

# TEKNOLOGI POMPA HIDRAULIK RAM

Buku petunjuk untuk pembuatan dan pemasangan.

Oleh

Jahja Hanafie

Hans de Jongh

PERPUSTAKAAN  
IMPALA UNIBRAW

Reg. No. : 95068

Call Number: 001/t/Jah

PUSAT TEKNOLOGI PEMBANGUNAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

NO. BUKU  
64.27  
HAN  
t

No. BUKU 8602295

TGL. 16 2 1986

JUM. 5

PUSAT TEKNOLOGI PEMBANGUNAN  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG



P.O. BOX 276 BANDUNG - TELEX 28262 DTCITB BD  
1979

## POMPA HIDRAULIK RAM

### I. PENDAHULUAN

Air merupakan sarana yang penting dalam kehidupan manusia dan hewan maupun tumbuh-tumbuhan. Di samping itu juga merupakan sumber tenaga yang disediakan oleh alam sebagai pembangkit tenaga mekanis. Kenyataan telah menunjukkan bahwa ada banyak daerah di pedesaan yang mengalami kesulitan penyediaan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun untuk kegiatan pertanian. Sebenarnya untuk mengatasi keadaan tersebut, pemakaian pompa air, baik yang digerakkan oleh tenaga listrik maupun oleh tenaga diesel telah lama dikenal oleh masyarakat desa, tetapi pada kenyataannya masih banyak masyarakat pedesaan yang belum memilikinya. Hal ini disebabkan karena kemampuan daya beli masyarakat desa masih terbatas, dan pada penggunaan suatu unit pompa-pompa bermesin dibutuhkan tenaga operator yang terampil. Di samping itu, alat tersebut harus mempunyai kualitas yang baik dan tersedianya suku cadang yang mudah diperoleh di pasaran bebas.

Untuk menanggulangi masalah penyediaan air baik untuk kehidupan maupun untuk kegiatan pertanian, peternakan dan perikanan khususnya di daerah pedesaan, maka penggunaan pompa Hidraulik Ram Otomatis yang sangat sederhana, baik dalam pembuatannya dan juga dalam pemeliharannya, mempunyai prospek yang baik.

Pompa hidraulik ram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau tambahan energi dari luar. Pompa ini memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat suatu sumber dan sebagian dari air itu dipompakan ke tempat yang lebih tinggi. Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidraulik ram memiliki keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa lainnya, yaitu, tidak membutuhkan bahan bakar atau tambahan tenaga dari sumber lain, tidak membutuhkan pelumasan, bentuknya sederhana, biaya pembuatannya serta pemeliharannya murah dan tidak membutuhkan keterampilan teknik tinggi untuk membuatnya. Pompa ini bekerja dua puluh empat jam per hari.

Pompa hidraulik ram sangat tepat untuk daerah-daerah yang penduduknya mempunyai keterampilan teknis yang terbatas, karena pemeliharaan yang dibutuhkan sederhana. Buku petunjuk ini ingin menunjukkan bahwa, siapapun yang memiliki bakat teknis yang minimal dapat melakukan survei, merencanakan dan membuat sendiri hidraulik ram dari bahan-bahan yang mudah diperoleh dan melakukan pemeliharaan yang diperlukan.

Akhirnya, diharapkan bahwa buku petunjuk ringkas ini dapat memberikan keterangan yang diperlukan untuk merangsang perhatian masyarakat, khususnya daerah pedesaan pada hidraulik ram, sehingga manfaat suatu bentuk teknologi hidraulik ram ini akan benar-benar dapat meringankan beban hidup serta meningkatkan tarap ekonomi masyarakat kita.

## II. HIDRAULIK RAM AUTOMATIK.

### 1. Deskripsi.

Hidraulik ram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Alat ini sederhana dan efektif digunakan pada kondisi yang sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan untuk operasinya. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi vertikal (head) yang rendah, ke tempat yang lebih tinggi.

Penggunaan hidraulik ram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, peternakan dan perikanan darat. Di beberapa daerah pedesaan di Jepang, alat ini telah banyak digunakan sebagai alat penyediaan air untuk kegiatan pertanian maupun untuk keperluan domestik.

Dalam operasinya, alat ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, antara lain; tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasinya murah, tidak memerlukan pelumasan, hanya mempunyai dua bagian yang bergerak sehingga memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan bengkel yang sederhana.

### 2. Prinsip Kerja.

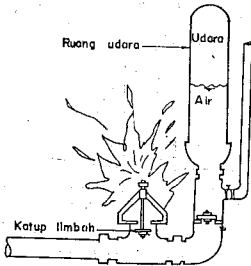
Prinsip kerja hidraulik ram otomatis merupakan proses perubahan energi kinetik aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan palu air (water hammer) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan supaya katup limbah (waste valve) dan katup pengantar (delivery valve) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa pengantar (Gambar 1A, 1B, 1C, 1D).

Bagian-bagian utama yang menyusun alat ini terdiri dari pipa pemasukan (drive pipe), pipa pengeluaran atau pipa pengantar (delivery pipe), katup limbah (waste valve), katup pengantar (delivery valve), katup udara (air valve) dan ruang udara (air chamber).

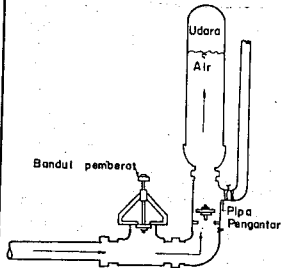
### 3. Cara Kerja.

Cara kerja hidraulik ram dan bagian-bagian utamanya terlihat pada Gambar 1 dan 2.

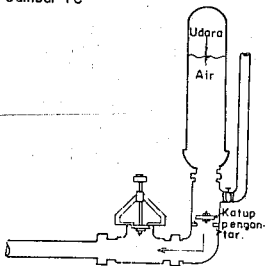
Gambar IA.



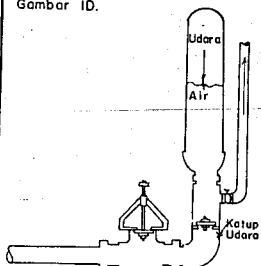
Gambar IB.



