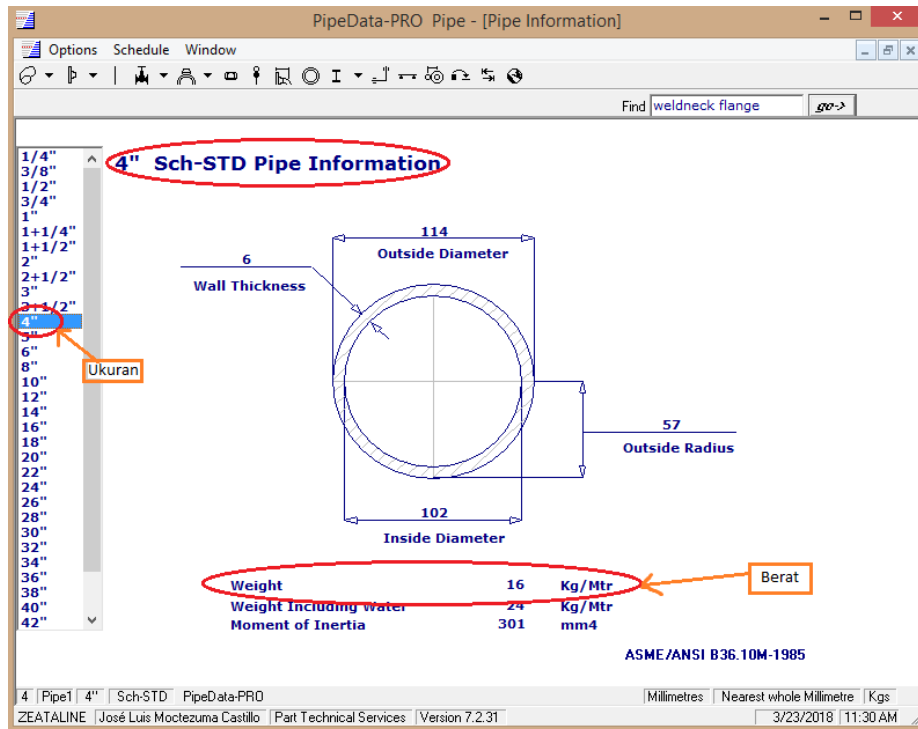
Panjang *face flange* = 76 mm, berat total *flange* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.5.

$$W_f = \text{berat flange} + \text{berat mur baut} \quad (2.5)$$

Berat total *flange* = 6,8 + 1,98 = 8,78 kg

b. Berat pipa *nozzle*

Contoh : diketahui *size* = 4", sch. STD.



Gambar 2.55 Pipe data pro, mencari berat pipa *nozzle*.

Didapat dari *pipe data pro* :

Berat pipa *nozzle* = 16 kg/m, lalu panjang pipa *nozzle* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.6.

$$L = \text{projection} - R_{\text{shell}} - \text{panjang face flange} \quad (2.6)$$

Panjang pipa *nozzle* = 1200 – 1000 – 76 = 124 mm = 0,124 m

Persamaan rumus 2.7 untuk mencari berat total pipa *nozzle*.

$$W_p = L \cdot \text{berat pipa nozzle} \quad (2.7)$$

Berat total pipa *nozzle* = 0,124 m x 16 kg/m = 1,984 kg

Maka, berat *nozzle* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.8.

$$W_n = W_f + W_p \quad (2.8)$$

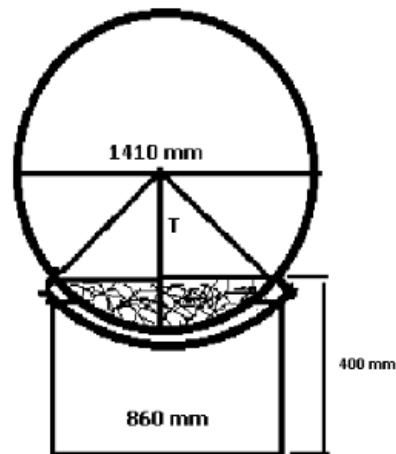
Berat *nozzle* = 1,984 + 8,78 = 10,764 kg

- Menghitung berat *saddle* (W) :

Untuk mencari berat *saddle* dapat menggunakan persamaan rumus 2.9,

$$W = \rho_{\text{baja}} \cdot v \cdot g \text{ (kg)} \quad (2.9)$$

Gambar 2.56 menunjukkan bentuk dari *saddle*.



