

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pipa**

Pipa adalah saluran tertutup sebagai sarana pengaliran atau transportasi fluida, sarana pengaliran atau transportasi energi dalam aliran. Pipa biasanya ditentukan berdasarkan ukuran nominalnya, sedangkan *tube* adalah merupakan salah satu jenis pipa yang ditetapkan berdasarkan diameter luarnya.

Dalam keadaan sehari – hari pipa AC menggunakan pipa tembaga. Pengerjaan pemipaan yang berhubungan dengan sistem pemanasan, pendinginan dan sistem lainnya. Semua produksi pipa tembaga di Amerika yang digunakan untuk memenuhi semua kebutuhan, harus sesuai standar dan spesifikasi dari *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Dan semua pipa tembaga ber-standar ASTM harus berkomposisi minimal 99,9 % tembaga murni.

#### **2.2 Contoh Penyambungan Pengembangan Bahan**

##### **2.2.1 Pipa Tembaga**

Pipa tembaga adalah pipa yang paling sering digunakan untuk keperluan mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigeran jenis R.11, R.12, R.22, dan R.502. Pipa tembaga yang dipergunakan pada mesin pendingin adalah pipa tembaga khusus yang disebut *ACR TUBING* (*Air Conditioning and Refrigeration Tubing*) yang telah dirancang dan memenuhi persyaratan/karakteristik khusus untuk mesin pendingin. Bagian dalam pipa untuk keperluan mesin pendingin harus dijaga agar tetap kering dan biasanya dibersihkan dengan menggunakan nitrogen. Ujung-ujung pipa jangan dibiarkan terbuka dan harus ditutup agar tidak terkontaminasi udara luar (uap air) atau kotoran lainnya dengan cara digepengkan ataupun ditutup dengan penutup khusus.

Pipa tembaga pada umumnya dibagi menjadi 2 (dua) jenis, yaitu :

**a. Pipa Tembaga Lunak (*Soft*)**

Pipa tembaga lunak biasanya digunakan pada mesin-mesin pendingin jenis domestik dan komersial. Pipa tembaga ini memiliki sifat kekerasan tertentu yang disebut "*Annealed Copper Tubing*", yaitu, pipa dipanaskan kemudian dibiarkan mendingin sendiri. Hal ini membuat pipa tembaga menjadi lunak dan mudah dibentuk. Pipa tembaga lunak mempunyai sifat khusus. Jika pipa dibengkokkan berulang kali maka pipa tersebut akan menjadi keras dan kaku, sehingga mudah rusak, retak atau patah.

Sifat ini dapat diperbaiki dengan cara memanaskan pipa tersebut sampai warnanya berubah menjadi merah atau ungu dan didinginkan secara perlahan-lahan di udara, selanjutnya pipa dapat dengan mudah dibentuk seperti semula. Pekerjaan ini dinamakan proses "*annealing*". Penyambungan pipa tembaga ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) pengelasan (*brazing*), (2) tanpa pengelasan, tetapi menggunakan *flare fitting* yang disebut sebagai *flare nut*, yaitu baut khusus untuk keperluan penyambungan secara cepat (*flaring*).



Gambar 2.1 Pipa Tembaga Lunak

**b. Pipa Tembaga Keras (*Hard*)**

Pipa tembaga keras biasanya digunakan pada mesin pendingin untuk keperluan komersial, dimana sifat pipa tembaga ini kaku dan keras, jadi pada saat pemasangan pipa tersebut harus dipasang klem atau penyangga sebagai tumpuan dan pengikatnya, apalagi jika ukuran diameter pipa yang digunakan ukurannya besar. Pipa tembaga keras tidak dapat dibengkokkan, jadi harus menggunakan elbow bila diperlukan bengkokkan. Penyambungan pipa hanya hanya dilakukan

dengan sistem pengelasan dengan las perak (*silver brazing*) atau menggunakan *flare fitting*. Penyolderan hanya dilakukan untuk saluran tekanan rendah. Pipa tembaga keras ini diperjualbelikan di pasaran dalam bentuk batangan, dimana setiap batangnya mempunyai panjang kurang lebih 7 meter.



Gambar 2.2 Pipa Tembaga Keras

*Temper*, dideskripsikan sebagai tingkat kekuatan dan kekerasan dari pipa. *Drawn temper tube* biasa dikatakan sebagai *hard tube*/pipa keras sedangkan *annealed temper tube* lebih sering dikatakan *soft tube*/pipa lunak. Berdasarkan pada tabel 1.1, terdapat enam tipe standar pipa tembaga dan spesifikasi penggunaannya. Pada tabel juga, menunjukkan standar ASTM untuk produksi pipa tembaga dengan beragam ukuran dan tempers. Terdapat tipe K, L, M, DWV dan *Medical Gas Tube* yang sesuai dengan standar ASTM. Tiap tipe pipa merepresentasikan tingkat ketebalan pipa. Pipa tipe K akan lebih tebal dari pada pipa tipe L, dan pipa tipe L akan lebih tebal dari pada pipa tipe M untuk semua ukuran diameter pipa. Sedangkan ukuran diameter dalam, dipengaruhi oleh ukuran pipa serta ketebalan pipa tersebut.