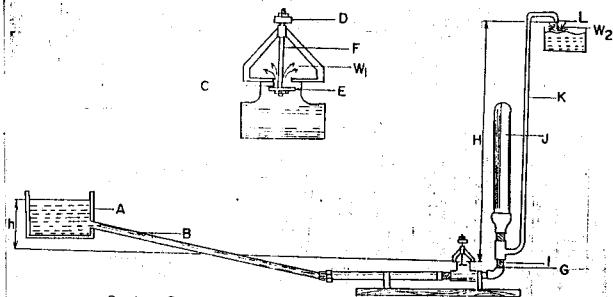
Gambar IC.



Gambar ID.



Gambar I. Cara kerja suatu Hydraulik Ram.



Gambar 2. Instalasi Hydraulik Ram dan cara kerjanya

Keterangan

- A. Tangki pemasukan
- B. Pipa pemasukan
- C. Lubang katup limbah
- D. Pemberat katup limbah
- E. Katup limbah
- F. Tangkal katup limbah
- G. Katup udara
- I. Katup pengantar
- J. Ruang udara
- K. Pipa pengantar
- L. Lubang pengeluaran pipa pengantar
- H. Tinggi vertikal antara lubang katup limbah dengan lubang pengeluaran pipa pengantar
- h. Tinggi vertikal antara permukaan air dalam tangki pemasukan dengan lubang katup limbah
- $W_1$ . Debit air yang terbuang melalui katup limbah
- $W_2$ . Debit pompo

Air mengalir dari suatu sumber atau sebuah tangki melalui pipa pemasukan dan keluar melalui katup limbah. Aliran air yang melalui katup limbah cukup cepat, maka tekanan dinamik yang merupakan gaya ke atas mendorong katup limbah sehingga tertutup secara tiba-tiba sambil menghentikan aliran air dalam pipa pemasukan. Aliran air yang terhenti mengakibatkan tekanan tinggi terjadi secara tiba-tiba dalam ram, jika tekanan cukup besar akan mengatasi tekanan dalam ruang udara pada katup pengantar dengan demikian membiarkan air mengalir ke dalam ruang udara dan seterusnya ke tangki penampungan.

Gelombang tekanan atau "hammer" dalam ram sebagian dikurangi dengan lolosnya air ke dalam ruang udara dan denyut tekanan melompat kembali ke pipa pemasukan yang mengakibatkan hisapan di dalam badan ram. Hal ini menyebabkan katup pengantar menutup kembali dan menghalangi mengalirnya air kembali ke dalam ram. Katup limbah turun atau terbuka dan air dari sumber melalui pipa pemasukan mengalir ke luar dan siklus tadi terulang lagi.

Sejumlah kecil udara masuk melalui katup udara selama terjadi hisapan pada siklus tersebut. Air masuk ke dalam ruang udara melalui katup pengantar pada setiap gelombang air yang masuk ke dalam ruang udara.

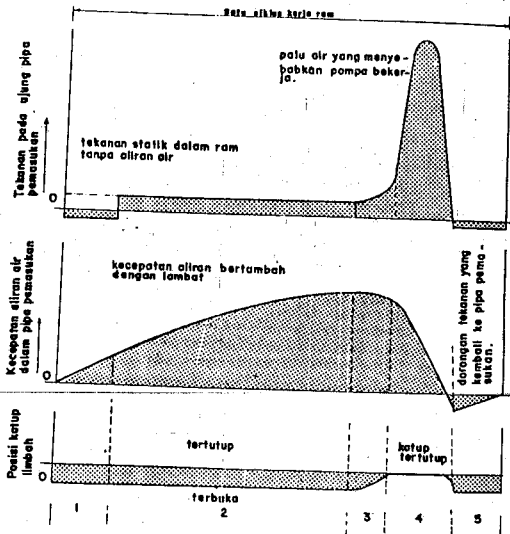
Ruang udara diperlukan untuk meratakan perubahan tekanan yang drastis dalam hidraulik ram. Udara dimampatkan dalam ruang dan secara kontinyu terjadi pergantian dengan udara baru yang masuk melalui katup udara, sebab ada sebagian udara, yang telah dimampatkan bersama dengan air ke luar melalui pipa pengantar, dan selanjutnya ke tangki penampungan.

Dengan mengatur berat katup limbah dan jarak antara lubang katup dengan katup limbah, diharapkan hidraulik ram dapat memompa air sebanyak mungkin dan biasanya terjadi bila siklus berlangsung kira-kira 75 kali tiap menit.

Pada Gambar 3, diperlihatkan dengan secara sangat sederhana bentuk ideal dari tekanan dan kecepatan aliran pada ujung pipa pemasukan dan kedudukan katup limbah selama satu siklus kerja hidraulik ram.

Keterangan Gambar 3, diagram siklus yang menunjukkan satu siklus denyut tekanan dari hidraulik ram.

- Periode 1. Akhir siklus yang sebelumnya, kecepatan air melalui ram mulai bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka, timbul tekanan negatif yang kecil dalam hidraulik ram.
- Periode 2. Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.



Gambar. 3 Diagram satu siklus kerja Hidraulik ram.  
(Watt, 1974)

- Periode 3. Katup limbah mulai menutup dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam hidraulik ram. Kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.
- Periode 4. Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (water hammer) yang mendorong air melalui katup pengantar. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.
- Periode 5. Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan, menyebabkan timbulnya hisapan kecil dalam hidraulik ram. Katup limbah terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus hidraulik ram terulang lagi.

#### 4. KARAKTERISTIK HIDRAULIK RAM.

Karakteristik dari sebuah hidraulik ram yang bekerja pada keadaan di mana jarak antara lubang dan katup limbah konstan, tinggi vertikal tangki pemasukan (supply head) tetap sedang tinggi pemompaan berubah-ubah, ternyata bahwa jumlah denyutan katup limbah tiap menit bertambah pada setiap penambahan tinggi pemompaan (Gambar 4).

Penelitian yang telah dilakukan pada sebuah hidraulik ram ukuran kecil, di mana tinggi vertikal tangki pemasukan (supply head) adalah 1.58 m dan tinggi pemompaan (delivery head) adalah 3.00 m. Hasil penelitian menunjukkan betapa efektifnya penyetelan pada katup limbah terhadap kerja hidraulik ram. Data yang diperoleh tentang pengaruh penyetelan katup limbah terhadap denyutan katup dan nilai efisiensi dari hidraulik ram tercantum pada Tabel 1.

