

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada penelitian sebelumnya tentang analisis tegangan pada pipa non-metalik pada sistem perpipaan (Santoso, 2011) didapatkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada bengkokan pipa sebesar 41,92 Mpa dari tegangan ijin sebesar 52,75 Mpa pada tekanan operasi sebesar 16 bar(g) dengan temperatur sebesar 50 °C dengan material pipa dengan yaitu *glassfibre reinforced epoxy* (GRE).

Pemasangan penyangga pipa secara optimal diperlukan untuk memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu berada di bawah batas maksimal (Tjahjono, 1998).

Defleksi maksimum yang terjadi pada beban ekspansi pada pipa sebesar 29,994 mm arah vertikal pada pipa NPS 4" dan suhu operasi 363° (Rohmah, 2011).

Ditinjau dari penelitian yang sudah dilakukan di atas, analisa tegangan pipa ini bertujuan untuk menentukan letak dan jenis penyangga pipa (*pipe support*) yang baru jika terjadi overstress agar sistem perpipaan tersebut layak dinyatakan aman beroperasi. Perancangan ini menggunakan material pipa *carbon steel* yang memiliki kekuatan lebih rendah dari GRE namun temperatur operasional EDC lebih tinggi dari temperature operasi pada penelitian Santoso. Diharapkan dengan perhitungan analisis tegangan ini mampu mencegah terjadinya *overstress* dan defleksi berlebih yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada instalasi perpipaan ini.

2.2. Sistem perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang berfungsi mengalirkan fluida dari satu *equipment* ke *equipment* lainnya sehingga bisa menjaga keberlangsungan proses produksi di suatu pabrik. Komponen sistem perpipaan terdiri dari :

1. Pipa
2. Fitting (*flange, tee, elbow, cap, reducer, dll*)

3. Alat instrumentasi (peralatan untuk pengukuran dan pengendalian parameter aliran fluida seperti : tekanan, temperatur, debit, level ketinggian, dll)
4. Peralatann/ *Equipment* (*vessel*, pompa, kompresor, *heat exchanger*, dll)
5. Penyangga Pipa (*pipe support*, *pipe hanger*)
6. Komponen khusus (*strainenr*, *vent*, *drain*, dll)

2.2.1. Pipa

Pipa merupakan sebuah silinder dengan lubang di tengahnya yang memiliki fungsi mengalirkan suatu fluida berupa cair ataupun gas dari satu *equipment* ke *equipment* lainnya. Umumnya sebutan pipa ditunjukkan pada pipa yang memiliki dimensi lebih dari 1 in, sedangkan jika dimensi tersebut kurang dari 1 in disebut *tube*.. Jenis pipa berdasarkan fabrikasinya menurut API 5L yaitu :

1. *Seamless pipe* : sebuah proses pembentukan pipa dari plat dan tidak menggunakan las pada proses penyambungannya
2. *Continous welding* : sebuah proses pembuatan pipa dari lembaran/ plat yang sudah dipanaskan terlebih dahulu dan ditekan di ujungnya kemudian kedua ujung tersebut dilas memanjang.
3. *Electric welding* : sebuah proses pembentukan pipa dengan menggunakan induksi elektromagnetik las. Plat tersebut akan dilas terlebih dahulu baru dilakukan proses penekanan.
4. *Laser welding* : sebuah proses pembuatan pipa dengan menggunakan sinar laser dalam proses pengelasannya pada ujung-ujung plat yang akan dibuat menjadi pipa.
5. *Submerged-arc welding* : sebuah proses penggabungan plat dengan cara dilas dengan menggunakan bunga api listrik.
6. *Gas metal-arc welding* : sebuah proses penggabungan plat dengan memanaskan plat tersebut menggunakan busur api listrik dengan mengkonsumsi elektroda.

A. Ukuran, diameter, dan tebal dinding pipa

Penentuan dari diameter luar untuk pipa diidentifikasi dengan *Nominal Pipe Size (NPS)* dan Nomor *Schedule (Sch)* dalam satuan *inch*, sedangkan *tube* diidentifikasi dari NPS dan Nomor *Gauge (BWG)*. Penggunaan tube umumnya digunakan pada alat penukar kalor, jalur-jalur instrumen, dan *small interconnection*.

Ukuran, berat, diameter, ketebalan, dan toleransi pipa telah dibuat standarisasinya, ada 3 standar yang telah banyak digunakan oleh dunia industri yaitu:

1. *American Society for Testing and Material (ASTM)*

Ketentuan yang diatur oleh standar ini yaitu meliputi : Komposisi kimia, sifat mekanik, *finishing*, dan tes yang diperlukan terhadap material. Contoh nominal diameter luar pada standar ini yaitu *Schedule Standard (STD)*, *Extra Strong (XS)*, dan *Double Extra Strong (XXS)*.

2. *American American Society of Mechanical Engineer (ASME)* atau *American National Standard Institute (ANSI)*

Ketentuan yang diatur oleh standar ini sama seperti *ANSI/ASME* namun lebih ketat karena untuk pemakaian jalur kritis diperlukan *ASME Stamp*. Salah satu contoh dari klasifikasi penggunaan material yaitu *ANSI B36.19* tentang pipa *stainless steel* dan *ANSI A36.10* untuk pipa *iron ductile*. Sedangkan untuk nominal diameter luar pipa berdasarkan No. Sch 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, dan 160.

3. *American Petroleum Institute (API)*

Ketentuan yang diatur oleh standar ini yaitu parktik-praktik yang dianjurkan, spesifikasi ,kode, dan publikasi teknis, laporan dan studi yang mencakup setiap segmen industri. API lebih cenderung banyak untuk standar *equipment* dan *quality program*. Contoh standar yang digunakan yaitu *API 510 Pressure Vessel Inspection Code, Repair, Alteration, and Rerating*. Untuk nominal ketebalan dinding pipa biasanya langsung dengan nominal berupa $t = 0,125''$.

Tabel 2.1 Tabel rating pada tube (Sumber : BWG chart)

