

BAB III

SISTEM PERPIPAAN

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan (*equipment*) dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung.

Komponen sistem perpipaan secara umum terdiri dari :

1. Pipa
2. *Fitting* (*elbow, reducer, tee, flange, dll*).
3. Instrumentasi (peralatan untuk mengukur dan mengendalikan parameter aliran fluida, seperti temperatur, tekanan, laju aliran massa, *level* ketinggian, dll).
4. Peralatan atau *equipment* (penukar kalor, bejana tekan, pompa *compressor*, dll).
5. Penyangga pipa (*pipe support dan pipe hanger*).
6. Komponen khusus (*strainer, drain, vent, dll*).

Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai analisis pada jalur pipa *discharge feed water* pada Takuma boiler milik PT Suparma. Boiler secara umum dalam teori sistem perpipaan adalah bejana bertekanan dengan bentuk dan ukuran yang didesain untuk menghasilkan uap panas. Uap panas dengan tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. *Boiler Feed Water Pump* merupakan salah satu aplikasi penggunaan pompa sentrifugal berukuran besar pada industri pembangkit listrik tenaga uap. Pompa ini berfungsi untuk mengontrol dan memberikan air pada jumlah tertentu yang berasal dari tanki air (*Feed Water Tank*) menuju boiler dengan spesifikasi tekanan tertentu. Air tersebut sebelum masuk ke boiler biasanya mengalami pemanasan awal (*pre-heating*). Sehingga air yang dipompa oleh *BFWP* juga memiliki temperatur tertentu yang cukup panas. Istilah *Feedwater* disini adalah air yang dimasukkan ke dalam boiler untuk dipanaskan dan di

ubah menjadi uap. *Feedwater* yang digunakan dalam *boiler* adalah alat untuk mentransfer energi panas dari bahan bakar yang dibakar menjadi energi mekanis putaran turbin uap.

3.1. Pipa

Pipa adalah suatu komponen berbentuk silindris yang digunakan untuk memindahkan fluida bertekanan yang didesain sedemikian rupa sesuai dengan spesifikasi material tertentu. Pada bab ini akan membahas untuk pipa baja dan pipa besi, karena kedua jenis pipa ini yang paling banyak digunakan terutama pada industri-industri perminyakan. Secara umum pipa dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu pipa tanpa sambungan (*seamless*) dan pipa dengan sambungan las (*welded*).

3.1.1. Pipa Tanpa Sambungan (*Seamless Steel Pipe*)

Pipa *seamless* terbuat dari bahan berbentuk silindris pejal, yang kemudian dibor pada bagian tengahnya, sedangkan bagian luarnya dilakukan pengerolan.

3.1.2. Pipa dengan Sambungan Las (*Welded Steel Pipe*)

Pipa *welded* terbuat dari bahan plat yang di *roll* dan kemudian dilakukan pengelasan pada kedua ujungnya. Proses pengelasan ini dapat dibedakan menjadi :

- *Electric Resistance Welding (ERW)*, berdasarkan tahanan listrik (elektroda leleh).
- *Electric Fusion Welding (EFW)*, dengan pemanas *filter* metal oleh gas.

Meskipun pipa *Seamless* dan *Welded* keduanya dipakai dalam industri perpipaan, namun *seamless pipe* umumnya dipakai pada tekanan yang tinggi. Jika pipa *welded* dipakai pada tekanan tinggi, maka harus dilakukan perhitungan terhadap ketebalan dengan memperhitungkan efisiensi pengelasan (relatif terhadap pipa *seamless*). Mengenai efisiensi sambungan las pada *Welded Steel Pipe* ini diatur dalam *Code* (misal pada ANSI B31.1 untuk *Power Piping*).

3.1.3. Material Pipa

Material-material pipa secara umum adalah *carbon steel*, *carbon moly*, *galvanees*, *ferro nikel*, *stainless steel*, *PVC* (paralon), *chrome moly*, *viber glass*, *aluminum* (aluminium), *wrought iron* (besi tanpa tempa), *copper* (tembaga), *red brass* (kuningan merah), *nickel copper=monel* (timah tembaga), *nickel chrom iron=inconel* (besi timah chrom).

Dalam industri, material pipa yang paling umum digunakan adalah *carbon steel*. *Carbon steel* (baja karbon) adalah material logam yang terbentuk dari unsur utama Fe dan unsur kedua yang berpengaruh pada sifat sifatnya adalah karbon, maksimum kandungan karbon pada baja karbon kurang lebih sebesar 17%. Sedangkan unsur lain yang berpengaruh menurut prosentasenya. Kandungan minimum pada baja karbon adalah *chrom* (Cr), *nikel* (Ni), *molybdenum* (Mo) dimana unsur ini akan menambah kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap korosi.

Secara umum sifat baja ditentukan oleh kandungan C (*carbon*) berdasarkan kandungan C (*carbon*) dan unsur-unsur lainnya, maka dikenal :

1. *Low carbon steel*

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah mudah di-*machining* dan dilas, keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi keuletannya sangat rendah dan aus

2. *High carbon steel*

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% C-1,7% C dan memiliki tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi namun keuletannya rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*.

3. *Alloy steel*

Baja paduan di definisikan sebagai suatu baja yang dicampur satu atau lebih unsur campuran seperti *nikel*, *mangan*, *molybdenum*, *chromium*, *vanadium*, dan *wolfram* yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya.

4. *Low and intermediate allow steel*

Baja ini digunakan untuk pemakaian temperatur tinggi, dispesifikasikan oleh ANSI B31.1 dengan kandungan logam utamanya adalah *chrom* (Cr) dan *molybdenum* (Mo).

5. *Austenite stainless steel*

Baja *Austenite stainless steel* adalah baja yang mempunyai kandungan *nikel* (Ni) dan baja ini tahan terhadap korosi serta *temperature* tinggi.

3.1.4. Standarisasi Pipa

Ukuran, berat, diameter, *schedule*, ketebalan, dan toleransi telah distandarkan dari berbagai tipe dan material pipa. Beberapa organisasi dan lembaga telah mengembangkan standar tersebut, misalnya *American Society Of Mechanical Engineer* (ASME/ANSI), *American Petroleum Institute* (API), *American Society of Testing Materials* (ASTM), *Japanese Industrial Standard* (JIS) dan sebagainya.

Menurut Santoso (2007) *standard* dimensi pipa, dimensi dan material pipa diatur menurut *standard code* tertentu, antara lain :

1. ANSI B36.10 → mengatur tentang *welded* dan *seamless wrought steel* pipa.
2. ANSI B36.19 → mengatur tentang *stainless steel pipe*.
3. ANSI A21.50 dan A21.51 → mengatur tentang *ductile iron pipe*.

3.1.5. Industrial Material

Semua material yang digunakan dalam industri (misal : pembangkit listrik *power piping*, ANSI B31.1) didefinisikan oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan ASME (*American Society of Mechanical Engineer*).

Ketentuan yang diatur oleh ASTM (*American Society for Testing and Material*) meliputi: komposisi kimia, sifat mekanik, *finishing*, dan *test* yang diperlukan terhadap material.

Spesifikasi yang diatur oleh ASME adalah identik dengan ASTM, tetapi ASME lebih ketat karena untuk pemakaian yang kritis dan biasanya diperlukan

ASME Stamp. Sebagai contoh untuk material A 106 (ASTM) akan menjadi SA 106 (ASME). Beberapa material pipa dan aplikasinya dapat dilihat pada tabel 3.1. berikut.

Table 3.1. Material Perpipaan dan Aplikasinya. Santoso (2007)

No	Spesifikasi	Produk	Range NPS	Aplikasi
1	ASTM A-53	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" – 26"	<i>Ordinary use in gas, air, oil, water, steam</i>
2	ASTM A-106	<i>Seamless</i>	1/8" – 48"	<i>High-temperature service (steam, water, gas, etc.)</i>
3	ASTM A-369	<i>Forged & Bored</i>	<i>Custom</i>	<i>High-temperature service</i>
4	ASTM A-335	<i>Seamless</i>	<i>Custom</i>	<i>High-temperature service</i>
5	ASTM A-333	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" & larger	<i>Service requiring excellent fracture toughness at low temperature</i>
6	ASTM A-671	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>Low-temperature service</i>
7	ASTM A-672	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>Moderate-temperature service</i>
8	ASTM A-691	<i>EFW (Electric Fusion Welded)</i>	16" and larger	<i>High-temperature service</i>
9	ASTM A-312	<i>Seamless / Welded</i>	1/8" & larger	<i>Low to High-temperature and corrosive service</i>
10	API 5L	<i>Seamless / Welded</i>		<i>Line pipe, refinery, and transmission service</i>

Beberapa material pipa dan komponen-komponen pipa yang umum digunakan sesuai dengan standar kode ANSI B31.1, B31.3, dan B31.4 dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2. Material Perpipaan yang Umum Digunakan. Santoso (2007)