**Tabel 2.1 Types, Standards, Applications, Tempers, Lengths**

Tube Type	Color Code	Standard	Application <sup>1</sup>	Commercially Available Lengths <sup>2</sup>		
				Nominal or Standard Sizes	Drawn	Annealed
TYPE K	Green	ASTM B 88 <sup>3</sup>	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, HVAC, Snow Melting, Compressed Air, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, Vacuum	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				1/4-inch to 8-inch	20 ft	20 ft
				10-inch	18 ft	18 ft
				12-inch	12 ft	12 ft
				<b>COILS:</b>		
				1/2-inch to 1-inch	—	60 ft
					—	100 ft
				1 1/4 inch and 1 1/2-inch	—	60 ft
	—	40 ft				
	—	45 ft				
TYPE L	Blue	ASTM B 88	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, HVAC, Snow Melting, Compressed Air, Vacuum	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				1/2-inch to 10-inch	20 ft	20 ft
				12-inch	18 ft	18 ft
				<b>COILS:</b>		
				1/2-inch to 1-inch	—	60 ft
					—	100 ft
				1 1/4 inch and 1 1/2-inch	—	60 ft
					—	40 ft
	—	45 ft				
TYPE M	Red	ASTM B 88	Domestic Water Service and Distribution, Fire Protection, Solar, Fuel/Fuel Oil, HVAC, Snow Melting, Vacuum	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				1/2-inch to 12-inch	20 ft	N/A
DWV	Yellow	ASTM B 306	Drain, Waste, Vent, HVAC, Solar	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				1 1/2-inch to 8-inch	20 ft	N/A
ACR	Blue	ASTM B 280	Air Conditioning, Refrigeration, Natural Gas, Liquefied Petroleum (LP) Gas, Compressed Air	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				3/8-inch to 4 1/4-inch	20 ft	4
				<b>COILS:</b>		
			1/2-inch to 1 1/2-inch	—	50 ft	
OXY, MED, OXY/MED, OXY/ACR, ACR/MED	(K)Green (L)Blue	ASTM B 819	Medical Gas Compressed Medical Air, Vacuum	<b>STRAIGHT LENGTHS:</b>		
				1/2-inch to 8-inch	20 ft	N/A

**Table 2.2 Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE K**

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.305	.035	.073	.145	.177	.00051	.00379
3/8	.500	.402	.049	.127	.269	.324	.00088	.00660
1/2	.625	.527	.049	.218	.344	.438	.00151	.0113
5/8	.750	.652	.049	.334	.418	.562	.00232	.0174
3/4	.875	.745	.065	.436	.641	.829	.00303	.0227
1	1.125	.995	.065	.778	.839	1.18	.00540	.0404
1 1/4	1.375	1.245	.065	1.22	1.04	1.57	.00847	.0634
1 1/2	1.625	1.481	.072	1.72	1.36	2.10	.0119	.0894
2	2.125	1.959	.083	3.01	2.06	3.36	.0209	.156
2 1/2	2.625	2.435	.095	4.66	2.93	4.94	.0324	.242
3	3.125	2.907	.109	6.64	4.00	6.87	.0461	.345
3 1/2	3.625	3.385	.120	9.00	5.12	9.01	.0625	.468
4	4.125	3.857	.134	11.7	6.51	11.6	.0813	.608
5	5.125	4.805	.160	18.1	9.67	17.5	.126	.940
6	6.125	5.741	.192	25.9	13.9	25.1	.180	1.35
8	8.125	7.583	.271	45.2	25.9	45.4	.314	2.35
10	10.125	9.449	.338	70.1	40.3	70.6	.487	3.64
12	12.125	11.315	.405	101	57.8	101	.701	5.25

*The Copper Tube Handbook, 2006 : 21***Table 2.3 Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE L**

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
1/4	.375	.315	.030	.078	.126	.160	.00054	.00405
3/8	.500	.430	.035	.145	.198	.261	.00101	.00753
1/2	.625	.545	.040	.233	.285	.386	.00162	.0121
5/8	.750	.666	.042	.348	.362	.506	.00232	.0174
3/4	.875	.785	.045	.484	.455	.664	.00336	.0251
1	1.125	1.025	.050	.825	.655	1.01	.00573	.0429
1 1/4	1.375	1.265	.055	1.26	.884	1.43	.00875	.0655
1 1/2	1.625	1.505	.060	1.78	1.14	1.91	.0124	.0925
2	2.125	1.985	.070	3.09	1.75	3.09	.0215	.161
2 1/2	2.625	2.465	.080	4.77	2.48	4.54	.0331	.248
3	3.125	2.945	.090	6.81	3.33	6.27	.0473	.354
3 1/2	3.625	3.425	.100	9.21	4.29	8.27	.0640	.478
4	4.125	3.905	.110	12.0	5.38	10.1	.0764	.571
5	5.125	4.875	.125	18.7	7.61	15.7	.130	.971
6	6.125	5.845	.140	26.8	10.2	21.8	.186	1.39
8	8.125	7.725	.200	46.9	19.3	39.6	.326	2.44
10	10.125	9.625	.250	72.8	30.1	61.6	.506	3.78
12	12.125	11.565	.280	105	40.4	85.8	.729	5.45

*The Copper Tube Handbook, 2006 : 21*

**Tabel 2.4 Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube: TYPE M**

Nominal or Standard Size, inches	Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
	Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Weight of Tube & Water, pounds per linear ft	Contents of Tube per linear ft	
							Cu ft	Gal
$\frac{3}{8}$	.500	.450	.025	.159	.145	.214	.00110	.00826
$\frac{1}{2}$	.625	.569	.028	.254	.204	.314	.00176	.0132
$\frac{3}{4}$	.875	.811	.032	.517	.328	.551	.00359	.0269
1	1.125	1.055	.035	.874	.465	.843	.00607	.0454
$1\frac{1}{4}$	1.375	1.291	.042	1.31	.682	1.25	.00910	.0681
$1\frac{1}{2}$	1.625	1.527	.049	1.83	.940	1.73	.0127	.0951
2	2.125	2.009	.058	3.17	1.46	2.83	.0220	.165
$2\frac{1}{2}$	2.625	2.495	.065	4.89	2.03	4.14	.0340	.254
3	3.125	2.981	.072	6.98	2.68	5.70	.0485	.363
$3\frac{1}{2}$	3.625	3.459	.083	9.40	3.58	7.64	.0653	.488
4	4.125	3.935	.095	12.2	4.66	9.83	.0847	.634
5	5.125	4.907	.109	18.9	6.66	14.8	.131	.982
6	6.125	5.881	.122	27.2	8.92	20.7	.189	1.41
8	8.125	7.785	.170	47.6	16.5	37.1	.331	2.47
10	10.125	9.701	.212	73.9	25.6	57.5	.513	3.84
12	12.125	11.617	.254	106	36.7	82.5	.736	5.51

