

1. PIPA

Pipa yang banyak digunakan pada sistem refrigerasi dan AC yaitu tembaga, aluminium, baja, stainless steel, dan plastik. Pipa untuk AC dan Refrigerasi sering disebut juga pipa ACR. Pipa ACR biasanya diisi dengan nitrogen supaya bersih dan kering sampai saat ini masih sering digunakan. Nitrogen harus diisikan selama proses penyolderan dan *brazing*, tetapi harus hati-hati karena berbahaya.

Untuk menjaga bahaya oksidasi di dalam pipa, setelah dipotong harus segera disumbat. Pipa tembaga terdiri dari 2 tipe yaitu *soft* dan *hard*. Tipe K dengan dinding keras dan tipe L dengan dinding sedang. Pipa yang banyak digunakan pada ACR adalah tipe L. Pipa *soft coper* setiap rolnya mempunyai panjang 25 dan 50 feet.

a. *Soft Coper Tubing*

Jenis ini digunakan pada sistem refrigerasi dan AC domestik dan komersial. Pipa ini mudah dibengkokkan dan dikembangkan. Sering digunakan untuk sambungan dengan *flared fitting* atau *soft soldered fitting*. Setiap rolnya mempunyai panjang 25, 50 dan 100 feet. Ukuran yang biasa digunakan yaitu 3/16", 1/4", 1/2", 5/8" dan 3/4" serta mempunyai diameter luar (OD).

Tabel 1.1 Ukuran *Soft Coper Tubing* yang sering di gunakan.

| DIAMETER IUAR | TEBAL DINDING |
|---------------|---------------|
| 1/4 | 0,03 |
| 3/8 | 0,032 |
| 1/2 | 0,032 |
| 5/8 | 0,035 |
| 3/4 | 0,035 |
| 7/8 | 0,045 |
| 1 1/8 | 0,050 |
| 1 3/8 | 0,050 |

b. *Hard – Drawn Coper Tubing*

Pipa ini digunakan pada sistem refrigerasi dan AC komersial. Untuk membuatnya yang keras dan kaku digunakan klem. Terutama pada diameter yang besar. Pipa ini tidak perlu dibengkokkan, tapi gunakan pipa yang lurus dan *fitting* yang diperlukan pada sambungan pipa. Pada sistem yang menggunakan pipa ini harus di *brazing* dengan silver sedangkan *soft solder* hanya digunakan pada pipa air. Panjang pipa ini yaitu 7 m.

c. *Steel Tubing*

Pipa baja yang ini digunakan adalah pipa baja dengan dinding yang tipis. Sambungan yang digunakan pada pipa baja menggunakan *flared joints* atau *silver brazed joints*. Pipa baja ini digunakan untuk R-717 9 (amonia). Pipa baja yang biasa digunakan terdiri dari 2 tipe yaitu *double lap brazed* dan *butt welded* (ujungnya dilas menggunakan tipe baja yang sama).

d. *Stainless Steel Tubing*

Jenis pipa ini adalah pipa yang kuat, sangat tahan pada korosi dan dapat disambungkan dengan mudah, yaitu dengan menggunakan *fitting*, *flaring* dan *brazing*. Pipa *stainless steel* yang banyak digunakan pipa no.304 yang mempunyai kadar karbon (C), nikel (N₁) dan chromium (C₁)

yang rendah. Pipa *stainless steel* sering digunakan untuk proses pembuatan makanan, es krim dan susu.

Tabel 1.2 ukuran *Stainless Steel Tubing* yang sering digunakan

| Diameter luar | | | | | | | |
|---------------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 1/4 | 3/8 | 1/2 | 5/8 | 3/4 | 1 | 1 ¼ |
| Desimal | 0,25 | 0,375 | 0,5 | 0,625 | 0,75 | 1 | 1,25 |
| Milimeter | 6,35 | 9,52 | 12,7 | 15,87 | 19,05 | 25,40 | 31,75 |

e. Plastic Tubing

Polythylene adalah salah satu bahan yang digunakan dalam proses pembuatan pipa plastik. Pipa plastik digunakan pada sistem yang mempunyai temperatur antara 73-79⁰C. Pipa ini tidak digunakan dalam siklus refrigerasi mekanik tetapi untuk *cold water lines* dan *water cooled condensor*. Pipa ini mudah dibengkokkan, dipotong dengan pisau dan dipakai pada mesin refrigerasi dan AC dengan menggunakan spesial *fitting*.