No	Commodity	B31.1 (Power Piping)	B31.3 (Process Piping)	B31.4 (Liquid Fuel Transp. Piping)
1	Pipe	ASTM A 106	ASTM A 53 API 5L	ASTM A 53 API 5L API 5L X
2	Pipe (Low Temp)	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6	ASTM A 333 Gr.6
3	Pipe (High Temp)	ASTM A 106	ASTM A 106	ASTM A 106
4	Bolting	ASTM A 193 B7	ASTM A 193 B7 ASTM A 320	ASTM A 193 B7 ASTM A 320
5	Nut	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H	ASTM A 194 2H
6	Fittings	ASTM A 234 WPB	ASTM A 234 WPB	
7	Fittings (Low Temp)	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6	ASTM A 420 WPL6
8	Fittings (High Temp)	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB ASTM A 216 WCB	ASTM A 234 WPB
9	Flanges	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5	ASTM A 105 ASTM A 181 ASME B16.5
10	Flanges (Low Temp)	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2
11	Flanges (High Temp)	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 181 ASTM A 216 WCB	ASTM A 105 ASTM A 216 WCB
12	Valves	ASTM A 105 ASME B16.34	ASTM A 105 API 600	API 6D API 600
13	Valves (Low Temp)	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	ASTM A 350 LF2 ASTM A 352 LCB	
14	Valves (High Temp)	ASTM A 216 WCB	ASTM A 216 WCB	

3.1.6. NPS (Nominal pipe size), Diameter, Schedule, dan Ukuran Tebal Pipa.

Pipa diidentifikasi dengan NPS (*Nominal pipe size*) dan nomor *Sch* (*Schedule*). NPS menunjukkan diameter nominal pipa dalam satuan *inchi*. NPS bukanlah diameter dalam (ID) maupun diameter luar (OD).

NPS difungsikan untuk memudahkan dalam penentuan ukuran pipa dalam perdagangan atau 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 *schedule*-nya.

Tebal dinding pipa didefinisikan atau ditunjukkan dengan :

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

Ukuran tebal dinding pipa menurut beberapa standar adalah sebagai berikut :

1. Standard ANSI atau 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

Tabel 3.3. Table P1a. ASME B16.5 (1996)

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 Thkn.	Plain End Pipe	Water In Pipe	Surface		Cross-Sectional		Moment of Inertia	Section Modulus	Radius of Gyration		
									Outside	Inside	Flow	Metal					
in.	in.	in.	in.	in.	in.	in.	lb. per ft.	lb. per ft.	ft. ² per ft.	ft. ² per ft.	in. ²	in. ²	in. ⁴	in. ³	in.		
2	STD	5S		2.375	2.245	.065	1.60	1.71	.622	.588	3.958	.472	.315	.265	.817	—	
		10S	API, L	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	5S	API	2.875	2.709	.083	2.47	2.50	.753	.709	5.764	.728	.710	.494	.988	—	
		10S	L	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	5S	API	3.500	3.334	.083	3.03	3.78	.916	.873	8.730	.891	1.301	.744	1.208	—	
		10S	L	3.500	3.260	.120	4.33	3.62	.916	.853	8.346	1.272	1.821	1.041	1.196	—	
		40	API	3.500	3.250	.125	4.52	3.60	.916	.851	8.300	1.329	1.900	1.086	1.193	—	
	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	7.665	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	
			API	3.500	2.900	.300	10.25	2.86	.916	.761	6.605	3.016	3.892	2.225	1.136	.6	
	XXS	160	API	3.500	2.624	.438	14.31	2.34	.916	.687	5.407	4.214	5.044	2.882	1.094	1.2	
			API	3.500	2.300	.600	18.58	1.80	.916	.601	4.155	5.466	5.993	3.424	1.047	1.8	
	3 1/2	STD	5S	L	4.000	3.834	.083	3.47	5.00	1.047	1.004	11.545	1.021	1.960	.980	1.385	—
10S			L	4.000	3.760	.120	4.97	4.81	1.047	.984	11.103	1.463	2.754	1.377	1.372	—	
40			API	4.000	3.750	.125	5.18	4.79	1.047	.982	11.044	1.522	2.859	1.430	1.371	—	
STD		40	API	4.000	3.688	.156	6.41	4.63	1.047	.966	10.682	1.884	3.485	1.743	1.360	.3	
			API	4.000	3.624	.188	7.71	4.48	1.047	.950	10.315	2.251	4.130	2.065	1.350	.4	
			API	4.000	3.548	.226	9.11	4.28	1.047	.929	9.886	2.680	4.788	2.394	1.337	.5	
XS		80	API	4.000	3.500	.250	10.02	4.17	1.047	.916	9.621	2.945	5.201	2.601	1.329	.6	
			API	4.000	3.438	.281	11.17	4.02	1.047	.900	9.283	3.283	5.715	2.858	1.319	.7	
			API	4.000	3.364	.318	12.51	3.85	1.047	.880	8.888	3.678	6.280	3.140	1.307	.8	
XXS		160	API	4.000	2.728	.636	22.85	2.53	1.047	.716	5.845	6.721	9.848	4.924	1.210	2.4	
4		STD	5S	L	4.500	4.334	.083	3.92	6.39	1.178	1.135	14.752	1.152	2.810	1.249	1.562	—
			10S	L	4.500	4.260	.120	5.61	6.18	1.178	1.115	14.253	1.651	3.962	1.761	1.550	—
	40		API	4.500	4.250	.125	5.84	6.15	1.178	1.113	14.186	1.718	4.115	1.829	1.548	—	
	STD	40	API	4.500	4.188	.156	7.24	5.97	1.178	1.096	13.775	2.129	5.029	2.235	1.537	.4	
			API	4.500	4.124	.188	8.56	5.80	1.178	1.082	13.357	2.547	5.850	2.600	1.525	.5	
			API	4.500	4.062	.219	10.02	5.62	1.178	1.063	12.959	2.945	6.768	3.008	1.516	.6	
	XS	80	API	4.500	4.026	.237	10.79	5.51	1.178	1.055	12.730	3.174	7.231	3.214	1.510	.6	
			API	4.500	4.000	.250	11.35	5.45	1.178	1.049	12.566	3.338	7.560	3.360	1.505	.7	
			API	4.500	3.938	.281	12.67	5.27	1.178	1.031	12.180	3.724	8.332	3.703	1.495	.8	
	XXS	160	API	4.500	3.876	.312	14.00	5.12	1.178	1.013	11.799	4.105	9.045	4.020	1.482	.9	
			API	4.500	3.826	.337	14.98	4.98	1.178	1.002	11.497	4.407	9.610	4.271	1.477	.9	
			API	4.500	3.624	.438	18.98	4.47	1.178	.949	10.315	5.589	11.648	5.177	1.444	1.5	
	5	STD	5S	L	5.563	5.345	.109	6.35	9.72	1.456	1.399	22.438	1.868	7.126	2.562	1.929	—
			10S	L	5.563	5.295	.134	7.77	9.54	1.456	1.386	22.021	2.285	8.422	3.028	1.920	.3
			40	API	5.563	5.251	.156	9.02	9.39	1.456	1.375	21.656	2.650	9.699	3.487	1.913	.4
		XS	80	API	5.563	5.187	.188	10.80	9.16	1.456	1.358	21.131	3.175	11.485	4.129	1.902	.5
				API	5.563	5.125	.219	12.51	8.94	1.456	1.342	20.629	3.677	13.145	4.726	1.891	.6
				API	5.563	5.047	.258	14.62	8.66	1.456	1.321	20.006	4.300	15.162	5.451	1.878	.7
XXS	160	API	5.563	5.001	.281	15.86	8.52	1.456	1.309	19.643	4.663	16.305	5.862	1.870	.8		
		API	5.563	4.939	.312	17.51	8.31	1.456	1.293	19.169	5.147	17.807	6.402	1.860	1.0		
		API	5.563	4.875	.344	19.19	8.09	1.456	1.276	18.666	5.640	19.281	6.932	1.849	1.2		
120	API	5.563	4.813	.375	20.78	7.87	1.456	1.260	18.194	6.112	20.669	7.431	1.839	1.4			
160	API	5.563	4.563	.500	27.04	7.08	1.456	1.195	16.353	7.953	25.737	9.253	1.799	2.3			
180	API	5.563	4.313	.625	32.96	6.32	1.456	1.129	14.610	9.696	30.040	10.800	1.760	3.2			
200	API	5.563	4.063	.750	38.55	5.62	1.456	1.064	12.966	11.340	33.628	12.090	1.722	3.3			

Piping Guide, PO Box 277, Cotati, CA 94928, USA

CONTINUED

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 pemasangan alat ukur suhu, sistem *control* secara hidrolis atau sistem pneumatik, misalnya katup (*control/control valve*).

3.2. Penentuan *Rating* Pipa

Penentuan *rating* pipa ditentukan berdasarkan ketebalan pipa/nomor *schedule*. Menurut Santoso (2007) penentuan tebal pipa minimum adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{P.D}{2.S_a} + A$$

Dimana :

t = tebal dinding pipa minimum yang dibutuhkan (*inchi*)

P = tekanan *internal* (lb/in², psig)

S_a = tegangan izin material *basic allowable stress* (lbf/in², psi)

A = *allowance* (untuk *corrosion allowance*, A=1/8”)

3.2.1. *Fitting*

Fitting merupakan komponen sistem perpipaan yang memungkinkan perubahan arah jalur pipa, perubahan diameter jalur pipa dan percabangan pipa. *Fitting* berfungsi untuk penyambungan, baik pipa dengan pipa, pipa dengan *fitting*, dan pipa dengan peralatan.