Tabing OD, in	BWG gauge	Wall thickness, in	Inside cross-sectional area, in ²	FI ² external surface per ft length	FI ² internal surface per ft length	Weight per ft sect, lb +	Tabing ID, in	Moment of inertia, in ⁴	Section modulus, in ³	Radius of gyration, in	Constant C _t	OD / ID	Transverse metal area, in ²
1/4	22	.028	.0295	.0655	.0508	.0066	.0194	.00012	.00098	.0792	46	1.289	0.0195
1/4	24	.022	.0333	.0655	.0539	.054	.206	.00011	.00083	.0810	52	1.214	.0159
1/4	26	.018	.0360	.0655	.0560	.045	.214	.00009	.00071	.0824	56	1.168	.0131
1/4	27	.016	.0373	.0655	.0570	.040	.218	.00008	.00064	.0829	58	1.146	.0117
3/8	18	.049	.0603	.0982	.0725	.171	.277	.00068	.0036	.1164	94	1.354	.0502
3/8	20	.035	.0731	.0982	.0798	.127	.305	.00055	.0029	.1213	114	1.233	.0374
3/8	22	.028	.0799	.0982	.0835	.104	.319	.00046	.0025	.1227	125	1.176	.0305
3/8	24	.022	.0860	.0982	.0867	.083	.331	.00038	.0020	.1248	134	1.133	.0244
1/2	16	.065	.1075	.1309	.0969	.302	.370	.0022	.0086	.1556	168	1.351	.0888
1/2	18	.049	.1269	.1309	.1052	.236	.402	.0018	.0072	.1606	198	1.244	.0694
1/2	20	.035	.1452	.1309	.1126	.174	.430	.0014	.0056	.1649	227	1.163	.0511
1/2	22	.028	.1548	.1309	.1162	.141	.444	.0012	.0046	.1671	241	1.126	.0415
5/8	12	.109	.1301	.1636	.1066	.602	.407	.0061	.0197	.1864	203	1.536	.177
5/8	13	.095	.1486	.1636	.1139	.537	.435	.0057	.0183	.1903	232	1.437	.158
5/8	14	.083	.1655	.1636	.1202	.479	.459	.0053	.0170	.1938	258	1.362	.141
5/8	15	.072	.1817	.1636	.1259	.425	.481	.0049	.0156	.1971	283	1.299	.125
5/8	16	.065	.1924	.1636	.1296	.388	.495	.0045	.0145	.1993	300	1.263	.114
5/8	17	.058	.2035	.1636	.1333	.350	.509	.0042	.0134	.2016	317	1.228	.103
5/8	18	.049	.2181	.1636	.1380	.303	.527	.0037	.0118	.2043	340	1.186	.089
5/8	19	.042	.2298	.1636	.1416	.262	.541	.0033	.0105	.2068	358	1.155	.077
5/8	20	.035	.2419	.1636	.1453	.221	.555	.0028	.0091	.2089	377	1.126	.065

Tabel 2.2 Tabel *rating* pada pipa (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

PIPE DATA											TABLES P-1 M										
DN (mm) (NPS)	PUMPING CODES and MANUFACTURERS' WEIGHTS	DIMENSIONS			WEIGHTS		AREAS				Moment of Inertia (10 ⁶ mm ⁴) (10 ⁶ in ⁴)	Section Modulus (mm ³) (in ³)	Radius of Gyration (mm)	Continuum Spans		Code Pressures					
		O.D. (mm)	I.D. (mm)	Wall (mm)	Empty (kg/m)	Waterfilled (kg/m)	External (mm ² /mm)	Internal (mm ² /mm)	Flow (mm ²)	Metel (mm ²)				Span (m)	Span (mm)	Design (MPa)	Bursting (MPa)				
250 10	API	273.1	263.5	4.775	31.51	86.04	857.8	827.8	54532	4025	36218	265.3	94.86	10.2	1.20	.672	2.24				
		273.1	262.7	5.156	33.98	88.20	857.8	825.4	54217	4340	38944	285.3	94.73	10.4	1.33	.847	2.82				
	SCH 20	273.1	261.9	5.363	36.60	90.48	857.8	822.9	53882	4674	41825	306.4	94.59	10.7	1.46	1.03	3.45				
		273.1	260.3	6.350	41.66	94.89	857.8	817.9	53236	5320	47331	346.7	94.32	11.1	1.71	1.40	4.66				
	SCH 30	273.1	258.9	7.087	46.36	99.00	857.8	813.3	52635	5921	52393	383.8	94.07	11.4	1.93	1.74	5.80				
		273.1	257.5	7.798	50.88	102.9	857.8	808.8	52058	6498	57198	419.0	93.82	11.7	2.14	2.07	6.90				
	SCH 40	273.1	255.6	8.738	56.81	108.1	857.8	802.9	51301	7255	63428	464.6	93.50	12.0	2.41	2.51	8.37				
		273.1	254.5	9.271	60.16	111.0	857.8	799.6	50874	7683	66903	490.0	93.32	12.2	2.55	2.76	9.20				
	SCH 60	273.1	250.8	11.13	71.68	121.1	857.8	787.9	49402	9154	78647	576.1	92.69	12.7	3.00	3.64	12.1				
		273.1	247.7	12.70	81.33	129.5	857.8	778.0	48169	10388	88220	646.2	92.16	13.0	3.34	4.39	14.6				
	SCH 80	273.1	242.9	15.09	95.74	142.1	857.8	763.0	46329	12227	1.0E5	747.5	91.36	13.3	3.78	5.55	18.5				
		273.1	236.5	18.26	114.5	158.4	857.8	743.1	43938	14618	1.2E5	873.3	90.31	13.6	4.24	7.11	23.7				
	SCH 100	273.1	230.2	21.44	132.7	174.3	857.8	723.1	41611	16946	1.4E5	989.4	89.28	13.8	4.60	8.71	29.0				
		273.1	222.2	25.40	154.7	193.5	857.8	698.2	38795	19762	1.5E5	1121	88.02	14.0	4.94	10.7	35.8				
	SCH 160	273.1	215.9	28.58	171.8	208.5	857.8	678.3	36610	21947	1.7E5	1217	87.02	14.0	5.13	12.4	41.4				
	300 12	API	323.9	313.5	5.156	40.42	117.6	1017	985.0	77209	5162	65558	404.9	112.7	10.8	1.06	.714	2.38			
323.9			312.7	5.563	43.55	120.4	1017	982.5	76809	5562	70458	435.1	112.5	11.0	1.18	.871	2.90				
SCH 20		323.9	311.2	6.350	49.39	125.6	1017	977.5	76038	6334	79843	493.1	112.3	11.5	1.39	1.18	3.92				
		323.9	309.6	7.137	55.61	130.9	1017	972.6	75270	7102	89088	530.2	112.0	11.9	1.60	1.48	4.95				
SCH 30		323.9	308.0	7.925	61.59	136.1	1017	967.6	74506	7865	98192	606.4	111.7	12.3	1.81	1.79	5.97				
		323.9	307.1	8.382	65.05	139.1	1017	964.7	74064	8307	1.0E5	638.7	111.6	12.4	1.93	1.97	6.57				
SCH 40		323.9	306.4	8.738	67.73	141.4	1017	962.5	73722	8650	1.1E5	663.5	111.5	12.6	2.02	2.11	7.04				
		323.9	304.8	9.525	73.65	146.6	1017	957.6	72966	9406	1.2E5	718.0	111.2	12.9	2.21	2.42	8.07				
SCH 60		323.9	303.2	10.31	79.34	151.7	1017	952.6	72214	10158	1.2E5	771.7	110.9	13.1	2.39	2.73	9.11				
		323.9	301.6	11.13	85.58	157.0	1017	947.5	71442	10930	1.3E5	826.2	110.6	13.3	2.58	3.06	10.2				
SCH 80		323.9	298.5	12.70	97.20	167.2	1017	937.6	69957	12414	1.5E5	929.4	110.1	13.7	2.90	3.69	12.3				
		323.9	295.3	14.27	108.7	177.2	1017	927.7	68489	13883	1.7E5	1029	109.6	14.0	3.20	4.32	14.4				
SCH 100		323.9	292.1	15.88	120.3	187.3	1017	917.7	67012	15360	1.8E5	1128	109.0	14.3	3.47	4.97	16.6				
		323.9	288.9	17.48	131.7	197.3	1017	907.6	65552	16820	2.0E5	1223	108.5	14.5	3.72	5.63	18.8				
SCH 120		323.9	285.8	19.05	142.8	207.0	1017	897.7	64130	18241	2.1E5	1313	108.0	14.6	3.93	6.28	20.9				
		323.9	281.0	21.44	159.5	221.5	1017	882.7	62005	20367	2.3E5	1445	107.2	14.8	4.22	7.28	24.3				
SCH 140	323.9	273.1	25.40	186.5	245.0	1017	857.8	58556	23815	2.7E5	1649	105.9	15.1	4.60	8.96	29.9					
	323.9	266.7	28.58	207.6	263.4	1017	837.9	55865	26507	2.9E5	1801	104.9	15.2	4.84	10.3	34.4					
SCH 160	323.9	257.2	33.32	238.2	290.1	1017	808.0	51956	30416	3.3E5	2008	103.4	15.3	5.10	12.4	41.4					
350 14	API	355.6	344.9	5.334	45.96	139.4	1117	1084	93445	5870	90034	506.4	123.9	11.1	.980	.712	2.37				
		355.6	344.5	5.563	47.90	141.1	1117	1082	93198	6117	93711	527.1	123.8	11.2	1.04	.793	2.64				
	SCH 10	355.6	342.9	6.350	54.55	146.9	1117	1077	92347	6967	1.1E5	597.7	123.5	11.7	1.26	1.07	3.57				
		355.6	341.3	7.137	61.18	152.7	1117	1072	91501	7824	1.2E5	667.3	123.2	12.1	1.43	1.35	4.50				
	SCH 20	355.6	339.8	7.925	67.78	158.4	1117	1067	90659	8656	1.3E5	736.0	123.0	12.5	1.63	1.63	5.43				
		355.6	338.1	8.738	74.55	164.3	1117	1062	89793	9521	1.4E5	805.9	122.7	12.9	1.82	1.92	6.40				
	SCH 30	355.6	336.6	9.525	81.09	170.0	1117	1057	88959	10356	1.6E5	872.6	122.4	13.2	2.00	2.20	7.34				
		355.6	333.3	11.13	94.27	181.5	1117	1047	87275	12040	1.8E5	1005	121.9	13.7	2.35	2.78	9.26				
	SCH 40	355.6	331.8	11.91	100.7	187.2	1117	1042	86452	12862	1.9E5	1069	121.6	13.9	2.52	3.06	10.2				
		355.6	330.2	12.70	107.1	192.8	1117	1037	85634	13681	2.0E5	1132	121.3	14.1	2.67	3.35	11.2				
	SCH 60	355.6	325.4	15.09	126.4	209.6	1117	1022	83175	16140	2.3E5	1318	120.5	14.6	3.10	4.23	14.1				
		355.6	323.9	15.88	132.7	215.0	1117	1017	82372	16943	2.4E5	1378	120.2	14.7	3.23	4.52	15.1				
	SCH 80	355.6	317.5	19.05	157.7	236.9	1117	997.5	79173	20142	2.9E5	1609	119.2	15.1	3.70	5.70	19.0				
		355.6	307.9	23.83	194.4	268.9	1117	967.5	74482	24833	3.4E5	1932	117.6	15.6	4.25	7.51	25.0				
	SCH 100	355.6	300.0	27.79	224.1	294.8	1117	942.6	70698	28617	3.9E5	2178	116.3	15.8	4.59	9.04	30.1				
		355.6	292.1	31.75	252.9	319.9	1117	917.7	67012	32303	4.3E5	2405	115.0	15.9	4.86	10.6	35.4				
SCH 160	355.6	284.2	35.71	281.0	344.4	1117	892.8	63425	35889	4.6E5	2614	113.8	16.0	5.07	12.2	40.7					