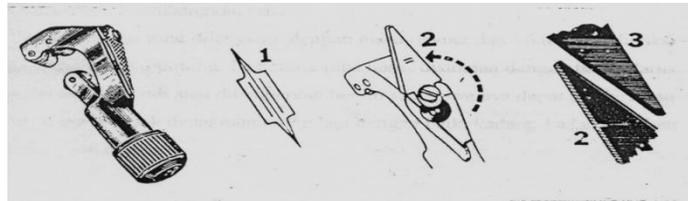
Tabel 1.3, spesifikasi dari *Plastic Tubing*

| Diameter luar | TEBAL DINDING | Tekanan Psi | Radius pembengkokan minimum |
|---------------|---------------|-------------|-----------------------------|
| 1/8" | 0,02 | 500 | ½" |
| 3/16" | 0,03 | 500 | ½" |
| ¼" | 0,04 | 400 | 1" |
| 5/16" | 0,062 | 600 | 1 1/8" |
| 3/8" | 0,062 | 350 | 1 ¼" |
| ½" | 0,062 | 25 | 2 ½" |

2. TUBING CUTTER DAN REAMER

a. Tubing Cutter (Pemotong Pipa)

Untuk memotong pipa tembaga dari 1/8 – 1,1/8". Pipa kapiler dipotong dengan kikir, sedangkan pipa tembaga yang besar dan keras dipotong dengan gergaji besi.



1. pemotong pipa

2. Pisau reamer

3. Kikir

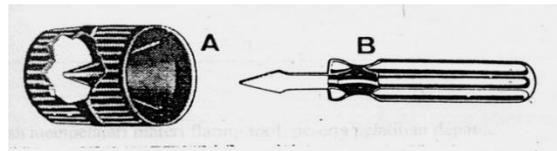
Pemotong pipa mempunyai sebuah pisau yang tajam dan bulat. Pipa tersebut dan berputar pada porosnya. Pada sisi lain dilengkapi dengan dua buah roda untuk menahan/memegang pipa yang akan dipotong.

Memotong pipa, pada inset memotong pipa yang telah dikembangkan

Pemotong pipa diputar melingkari pipa sambil pisaunya ditekan sedikit demi sedikit. Jika kita memotong pipa dengan pemotong pipa, pada bagian dalam pipa akan terjadi lekukan ke dalam sehingga diameter dalam pipa mengecil. Makin lunak sebuah pipa tembaga, makin besar lekukan ke dalam yang dibuat oleh pisau pemotong pipa. Lekukan tersebut harus dibersihkan sebelum dikerjakan lebih lanjut.

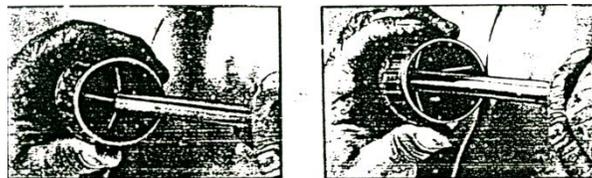
b. Reamer dan Deburrer

Pipa tembaga setelah dipotong ujungnya tidak rata pada bagian dalam maupun bagian luarnya, harus diratakan dengan *reamer*. Pekerjaan membersihkan ujung pipa setelah dipotong sangat penting sebelum pipa dikembangkan (*flare*) atau dibesarkan (*swage*), juga sebelum pipa disolder.



Reamer (A) dan Deburrer (B)

Reamer dan *deburrer* dibuat dari baja yang dikeraskan. Dipakai untuk meratakan ujung pipa yang telah dipotong agar rata kembali. Untuk dapat meratakan ujung pipa dari 3/16-1,1/2 inch pada bagian dalam dan bagian luarnya. Pada waktu membersihkan pipa ujungnya harus menghadap kebawah, agar potongan logamnya (beram) tidak masuk ke dalam sistem. Potongan logam tersebut dapat membuat sistem buntu dan akibatnya sangat merugikan.



Reamer dapat membersihkan ujung pipa bagian luar dan dalam

3. **BENDING TOOL (PEMBENGGKOK PIPA)**

Membengkokkan pipa harus mempunyai radius benggokkan minimum $R=5$ kali diameter pipa. Pipa tembaga yang telah dibengkokkan sifatnya menjadi makin keras. Sebelum pipa dibengkokkan kita harus menentukan bagian pipa yang akan dibengkokkan dan arahnya kemana pipa akan dibengkok. Jika kita salah membengkokkan pipa, lalu hendak diluruskan kembali, sebaiknya pipa tersebut dipanasi dahulu sampai menjadi lunak kembali.