Jenis *fitting* dapat digolongkan secara umum berdasarkan metode penyambungan yang menyatakan jenis ujung *fitting-fitting* tersebut. Metode penyambungan dapat digolongkan menjadi :

1. *Butt-Welding* (Pengelasan ujung)

Sambungan jenis las ujung ini mempunyai karakteristik dan fungsi sebagai berikut :

- Digunakan pada tekanan operasi tinggi.
- Sambungan tahan bocor.

- Digunakan untuk jalur pipa NPS 2” dan lebih besar.
 - Ketahanan terhadap getaran dan momen *bending* yang tinggi.
 - Digunakan untuk kebanyakan perpipaan proses, *utility*, dan servis.
 - Kelemahannya setelah dilakukan pengelasan pada ujung *fitting*, logam las dapat menetes dan tertinggal dalam pipa dan mempengaruhi aliran.
2. *Socket-Welding* (ujung *fitting* jenis *socket*, dan di las)
- Digunakan pada tekanan operasi tinggi.
 - Sambungan tahan bocor (baik digunakan untuk penanganan jenis-jenis fluida berbahaya).
 - Digunakan untuk jalur pipa NPS 2” dan lebih kecil.
 - Mudah dalam pemasangan, sisa logam tidak tertinggal didalam jalur pipa.
 - Ketahanan terhadap getaran dan momen *bending* kurang.
 - Umumnya digunakan pada jalur *transport* material yang mudah terbakar, beracun dan mahal.
 - Terdapat sedikit celah sambungan yang dapat menjebak cairan yang dapat menyebabkan korosi celah (*crevice corrosion*).
3. *Screwed/Threaded* (ujung *fitting* berulir)
- Digunakan pada tekanan operasi rendah.
 - Sambungan kurang tahan bocor (tidak baik untuk fluida yang beracun, bersifat radioaktif, dan yang mudah terbakar).
 - Digunakan untuk jalur pipa dengan NPS 2” dan lebih kecil.
 - Mudah dalam pemasangan.
 - Ketahanan terhadap getaran dan momen *bending* kurang.
 - Digunakan pada pipa *service* dan pipa proses.
 - Mudah dibuat dari pipa dan *fitting* lain di *on-site* (lapangan).
 - Dapat meminimalkan terjadinya kebocoran saat pemasangan perpipaan pada daerah yang terdapat gas atau cairan yang mudah terbakar.
 - Kekuatan pipa berkurang karena sebagian tebal dinding digunakan untuk pembuatan ulir.

3.2.2. Penentuan *Rating*/Kelas *Fitting* Jenis Sambungan Ujung *Butt-Welding*

Untuk *fitting* dengan sambungan ujung *Butt-Welding* *rating* tekanan atau *schedule* menyesuaikan dengan *rating* atau kelas pipanya. Misalnya pada jalur dengan pipa NPS 4” Sch STD, maka untuk *fitting* juga menggunakan 4” dan Sch STD.

3.2.3. Penentuan *Rating*/Kelas *Fitting* Jenis *Socket-Welded* dan *Threaded*

Fitting jenis sambungan ujung *socket-welded* mempunyai *rating* tekanan : 3000, 6000, dan 9000. Sedangkan *fitting* dengan jenis sambungan ujung berulir (*threaded/screwed*) mempunyai kelas atau *rating* tekanan : 2000, 3000, dan 6000.

Menurut Santoso (2007) terdapat hubungan praktis antara *schedule* pipa dengan *rating* atau kelas untuk *fitting* berjenis sambungan ujung diulir (*threaded/screwed*) dan jenis sambungan ujung *socket welded*, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.4. Hubungan sambungan *socket-welded* dan *threaded*. Santoso (2007)

<i>Pressure Class</i>	2000	3000	6000	9000
<i>Socket-Welded Fitting</i>	-	80 / XS	160	XXS
<i>Threaded Fitting</i>	80 / XS	160	XXS	-

Keterangan : suatu jalur dengan NPS 2” dan lebih kecil.

- Misalkan dari perhitungan tebal pipa (penentuan *schedule* pipa) didapatkan *schedule* 80. Dalam jalur pipa tersebut terdapat *fitting* dengan jenis sambungan diulir (*threaded*). Maka kelas/*rating fitting* jenis sambungan ujung *threaded* dalam jalur pipa tersebut mempunyai *rating*/kelas *rating* tekanan minimum 2000.
- Misalkan dari perhitungan tebal pipa (penentuan *schedule* pipa) didapatkan *schedule* 80. Dalam jalur pipa tersebut terdapat *fitting* dengan jenis sambungan diulir (*threaded*). Maka kelas /*rating fitting* jenis sambungan ujung *threaded* dalam jalur pipa tersebut mempunyai *rating*/kelas *rating* tekanan minimum 3000.

Jika dilihat dari bentuk dan fungsinya *fitting* terdapat beberapa jenis antara lain :

3.2.4. *Fitting dengan Sambungan Ujung Butt-Welding*

1. *BW Elbow* sudut 45° dan 90° digunakan untuk membelokkan aliran.

Berdasarkan radius *elbow*, *elbow* digolongkan menjadi :

- LR (*Long Radius*)

Radius dari *centerline elbow* sebesar : 1,5 NPS (*Nominal Pipe Size*).

Untuk *elbow* dengan NPS $\frac{3}{4}$ " dan yang lebih besar.

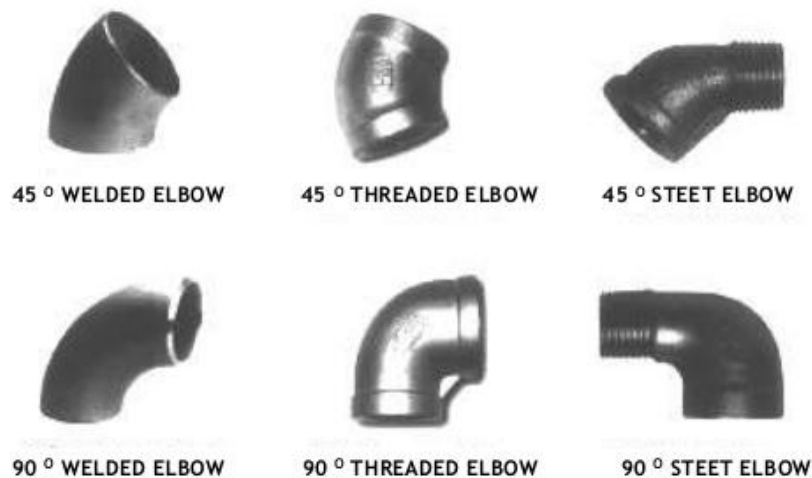
- SR (*Short Radius*)

Radius dari *centerline elbow* sebesar 1,0 NPS (*Nominal Pipe Size*).

Berdasarkan ada tidaknya pengecilan diameter sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.1. *elbow* digolongkan menjadi :

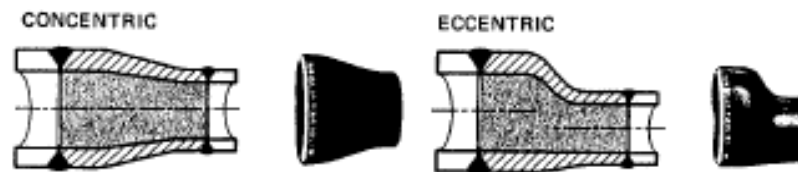
- *Straight Elbow* (tidak terdapat pengecilan diameter).

- *Reducing Elbow* (terdapat pengecilan diameter).



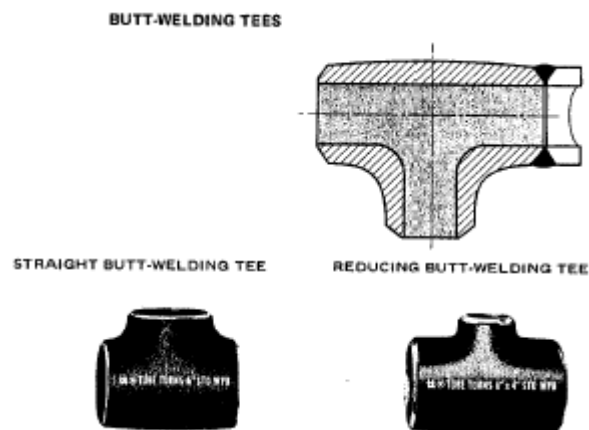
Gambar 3.1. Jenis-jenis *Elbow*. Ammu (2015)

2. *BW Reducer* berfungsi untuk pengecilan dan pembesaran jalur pipa. Berdasarkan garis sumbunya sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.2. *reducer* dibedakan menjadi *reducer* jenis:
- *Concentric* (sesumbu)
 - *Eccentric* (jarak antar sumbu / *offset* = 0,5 (IDmax-IDmin))



Gambar 3.2. Jenis-jenis *Reducer*. Ammu (2015)

3. *Tee* digunakan untuk percabangan 90° . Berdasarkan ukuran diameter cabang terhadap diameter pipa utama (*header*) sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.3. *tee* dibedakan menjadi :
- *Straight Tee* dimana ukuran cabang = ukuran pipa *header*. Misal : *Tee* 6×6×6
 - *Reducing Tee* dimana ukuran pipa tidak sama dengan ukuran pipa *header*. Misal : *Red Tee* 6×6×4



Gambar 3.3. Jenis-jenis *Tee*. Ammu (2015)

4. *Flange* digunakan untuk menyambung pipa dengan pipa , pipa dengan katup, pipa dengan *fitting* (misal : *elbow* dengan jenis sambungan ujung *butt-welding*).