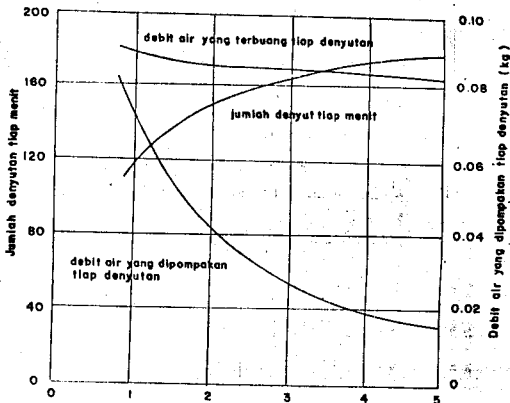
Tabel 1. "Performance" hidraulik ram dengan jarak katup limbah yang bervariasi (menurut Addison, 1964).

Jumlah denyutan tiap menit.	Air yang terbuang (W) (kg/menit)	Debit pemompaan (We) (kg/menit)	Efisiensi	
			R <sup>1)</sup>	R <sup>2)</sup>
92	32.0	7.36	0.44	0.54
110	23.6	6.28	0.51	0.61
157	13.0	4.09	0.59	0.69

1) Efisiensi "Rangkine"

2) Efisiensi "D'Aubuisson"





Tinggi pengangkatan air di atas permukaan air dalam tangki pemasukan (supply level) (m)

Keterangan. Tinggi vertikal tangki pemasukan (supply head) adalah 1.58 m.

Gambar: 4 Karakteristik Hidraulik ram menurut addison, 1964

### III. RANCANGAN KONSTRUKSI.

Hidraulik ram komersial yang ada telah dirancang kembali dan diperbaiki berdasarkan pengalaman yang diperoleh di lapang sampai ram dapat bekerja baik pada semua keadaan dengan pemeliharaan yang minimum. Hidraulik ram dibuat dari bahan besi cor yang kuat, sehingga terdapat ram yang dapat bekerja sampai 100 tahun.

Di Jawa Barat ada beberapa pompa hidraulik, yang masih beroperasi, dan dibuat sebelum perang dunia kedua, misalnya dekat Pelabuhan Ratu.

Hidraulik ram yang berasal dari ITDG, London dan yang dibicarakan di sini adalah ram yang dibuat dari pipa-pipa besi cor dan sambungan pipa yang banyak terdapat di pasaran bebas dengan ukuran 2 inci.

Penentuan ukuran ram pada umumnya ditentukan berdasarkan ukuran diameter dalam dari pipa pemasukan. Beberapa pabrik pembuat hidraulik ram menentukan ukuran ram produksinya berdasarkan ukuran diameter dalam dari pipa pemasukan tersebut (Tabel 2).

Tabel 2. Ukuran hidraulik ram buatan PTP - ITB, Bandung dengan modifikasi design I.T.D.G., London.

TYPE	Garis tengah dalam pipa pemasukan (inci)	Garis tengah dalam pipa pengeluaran (inci)
1	1.50	0.75
2	2.00	1.00
3	3.00	1.50
4	4.00	2.00
5	5.00	3.00

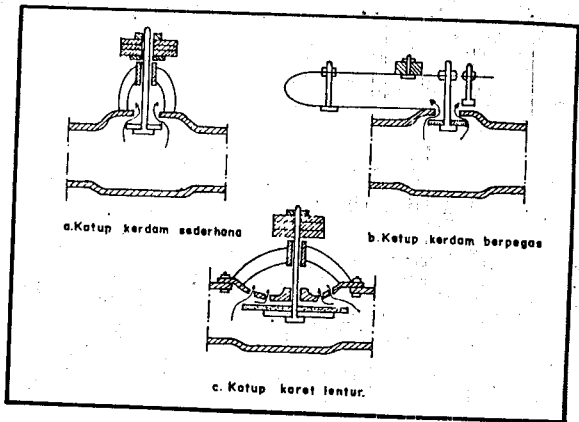
Untuk gambar teknis pompa hidraulik 2 inci, lihat Lampiran 5.

#### 1. Katup Limbah (Waste Valve).

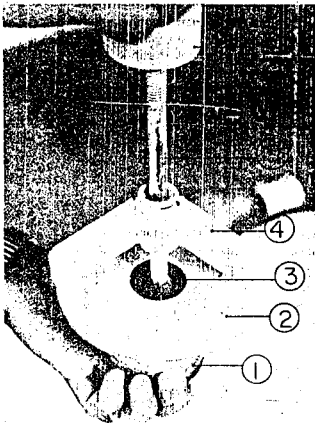
Katup limbah merupakan salah satu bagian penting dari hidraulik ram, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan.

Beberapa jenis katup limbah telah dikembangkan secara umum seperti pada Gambar 5.

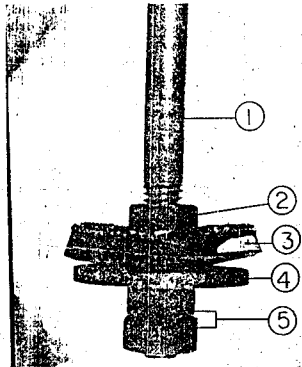
Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet katup cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar, sehingga pada saat katup limbah menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan efek palu air (water hammer effect).



GAMBAR 5. Jenis-jenis katup Limbah.



Gambar 6 : Katup limbah dan komponen yang menyusunnya.



Gambar 7 : Komponen-komponen dan bagian katup limbah yang bergerak.

Keterangan :

- 1 Dasar katup
- 2 Plat atas katup
- 3 Lubang katup
- 4 Penyangga tangkai katup
- 5 Tangkai katup
- 6 Pemberat katup

Keterangan :

- 1 Tangkai katup
- 2 Mur penjepit atas
- 3 Karet katup
- 4 Plat dasar katup
- 5 Mur penjepit bawah

Katup limbah yang ringan dan gerakannya pendek akan memberikan pukulan atau denyutan yang lebih cepat dan menyebabkan hasil pemompaan lebih besar pada tinggi pemompaan yang rendah. Penelitian mengenai bentuk terbaik dari katup limbah masih kurang, tetapi pada saat ini jenis katup kerdam sederhana kelihatannya bekerja cukup baik. Beberapa model hidraulik ram komersial telah menggunakan jenis katup kerdam yang dilengkapi dengan per tetapi belum diketahui apakah hal tersebut meningkatkan efisiensi ram, yang jelas jenis ini menghindari pemakaian "sliding bearing" yang harus diganti bila aus. Komponen dari suatu katup limbah dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.