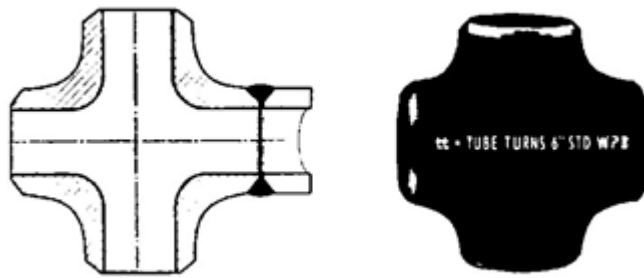
2.2.2. Fitting

Fitting merupakan komponen pada sistem perpipaan yang memungkinkan perubahan arah jalur perpipaan, percabangan pada pipa, dan perubahan diameter.

Komponen perpipaan yang termasuk *fitting* adalah :

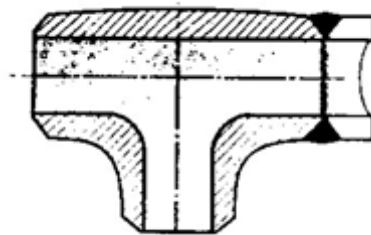
a. Tee

Tee merupakan salah satu jenis *fitting* pipa yang berfungsi sebagai penghubung antar 3 cabang pipa atau lebih. *Tee* dengan cabang 4 disebut *crossflow* seperti pada Gambar 2.1 berikut ini.

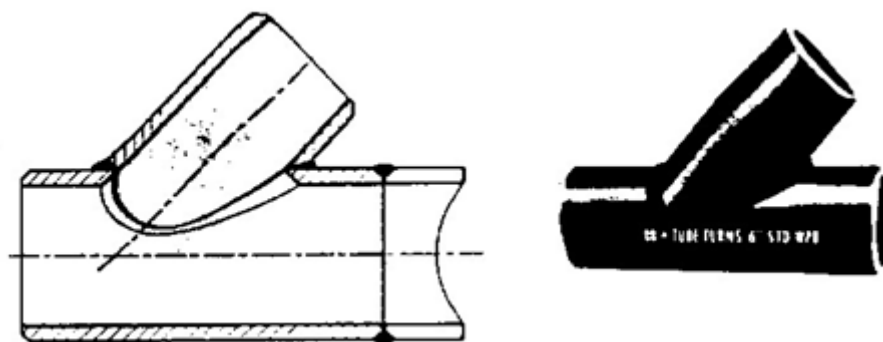


Gambar 2.1 *Crossflow tee* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

Jenis *tee* berdasarkan sudut perubahan arah dapat dibedakan menjadi *tee* 45° (*lateral tee*) dan 90°, sedangkan berdasarkan diameter yang dihubungkan dapat dibedakan menjadi *equal tee* dan *reducing tee* seperti pada Gambar 2.2 dan 2.3 di bawah ini.