*The Copper Tube Handbook, 2006 : 22*

**Tabel 2.5 Dimensions and Physical Characteristics of Copper Tube**

*ACR (Air-Conditioning and Refrigeration Field Service) (A= Annealed Temper, D=Drawn Temper)*

Nominal or Standard Size, inches		Nominal Dimensions, inches			Calculated Values (based on nominal dimensions)				
		Outside Diameter	Inside Diameter	Wall Thickness	Cross Sectional Area of Bore, sq inches	External Surface, sq ft per linear ft	Internal Surface, sq ft per linear ft	Weight of Tube Only, pounds per linear ft	Contents of Tube, cu ft per linear ft
1/8	A	.125	.065	.030	.00332	.0327	.0170	.0347	.00002
3/16	A	.187	.128	.030	.0129	.0492	.0335	.0575	.00009
1/4	A	.250	.190	.030	.0284	.0655	.0497	.0804	.00020
5/16	A	.312	.248	.032	.0483	.0817	.0649	.109	.00034
3/8	A	.375	.311	.032	.076	.0982	.0814	.134	.00053
	D	.375	.315	.030	.078	.0982	.0821	.126	.00054
1/2	A	.500	.436	.032	.149	.131	.114	.182	.00103
	D	.500	.430	.035	.145	.131	.113	.198	.00101
5/8	A	.625	.555	.035	.242	.164	.145	.251	.00168
	D	.625	.545	.040	.233	.164	.143	.285	.00162
3/4	A	.750	.680	.035	.363	.196	.178	.305	.00252
	A	.750	.666	.042	.348	.196	.174	.362	.00242
	D	.750	.666	.042	.348	.196	.174	.362	.00242
7/8	A	.875	.785	.045	.484	.229	.206	.455	.00336
	D	.875	.785	.045	.484	.229	.206	.455	.00336
1 1/8	A	1.125	1.025	.050	.825	.294	.268	.655	.00573
	D	1.125	1.025	.050	.825	.294	.268	.655	.00573
1 3/8	A	1.375	1.265	.055	1.26	.360	.331	.884	.00875
	D	1.375	1.265	.055	1.26	.360	.331	.884	.00875
1 5/8	A	1.625	1.505	.060	1.78	.425	.394	1.14	.0124
	D	1.625	1.505	.060	1.78	.425	.394	1.14	.0124
2 1/8	D	2.125	1.985	.070	3.09	.556	.520	1.75	.0215
2 3/8	D	2.625	2.465	.080	4.77	.687	.645	2.48	.0331
3 1/8	D	3.125	2.945	.090	6.81	.818	.771	3.33	.0473
3 5/8	D	3.625	3.425	.100	9.21	.949	.897	4.29	.0640
4 1/8	D	4.125	3.905	.110	12.0	1.08	1.02	5.38	.0833

*The Copper Tube Handbook, 2006 : 23*

### 2.2.2 Pipa Aluminium

Pipa aluminium banyak dipergunakan sebagai bahan evaporator. Daya hantar panas pipa aluminium ini tidak begitu baik jika dibandingkan dengan daya hantar panas pipa tembaga, dan harganya pun relatif lebih mahal. Penyambungan atau pengelasan pipa aluminium tidak semudah penyambungan pipa tembaga, dimana harus menggunakan las khusus yang disebut las MIG, atau bisa juga dengan menggunakan kawat las Platinum 52 dengan campuran boraks atau fluks

52 dengan nyala api yang teratur, dimana apinya tidak boleh bersentuhan secara langsung dengan fluks 52 yang telah dioleskan, disinipun diperlukan keterampilan las secara khusus.



Gambar 2.3 Evaporator *Plate* dan Pipa Aluminium

Kasus kerusakan atau kebocoran evaporator pada mesin pendingin seringkali terjadi. Untuk mengatasinya jika kebocorannya tidak terlalu besar kebocorannya bisa di tutup dengan menggunakan lem apoxy atau hardex. Karena tekanan pada bagian evaporator adalah rendah, jadi dengan system pengeleman saja sudah cukup tanpa perlu pengelasan. Gambar berikut menunjukkan bentuk evaporator yang ada di pasaran dengan kapasitas bermacam-macam.

### 2.2.3 Pipa Baja

Pipa baja juga banyak sekali dipergunakan pada mesin pendingin untuk keperluan domestic, seperti halnya pada kondensor lemari es. Ada beberapa pipa baja dengan ketebalan dinding tertentu yang biasa digunakan pada mesin pendingin, adapun ukuran diameter pipa baja tersebut sama dengan ukuran diameter pipa tembaga, sedangkan cara penyambungan dari pipa baja adalah dengan sistem *brazing* dan ada pula yang menggunakan ulir. Pipa tembaga atau kuningan tidak dapat digunakan pada sistem pendingin yang menggunakan bahan refrigeran amoniak , dimana sifat pipa tembaga ini mudah bereaksi jika terkena amoniak, jadi untuk mesin pendingin yang menggunakan bahan refrigerannya amoniak harus menggunakan pipa baja.