## 2. Katup Pengantar (Delivery Valve).

Katup pengantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Katup ini dapat dibuat dengan bentuk yang sederhana yang dinamakan katup searah (non return) Katup ini dibuat dari karet kaku dan bekerja seperti pada katup kerdam (lihat Gambar 8, 10, 11).

## 3. Ruang Udara (Air Chamber).

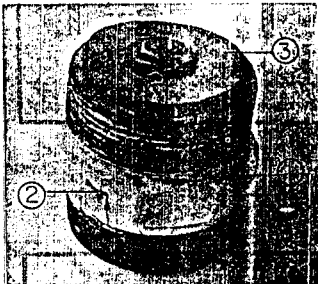
Ruang udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan tekanan (pressure pulse) dari siklus ram, memungkinkan aliran air secara tetap melalui pipa pengantar dan kehilangan tenaga karena gesekan diperkecil.

Jika ruang udara penuh air, ram akan bergetar keras dan dapat mengakibatkan ruang udara pecah. Jika hal ini terjadi ram harus dihentikan dengan segera. Beberapa ahli menyarankan bahwa volume ruang udara harus sama dengan volume air dalam pipa pengantar. Pada pipa pengantar yang panjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancang ruang udara dengan ukuran yang kecil.

## 4. Katup Udara (Air Valve).

Udara yang tersimpan dalam ruang udara diisap perlahan-lahan oleh turbulensi air yang masuk melalui katup pengantar dan hilang ke dalam pipa pengantar. Udara ini harus diganti dengan udara baru melalui katup udara (lihat Gambar 7, 8).

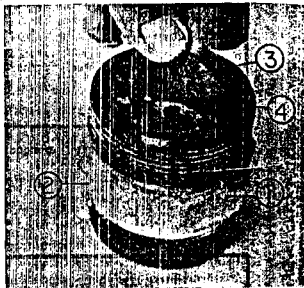
Katup udara harus disesuaikan sehingga mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap terjadi denyutan kompresi. Jika katup udara terbuka terlalu besar, maka ruang udara terisi dengan udara dan akan memompa udara. Jika katup kurang terbuka sehingga memungkinkan masuknya udara yang cukup banyak maka akan bergetar. Keadaan ini harus diperbaiki dengan memperlubang udara.



Gambar 10 : Katup pengantar dan komponen yang menyusunnya.

Keterangan :

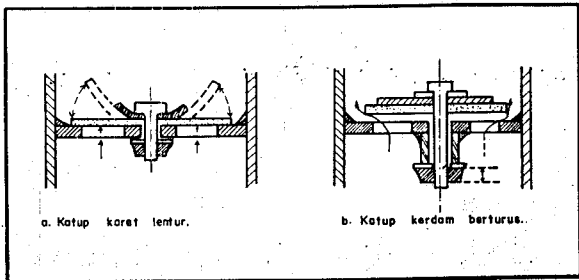
- 1 "Double nipple"
- 2 Katup udara
- 3 Katup pengantar



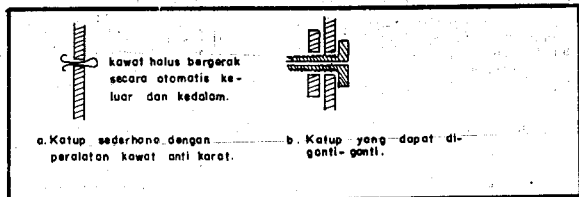
Gambar 11 : Katup pengantar lengkap dengan komponennya.

Keterangan :

- 1 "Double nipple"
- 2 Katup udara
- 3 Karet katup
- 4 Plat katup



Gambar 8. Katup pengantar "non return"



Gambar 9. Jenis-jenis katup udara.

### 5. Pipa Pengantar (Delivery Pipe).

Hidraulik ram dapat memompa air pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan menggunakan pipa pengantar yang panjang akan menyebabkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa pengantar dapat dibuat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat bahan tersebut dapat menahan tekanan air.

Pada Tabel 3, diperlihatkan kemampuan hidraulik ram buatan "John Blake" dari Inggris yang juga disebut "Hydrum Blakes". Panjang pipa pengantar yang digunakan sama panjangnya dengan tinggi pemompaan maksimum dari hidraulik ram tersebut.

Tabel 3. Kapasitas "Hydrum Blakes" menurut Watt, 1974.

Ukuran Hydrum		1	2	3	4	5	6
Diameter internal	mm	32	38	51	76	101	127
	inci	1¼	1½	2	3	4	5
Debit pompa (Qs). (Lt/mt)	dari	7	12	27	68	136	180
	ke x)	16	25	55	137	270	410

x) Debit pompa (Qs) yang terbanyak, merupakan debit pompa dimana Hydrum mencapai efisiensi maksimum. Kapasitas ram tidak dapat lagi lebih besar dari pada angka-angka yang tercantum pada Tabel.

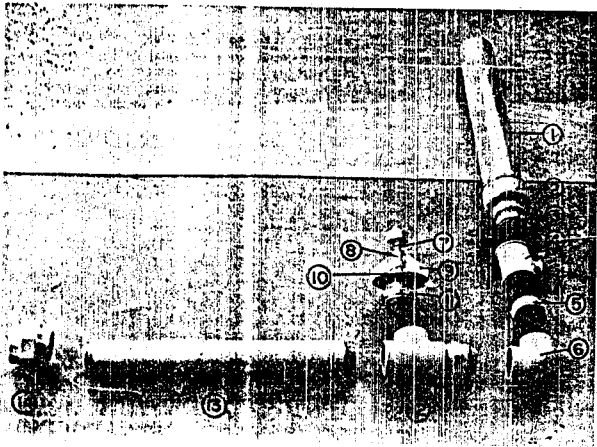
## IV. PEMBUATAN ALAT.

### 1. Bahan dan Alat-alat yang Digunakan.

Bahan-bahan dan alat-alat yang digunakan untuk pembuatan hidraulik ram dua inci adalah sebagai berikut :

- "Double nipple" berdiameter 2 inci, terbuat dari besi cor sebanyak 4 buah.
- "Elbow" bersudut 90° terbuat dari besi cor dengan diameter 2 inci sebanyak 1 buah.
- "T-junction" (sambungan berbentuk T) ukuran 2 x 2 x 2 inci, 1 buah dan ukuran 2 x 2 x 1 inci, 1 buah.
- As (tangkal katup limbah) kuningan atau besi anti karat dengan diameter 3/8 inci sepanjang 25 cm di mana kedua ujungnya dibuat ulir. Ujung satunya dibuat ulir sepanjang 5 cm dan ujung lainnya 15 cm atau 20 cm.
- "Reducer" pipa (plok sok) ukuran 2 x 3 inci sebanyak 1 buah.
- Pipa besi cor berdiameter 3 inci dengan panjang 60 cm.