Jenis-jenis *flange* antara lain :

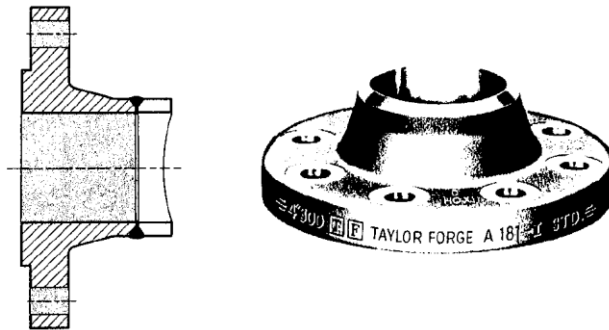
a. *Welding Neck Flange*

Berdasarkan panjang leher (*neck*), *WN Flange* dibedakan menjadi:

- *Regular WN Flange* digunakan untuk sambungan dengan pipa
- *Long WN Flange* digunakan untuk sambungan dengan peralatan

Karakteristik tipe sambungan dengan *WN Flange* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.4. adalah sebagai berikut :

- ketahanan sambungan terhadap kejutan dan getaran pipa (akibat laju aliran fluida yang besar dalam pipa) tinggi
- relatif mahal
- terdapat jenis *Expander WN Flange* (*WN Flange* dengan perbesaran diameter), biasanya digunakan untuk penyambungan ke : katup, nosel dari kompresor dan pompa.

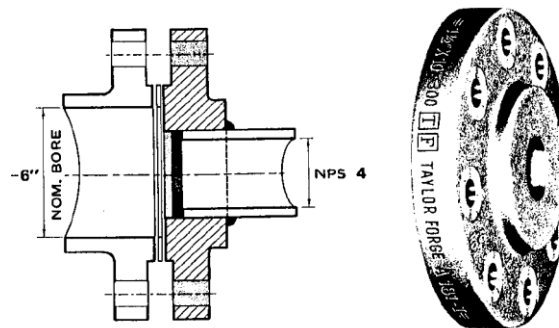


Gambar 3.4. *Flange* jenis *WN* (*Welding Neck*). Ammu (2015)

b. Slip On Flange

Karakteristik dan fungsi tipe sambungan dengan *SO Flange* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.5. adalah sebagai berikut:

- ketahanan sambungan terhadap kejutan dan getaran pipa rendah.
- relatif lebih murah daripada *WN Flange*.
- digunakan untuk sambungan antar pipa.
- dapat digunakan dengan *LR elbow*, *Reducer*, dan *swage*.
- mudah dalam instalasi.
- terdapat jenis *reducer SO Flange* (dengan pengecilan diameter).

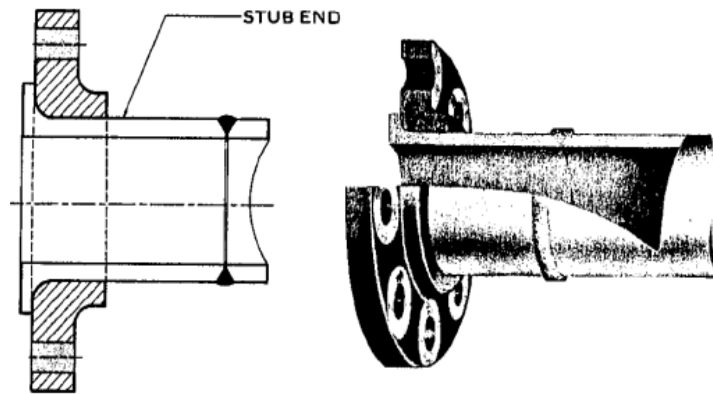


Gambar 3.5. Flange jenis *SO (Slip-On)*. Ammu (2015)

c. Lap Joint Flange

Karakteristik dan fungsi tipe sambungan dengan *Lap joint Flange* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.6. adalah sebagai berikut :

- ketahanan terhadap kejutan dan getaran pipa rendah.
- relatif murah.
- biasanya digunakan pada pemasangan lubang baut yang sulit, misalnya ke nosel dari *vessel* dengan banyak lubang baut.



Gambar 3.6. *Flange Lap Joint.* Ammu (2015)

d. *Expander Flange (Exp Flange)*

e. *Flange Faces*

Flange faces mempunyai lima tipe yang biasa ditemukan, tapi pembahasan di sini hanya beberapa tipe sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.7. diantaranya:

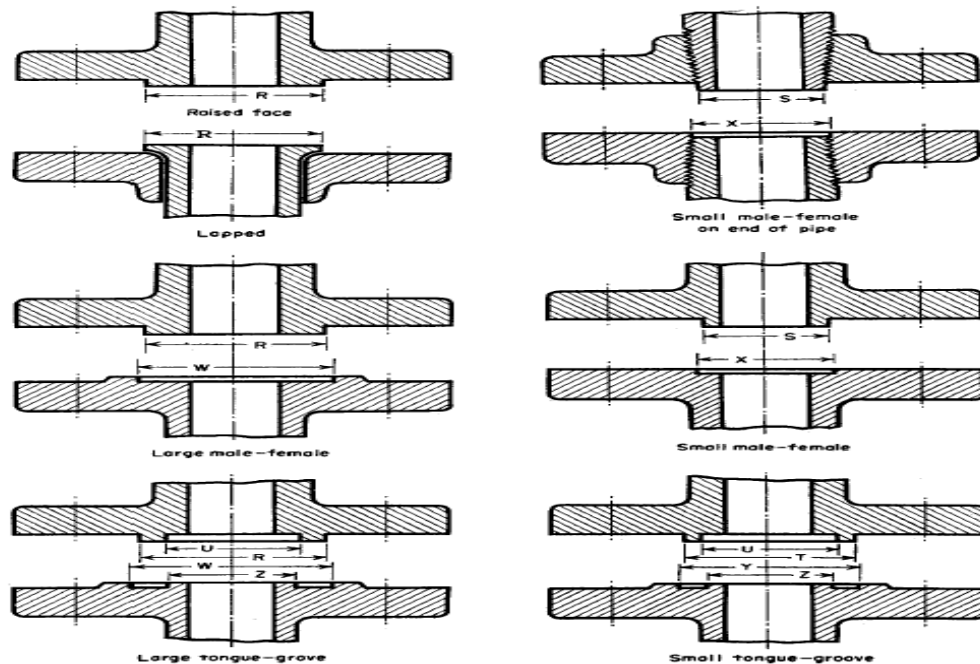
- *Raised Face (RF)*

Raised face yang paling umum biasanya digunakan dengan *broze, ductile iron, and steel flanges*. RF dengan tinggi 1/16 in untuk kelas 150 dan kelas 300 dan 1/4 in untuk semua tekanan, lebih tinggi dari kelas 300.

- *Ring type joint (RTJ)*

Ring type joint secara khas dalam tugas-tugas berat, sebagai contoh gas pipa yang bekerja dengan tekanan yang

tinggi. *Ring type metal gasket* harus digunakan pada *flange face* tipe ini.



Gambar 3.7. Jenis-jenis *Flange*. Ammu (2015)

3.2.5. Penentuan *Rating*/Kelas *Fitting* Jenis *Flange*

Untuk *rating* atau kelas jenis *flange*, tergantung dari diameter pipanya. Untuk pipa NPS s/d 24" menggunakan ASME B16.5 sedangkan untuk pipa NPS 26" – 60" menggunakan ASME B16.47. Terdapat dua jenis tabel yang digunakan yaitu tabel 1 dan tabel 1. Menurut Diktat Analisis Tegangan Pipa (Tito H.A.S., 2007) langkah-langkah penentuan *rating flange* adalah sebagai berikut :

Langkah-langkah :

- Langkah 1 : tentukan jenis material dan proses pembuatan *fitting* tersebut (*casting*, *forging*, atau dari plat). Misalnya material *flange* ASTM A-105, proses pembuatan dengan cara ditempa (*forging*).

- Langkah 2 : tentukan material grup dari tabel 1A (*List of Material Specification*). Didapatkan material grup nya 1.1
- Langkah 3 : tentukan *rating flange* dari table 2-1.1 (*rating for grup 1.1 Material*), dengan suhu dan tekanan operasi sebagai data masukan.

Misalkan pada suhu operasi 600° F dan tekanan operasi 150 Psig, maka *rating flange* tersebut adalah 300#, tekanan operasi maksimum yang diizinkan sampai 550 °F. pada *rating* 150#, tekanan operasi maksimum yang diizinkan hanya sampai 140 Psig < tekanan operasi dalam jalur tersebut.