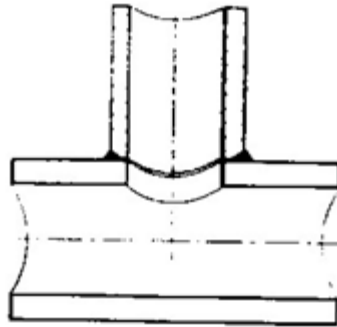


Gambar 2.2 *Equal tee* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)



Gambar 2. 3 *Lateral tee* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

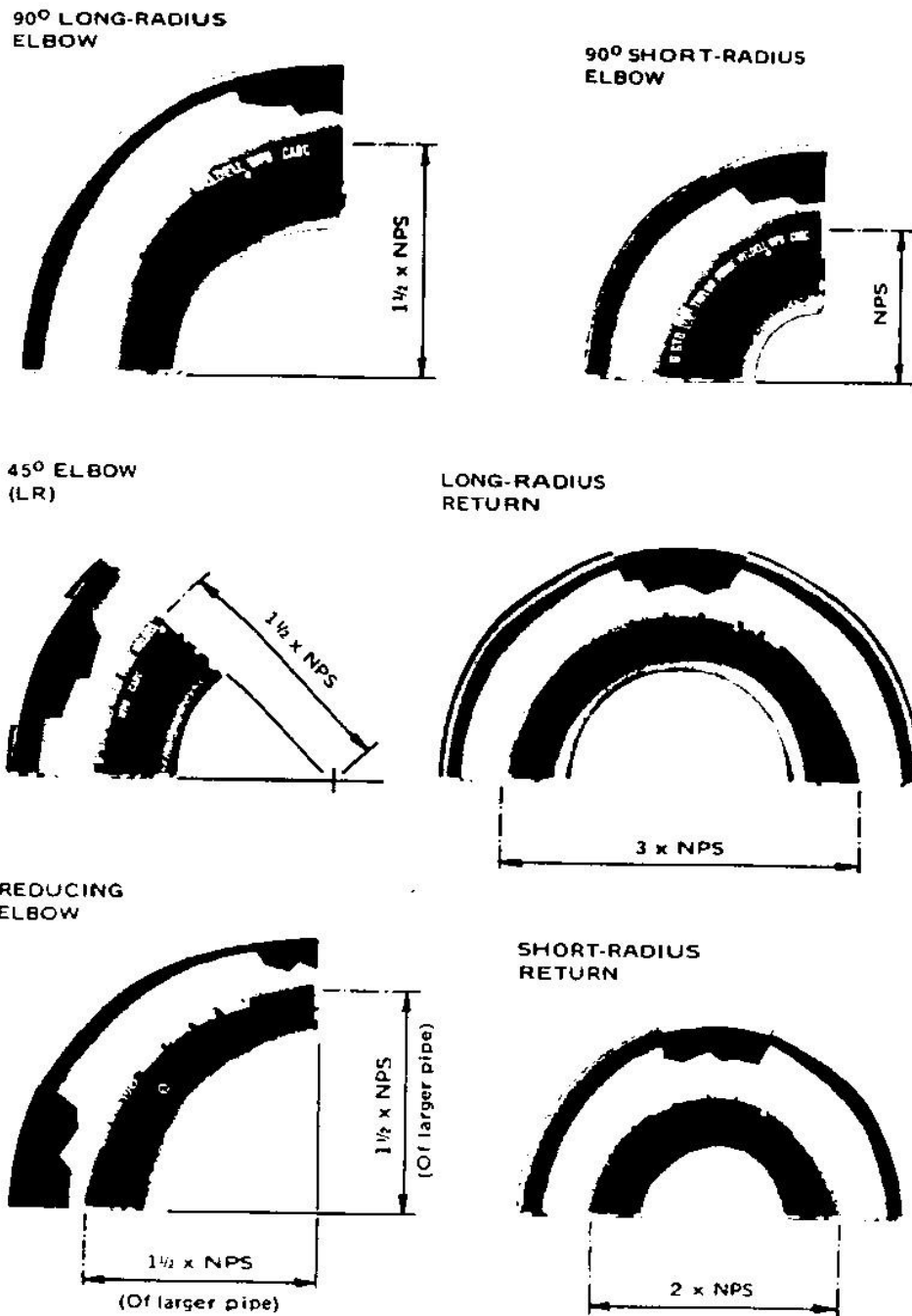
Selain jenis yang sudah disebutkan sebelumnya, ada jenis *tee* yang bernama *stub-in* yang langsung dihubungkan dengan las pada pipa tanpa perlu menggunakan sambungan lagi seperti pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 *Stub-in* (Sumber : Sherwood D.S.)

b. *Elbow*

Elbow memiliki fungsi sebagai pengubah arah jalur pipa dan manambah fleksibilitas. Jenis *elbow* dapat dibedakan menjadi besaran sudut perubahan arahnya, seperti 45° , 90° , dan 180° (*U turn*) yang masing-masing ada yang berjenis *short radius (SR)* dan *long radius (LR)*. Contoh jenis-jenis *elbow* seperti pada Gambar 2.5.

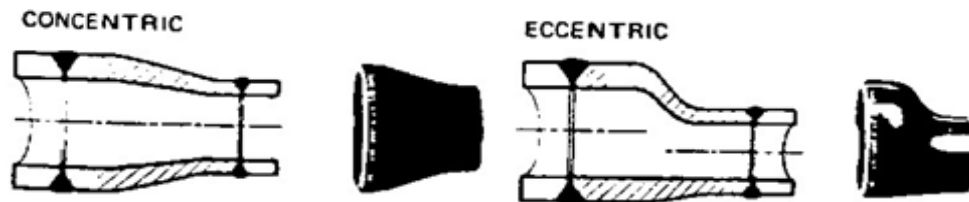


Gambar 2.5 Jenis-jenis elbow (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

c. *Reducer*

Reducer memiliki fungsi sebagai penghubung antar dua pipa yang memiliki besaran diameter yang berbeda. Jenis *reducer* dibedakan menjadi *concentric*

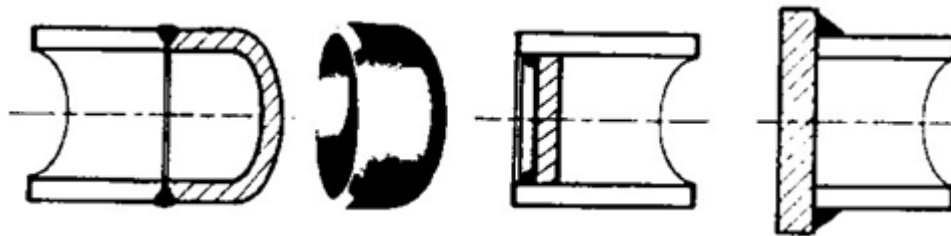
reducer dan *eccentric reducer*, yang membedakan yaitu *concentric reducer* menghubungkan dua pipa pada sumbu radial yang sama, sedangkan *eccentric reducer* pada dinding atas/ bawah memiliki *offset* / jarak antar sumbu sebesar $= 0,5 (D_i \text{ max} - D_i \text{ min})$ seperti pada Gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 *Concentric reducer* dan *eccentric reducer* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

d. *Cap*

Cap terletak di ujung sistem perpipaan yang berfungsi menghentikan aliran dalam pipa ataupun menutup ujung saluran pipa. Dilihat dari bentuk dan metode penyambungannya, *cap* dapat dibedakan menjadi *butt-weld cap* dan *flat closure cap*. Perbedaan jenis *cap* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