Gambar 12 : Hidraulik Ram lengkap dengan komponen yang menyusunya.

Keterangan :

- |    |                          |    |                    |
|----|--------------------------|----|--------------------|
| 1  | Ruang udara              | 11 | Dasar katup limbah |
| 2  | Reducer pipa 3 x 2 inci  | 12 | T - junction       |
| 3  | Double Nipple            | 13 | Pipa pemasukan     |
| 4  | T junction 2 x 1 inci    | 14 | Water mur          |
| 5  | "Katup Pengantar"        | 15 | Pemberat           |
| 6  | Elbow (belahan)          |    |                    |
| 7  | Tangkai As katup limbah. |    |                    |
| 8  | Saluran katup limbah     |    |                    |
| 9  | Penyangga katup limbah   |    |                    |
| 10 | Plat katup limbah        |    |                    |

- (g) Karet dari ban dalam mobil bentuk lingkaran dengan ukuran tebal 0,5 cm dan diameter 4 cm.

## 2. Konstruksi Alat.

- (a) Badan ram, dibuat dari sambungan pipa (T-junction) dan "elbow". Keduanya dihubungkan dengan menggunakan "double nipple".
- (b) Katup limbah, dibuat dari satu buah "double nipple" pada salah satu ujungnya disambung dengan besi pelat dengan menggunakan las. Besi pelat tersebut dilubangi bagian tengahnya sebesar 3 cm, kemudian dibuat penyanggah as katup limbah (Lampiran 5).
- (c) Katup pengantar, terdiri dari satu buah sambungan pipa yang berdiameter 2 inci dan bagian atasnya ditutup dengan pelat baja lunak yang berbentuk lingkaran sesuai dengan bentuk sambungan pipa yang berdiameter 5 cm, pada baja pelat baja lunak tersebut dibuat 5 buah lubang yang berdiameter 1 cm. Pada bagian atas pelat baja diletakkan karet berbentuk lingkaran dengan diameter 4 cm yang berfungsi sebagai katup yang dapat membuka dan menutup secara otomatis (Lampiran 5).
- (d) Katup udara, terletak pada sambungan pipa yang juga merupakan bagian dari katup pengantar. Katup udara dibuat dengan melubangi bagian dinding penyambung pipa dengan ukuran diameter 0,3 cm pada lubang tersebut diberi kawat halus anti karat yang dapat bergerak bebas dalam lubang tersebut (Lampiran 5).
- (e) Ruang udara, terbuat dari pipa besi cor yang berdiameter 3 inci dengan panjang 60 cm. Pada kedua ujungnya diberi ulir dan salah satu diantaranya diberi penutup yang kuat untuk menahan tekanan. Bagian ujung lainnya disambung dengan katup pengantar dengan cara skrup (Lampiran 5).
- (f) Pipa pemasukan dan pipa pengantar.  
Pipa pemasukan terbuat dari bahan besi cor (cast iron pipe) berdiameter 2 inci dan panjangnya umpamanya 12 m. Pada kedua ujungnya diberi ulir, penyambungan dengan ram dilakukar dengan cara skrup melalui sebuah penyambung pipa. Untuk pipa pengantar dapat digunakan pipa plastik yang tahan tekanan atau pipa PVC dengan diameter 1 inci. Penyambungan dengan lubang pengeluaran (outlet) hidraulik ram terletak pada bagian atas katup pengantar atau termasuk bagian ruang udara. Sistem penyambungan antara lubang pengeluaran hidraulik ram dengan pipa dilakukan secara skrup.
- (g) Landasan hidraulik ram, bagian ini dibuat dari besi siku yang

berukuran 3 x 3 cm. Pembuatan landasan menggunakan las. Untuk lebih jelasnya konstruksi hidraulik ram dapat dilihat pada Lampiran 5.

## V. SURVEI DAN RANCANGAN PENDAHULUAN.

Survei untuk sebuah hidraulik ram harus dilakukan dengan mempertimbangan rancangannya. Sebelum sebuah rancangan dapat dibuat, beberapa hal perlu diketahui :

1. Tinggi jatuh vertikal dari sumber air sampai pompa.
2. Daya angkat vertikal dari pompa sampai tempat penampungan.
3. Jumlah air yang tersedia untuk memberi tenaga pada pompa (pemasukan Q atau aliran sumber).
4. Jumlah minimum air yang diperlukan setiap hari.
5. Panjang pipa pemasukkan dari sumber air ke pompa.
6. Panjang pipa pengeluaran dari pompa ke tempat penampungan.

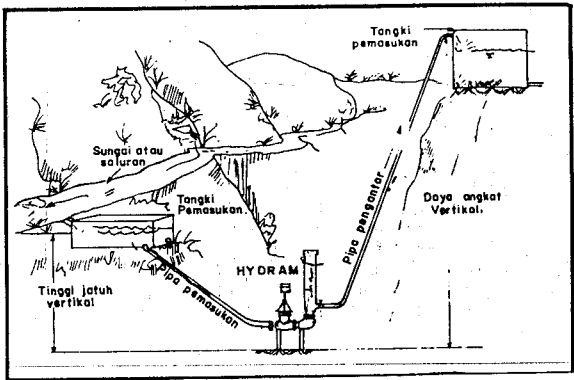
Yang mula-mula harus diukur adalah jarak dari tempat yang potensial untuk pemasangan pompa sampai dimana air diperlukan dan perbedaan ketinggian vertikal. (Lihat Gambar 13). Kecuali dalam beberapa hal, sebuah hidraulik ram tidak dapat menaikkan air lebih dari 100 meter. Untuk mencegah pemakaian pipa-pipa besi yang digalvanisir (GI) yang panjang, kita harus mengusahakan agar tidak melampaui limit tekanan pipa.