Gambar 2.4 Instalasi Pipa Baja

### 2.2.4 Pipa Baja Stainless

Pipa Baja stainless pada umumnya mempunyai fungsi yang sama dengan pipa refrigeran lainnya, dimana pipa baja stainless ini sangat kuat terhadap korosi dan sangat mudah dalam melakukan penyambungannya, dimana bisa menggunakan *brazing* maupun menggunakan ulir.



Gambar 2.5 Pipa Stainless dan Instalasi Pemipaannya

### 2.3 Teknik –Teknik Penyambungan Pipa

Beberapa teknik - teknik penyambungan pipa, yaitu :

a. Las Pipa Tembaga ( *Soldering* dan *Brazing* )

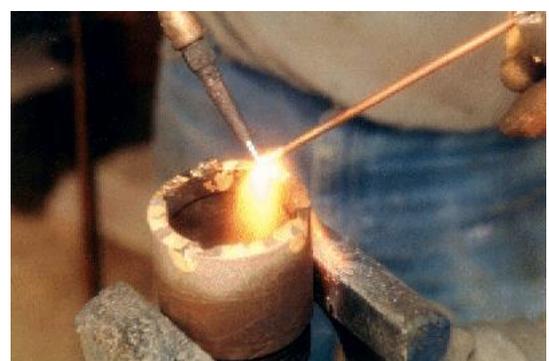
*Brazing* merupakan teknik penyambungan dengan menggunakan bahan pengisi logam antara dua permukaan yang akan disambung. Bahan pipa tembaga yang akan disambung dipanaskan sampai suhu tertentu / tembaga akan membara tapi masih dibawah titik cairnya, kemudian bahan pengisi dipanaskan hingga mencair dan secara kapiler secara otomatis merembes mengisi ruang diantara dua pipa tembaga yang akan di sambung.

*Soldering* adalah proses penyambungan dua atau lebih logam dengan melumerkan dan mengalirkan *filler metal* (logam pengisi) diantara sendi sambungan, dimana filler metal memiliki titik lumer yang lebih rendah dari pada logam yang akan disambung. Logam yang akan disambung tidak ikut meleleh pada proses *soldering*.

Titik lumer filler metal pada soft soldering berada dibawah temperatur  $400^{\circ}\text{C}$ , sedangkan titik lumer filler metal pada hard soldering berkisar  $450^{\circ}\text{C}$ . *Filler metal* yang digunakan pada *soft soldering* merupakan paduan timah sedangkan pada *hard soldering* paduan timah dengan tembaga (40% tembaga) *Hard soldering* sering disebut juga *silver soldering* atau *silver brazing*. Hasil sambungan dari *hard soldering* lebih kuat dan lebih baik dibandingkan *soft soldering*.



Gambar 2.6 Proses *Soldering*



Gambar 2.7 Proses *Brazing*

b. *Flare Adapter*

*Flare adapter* digunakan untuk menyambungkan pipa hasil *flaring*. Ciri khas *flare adapter* adalah pipa yang dihubungkan mudah untuk dilepaskan kembali sambungannya, karena tidak memakai proses *brazing* ataupun *soldering*.

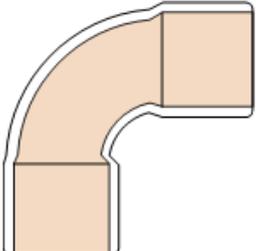
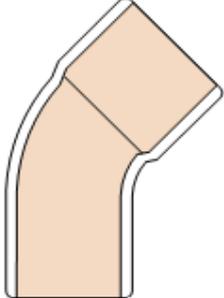
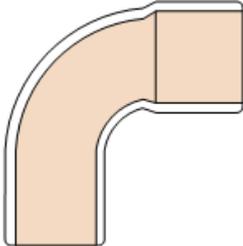
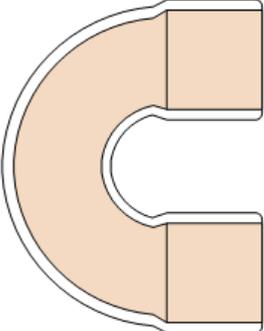
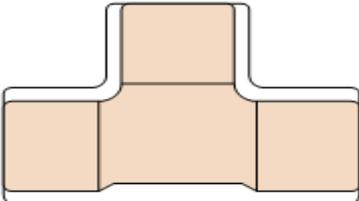
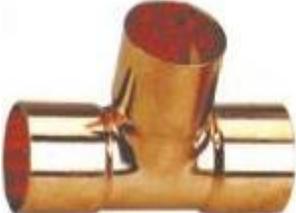