Tabel. 3.5 ASME B16.5 (1996)

TABLE 1A LIST OF MATERIAL SPECIFICATIONS					
Material Group	Nominal Designation	Pressure-Temperature Rating Table	Applicable ASTM Specifications ¹		
			Forgings	Castings	Plates
1.1	C-Si C-Mn-Si	2-1.1	A 105 A 350 Gr. LF2	A 216 Gr. WCB	A 515 Gr. 70 A 516 Gr. 70 A 537 Cl. 1
1.2	C-Mn-Si 2½Ni 3½Ni	2-1.2	 A 350 Gr. LF3	A 216 Gr. WCC A 352 Gr. LCC A 352 Gr. LC2 A 352 Gr. LC3	A 203 Gr. B A 203 Gr. E
1.3	C-Si C-Mn-Si 2½Ni 3½Ni	2-1.3		A 352 Gr. LCB	A 515 Gr. 65 A 516 Gr. 65 A 203 Gr. A A 203 Gr. D
1.4	C-Si C-Mn-Si	2-1.4	A 350 Gr. LF1 Cl. 1		A 515 Gr. 60 A 516 Gr. 60
1.5	C-½Mo	2-1.5	A 182 Gr. F1	A 217 Gr. WC1 A 352 Gr. LC1	A 204 Gr. A A 204 Gr. B
1.7	C-½Mo ½Cr-½Mo Ni-½Cr-½Mo ¾Ni-¾Cr-1Mo	2-1.7	A 182 Gr. F2	A 217 Gr. WC4 A 217 Gr. WC5	A 204 Gr. C
1.9	1Cr-½Mo 1¼Cr-½Mo 1¼Cr-½Mo-Si	2-1.9	A 182 Gr. F12 Cl. 2 A 182 Gr. F11 Cl. 2	A 217 Gr. WC6	A 387 Gr. 11 Cl. 2
1.10	2¼Cr-1Mo	2-1.10	A 182 Gr. F22 Cl. 3	A 217 Gr. WC9	A 387 Gr. 22 Cl. 2
1.13	5Cr-½Mo	2-1.13	A 182 Gr. F5 A 182 Gr. F5a	A 217 Gr. C5	
1.14	9Cr-1Mo	2-1.14	A 182 Gr. F9	A 217 Gr. C12	
2.1	18Cr-8Ni	2-2.1	A 182 Gr. F304 A 182 Gr. F304H	A 351 Gr. CF3 A 351 Gr. CF8	A 240 Gr. 304 A 240 Gr. 304H
2.2	16Cr-12Ni-2Mo 18Cr-13Ni-3Mo 19Cr-10Ni-3Mo	2-2.2	A 182 Gr. F316 A 182 Gr. F316H	A 351 Gr. CF3M A 351 Gr. CF8M A 351 Gr. CG8M	A 240 Gr. 316 A 240 Gr. 316H A 240 Gr. 317
2.3	18Cr-8Ni 16Cr-12Ni-2Mo	2-2.3	A 182 Gr. F304L A 182 Gr. F316L		A 240 Gr. 304L A 240 Gr. 316L
2.4	18Cr-10Ni-Ti	2-2.4	A 182 Gr. F321 A 182 Gr. F321H		A 240 Gr. 321 A 240 Gr. 321H

Tabel. 3.6 ASME B16.5 (1996)

TABLES 2
PRESSURE-TEMPERATURE RATINGS FOR
GROUPS 1.1 THROUGH 3.16 MATERIALS

TABLE 2-1.1 RATINGS FOR GROUP 1.1 MATERIALS

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	260	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	4560
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

3.3. Washer

Washer yaitu *ring plate* digunakan untuk memberikan *pre-tension* pada baut dan nut, sehingga sambungan *flange* tersebut tidak lepas dan tetap aman terhadap beban dinamik yang terjadi.

3.4. Gasket

Gasket digunakan bersamaan dengan *flange*, baut, dan mur berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida. *Gasket* diletakkan pada permukaan *flange*.

Standar untuk *gasket* antara lain:

- ASME B16.20
Ring-Joint Gaskets and Grooves for Steel Pipe Flanges (Metalic Gasket).
- ASME B16.21
Non-Mectalic Gasket for Pipe Flange.

Gasket tipe *full-face* digunakan untuk *flat-face flange (FF Flange)* dan *gasket* tipe *ring* digunakan untuk *raised face* yang diberi *groove (RF) flange*.

Material *gasket* yang sering digunakan adalah *compressed asbestos* (dengan tebal 1/16”) dan *asbestos-filled metal (spiral wound* dengan tebal 0,175”). *Asbestos-filled-metal gasket* sangat baik digunakan untuk suatu jalur pipa yang sering dilakukan perawatan (*flange* sering dibuka), karena jenis *gasket* ini dapat digunakan lagi.

Pemilihan *gasket* ditentukan oleh :

- Suhu, Tekanan, dan sifat korosi dari fluida yang ditransportasikan.
- Apakah sering dilakukan perawatan atau operasi yang membutuhkan pembukaan *flange* (jalur pipa).
- *Code* atau persyaratan lingkungan yang dapat dipertimbangkan.
- Aspek biaya.

Pabrikan *gasket* memberikan informasi tentang pemilihan material *gasket* sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7. Pemilihan Material *Gasket*. ASME B16.5 (1996)

No	Gasket Material	Fluid	Max. Temp [°F]	Max TP [°F x Psi]
1	<i>Syntetic rubber</i>	<i>Water, air</i>	250	15.000
2	<i>Vegetable fiber</i>	<i>Oil</i>	250	40.000
3	<i>Syntetic rubber with cloth insert (CI)</i>	<i>Water, air</i>	250	125.000
4	<i>Solid Teflon</i>	<i>Chemcal</i>	500	150.000
5	<i>Compressed Asbestos</i>	<i>Most</i>	750	250.000
6	<i>Carbon Steel</i>	<i>High pressure fluid</i>	750	1.600.000
7	<i>Stainless Steel</i>	<i>High pressure & or corrosive fluid</i>	1200	3.000.000
8	<i>Spiral Wound:</i> - <i>SS/Teflon</i> - <i>CS/Asbestos</i> - <i>SS/Asbestos</i> - <i>SS/Ceramic</i>	<i>Chemical</i> <i>Most</i> <i>Corrosive</i> <i>Hot Gasses</i>	500 750 1200 1900	250.000

Tabel 3.8. Pemilihan *Gasket*. ASME B16.5 (1996)

Fluid	Application	Gasket material*
Steam (high pressure)	Temp up to 1000°F (538°C)	Spiral-wound comp. asbestos or graphite
	Temp up to 1000°F (538°C)	Steel, corrugated, or plain
	Temp up to 1000°F (538°C)	Monel, corrugated, or plain
	Temp up to 1000°F (538°C)	Hydrogen-annealed furniture iron
	Temp up to 1000°F (538°C)	Stainless steel 12 to 14 percent chromium, corrugated
	Temp up to 1000°F (538°C)	Ingot iron, special ring-type joint
	Temp up to 750°F (399°C)	Comp. asbestos, spiral-wound
	Temp up to 600°F (316°C)	Woven asbestos, metal asbestos
	Temp up to 600°F (316°C)	Copper, corrugated or plain
	Steam (low pressure)	Temp up to 220°F (105°C)
Water	Hot, medium, and high pressures	Black rubber, red rubber, wire inserted
	Hot, low pressures	Brown rubber, cloth inserted
	Hot	Comp. asbestos
Water	Cold	Red rubber, wire inserted
	Cold	Black rubber
	Cold	Soft rubber
	Cold	Asbestos
	Cold	Brown rubber, cloth inserted
Oils (hot)	Temp up to 750°F (399°C)	Comp. asbestos
	Temp up to 1000°F (538°C)	Ingot iron, special ring-type joint
Oils (cold)	Temp up to 212°F (100°C)	Cork or vegetable fiber
	Temp up to 300°F (149°C)	Neoprene comp. asbestos
Air	Temp up to 750°F (399°C)	Comp. asbestos
	Temp up to 220°F (105°C)	Red rubber
	Temp up to 1000°F (538°C)	Spiral-wound comp. asbestos
Gas	Temp up to 1000°F (538°C)	Asbestos, metallic
	Temp up to 750°F (399°C)	Comp. asbestos
	Temp up to 600°F (316°C)	Woven asbestos
	Temp up to 220°F (105°C)	Red rubber
Acids	(Varies; see section on corrosion)	Sheet lead or alloy steel
	Hot or cold mineral acids	Comp. blue asbestos Woven blue asbestos
Ammonia	Temp up to 1000°F (538°C)	Asbestos, metallic
	Temp up to 700°F (371°C)	Comp. asbestos
	Weak solutions	Red rubber
	Hot	Thin asbestos
	Cold	Sheet lead

* Several gasket manufacturers have introduced nonasbestos, nonmetallic gasket materials for use in high-temperature service. These materials are proprietary, and therefore the manufacturers should be consulted for specific applications.