Kita juga harus mengukur tinggi jatuh yang tersedia dari sumber air ke tempat dimana pompa akan dipasang. Tinggi jatuh pemasukkan harus berkisar antara 1 - 20 meter, mengingat bahwa pengeluaran berhubungan langsung dengan tinggi jatuh pemasukkan yang diperbesar. Secara kasar panjang pipa pemasukkan akan empat kali tinggi jatuh pemasukkan. Hal ini akan dibahas lebih lanjut dalam bab mengenai disain pompa. Aliran air sumber harus diukur dengan tepat. Penelitian tempat harus dibuat dengan seksama, termasuk bertanya pada penduduk desa setempat tentang kualitas air, kemungkinan perubahan jumlah air pada perubahan musim, dan apakah ada atau tidaknya problema pengendapan. Selama melakukan survei, perhatikan hal-hal berikut :

- a. Dimana tempat yang tepat mengingat kemungkinan banjir, tanah longsor atau erosi ?
- b. Dimana pompa akan ditempatkan : Dapatkah dibangun suatu rumah kecil untuk pompa? Ke mana air yang tak terpakai dari pompa akan dialirkan?
- c. Dimana pipa akan dipasang, apakah dapat ditanam ?

Sesudah menghitung ukuran dasar ini dengan mempergunakan rumus :

$$Q \text{ (output)/hari} = \frac{\text{tinggi jatuh vertikal} \times \text{aliran sumber} (L/dtk \times 0,6 \text{ *)}}{\text{daya angkat vertikal}}$$



Gambar 13. Cara menentukan tinggi jatuh vertikal dari sumber air ke Hydraulik Ram.

Kita dapat memperkirakan jumlah air yang dikeluarkan per hari. Bandingkanlah bilangan ini dengan jumlah air yang dibutuhkan per hari (45 liter per orang per hari dianggap mencukupi untuk pemakaian setempat di desa pegunungan di Indonesia).

Jika pengeluaran pompa dihitung terlalu kecil, maka penggunaan sebuah hidram tidaklah menguntungkan. Jika air tersedia dengan cukup, maka hitunglah kebutuhan air desa yang bersangkutan dengan memperhitungkan penggunaan setempat, pemakaian air oleh ternak, dan walaupun ada pemakaian air untuk irigasi pada skala yang kecil untuk pohon-pohon buah dan kebun sayuran. Jadikanlah angka yang dihasilkan tersebut jumlah air yang diinginkan dan kemudian hitunglah aliran pemasukan yang dibutuhkan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q \text{ (aliran pemasukan)} = \frac{\text{daya angkat vertikal} \times Q \text{ (pengeluaran)}}{\text{tinggi jatuh vertikal} \times 0,6}$$

Contoh I :

Dengan asumsi sebagai berikut, berapakah jumlah air yang dipompa per hari yang dapat diharapkan ?

Aliran Sumber	=	113,6	liter per menit
Tinggi jatuh vertikal	=	9,1	meter
Daya angkat vertikal	=	61	meter
Populasi desa	=	200	orang

Perkiraan populasi dalam 15 tahun dengan pertambahan sebesar 25% =  $200 + (25/100 \times 200) = 250$  orang.

\*) Untuk variabel-variabel tinggi jatuh dan daya angkat tetapih konsisten dalam penggunaan satuan ukuran. Pergunakanlah meter atau feet tetapi jangan mencampurkan keduanya. Aliran harus diukur dalam liter/hari atau gallon/hari.

Jika dipergunakan liter/mnt atau gallon/mnt dan kita inginkan aliran/hari, maka kalikanlah dengan .....

Kebutuhan (250 orang, 45 liter/hari) = 11 250 liter/hari

$$Q \text{ pengeluaran} = \frac{\text{tinggi jatuh} \times \text{besar aliran} \times 0,6}{\text{daya angkat vertikal}}$$

$$\frac{9,1 \text{ meter} \times 113,6 \text{ l/menit} \times 0,6}{61 \text{ meter}}$$

$$\frac{620,26}{01} \times = 10,17 \text{ liter/menit} = 14644,8 \text{ liter/hari}$$

Contoh II :

Dalam keadaan-keadaan tertentu berapa besar aliran sumber (Q pemasukan) yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan air per hari.

Daya angkat vertikal (selalu diukur dari pompa, dan tidak dari sumber) = 45,7 meter. Tinggi jatuh vertikal 7,6 m.

Kebutuhan :

- a. Untuk 600 penduduk desa dengan asumsi pertambahan 25% dalam 15 tahun.

$$600 + \left( \frac{25}{100} \times 600 \right) = 750$$

$$750 \times 45 \text{ ltr/orang/hari} = 33.750 \text{ ltr/hari.}$$

- b. Untuk 300 ekor ternak  $\times$  6 ltr/hari = 1800 ltr/hari.  
Jumlah total = 35.550 ltr/hari.

Diketahui bahwa Q pemasukkan =  
$$\frac{\text{daya angkat vertikal} \times Q \text{ pengeluaran}}{\text{tinggi jatuh vertikal} \times 0.6}$$

dan bahwa satu hari = 1440 menit.

Jadi Q pemasukkan :

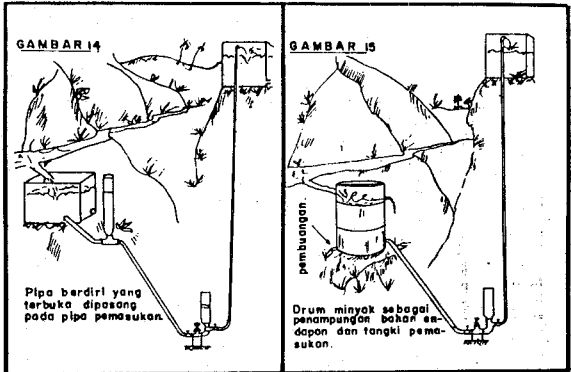
$$\frac{45,7 \text{ m} \times 35.550 \text{ ltr/hari}}{7,6 \text{ m} \times 0.6} = \frac{1624.635}{4,56} = 356.279,6 \text{ ltr/hari}$$