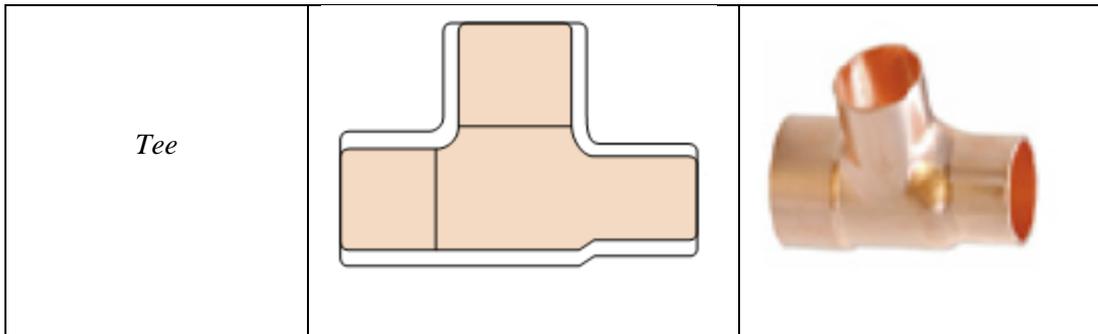
Gambar 2.8 Pipa Hasil Pengembangan (*Flare*)

c. *Elbow Adapter*

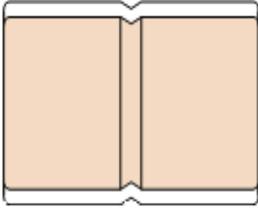
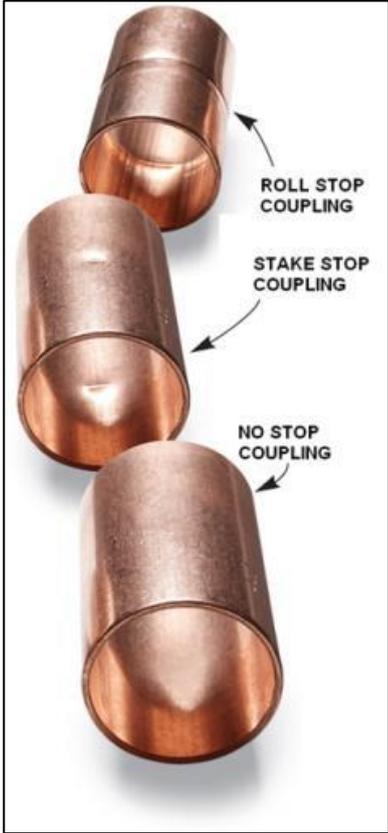
*Elbow adapter* digunakan untuk menyambungkan pipa dengan sudut kemiringan tertentu. Pipa yang disambungkan harus pipa dengan diameter yang sama selain itu proses penyambungan menggunakan proses *brazing* ataupun *soldering*.

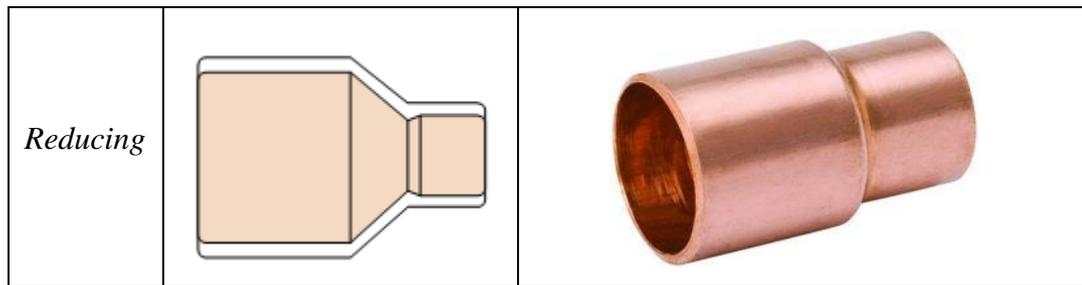
<i>Name</i>	<i>Figure</i>	<i>Object</i>
45° <i>Elbow</i>		

<p><i>90° Elbow</i></p>		
<p><i>45° Elbow</i></p>		
<p><i>90° Elbow</i></p>		
<p><i>180° Elbow</i></p>		
<p><i>Tee</i></p>		



d. Coupling Adapter

<i>Name</i>	<i>Figure</i>	<i>Object</i>
<i>Roll Stop</i>		
<i>Stake Stop</i>		
<i>No Stop</i>		



e. Sambungan Ulir (*Threaded*)

Sambungan jenis ini umumnya digunakan pada pipa bertekanan tinggi, kebocoran pada sambungan ini dapat dicegah dengan menggunakan *gasket tape pipe*.



Gambar 2.9 Sambungan Pipa dengan Ulir

f. Sambungan *Flens (Flange)*

Kedua ujung pipa yang akan disambung dipasang *flens* kemudian diikat dengan baut.



Gambar 2.10 Sambungan Pipa dengan *Flens*

Selain sambungan seperti diatas terdapat pula penyambungan khusus dengan menggunakan pengeleman (perekatan) serta pengkleman (untuk pipa plastik dan pipa *vibre glass*).

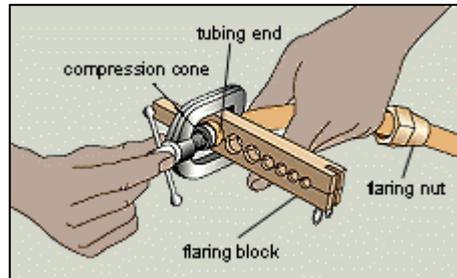
#### 2.4 Teknik Penyambungan dengan Pengembangan

*Swaging* digunakan untuk membesarkan ujung pipa, agar dua buah pipa yang sama diameternya dapat disambung dengan solder timah atau las perak. Panjang sambungan untuk tiap pipa berbeda, pada umumnya diambil sepanjang diameter dari pipa yang akan disambung.

Selain *swaging*, salah satu cara untuk menyambung pipa tembaga pada suatu sistem pemipaan adalah penyambungan dengan menggunakan *flare* dan jenis yang paling umum yang dipakai adalah *flare 45°*. *Flaring* dan *swaging* adalah proses pengembangan pipa yang akan disambung atau diinstalasi. Supaya hasil *flare* pipa tepat maka diperlukan peralatan yang baik.