Gambar 2.56 *Saddle*.

Keterangan :

Untuk mencari volume *saddle* dapat menggunakan persamaan rumus 2.10.

$$v = \text{volume } saddle = A \cdot t \text{ (m}^3\text{)} \quad (2.10)$$

t = tebal *saddle* (m)

A merupakan luas permukaan *saddle* dan plat aus, didapat menggunakan persamaan rumus 2.11.

$$A = L_{\text{persegi}} - L_{\text{arsiran}} \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.11)$$

Luas persegi dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.12.

$$L_{\text{persegi}} = p \cdot h \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.12)$$

p = panjang *saddle* (m)

h = tinggi *saddle* (m)

Luas arsiran dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.13.

$$L_{\text{arsiran}} = \text{luas } 1/3 \text{ lingkaran} - \text{luas segitiga} \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.13)$$

Luas 1/3 lingkaran dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.14.

$$L \text{ 1/3 lingkaran} = \frac{120}{360} \cdot \pi \cdot r^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.14)$$

Luas segitiga dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.15.

$$L\Delta = \frac{1}{2} \cdot p \cdot T \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.15)$$

T = tinggi segitiga (m)

Tinggi segitiga dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.16.

$$T = \sqrt{r^2 - \frac{1}{2} \cdot p^2} \text{ (m)} \quad (2.16)$$

r = jari-jari *shell* (m)

$\rho_{\text{baja}} = 7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

g = gaya gravitasi = 9.81 (m/s²)

- Mencari tebal *shell* (t) *storage tank* :

Untuk mencari tebal *shell storage tank* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.17,

$$t = \frac{4,9 \cdot D \cdot (H-0,3) \cdot G}{SA} + CA \text{ (m)} \quad (2.17)$$

Keterangan :

G = *specific gravity* (g/cm³)

D = diameter *shell* (m)

H = tinggi *shell* (m)

SA = *stress allowable* (Mpa) didapat dari Tabel 2.5

CA = *corrosion allowance* (mm)

- Menghitung berat *shell storage tank* :

Untuk menghitung berat *shell*-nya dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.4, dengan keterangan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{baja}} = 7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

t = tebal *shell storage tank* (m)

A merupakan luas selimut *shell* yang dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.18.

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot z \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.18)$$

z = tinggi *shell*.

r = jari-jari *shell*.

g = gaya gravitasi = 9.81 (m/s²)

- Menghitung berat *roof storage tank* :

Untuk menghitung berat *roof storage tank* yang berbentuk *cone* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.4, dengan keterangan sebagai berikut :

$$\rho_{\text{baja}} = 7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

Tebal *roof* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.19.

$$t = \frac{D}{400 \sin \theta} + CA \text{ (m)} \quad (2.19)$$

D = diameter *roof* (ft)

CA = *corrosion allowance* (inch)

Luas selimut *roof* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.20.

$$A = \pi \cdot r \cdot (r + s) \text{ (m}^2\text{)} \quad (2.20)$$

Panjang diagonal *roof* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.21.

$$s = \frac{l}{\cos 30} \text{ (m), panjang diagonal } \textit{roof}. \quad (2.21)$$

t = tinggi *roof*.

g = gaya gravitasi = 9.81 (m/s²)

Tabel 2.5 Tabel kekuatan material untuk tangki penyimpanan.