$$= \frac{356.279,6 \text{ ltr/hari}}{1440 \text{ menit}}$$

$$= 247 \text{ ltr/menit.}$$

Bilangan 247 liter/menit ini adalah aliran sumber minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan per hari. Jika aliran sumber melebihi bilangan ini, maka akan dimungkinkan untuk memperbesar kebutuhan per hari. Dalam hal dapat dihasilkan air yang berlebih, anjurkanlah pada penduduk desa untuk mempergunakan air tersebut untuk hal-hal lain, misalnya kebun sayur-sayuran atau buah-buahan, kolam ikan dan kakus. Dengan memperbesar tinggi jatuh vertikal atau memperkecil daya angkat vertikal, pengeluaran akan bertambah besar secara proporsional. Salah satu cara untuk memperbesar tinggi jatuh vertikal jika terlalu pendek, adalah dengan cara mengalirkan air dari sumber melalui pipa (atau saluran) ke sebuah tempat yang lebih rendah darimana perbedaan ketinggian dengan pompa lebih besar (lihat Gambar 13, 14, 15). Untuk pipa pemasukkan pertama dapat dipergunakan pipa HDP (High Density Polythylene), tetapi pipa yang berhubungan dengan pompa haruslah pipa GI (Galvanized Iron = besi yang digalvanisir) atau pipa baja. Sambungan kedua pipa itu dapat merupakan pipa berdiri ("stand pipe") yang terbuka jika pipa HDP yang bersangkutan lebih besar satu ukuran dari pipa pemasukan, atau dapat dibuat sebuah tangki kecil yang mempunyai pipa pemasukan, pengeluaran, pembuangan dan pelimpah (lihat Gambar 14 dan 15).

Tangki perantara ini sangat berguna khususnya jika air mengandung banyak bahan endapan. Kegunaan sebuah pipa berdiri yang terbuka atau sebuah tangki pelimpah adalah untuk menjamin bahwa sama sekali tidak terdapat udara dalam pipa pemasukan. Penggunaan pipa berdiri



Gambar 14 & 15. Cara penggunaan "Stand Pipe" (pipa vertikal) dan drum untuk penampungan bahan endapan.

yang terbuka adalah terutama untuk instalasi-instalasi di mana tangki pemasukan dan lokasi hidram dibatasi oleh topografi di sekitarnya, yang dapat mencegah dibuatnya pipa pemasukan yang lurus atau diperlukannya pipa pemasukan yang terlalu panjang atau tidak cukup curam. (Lihatlah Bab tentang pipa pemasukan untuk merencanakan panjang yang tepat). Pada penggunaan pipa berdiri yang terbuka panjang dan sudutnya pipa pemasukan ditentukan oleh lokasi pipa berdiri tersebut.

Buku Petunjuk ini diharapkan dapat menjadi petunjuk penggunaan Hidraulik ram, namun demikian harus ditekankan bahwa buku ini hanyalah buku petunjuk dalam arti bahwa setiap instalasi/situasi akan berbeda sehingga perencanaan dan teknik yang khusus diperlukan untuk setiap tempat tertentu agar tercipta sistim penyediaan air yang paling tepat. Masih terdapat ruang gerak yang luas untuk kreatifitas dan inisiatif karena baru beberapa buah hydram yang dipasang di Indonesia sedangkan prosedur standard belum dilembagakan, maka seringkali beberapa hambatan seperti uang dan transport berpengaruh terhadap design. Karena tidak adanya design baku yang tepat untuk satu tempat, tetapi beberapa pilihan yang masing-masing mempunyai keuntungan dan kerugiannya, maka kita harus sangat fleksibel dalam menentukannya. Harus diingat bahwa dalam merancang pompa kira harus memperhitungkan keadaan-keadaan yang mungkin terjadi di masa depan sekurang-kurangnya 15 tahun ke depan. Hal ini memerlukan perhitungan yang seksama mengingat pengaruh pada lingkungan termasuk di dalamnya bentang darat, erosi, pertumbuhan populasi, kemungkinan efek-efek yang merugikan, kesesuaian dalam pemeliharaan, kelanggangan dan keberatan-keberatan orang lain mengenai penggunaan air dan instalasinya. Di mana mungkin lakukanlah konsultasi dengan penduduk-penduduk desa yang bersangkutan mengenai segi-segi disain yang menyangkut mereka. Seringkali material dan teknik-teknik setempat merupakan pemecahan yang terbaik untuk problem tertentu.

#### Tangki Pemasukan.

Tangki pemasukan akan bervariasi sesuai dengan tempatnya, tetapi terdapat perbedaan-perbedaan dasar menurut sifat sumber air yang bersangkutan. Mata air, sungai-sungai, saluran-saluran, sistim aliran gravitasi yang berpipa dan sumber-sumber air artesis masing-masing mempunyai tuntutanannya sendiri. Teknik-teknik dan disain tangki pemasukan dan cara konstruksinya dapat ditemukan dalam buku-buku lain, namun beberapa prinsip dasar harus diingat. Jika sumber air akan dipakai untuk air minum maka pencemaran harus dihindarkan. Disain sumber saluran dan sungai harus memperhitungkan masalah-masalah pengairan, pusan air dan erosi. Karena air umumnya mengandung bahan endapan sebaiknya tangki perantara ini mempunyai saluran pembuangan, hal ini juga memudahkan pemeliharannya. Dalam beberapa hal pipa pemasukan ke pompa berasal langsung dari tangki pemasukan.

Gambar 11 menunjukkan bahwa sebuah saluran dari sungai yang memberi



air pada hydram. Jika tidak, suatu saluran pipa ke sebuah tangki kecil lain (drum minyak bekas dengan pipa pemasukan, pengeluaran, pembuangan dan pelimpahan yang dilas) telah terbukti sangat berguna di daerah terpencil terutama jika airnya mengandung banyak bahan-bahan endapan, yang harus sedikit melimpah untuk menjamin adanya tinggi permukaan air yang tetap di atas pipa pemasukan (Lihat Gambar 13 dan 15).

(Menyesuaikan hydram agar ia memakai sebanyak mungkin air, biasanya ditentukan dengan menentukan pelimpahan minimal dari tangki pemasukan perantara ini). Dalam beberapa hal tangki perantara ini tidak diperlukan sebagai gantinya dapat digunakan sebuah pipa berdiri yang terbuka. (Lihat Gambar 14) Penempatan yang tepat tangki perantara atau pipa berdiri yang terbuka ini akan menentukan panjang dan sudutnya pipa pemasukan, dan harus menjamin agar pipa pemasukan akan lurus. Pipa berdiri ini (yang dapat merupakan pipa HDP atau PVC) sekurang-kurangnya harus satu ukuran lebih besar dari pipa pemasukan yang terbuat dari besi yang digalvanisir atau baja. Dalam hal dipakainya sebuah pipa berdiri yang terbuka, pipa pemasukan dihubungkan kembali dengan sebuah sambungan T dalam mana dipasang sebuah pipa berdiri yang terbuka yang terbuat dari baja atau besi yang digalvanisir (GI) yang besarnya dua ukuran lebih besar dari pipa pemasukan. Pipa berdiri ini harus terletak beberapa inci lebih tinggi daripada gradien hidraulik.