*Flare-block* adalah salah satu alat untuk *flaring* yang mempunyai diameter lubang yang berlainan agar mampu mengakomodasi bermacam ukuran pipa. Setelah pipa dijepit dalam posisi yang benar barulah ulir pengatur *flare* dipasang. Batang ulir pengatur diputar perlahan sehingga *cone* bertemu dengan ujung pipa, setelah itu barulah proses *flare* dilakukan sampai ujung pipa membentuk *flare*. Dalam praktik yang baik, gunakan sedikit oli pada konis agar

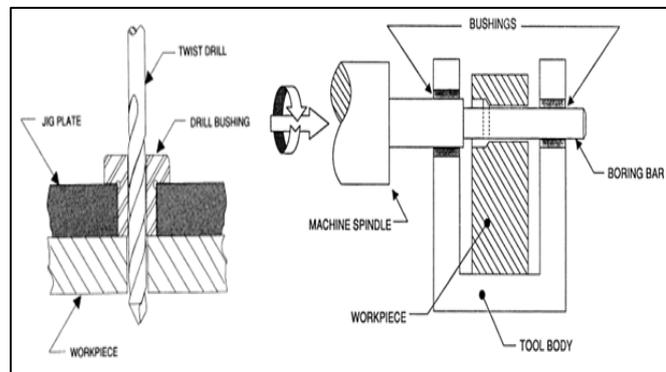
*flare* menjadi halus dan mudah dilepas. Yakinkan bahwa sambungan telah berada pada posisi tepat sebelum *flaring* dilakukan untuk menghindari pipa terlalu panjang/pendek.



Gambar 2.11 Proses *flaring* menggunakan *flare-block*

## 2.5 Pengertian Jig dan Fixture

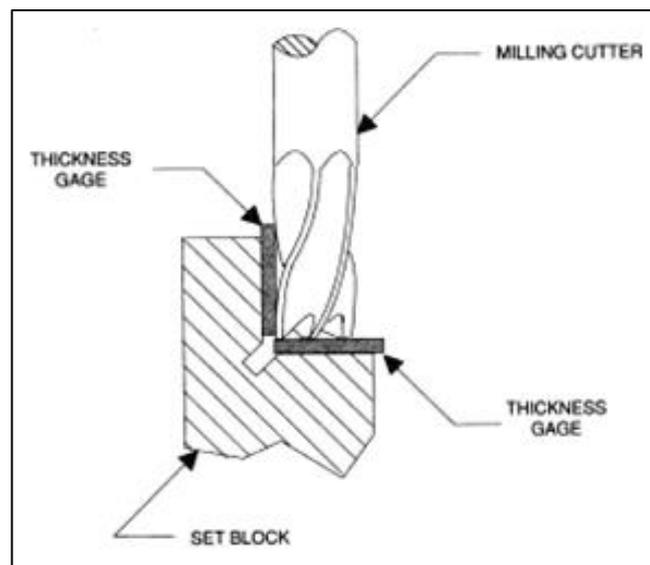
*Jig* adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengarahkan sebuah atau lebih alat potong pada posisi yang sesuai dengan proses pengerjaan suatu produk. Dalam proses produksi, *Jig* sering digunakan pada proses pembentukan atau pemotongan baik berupa pelubangan maupun perluasan lubang. Alat bantu ini merupakan peralatan yang terikat secara tetap pada mesin utama. Alat Bantu ini banyak digunakan pada pertukangan kayu, pembentukan logam, dan beberapa kerajinan lainnya yang membantu untuk mengontrol lokasi atau gerakan dari alat potong. Beberapa jenis *jig* juga disebut alat bantu atau juga pengarah. Tujuan utama *jig* adalah untuk pengulangan dan duplikasi yang tepat dari bagian benda kerja untuk proses produksi massal.



Gambar 2.12 *Drilling Jig*

Gambar 2.13 *Boring Jig*

*Fixture* adalah suatu alat bantu yang berfungsi untuk mengarahkan dan mencekam benda kerja dengan posisi yang tepat dan kuat. Alat ini banyak digunakan pada proses pengerjaan *milling*, *boring* dan biasanya terpasang pada meja mesin seperti ragum pada mesin *milling*, pencekam pada mesin bubut, pencekam pada mesin gergaji, dan pencekam pada mesin gerinda. *Fixture* adalah elemen penting dari proses produksi massal seperti yang diperlukan dalam sebagian besar manufaktur otomatis untuk inspeksi dan operasi perakitan dengan tujuan menempatkan benda kerja ke posisi yang tepat yang diberikan oleh alat potong atau alat pengukur, atau terhadap komponen lain, seperti misalnya dalam perakitan atau pengelasan. Penempatan tersebut harus tepat dalam arti bahwa alat bantu ini harus mencekam dan memposisikan benda kerja di lokasi untuk dilakukan proses permesinan.



Gambar 2.14 *Block Set* sebagai *Gauge Fixture*

## 2.6 Keuntungan menggunakan *Jig & Fixture*

Keuntungan menggunakan *Jig & Fixture*, adalah sebagai berikut :

- a. Menempatkan benda kerja pada posisi yang sesuai dengan kebutuhan.
- b. Mencekam dan mendukung benda kerja supaya tetap pada posisinya.
- c. Mempermudah penyetingan benda kerja pada saat awal pengerjaan
- d. Mendapatkan kualitas/bentuk dan ukuran produk yang seragam.
- e. Menyederhanakan proses penyetingan dan pengerjaan benda kerja.

sehingga waktu produksi lebih efisien.

## 2.7 *Simple Tool*

*Simple Tool* adalah perkakas tekan sederhana yang dirancang hanya melakukan satu jenis pekerjaan pada satu stasiun kerja. Dalam operasinya hanya satu jenis pemotongan atau pembentukan yang dilakukan, misalnya *blanking*, *bending*, *flaring* saja.