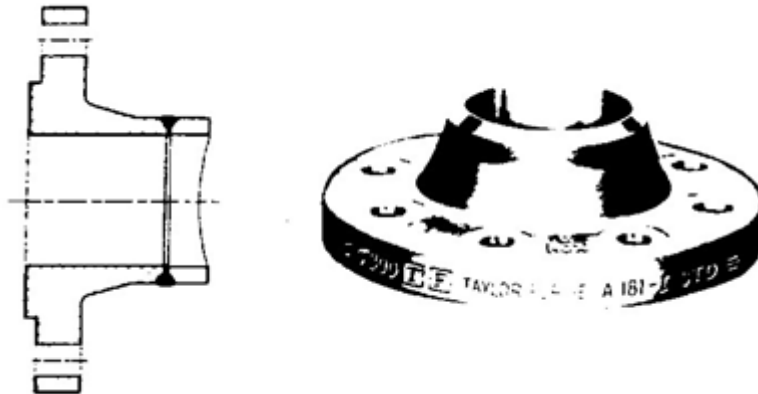
Gambar 2.7 Jenis-jenis *cap* (Sumber : Sherwood D.S, 1973)

e. *Flange*

Flange merupakan komponen perpipaan yang berfungsi sebagai sambungan antar pipa dengan pipa, pipa dengan *fitting* maupun pipa dengan *equipment*. Menurut ANSI *flange* dapat dibedakan menjadi

1. *Welding neck flange* (WN *flange*)

Flange ini disambung dengan menggunakan pengelasan pada ujung pipa seperti Gambar 2.8 di bawah ini.



Gambar 2.8 *WN flange* (Sumber : Sherwood D.S.,1973)

2. *Slip-on flange (SO flange)*

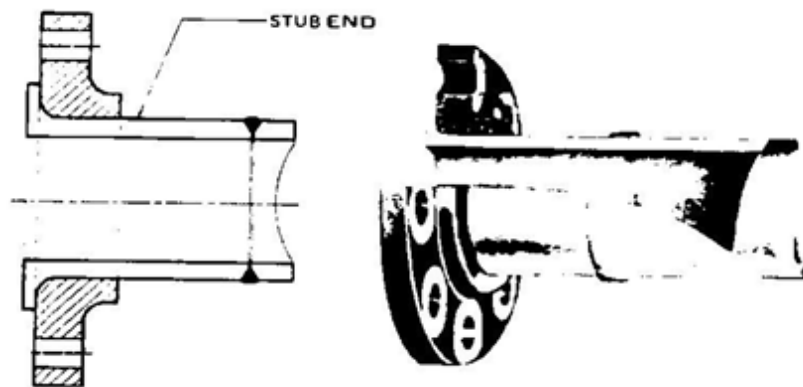
Flange ini disambung ke pipa dengan memasukan/ menyelipkan ujung pipa tersebut kedalam *flange* seperti Gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2.9 *Slip-on flange* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

3. *Lap joint flange (LJ flange)*

Flange tipe ini memiliki kemiripan dengan *slip-on flange* yang membedakannya yaitu pada *slip-on* pipanya tidak sampai menembus keluar *flange*, sedangkan pada *lap joint flange* ada pipa yang keluar dari *flange*. Contohnya seperti pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2.10 *Lap joint flange* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

4. *Threaded flange* (ulir)

Flange tipe ini menggunakan ulir untuk menyambungkan antar komponennya seperti pada Gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2.11 *Flange* tipe ulir (Sumber : <https://bit.ly/2Ohfsp1>)

5. *Socket flange*

Flange ini memiliki kemiripan dengan *slip-on flange*, yang membedakan pada sisi dalam *flange* terdapat perbedaan diameter yang berfungsi sebagai penahan agar ujung pipa tidak keluar dari *flange* seperti pada Gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12 *Socket flange* (Sumber : <https://bit.ly/2nnOf8Q>)

6. *Reducing flange*

Flange jenis ini memiliki fungsi seperti *reducer* pada *fitting* yaitu menggabungkan dua pipa yang memiliki perbedaan diameter seperti pada Gambar 2.13 di bawah ini.



Gambar 2.12 Reducing flange (Sumber : <https://bit.ly/2OXxC0i>)

7. *Blind flange*

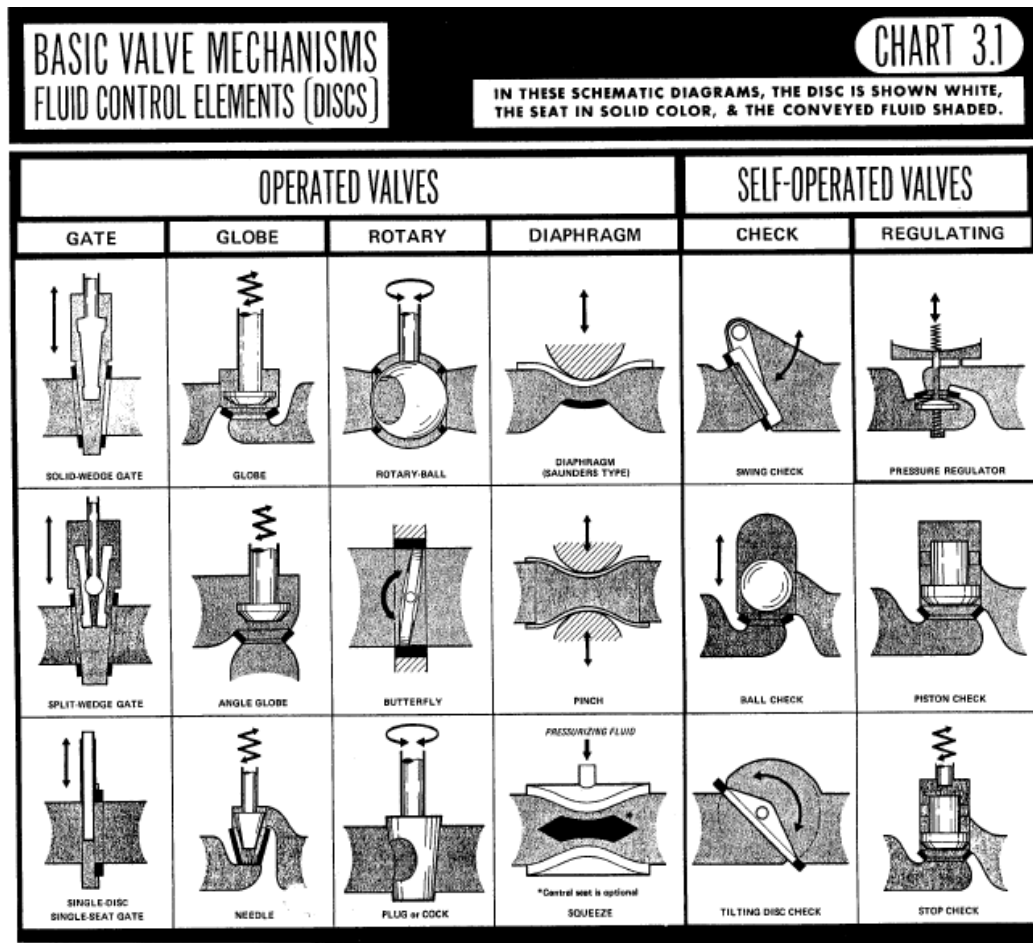
Flange tipe ini memiliki fungsi seperti *cap* pada *fitting* yaitu berfungsi menutup aliran pada pipa seperti pada Gambar 2.14 di bawah ini.