Tabel 3.9. Aplikasi *Gasket*. ASME B16.5 (1996)

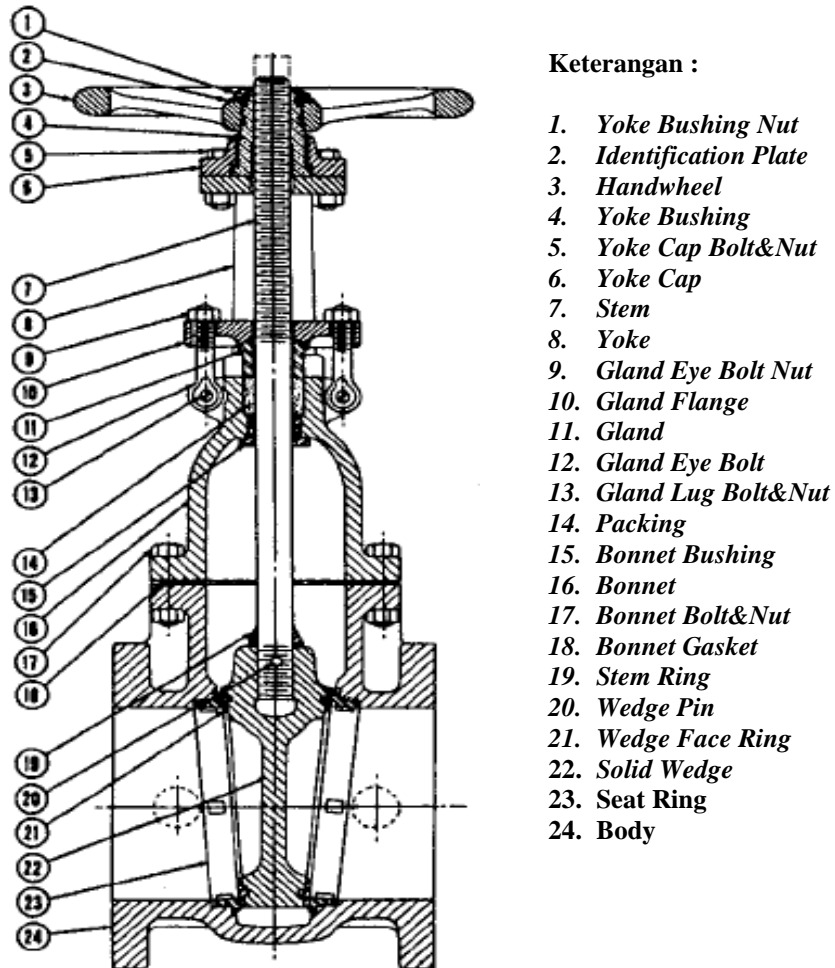
Pressure class				
Gasket type	Low Class 150-300	Medium Class 600-900	High Class 1500-2500	Maximum temperature of materials (°F)
Nonmetallic				
-CAF	x	—	—	650-1000
-Nonasbestos fibre	x	—	—	550
-PTFE	x	—	—	390-550
-Graphite	x	—	—	750
Semimetallic				
-Metal jacketed	x	x	—	750+*
-Metal reinforced graphite	x	x	—	750+*
-Spiral wound	x	x	x	750+*
-Camprofile	x	x	x	750+*
Metallic				
-Ring-joint gaskets	—	x	x	650+*
-Lens ring	—	x	x	650+*
-Machined ring	—	x	x	650+*

x applicable
 - not applicable
 * depends on material

3.5. Katup (*Valve*)

Katup adalah suatu alat yang digunakan untuk menghentikan atau menutup atau membuka aliran, mengatur tekanan atau aliran (dengan membatasi atau membuka), membuang tekanan lebih, membelokkan aliran, mencegah aliran ke suatu arah dan mengendalikan baik aliran maupun tekanan secara otomatis, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.8.

Bagian-Bagian Katup



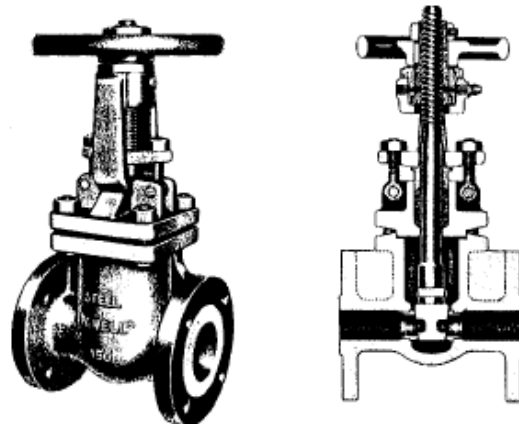
Gambar 3.8. Bagian-Bagian Katup. Santoso (2007)

3.5.1. Mekanisme Katup

Secara singkat dapat dijelaskan bahwa, aliran yang akan melewati katup dapat dikendalikan dengan cara memutar kontrol katup (baik dibuka, ditutup, diatur besar kecil alirannya, arah alirannya, maupun dialihkan ke jalur pipa lain), tergantung jenis katup yang digunakan.

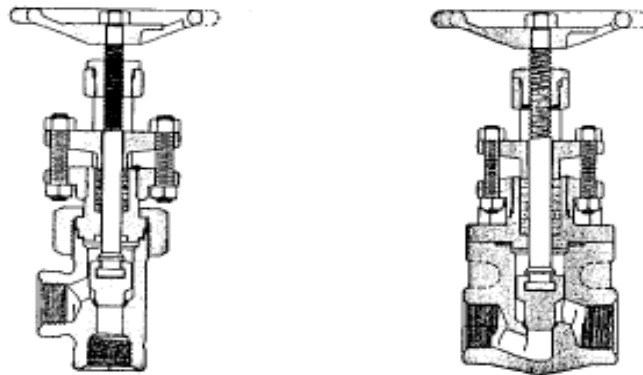
3.5.2. Fungsi Katup.

1. *On/Off* : Berfungsi untuk mengatur aliran baik dengan membuka atau menutup katup sesuai dengan kebutuhan. Contoh katup jenis ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.9. adalah Katup Pintu (*Gate Valve*).



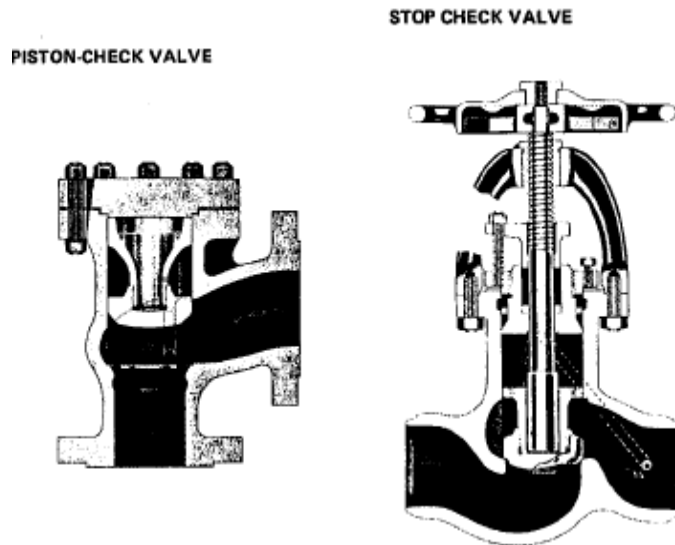
Gambar 3.9. Katup Pintu (*Gate Valve*). Santoso (2007)

2. *Regulating* : Katup yang berfungsi untuk mengatur besar kecilnya aliran maupun tekanan. Contoh katup jenis ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.10. adalah Katup Bola (*Globe Valve*).



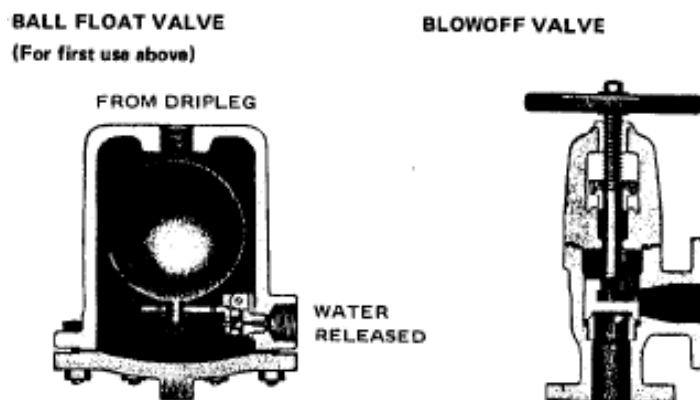
Gambar 3.10. Katup Bola (*Globe Valve*). Santoso (2007)

3. *Checking* : Katup yang berfungsi untuk mencegah aliran balik. Digunakan hanya untuk aliran satu arah. Contoh katup jenis ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.11. adalah Katup Cek (*Check Valve*).