Keuntungan *simple tool*:

- a. Dapat melakukan proses pengerjaan tertentu dalam waktu yang singkat.
- b. Kontruksinya relatif sederhana sehingga mudah proses pembuatannya.
- c. Menghasilkan kualitas produk lebih terjamin
- d. Mudah di *assembling*.
- e. Harga alat relatif murah.

Kerugian *simple tool*:

- a. Hanya mampu melakukan proses-proses pengerjaan untuk produk yang sederhana sehingga untuk jenis pengerjaan yang rumit tidak dapat dilakukan oleh jenis *press tool* ini.

b. Proses pengerjaan yang dapat dilakukan hanya satu jenis saja.

## 2.8 Jenis – Jenis Pengerjaan yang Terjadi

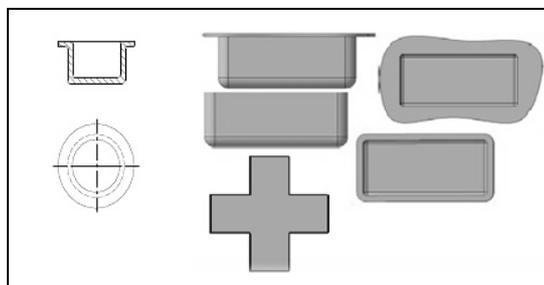
Berdasarkan proses pengerjaannya, *simple tool* yang digunakan pada alat ini, yaitu :

### 2.8.1 *Cutting Tool*

Suatu proses pengerjaan yang dilakukan dengan cara menghilangkan sebagian material atau pemotongan menjadi bentuk yang sesuai dengan keinginan.

### 2.8.2 *Deep Drawing*

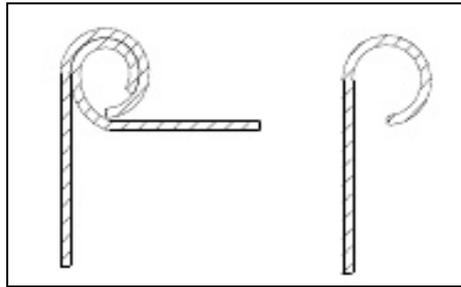
*Deep Drawing* merupakan proses penekanan benda yang diinginkan dengan kedalam cetakan sampai batas deformasi plastis. Tujuannya adalah untuk memperoleh bentuk tertentu dan biasanya tebal material akan berubah setelah proses ini untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah :



Gambar 2.15 Proses *Deep Drawing*

### 2.8.3 *Curling*

*Curling* merupakan proses pembentukan profil yang dilakukan pada salah satu ujung material.

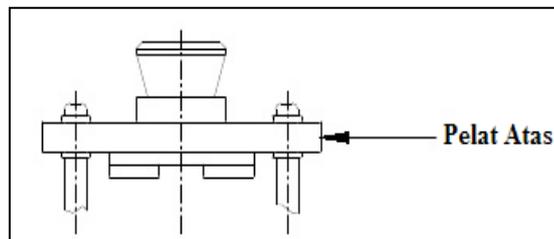
Gambar 2.16 Proses *Curling*

## 2.9 Bagian – Bagian dari proses *Press Tool*

*Press tool* merupakan satu kesatuan dari beberapa komponen. Komponen– komponen antara lain :

### 2.9.1 Pelat atas (*Top Plate*)

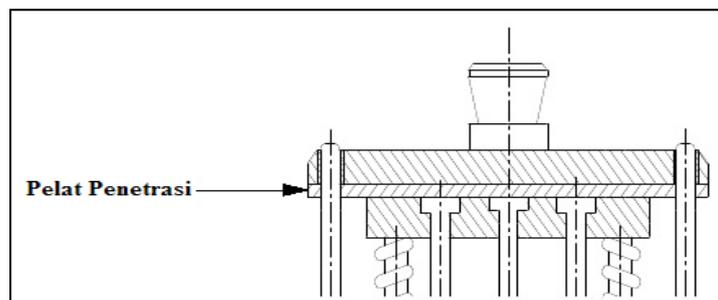
Merupakan tempat dudukan dari *Shank* dan *Guide bush* (sarung pengarah).



Gambar 2.17 Pelat Atas

### 2.9.2 Pelat Penetrasi

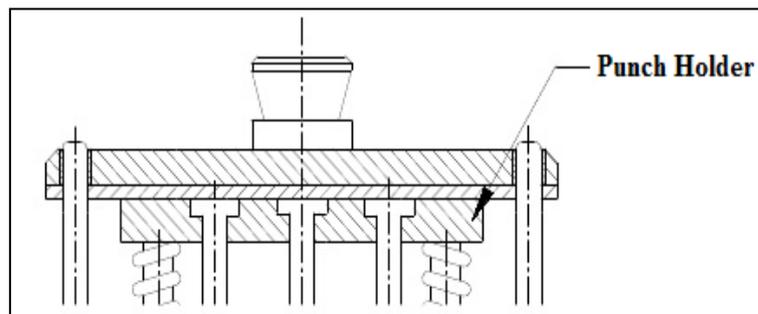
Pelat penetrasi berfungsi untuk menahan tekanan balik saat operasi berlangsung serta untuk menghindari cacat pada pelat atas.