Untuk menghitung panjang pipa digunakan rumus:

1. Membengkokkan pipa dengan satu lengkungan

$$P = (A - R) + (B - R) + \frac{1}{4} \cdot D\pi \text{ mm}$$

Dimana: R = Jari-jari dinding

D = Diameter banding

Untuk pipa dengan diameter :

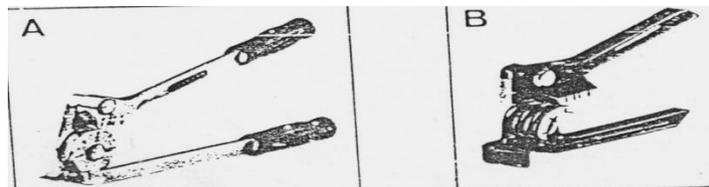
- $\frac{1}{4}$ ' maka $D = 30$ mm
 - $\frac{3}{8}$ ' maka $D = 50$ mm
2. Membengkokkan pipa dengan dua lengkungan

$$P = (A - R) + (B - 2R) + (C - R) \frac{1}{2} \cdot D\pi \text{ mm}$$

Alat pembengkokkan pipa ada dua macam, yaitu:

a. Dengan Rol Dan Tuas (*Lever Type Tube Bender*)

Bentuknya ringan, tetapi kuat dan sangat mudah dipakai. Untuk membengkokkan pipa dengan radius tertentu sesuai dengan diameter dari rol. Dapat membengkokkan pipa tepat pada tempatnya. *Lever type tube bender* dapat diselipkan pada bagian yang akan dibengkokkan, lalu pipa tersebut dibengkokkan. Setelah pipa tersebut benggok alat tersebut dapat dilepaskan kembali dari pipa.



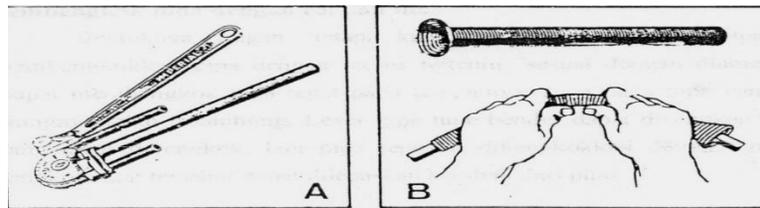
A = Untuk satu ukuran pipa

B = Untuk tiga macam ukuran pipa

Alat pembengkok pada gambar A hanya dapat untuk membengkokkan satu macam ukuran pipa saja. Alat tersebut sangat kuat, hasil bengkokkannya juga sangat baik. Dapat membengkokkan pipa dari 0-180 derajat. Alat pembengkok pipa yang kecil pada gambar B mempunyai 3 atau 4 rol yang disatukan. Dapat untuk membengkokkan pipa 3/16, 1/4, 5/16 dan 3/8 inci.

b. Dengan Pegas (*Spring Type Tube Bender*)

Suatu alat pembengkok pipa yang paling sederhana dan murah harganya. Pembengkok pipa tersebut ada dua macam : lilitan pegas didalam dan lilitan pegas diluar. Lilitan pegas di dalam (*inside spring*) hanya dapat dipakai untuk membengkokkan ujung pipa. Lilitan pegas di luar (*outside spring*) dapat dipakai untuk membengkokkan semua bagian dari pipa, bagian tengah dan ujungnya. Lilitan pegas mempunyai bermacam-macam ukuran pipa dari 1/4 - 3/4 inci. Lilitan pegas di luar 1/4 inci dapat dipakai sebagai lilitan pegas di dalam untuk membengkok pipa tembaga pipa tembaga lunak 1/2 inci.