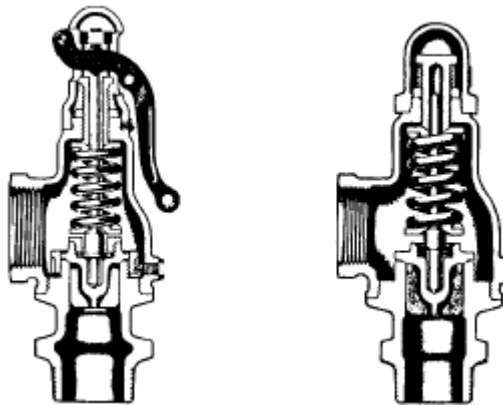
Gambar 3.11. *Check Valve.* Santoso (2007)

4. *Switching* : Katup yang berfungsi untuk memindahkan arah aliran ke jalur pipa yang berbeda. Contoh katup jenis ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.12. adalah *Ball Float Valve & Blow off Valve*.



Gambar 3.12. *Ball Float Valve & Blow off Valve.* Santoso (2007)

5. *Discharging safety* : Katup yang berfungsi untuk pengamanan tekanan yaitu untuk membuang tekanan yang berlebihan dalam suatu sistem (bejana, *heat exchanger*, *boiler*, tangki timbun, dan *equipment* lain). *Safety valve* umumnya dipakai untuk uap, udara dan *relief valve* untuk cairan. Contoh katup jenis ini sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.13. adalah *Safety Valve / Relief Valve*.



Gambar 3.13. *Safety Valve/ Relief Valve*. Santoso (2007)

3.5.3. Penentuan *Rating* atau Kelas *Fitting* Jenis Katup

Untuk *fitting* jenis *valve*, penentuan *rating* tekanan diatur oleh ASME B16.34 terdapat dua tabel yang digunakan yaitu tabel 1 (3.10.) dan tabel 2 (3.11.) Langkah-langkah penentuan *rating fitting* jenis *valve* sebagai berikut :

- Langkah 1: tentukan jenis material dan proses pembuatan *fitting* (*casting*, *forging*, *plate*, *bars*, atau tabular). Misalnya material *valve* ASTM A182-F321, proses pembuatan dengan cara ditempa (*forging*).
- Langkah 2: tentukan material grup dari tabel 1 (*material specification list*) didapat material grup *valve* grup 2.4
- Langkah 3: tentukan *rating* dari tabel 2-2.4 (*rating for grup 2.4 material*), dengan suhu dan tekanan operasi sebagai data masukan.

Misalkan suhu operasi 600 °F dan tekanan operasi 150 Psig, maka didapatkan *rating* untuk *valve* tersebut adalah 300#. Pada *rating* 300# tekanan operasi maksimum yang diizinkan sampai 485 Psig. Pada *rating* 150# tekanan operasi yang diizinkan hanya 140 < tekanan operasi dalam jalur pipa tersebut

Tabel 3.10. ASME B16.34 (1996)

TABLE 1 MATERIAL SPECIFICATION LIST
Applicable ASTM Specification

GROUP 2 MATERIALS

Group No.	Material Nominal Designation	Product Form									
		Forgings		Castings		Plates		Bars		Tubular	
		Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade	Spec. No.	Grade
2.1	18Cr-8Ni	A 182	F304	A 351	CF3	A 240	304	A 182	F304	A 312	TP304
		A 182	F304H	A 351	CF8	A 240	304H	A 182	F304H	A 312	TP304H
2.2	16Cr-2Ni-2Mo	A 182	F316			A 240	316	A 182	F316	A 312	TP316
		A 182	F316H			A 240	316H	A 182	F316H	A 312	TP316H
2.3	18Cr-8Ni 18Cr-13Ni-3Mo 16Cr-12Ni-2Mo 19Cr-10Ni-3Mo			A 351	CF3A			A 479	316	A 358	316
				A 351	CF8A			A 479	316H	A 376	TP316
2.4	18Cr-10Ni-Ti	A 182	F321			A 240	317			A 376	TP316H
		A 182	F321H							A 430	FP316
2.3	18Cr-8Ni 16Cr-12Ni-2Mo	A 182	F304L			A 240	316L	A 182	F316L	A 312	TP316L
		A 182	F316L			A 240	316L	A 479	316L	A 312	TP316L
2.4	18Cr-10Ni-Ti	A 182	F321			A 240	321	A 182	F321	A 312	TP321
		A 182	F321H			A 240	321H	A 479	321	A 312	TP321H
2.4	18Cr-10Ni-Ti							A 182	F321H	A 358	321
								A 479	321H	A 376	TP321
2.4	18Cr-10Ni-Ti									A 376	TP321H
										A 430	FP321
2.4	18Cr-10Ni-Ti									A 430	FP321H

[Table 1 continues on the next page]

[Notes follow at end of table]

Tabel 3.11. ASME B16.34 (1996)

A 182 Gr. F321 (2)	A 312 Gr. TP321 (2)	A 376 Gr. TP321 (2)	A 430 Gr. FP321H
A 182 Gr. F321H (1)	A 312 Gr. TP321H	A 376 Gr. TP321H	A 479 Gr. 321 (2)
A 240 Gr. 321 (2)	A 358 Gr. 321 (2)	A 430 Gr. FP321 (2)	A 479 Gr. 321H
A 240 Gr. 321H (1)			

NOTES:

(1) At temperatures over 1000°F, use only if the material is heat treated by heating to a minimum temperature of 2000°F.

(2) Not to be used over 1000°F.

TABLE 2-2.4A STANDARD CLASS

Temperature, °F	Working Pressures by Classes, psig							
	150	300	400	600	900	1500	2500	4500
-20 to 100	275	720	960	1,440	2,160	3,600	6,000	10,800
200	245	645	860	1,290	1,935	3,230	5,380	9,685
300	230	595	795	1,190	1,785	2,975	4,960	8,930
400	200	550	735	1,105	1,655	2,760	4,600	8,280
500	170	515	685	1,030	1,545	2,570	4,285	7,715
600	140	485	650	975	1,460	2,435	4,060	7,310
650	125	480	635	955	1,435	2,390	3,980	7,165
700	110	465	620	930	1,395	2,330	3,880	6,985
750	95	460	610	915	1,375	2,290	3,820	6,875
800	80	450	600	900	1,355	2,255	3,760	6,770
850	65	445	595	895	1,340	2,230	3,720	6,695
900	50	440	590	885	1,325	2,210	3,680	6,625
950	35	385	515	775	1,160	1,930	3,220	5,795
1000	20	355	475	715	1,070	1,785	2,970	5,350
1050	20(1)	315	415	625	940	1,565	2,605	4,690
1100	20(1)	270	360	545	815	1,360	2,265	4,075
1150	20(1)	235	315	370	710	1,185	1,970	3,550
1200	20(1)	185	245	365	555	925	1,545	2,775
1250	20(1)	140	185	280	420	705	1,170	2,110
1300	20(1)	110	145	220	330	550	915	1,645
1350	20(1)	85	115	170	255	430	715	1,285
1400	20(1)	65	85	130	195	325	545	975
1450	20(1)	50	70	105	155	255	430	770
1500	20(1)	40	50	75	115	190	315	565

NOTE:

(1) For welding end valves only. Flanged end ratings terminate at 1000°F.

3.6. Penyangga Pipa (*Pipe Support*)

Dasar ilmu untuk penyangga pipa (baik *support* maupun *hanger*) adalah mekanika teknik dan kekuatan bahan yang biasa dipakai pada pekerjaan pemesinan dan juga sipil. Berdasarkan pembebanannya, penyangga pipa dapat digolongkan menjadi dua, yaitu:

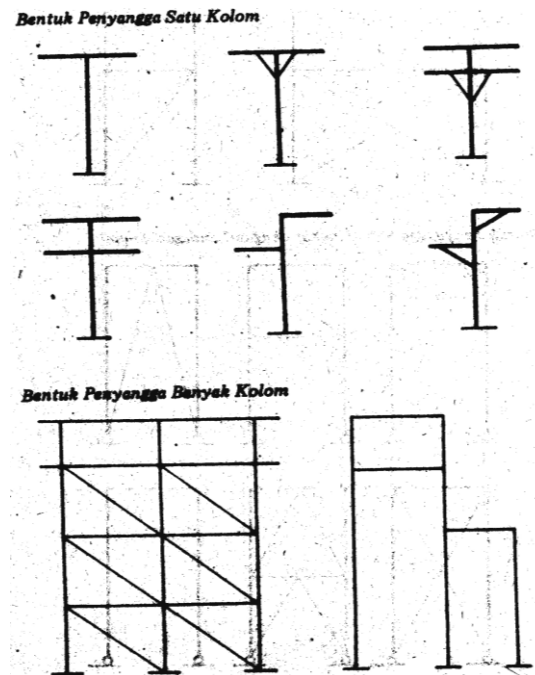
- Penyangga beban statik, misal: beban berat pipa dan *fitting*, beban berat fluida, dan beban *thermal*.
- Penyangga beban dinamik, misal: beban berat pipa dan *fitting*, beban berat fluida, beban angin, beban gempa, dan beban *thermal*.