Gambar 2.18 Pelat Penetrasi

### 2.9.3 Pelat pemegang *Punch* (*Punch Holder Plate*)

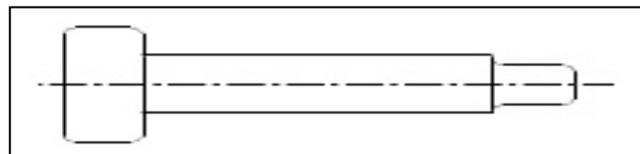
Pelat pemegang *punch* berfungsi untuk memegang *punch* agar posisi *punch* kokoh dan mantap pada tempatnya.



Gambar 2.19 *Punch Holder*

### 2.9.4 *Punch*

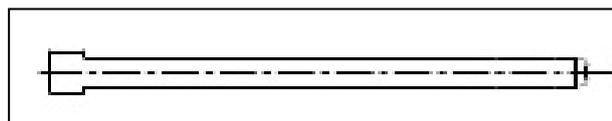
*Punch* berfungsi untuk memotong dan membentuk material menjadi produk jadi. *Punch* haruslah dibuat dari bahan yang mampu menahan gaya yang besar sehingga tidak mudah patah dan rusak.



Gambar 2.20 *Punch*

### 2.9.5 Tiang Pengarah (*Pillar*)

Tiang pengarah berfungsi mengarahkan unit atas, sehingga *punch* berada tepat pada *dies* ketika dilakukan penekanan.



Gambar 2.21 *Pillar*

## 2.10 Faktor Perencanaan *Jig & Fixture*

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan pembuatan *Jig & Fixture*, antara lain :

### a. Faktor Penempatan

Faktor penempatan yang dimaksud disini adalah mengenai bagaimana benda kerja yang akan diproses dimesin dapat terpasang mantap dan mampu menahan gaya yang terjadi, selain itu juga posisinya dapat dilihat dengan mudah oleh operator

### b. Faktor Penjempitan

Perlu dipikirkan mengenai penentuan kekuatan dari jepitan dan pengaturan proses penjempitan benda kerja sehingga bila terjadi gaya akibat adanya penekanan pada benda kerja maka tidak menyebabkan benda kerja berubah posisi. Perlu dihindari juga agar ketika melakukan proses penjepitan tidak mengakibatkan kerusakan pada benda kerja.

### c. Faktor Pemegangan (*Handling*)

Faktor pemegang disini adalah bahwa pada peralatan tersebut terdapat bagian yang bisa dipegang/diangkat (*handling*). Jangan sampai pada bagian yang bisa dipegang/diangkat terdapat sudut – sudut tajam sehingga dapat menyebabkan kesulitan untuk dilakukan pemegangan oleh operator.

### d. Faktor Ruang Bebas

Adanya ruangan bebas yang dapat digunakan untuk mengeluarkan serpih / tatal, atau memindahkan benda kerja yang telah dibuat . Karena ruang bebas mempengaruhi pemegangan oleh operator.

#### e. Faktor Kekuatan dan Kestabilan

Peralatan yang dirancang perlu diperhitungkan mengenai segi kekuatan, kekokohan serta kemantapannya. Juga perlu dirancang bagaimana posisi peralatan pada meja mesin maupun pada bagian tertentu.

#### f. Faktor Bahan

Penentuan bahan untuk setiap komponen perlu sekali diperhatikan, bahan dibuat dari tembaga atau dari bahan jenis lainnya berdasarkan fungsi komponen peralatan

### 2.11 Gaya dan Tegangan pada Proses Pengembangan Pipa Tembaga

Tegangan yang terjadi pada proses pengembangan pipa tembaga tersebut, disebabkan oleh gaya yang diterima dan tergantung kepada sifat bahan. Tegangan yang terjadi adalah tegangan bending, tegangan geser, tegangan puntir, tegangan tarik, tegangan tekan, tegangan klem.

#### a. Tegangan Izin

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma_m}{v} = \frac{St.g}{v}$$

$St = Stress\ Tension$

$v$  (Faktor Keamanan) : 3 - 4 = benda diam / statis (konstruksi rumah)

4 - 6 = dinamis searah (rantai)

6 - 8 = dinamis bolak balik (gardan)

8 - 12 = beban kejut (*impact*) (poros depan motor)

b. Tegangan *Bending*

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \leq \sigma_{bi}$$

$$M_b = F_r \times l$$

$$W_b = \frac{\pi}{32} (D^3 - d^3)$$

Dimana  $\sigma_b$  = Tegangan *Bending* (N/mm<sup>2</sup>)

$M_b$  = Momen *Bending* (kg)

$W_b$  = Momen Tahanan *Bending*

## c. Tegangan Geser

$$\tau_g = \frac{F_r}{A} \leq \tau_{gi}$$

Dimana  $F_r$  = Gaya (N)

$A$  = Luas Penampang

$\tau_{gi}$  = Tegangan Geser Iizin (N/mm<sup>2</sup>)

## d. Tegangan Geser Puntir

$$\sigma_p = \frac{T}{W_p}$$

$$T = F.R$$

Dimana :  $T$  = Torsi

$W_p$  = Momen Tahanan Puntir

$F$  = Gaya (N)

R = Radius

e. Tegangan Tekan

$$\sigma_d = \frac{F}{A}$$

Dimana : F = Gaya (N)

A = Luas Penampang

f. Gaya Dorong Ulir

$$F_s = \frac{F_h L}{R \tan(\alpha + \theta)}$$

Dimana  $F_s$  = Gaya dorong klem baut (N)

$F_h$  = Gaya putar tangan operator (N)

R = Radius rata-rata ulir baut (m)

$\alpha$  = arc tg (  $\frac{\text{kisark}}{\pi \cdot d}$  ) sudut kemiringan ulir

$\theta$  = arc tg (  $\mu$  ) sudut gesek ulir

$\mu$  = Koefisien gesek ulir antara baut-mur