Plate Specification	Grade	Nominal Plate Thickness t mm	Minimum Yield Strength Mpa	Minimum Tensile Strength Mpa	Product Design Stress S_d Mpa	Hydrostatic Test Stress S_t Mpa
ASTM Specifications						
A 283M	C		205	380	137	154
A 285M	C		205	380	137	154
A 131M	A, B		235	400	157	171
A 36M	—		250	400	160	171
A 131M	EH 36		360	490 ^a	196	210
A 573M	400		220	400	147	165
A 573M	450		240	450	160	180
A 573M	485		290	485 ^a	193	208
A 516M	380		205	380	137	154
A 516M	415		220	415	147	165
A 516M	450		240	450	160	180
A 516M	485		260	485	173	195
A 662M	B		275	450	180	193
A 662M	C		295	485 ^a	194	208
A 537M	1	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	310	450 ^b	180	193
A 537M	2	$t \leq 65$	415	550 ^a	220	236
		$65 < t \leq 100$	380	515 ^b	206	221
A 633M	C, D	$t \leq 65$	345	485 ^a	194	208
		$65 < t \leq 100$	315	450 ^b	180	193
A 678M	A		345	485 ^a	194	208
A 678M	B		415	550 ^a	220	236
A 737M	B		345	485 ^a	194	208
A 841M	Class 1		345	485 ^a	194	208
A 841M	Class 2		415	550 ^a	220	236
CSA Specifications						
G40.21M	260W		260	410	164	176
G40.21M	260 WT		260	410	164	176
G40.21M	300W		300	450	180	193
G40.21M	300WT		300	450	180	193
G40.21M	350W		350	450	180	193
G40.21M	350WT	$t \leq 65$	350	480 ^a	192	206
		$65 < t \leq 100$	320	480 ^a	192	206
National Standards						
			235	365	137	154
			250	400	157	171
			275	430	167	184
ISO Specifications						
ISO 630	E 355C, D	$t \leq 16$	275	410	164	176
		$16 < t \leq 40$	265	410	164	176
	E 355, D	$t \leq 16$	355	490 ^a	196	210
		$16 < t \leq 40$	345	490 ^a	196	210
		$40 < t \leq 50$	335	490 ^a	196	210
EN Specifications						
EN 10025	S 355J0, J2	$t \leq 16$	275	410	164	176
		$16 < t \leq 1\frac{1}{2}$	265	410	164	176
	S355J0, J2, K2	$t \leq 16$	355	470 ^a	188	201
		$16 < t \leq 40$	345	470 ^a	188	201
		$40 < t \leq 50$	335	470 ^a	188	201

^aBy agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A 537M, Class 2, A 678M, Grade B, and A 841M, Class 2 materials may be increased to 585 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 515 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

^bBy agreement between the Purchaser and the Manufacturer, the tensile strength of ASTM A 537M, Class 2 materials may be increased to 550 MPa minimum and 690 MPa maximum. The tensile strength of the other listed materials may be increased to 485 MPa minimum and 620 MPa maximum. When this is done, the allowable stresses shall be determined as stated in 5.6.2.1 and 5.6.2.2.

- Menghitung berat *annular plate tank* :

Untuk menghitung berat *annular plate* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.4, dengan keterangan sebagai berikut :

Tebal *annular plate* dapat dicari menggunakan persamaan rumus 2.22.

$$t = \frac{\sqrt{H \cdot G}}{215} + CA \text{ (m)} \quad (2.22)$$

CA = *corrosion allowance* (mm)

H = tinggi *annular plate* (m).

G = *specific gravity*.

$\rho_{\text{baja}} = 7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$

g = gaya gravitasi = 9.81 (m/s²)

A merupakan luas selimut *annular plate* yang dapat dicari menggunakan rumus 2.18

Untuk menghitung berat total suatu *equipment*, hasil dari perhitungan masing-masing berat dengan persamaan rumus di atas, tinggal dijumlahkan saja.