3.6.1. Pembebanan *Static*

Penyangga pipa jenis pembebanan statik dapat digolongkan lagi menjadi :

3.6.1.1. Penyangga Struktur

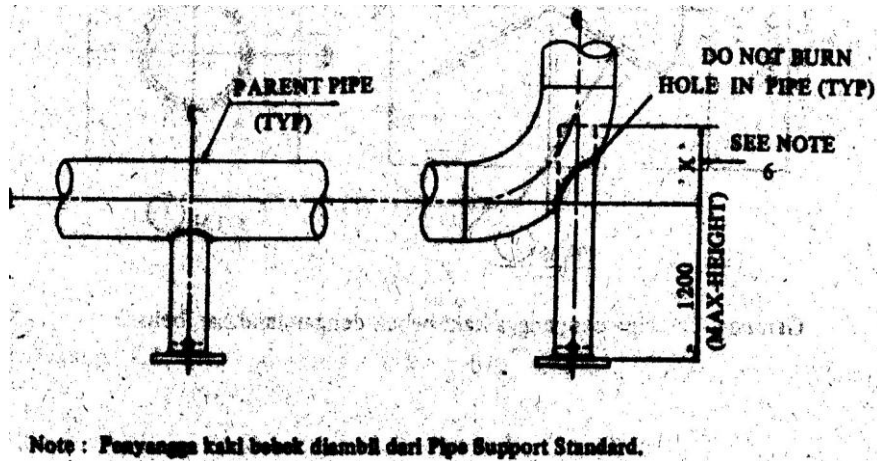
Penyangga jenis ini minimal tingginya adalah 2,5 meter. Ada beberapa bentuk sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Penyangga pipa struktur. Santoso (2007)

3.6.1.2. Penyangga Kaki Bebek (*Duck Support*)

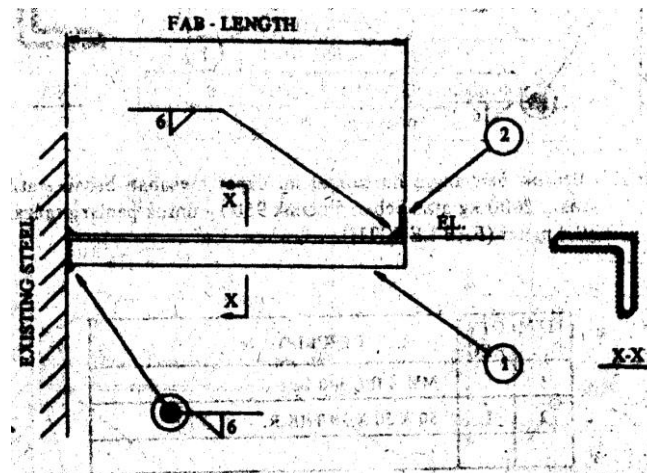
Penyangga jenis ini mempunyai panjang maksimum 1,2 meter ditambah dengan panjang yang dibutuhkan sampai pada garis sumbu sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.15.



Gambar 3.15. Penyangga pipa kaki bebek (*Duck Foot*). Santoso (2007)

3.6.1.3. Penyangga Bentuk Siku - Siku (*Bracket Support*)

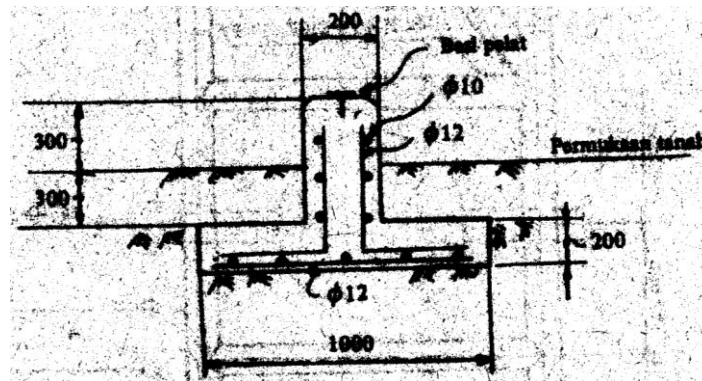
Penyangga jenis ini menggunakan struktur yang sudah ada dengan memasang struktur tambahan berupa *kantilever*. Profil yang digunakan dapat berupa *profil* I, H, L dan C. Disamping itu ada yang memakai *support* tambahan sebagai pendukung sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.16.



Gambar 3.16. Penyangga pipa *bracket*. Santoso (2007)

3.6.1.4. Penyangga Pembaringan Pipa (*Pipe Sleeper*)

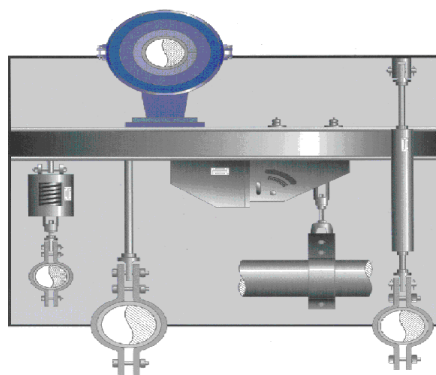
Penyangga ini dipakai pada pipa bawah tanah sekitar 1 meter dibawah permukaan tanah. Bahan yang dipergunakan adalah *concrete* dan besi beton. Bagian permukaannya diberi plat besi sebagai penahan gesekan pipa dan juga tempat *anchor* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.17.



Gambar 3.17. Pembaringan pipa (*Pipe Sleeper*). Santoso (2007)

3.6.1.5. Penyangga Gantung (*Pipe Hanger*)

Penyangga jenis ini dipergunakan untuk menahan pipa pada posisi tergantung baik untuk jenis beban dinamik maupun beban statik. Kekuatan *support* ini ditentukan oleh kabel penggantung dan juga *support*-nya sendiri sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.18.

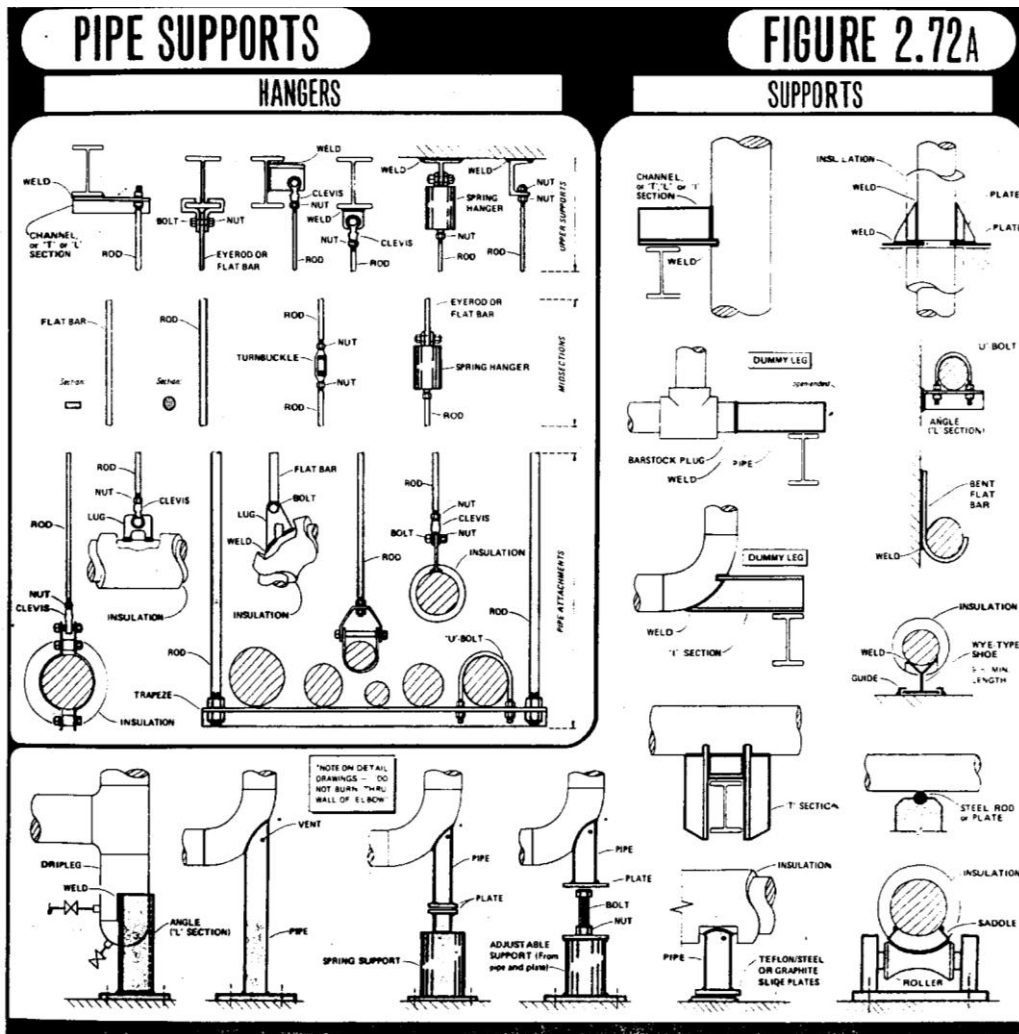


Gambar 3.18. *Pipe Hanger*. Santoso (2007)

3.6.2. Jenis Penyangga Pipa Lain

Disamping penyangga ada beberapa istilah yang berkaitan dengan penyangga pipa sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.19. yaitu :

- Anchor (*Line Stop*)
- Guide
- Sepatu Pipa (*Pipe Shoe*)



Gambar 3.19. Penyangga pipa. ASME B16.5 (1996)