A = *Lever Type*

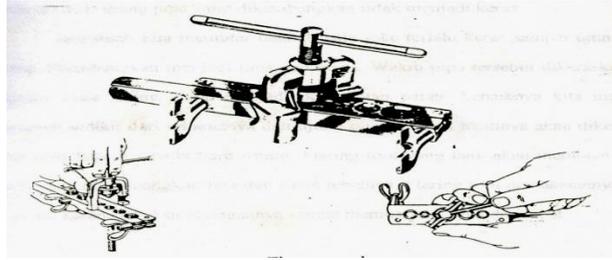
B = *Spring Type*

Setelah pipa dimasukkan kedalam pegas dan dibengkokkan bersama-sama, maka melepasnya pegas dari pipa menjadi sangat sukar. Untuk memudahkan melepas pegas dari pipa setelah dibengkokkan dapat diusahakan sebagai berikut : sebelumnya permukaan pipa dilumasi dengan minyak, lalu kita membengkokkan pipa dan pegas sedikit lebih dari yang kita hendaki, kemudian pipa dibengkokkan kembali sedikit. Pegas akan menjadi sedikit lebih longgar dari pipa. Melepasnya pegas tidak boleh ditarik saja, tetapi harus sambil diputar.

4. FLARING TOOL

Untuk membuat *flare* (mengembangkan) ujung pipa, agar pipa dapat disambungkan dengan *flare fitting* (sambungan pipa dari kuningan yang berulir). *Flaring tool* terdiri dari dua buah penjepit (*bar* atau *block*) yang disatukan dengan baut dan mur kupu-kupu. (*wing nut*). Kedua penjepit ini diberi lubang dari beberapa ukuran pipa 3/16 – 5/8 inci. Sebuah *joke* ujungnya bercabang dapat diselipkan pada penjepit tersebut. Pada bagian atas *joke* mempunyai sebuah baut yang panjang. Pada bagian atas dari baut tersebut diberi batang yang dapat diputar dan bagian bawah diberi sebuah *flare*

cone (spimer). *Flare cone* tersebut berbentuk kerucut dengan sudut 45^0 untuk menekan dan mengembangkan ujung pipa.



Flaring Tool

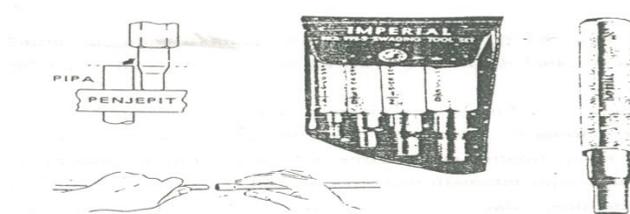
Sebelum ujung pipa dikembangkan, jangan lupa memasukkan *flare cone* (mur dari kuningan). Setelah itu ujung pipa dimasukkan pada penjepit dengan ujung pipa dibuat 3 mm diatas penjepit. Keraskan mur kupu-kupu yang dekat dengan pipa lebih dahulu, setelah itu baru sisi yang lain. Kita harus menjepit pipa sampai cukup kerasnya, agar waktu *cone* dikeraskan jangan sampai tergeser. Pipa akan rusak dan meninggalkan bekas pada dinding pipa yang tidak dapat diperbaiki. Sebelum ujung pipa ditekan sebaiknya ujung *cone* diberi sedikit minyak pelumas, lalu batang pemutar diputar. Kita dapat terus memutar batang pemutar sampai ujung pipa cukup mengembang atau dengan memutarnya sedikit demi sedikit. Batang diputar satu putaran dan dikembalikan $\frac{1}{4}$ putaran, lalu diputar lagi satu putaran kembali dan dikembalikan $\frac{1}{4}$ putaran. Demikianlah seterusnya sampai ujung pipa cukup mengembang, dengan maksud agar ujung pipa yang dikembangkan tidak menjadi keras.

5. **SWEAGING TOOL (PEMBESAR PIPA)**

Untuk memperbesar 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. *Sweaging tool* ada dua macam, yaitu *punch type* (model dipukul) *screw type* (model diputar).

1. **Punch Type (Model Dipukul)**

Untuk memperbesar ujung pipa tembaga lunak dari $\frac{3}{16}$ – $\frac{5}{8}$ inci. Harganya murah, alatnya kecil dan ringan, tetapi memakainya lebih sukar. Ujung pipa dijepit pada penjepit (*bars*) dengan membuat ujung pipa satu kali diameternya ditambah 3 mm berada di atas penjepit, lalu mur kupu-kupu dikeraskan. Pembesar pipa ujungnya diberi minyak pelumas, lalu ditaruh di atas ujung pipa. Dipukul dengan martil sampai pembesar pipa masuk ke dalam pipa minimum satu kali diameter pipa. Waktu memukul harus hati-hati, jangan sampai ujung pipa menjadi bengkok atau pecah.