Gambar 2.13 *Blind flange* (Sumber : <https://www.amazon.com/Stainless-Steel-Blind-Fitting-Flange/dp/B004XEKOHI>)

f. *Valve* (Katup)

Katup merupakan komponen sistem perpipaan yang berfungsi mengatur arah, menutup aliran, dan tekanan pada fluida di dalam pipa. Mekanisme katup menurut Sherwood D.S.,1973 adalah sebagai berikut :



Gambar 2.14 Mekanisme katup (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

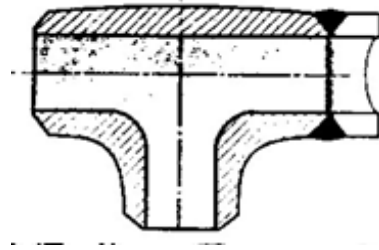
2.2.3. Metode Penyambungan Pada Komponen Sistem Perpipaan

Terdapat metode-metode penyambungan antar komponen perpipaan, contohnya adalah sebagai berikut :

a. *Butt Welding*

Flange tipe ini disambung menggunakan las pada ujung pipa. Sambungan jenis ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Mampu digunakan dalam tekanan operasi tinggi.
- 2) Sambungan lebih tahan bocor
- 3) Digunakan pada pipa dengan NPS 2 atau lebih besar
- 4) Ketahanan terhadap getaran dan momen bending yang tinggi
- 5) Digunakan untuk kebanyakan pipa proses dan *utility*



Gambar 2.15 Contoh Sambungan *Butt-Welding* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

Gambar di atas menunjukkan contoh sambungan *butt-welding*. Sambungan tipe ini juga memiliki kelemahan yaitu pengalasan yang kurang terampil dapat menyebabkan logam las tertetes dan tertinggal dalam pipa sehingga mempengaruhi aliran fluida .

b. *Socket-Welding*

Metode sambungan tipe ini yaitu dengan memasukan pipa pada komponen perpipaan lainnya lalu dilas pada ujungnya. Sambungan jenis ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Digunakan pada tekanan operasi tinggi
- 2) Sambungan lebih tahan bocor
- 3) Digunakan pada pipa dengan NPS 2 atau lebih kecil
- 4) Mudah dalam pemasangan dan sisa logam las yang tertinggal dapat mudah dibersihkan
- 5) Digunakan pada fluida yang beracun, mudah terbakar, dan mahal



Gambar 2.16 Contoh Sambungan *Socket-Welding* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

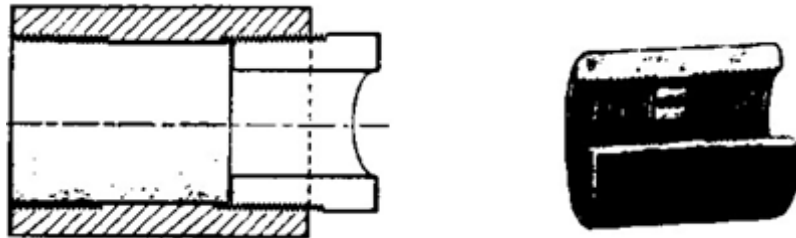
Gambar di atas menunjukkan contoh sambungan *socket-welding*. Sambungan ini memiliki kelemahan dalam ketahanan getaran dan momen bending yang kurang

dan adanya celah antar sambungan dapat menyebabkan korosi celah (*crevice corrosion*).

c. *Screwed/Threaded*

Sambungan ini menggunakan ulir pada komponen perpipaan tersebut. Sambungan tipe ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- 1) Digunakan pada tekanan operasi rendah
- 2) Mudah dalam pemasangan maupun *maintenance*-nya karena tidak bersifat tetap
- 3) Digunakan pada pipa dengan NPS 2 atau kurang
- 4) Digunakan pada pipa servis dan pipa proses



Gambar 2.17 Contoh Sambungan *Screwed/Threaded* (Sumber : Sherwood D.S., 1973)

Gambar di atas menunjukkan contoh sambungan ulir atau *screwed/ threaded*. Sambungan ini cukup banyak memiliki kekurangan yaitu ketahanan terhadap getaran dan momen bending yang kurang, rentan bocor sehingga penggunaannya terbatas, dan kekuatan pipa yang berkurang karena sebagian tebal dinding pipa digunakan untuk pembuatan ulir.

2.2.4. Penentuan tebal pipa

Meskipun tebal dinding pipa sudah dibuat standarnya, tetap diperlukan perhitungan untuk menentukan tebal. Rumus perhitungan tebal dinding pipa adalah sebagai berikut :

$$t = \frac{P D}{2 S A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

t = Ketebalan dinding pipa, in

P = Tekanan desain internal, psi

D = Diameter luar, in

S_A = Tegangan izin material pada temperatur desain (Table A-1), psi

Setelah sudah diperoleh nilainya, lalu disesuaikan sesuai standar yang ada dengan membulatkan ke angka terdekat yang berada di atasnya sesuai dengan no *schedule*. Tabel 2.3 menunjukkan tegangan ijin material dari standar ASME B31.3

Tabel 2.3 Tabel A-1 basic allowable stress (Sumber : ASME B31.3, 1999)

Material	Spec. No.	P-No. or S-No. (5)	Grade	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Min. Temp. to 100	200
						Tensile	Yield		
Low and Intermediate Alloy Steel (Cont'd) Forgings and Fittings (2) (Cont'd)									
9Ni	A 420	11A	WPL8	(47)	-320	110	75	31.7	31.7
Castings (2)									
C-½Mo	A 352	3	LC1	(9)(58)	-75	65	35	21.7	21.5
C-½Mo	A 217	3	WC1	(9)(58)	-20	65	35	21.7	21.5
2½Ni	A 352	9A	LC2	(9)	-100	70	40	23.3	17.5
3½Ni	A 352	9B	LC3	(9)	-150				
Ni-Cr-½Mo	A 217	4	WC4	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
Ni-Cr-1Mo	A 217	4	WC5	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
1¼Cr-½Mo	A 217	4	WC6	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
2¼Cr-1Mo	A 217	5A	WC9	(9)	-20	70	40	23.3	23.3
5Cr-½Mo	A 217	5B	C5	(9)	-20	90	60	30.0	29.9
9Cr-1Mo	A 217	5B	C12	(9)	-20	90	60	30.0	29.9

300	400	500	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	Grade	Spec. No.
Low and Intermediate Alloy Steel (Cont'd) Forgings and Fittings (2) (Cont'd)																	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	WPL8	A 420
Castings (2)																	
20.5	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	LC1	A 352
20.5	19.7	18.9	18.3	18.0	17.6	16.2	15.8	15.3	13.7	8.2	4.8	4.0	2.4	...	...	WC1	A 352
17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	LC2 LC3	A 352 A 352
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	15.0	9.2	5.9	...	...	...	...	WC4	A 217
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	17.5	17.5	17.1	16.3	11.0	6.9	4.6	2.8	...	...	WC5	A 217
23.3	22.5	21.7	20.9	20.5	20.1	19.7	19.2	18.7	14.5	11.0	6.9	4.6	2.8	2.5	1.3	WC6	A 217
23.1	22.5	22.4	22.4	22.2	21.9	21.5	21.0	19.8	17.0	11.4	7.8	5.1	3.2	2.0	1.2	WC9	A 217
29.1	28.9	28.7	28.3	27.9	27.3	19.8	19.1	14.3	10.9	8.0	5.8	4.2	2.9	1.8	1.0	C5	A 217
29.1	28.9	28.7	28.3	27.9	27.3	19.8	19.1	18.2	16.5	11.0	7.4	5.0	3.3	2.2	1.5	C12	A 217

2.2.5. Penentuan rating pada sistem perpipaan

Rating bertujuan untuk memudahkan dalam instalasi sistem perpipaan. Rating umumnya ditentukan berdasarkan tekanan dan temperatur. Berikut merupakan jenis rating pada sistem perpipaan.

1. Pipa : Rating didapat dari Nomor *Schedule*.
2. Tube : Rating didapat dari No. BWG.

3. *Fitting* :

- a) BW (*Butt Welding*) rating berdasarkan Nomor Schedule pipa yang terhubung dengan *fitting* tersebut.
- b) THRD (*Threaded*) rating berdasarkan No. *Class* (ASME B16.11)
- c) SW (*Socket Weld*) rating berdasarkan No. *Class* (ASME B16.11)

4. *Flange* :

- a) NPS ½” – 24” rating berdasarkan ASME B16.5
- b) NPS 26” – 48” rating berdasarkan ASME B16.47

5. *Valve* : Rating berdasarkan No. *Class* (ASME B16.34)Tabel 2. 4 *Rating* tekanan-suhu pada *flange* (Sumber : ASME B16.5, 1998)

Nominal Designation	Forgings	Castings	Plates
9Cr-1Mo-V	A 182 Gr. F91	A 217 Gr. C12A	A 387 Gr. 91 Cl. 2

WORKING PRESSURES BY CLASSES, psig						
Class Temp., °F	75	150	300	400	600	900
-20 to 100	145	290	750	1000	1500	2250
200	130	260	750	1000	1500	2250
300	115	230	730	970	1455	2185
400	100	200	705	940	1410	2115
500	85	170	665	885	1330	1995
600	70	140	605	805	1210	1815
650	60	125	590	785	1175	1765
700	...	110	570	755	1135	1705
750	...	95	530	710	1065	1595
800	...	80	510	675	1015	1525
850	...	65	485	650	975	1460
900	...	50	450	600	900	1350
950	...	35	385	515	775	1160
1000	...	20	365	485	725	1090
1050	...	...	360	480	720	1080
1100	...	...	300	400	605	905
1150	...	...	225	295	445	670
1200	...	...	145	190	290	430

2.2.6 Penyangga Pipa

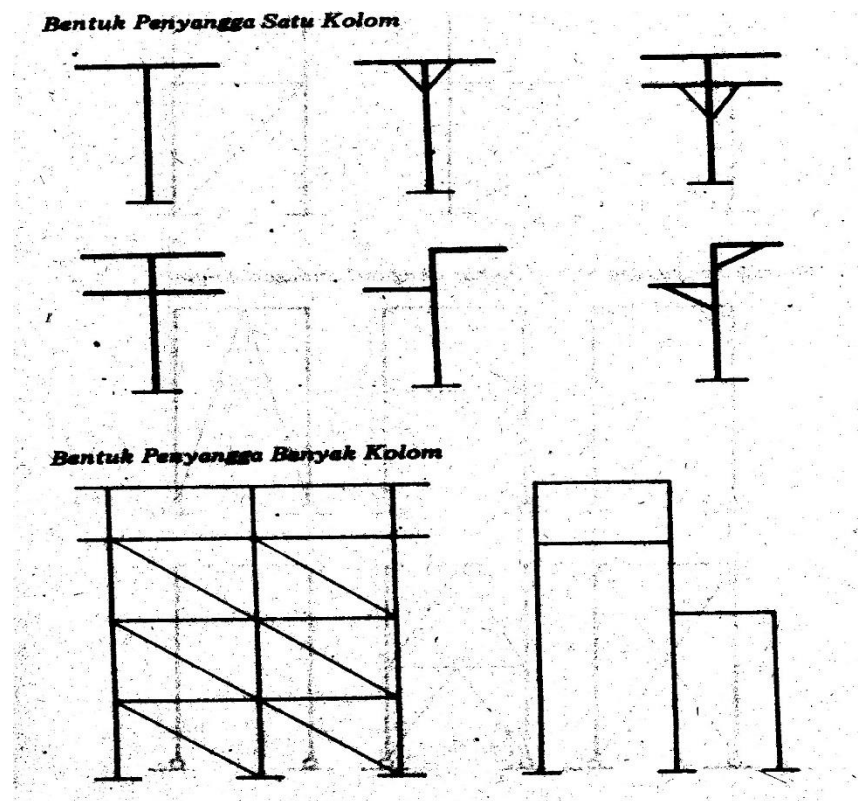
Dalam sistem perpipaan terdapat komponen penyangga pada pipa agar pembebanan yang diberikan pada sistem perpipaan tersebut tidak melebihi batas

aman yang diijinkan. Terdapat 2 jenis penyangga pipa jika dilihat dari jenis pembebanannya, yaitu :

1. Penyangga beban statik :

a. Penyangga struktur

Penyangga ini terbuat dari kolom-kolom dengan tinggi minimal 2,5 meter. Bentuk-bentuk penyangga ini dapat dibedakan dari jumlah kolom yang digunakan, jumlah tingkat, dan landasan yang bertipe engsel atau tetap (*fix*) seperti pada Gambar 2.19 di bawah ini.