Langkah Kerja

1. Cutting

- Saipkan pipa tembaga ukuran $\text{Ø}1/4''$, $3/8''$, $1/2''$.
- Potong pipa tembaga sepanjang 15 cm dengan menggunakan tube cutter.
- Langkah pemotongan:
 - Tempatkan pipa tembaga pada roller cutter
 - Putar knob cutter sampai pipa piapa tembaga terjepit diantara cutting wheel dan roller. Sesuaikan tekanan jepitan, jangan terlalu kencang.
 - Putar cutter pipa perlahan-lahan mengelilingi pipa tembaga sampai roller cutter terdorong kedalam pipa. Buat sehalus mungkin potongannya.
 - Setiap stu putaran, putar kembali knob secara perlahan sampai diperoleh tekanan jepitan yang sesuai anantara pipa dengan cutting whell.
 - Ulangi langkah-langkah di atas sampai proses pemotongan pipa selesai.
- Bersihkan ujung pipa tembaga hasil pemotongan dengan menggunakan reamer atau kikir segitiga.
- Bersihkan ujung pipa dengan menggunakan reamer. Posisi ujung pipa harus menghadap ke bawah guna menghindari masuknya beram (lmbah pemotongan) ke dalam pipa.

2. Flaring

- Siapkan pipa sepanjang 15 cm yang sebelumnya telah dipotong dengan menggunakan cutter tubing kemudian tempatkan pada block flare.
- Masukkan pipa tembaga ke dalam lubang cetakan pada block flare (sesuaikan ukurannya) dengan panjang ujung pipa tembaga kira-kira 3mm di atas block flare.
- Kencangkan clamp yang terdapat pada block katrol.
- Pilih yoke ukuran piip tembaga yang akan di flare dan tempelkan pada block flare.
- Putar secara perlahan flare handle pada yoke sampai posisi flaring cone (kerucut) masuk ke dalam lubang pipa tembaga.
- Ketika pekerjaan flaring telah selesai, putar ulang flare handle pada yoke dan lepaskan pipa tembaga yang sudah di flare dari block katrol.
- Periksa hasilnya. Jika tidak sempurna, potong ujung pipa tembaga hasil flaring dan ulangi kembali langkah-langkah di atas sampai didapat hasil yang sempurna.

3. Swaging

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Tempatkan pipa tembaga pada block flare dan atur tinggi dari ujung pipa tembaga yang akan di swaging.• Tinggi ujung pipa tembaga di atas block flare sama dengan satu kali diameternya ditambah 3mm.• Kencang clamp yang terdapat pada block katrol.• Ganti flare cone pada yoke dengan swaging punch, sesuaikan ukurannya dengan diameter pipa tembaga.• Beri sedikit minyak pelumas pada swaging punch, lalu putar secara perlahan flare handle sampai swaging punch masuk ke dalam pipa.• Setelah pekerjaan swaging selesai, putar ulang flare handle pada yoke dan lepaskan pipa tembaga yang sudah di swaging dari block katrol.• Periksa hasilnya. Hasil yang baik adalah jika bagian pip yang di swaging dindingnya sama tebal.• Ambil pipa tembaga yang lainnya kemudian sambungkan dengan pipa hasil swaging. | |
|---|--|

4. Bending

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Siapkan dua batang pipa tembaga diameter $\frac{1}{4}$" masing-masing sepanjang 30 cm.• Ambil sebatang pipa tembaga kemudian masukan kira-kira 10cm ke dalam celah yang terdapat di bending tool.• Tarik pivot handle dan sesuaikan garis penunjuk pada forming shoe tepat pada angka nol yang terdapat pada forming wheel.• Untuk membengkokkan pipa dengan hasil sudutnya 90° tarik pivot handle ke bawah sampai garis penunjuk tepat pada angka 90.• Jika telah di capai hasil yang di inginkan, tari kembali pivot handle ke atas dan keluarkan pipa dari bending tool.• Ulangi langkah-langkah di atas dengan menggunakan pipa yang tersisa, kemudian buat sudut bengkokkanya sebesar 180°.• Hasil yang baik diperoleh jika diameter pipa setelah dibengkokkan tetap dan pipa tidak gepeng atau rusak | |
|---|--|