Gambar 2.18 Bentuk penyangga struktur (Sumber : Raswari, 1986)

b. Penyangga kaki bebek (*duct foot support*)

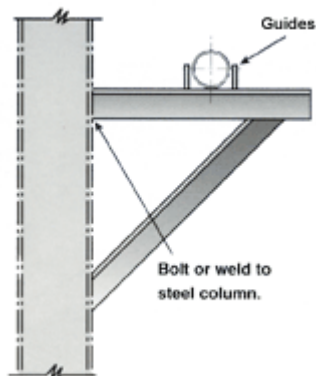
Penyangga ini memiliki panjang maksimal 1,2 meter yang bentuknya menyerupai kaki bebek seperti pada Gambar 2.20 di bawah ini.



Gambar 2.19 Penyangga kaki bebek (Sumber : <https://bit.ly/2zq9OhO>)

c. Penyangga dengan bentuk siku-siku (*bracket support*)

Penyangga jenis ini menggunakan struktur yang sudah ada pada sistem perpipaan dan memasang struktur tambahan berupa kantilever seperti pada Gambar 2.21 di bawah ini.



Gambar 2.20 Penyangga tipe *bracket* (Sumber : <https://bit.ly/2Ln0uwP>)

d. Penyangga pembaringan pipa (*pipe sleeper*)

Penyangga ini digunakan pada instalasi perpipaan dengan mencapai ketinggian sekitar 1 meter di atas permukaan tanah. Pada bagian penyangga yang terletak di

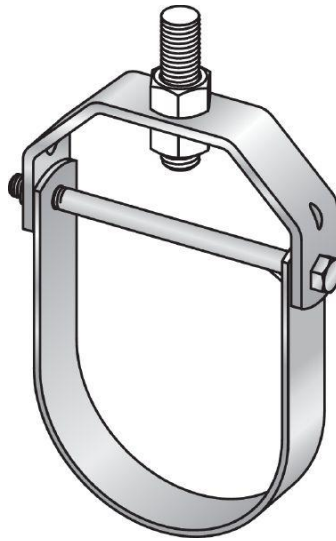
permukaan penyangga diberikan plat besi sebagai penahan gesekan pada pipa dan sebagai tempat *anchor*. Penyangga ini umumnya terbuat dari *concrete* dan besi/beton seperti pada Gambar 2.22 di bawah ini.



Gambar 2.21 Pipe sleeper (Sumber : <https://bit.ly/2NI97Zi>)

e. Penyangga pipa gantung (*pipe hanger*)

Penyangga digunakan untuk menahan pipa pada posisi tergantung. Selain untuk menahan beban statik, penyangga ini juga mampu menahan beban dinamik pada sistem perpipaan. Berikut merupakan contoh Gambar penyangga pipa gantung.



Gambar 2.22 Jenis-jenis *pipe hanger* (Sumber : <https://bit.ly/2Ld0na9>)

f. Penyangga pipa rendah (*low support*)

Penyangga pipa ini memiliki tinggi di bawah 2,5 meter dengan bentangan maksimum (*span max*) 1,5 meter. Bentuk penyangga ini memiliki kemiripan dengan penyangga struktur 1 kolom tetapi terbuat dari baja profil seperti pada Gambar 2.24 di bawah ini.

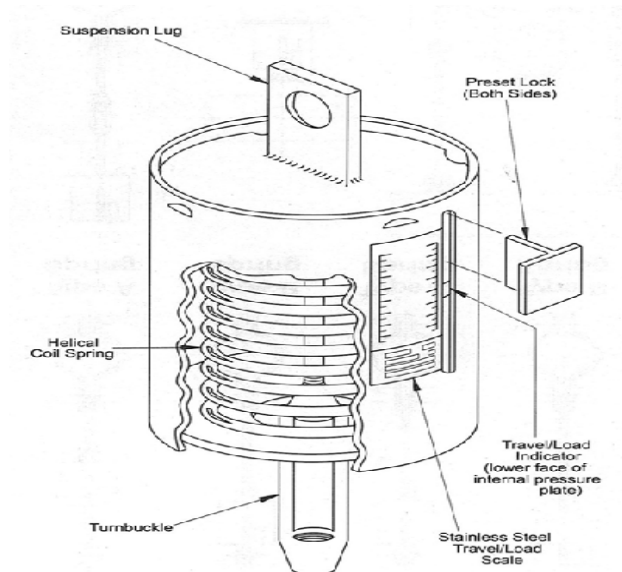


Gambar 2.23 *Low support* (Sumber : <https://bit.ly/2LfyIFv>)

2. Penyangga beban dinamik

a. Penyangga variabel (*variable support*)

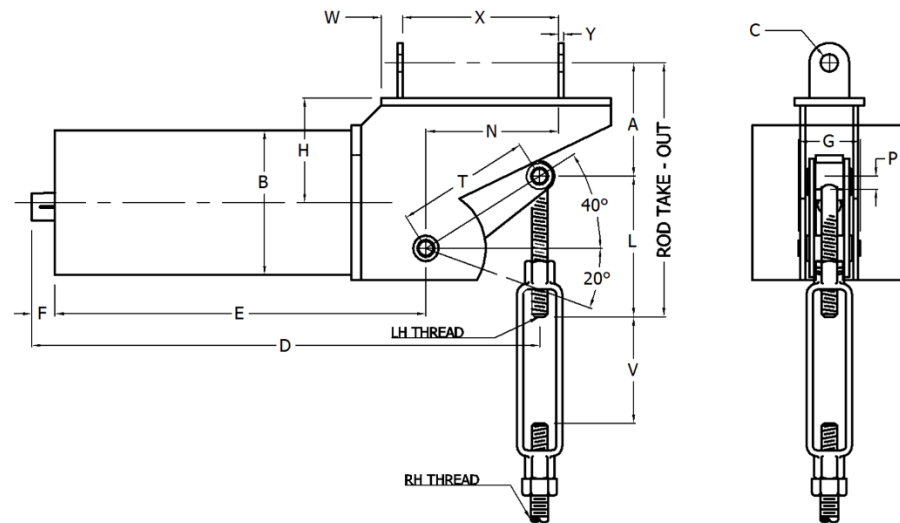
Pada penyangga tipe ini terdapat pegas untuk mengantisipasi beban tarik maupun beban tekan pada pipa yang disebabkan beban termal. Perhitungan pembebanan pada penyangga ini didasarkan pada kekakuan pegas. Gambar 2.25 menunjukkan contoh penyangga variabel pada pipa.



Gambar 2.24 *Variable support* (Sumber : <http://www.dbvalve.com.au/variablesupport.htm>)

b. Penyangga konstan (*constant support*)

Penyangga ini letaknya tetap pada elevasi tertentu dan reaksi pada penyangga dilakukan semacam lengan yang dihubungkan ke spring, mirip dengan variable spring.



Gambar 2.25 *Constant support* (Sumber : <http://www.aaatech.com/catalogs/constant-spring-hangers/typeD/index.htm>)