Garis hidraulik (Hydraulic Gradien Line) adalah ketinggian sampai mana air yang mengalir dalam pipa akan naik seandainya tidak dibatasi oleh pipa tersebut. Bila sebuah pipa terbuka dipasang pada saluran pipa, tinggi naiknya maka air menunjukkan garis hidraulik. Air dalam pipa yang tidak mempunyai tinggi jatuh dan hanya dipengaruhi oleh tekanan atmosfer tidak akan naik dalam pipa terbuka, karena itu garis hidrauliknya, dalam hal ini ada pada permukaan air.

Buku Carl Johnson, yang disebut dalam bibliografi memberikan analisa yang lebih terperinci tentang prinsip-prinsip gradien hidraulik. Dalam banyak hal teknik, penggunaan sebuah tangki perantara atau pipa berdiri diperlukan untuk memperbesar tinggi jatuh dari sebuah sumber sampai pompa sebesar mungkin dan ada saat yang sama memungkinkan penggunaan pipa pemasukan dengan panjang yang tepat. Pipa pemasukan perlu diberi saringan untuk mencegah kotoran, katak dan hal-hal lain masuk ke dalam pompa. Saringan ini harus sering diperiksa (kadang-kadang setiap hari) untuk meyakinkan bahwa air dapat mengalir selancar mungkin.

Pastikanlah untuk mempertimbangkan perubahan-perubahan musim karena aliran sumber mata air atau sungai sangat berubah dalam musim-musim yang berbeda. Setelah memilih pompa yang berukuran sesuai pilihlah pipa pemasukan yang sesuai pula (jika tinggi jatuh vertikal kurang dari 4,8 m). Jika tinggi jatuh vertikal lebih dari 4,8 m maka diperbolehkan untuk mempergunakan pipa pemasukan yang satu ukuran lebih kecil (artinya 0,5 inci lebih kecil) untuk pompa-pompa yang berukuran 1,5 inci dan lebih besar dari itu terutama bila biaya pemasangan pompa harus ditekan serendah mungkin pilihlah panjang pipa pemasukan 6 kali tinggi jatuh untuk tinggi jatuh kurang dari 4,8 meter; untuk tinggi jatuh 4,8 m sampai 7,6 m, 4 kali tinggi jatuh; dan untuk 7,6 m sampai 15 m, 3 kali tinggi jatuh. Kadang-kadang lebih mudah untuk memilih panjang pipa yang sesuai dengan pipa yang terdapat di pasaran.

### 3. Pipa Pengantar.

Biasanya dipakai untuk pipa pengantar, pipa dari pralon (PVC dengan ukuran diameter setengah dari ukuran diameter pipa pemasukan). Sepotong pipa besi yang digalvanisir yang dipasang pada pompa sebelum saluran pengantar dapat memperkuat pompa, tetapi tidak mutlak perlu. Namun jika daya angkat vertikal melebihi kekuatan pipa pengantar terhadap tekanan maka bagian bawah pipa pengantar tersebut haruslah pipa besi yang digalvanisir.

Tabel 5. Garis tengah pipa pengantar sesuai dengan kapasitas pompa per hari.

Liter/ hari	3000	9000	14000	23000	55000	90000	135000
φ inci	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	2,0	3,0
φ mm	20	25	32	40	50	63	90

Jika beberapa hydram dipakai bersama-sama, harus dipergunakan pipa pemasukan yang terpisah, tetapi dapat dipasang pipa pengantar yang sama (Lihat Gambar 16).

Ingatlah bahwa daya angkat vertikal minimum adalah kira-kira dua kali tinggi jatuh vertikal, dan daya angkat vertikal maksimum adalah kira-kira dua puluh kali tinggi jatuh vertikal. Jika pipa pengantar mempunyai bagian-bagian yang terletak lebih tinggi di mana udara mungkin terkumpul, sebuah katup udara atau sejenisnya akan diperlukan.

## VI. PENGGUNAAN HIDRAULIK RAM DI LAPANGAN.

## 1. Ukuran Jumlah Air.

Ukuran Hydraulik Ram ditentukan oleh pengeluaran yang dikehendaki, atau dibatasi oleh jumlah air yang tersedia untuk menggerakkan pompa. Perkiraan untuk jumlah air yang maksimum dan minimum yang diperlukan untuk menggerakkan pompa, diberikan di bawah ini (Tabel 4). Harga-harga ini sangat bervariasi untuk pompa yang satu atau pompa yang lain, tergantung dari sifat katup limbahnya.

Tabel 4. Jumlah minimum dan maksimum kebutuhan air untuk berbagai ukuran hidraulik ram. (Silver, 1977)

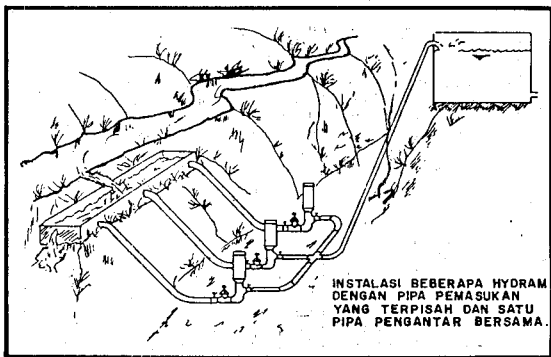
Baran Pompa Inci	Milimeter	Pemasukan minimum Ltr/mnt.	Pemasukan maksimum Ltr/mnt.
1	(25)	(7,6)	(37,9)
1,5	(37)	(17,1)	(56,8)
2	(51)	(30,3)	(94,6)
2,5	(63,5)	(56,8)	(151,4)
3	(76)	(94,6)	(265)
4	(102)	(151,4)	(378,5)

Jika kita membuat pompa sendiri, kita dapat menentukan jumlah maksimum air dengan memasang mur cadangan pada katup limbah atau perakitan katup limbah dengan diameter lebih besar atau lebih kecil (lihat Bab tentang ukuran katup limbah).

## 2. Pipa Pemasukan.

Pipa pemasukan merupakan pertimbangan yang penting dalam design keseluruhan. Setiap pembuat hydram pada taraf komersil mempunyai cara yang berbeda untuk menghitung diameter pipa pemasukan dan panjangnya, dan dalam kebanyakan hal dua cara yang berbeda akan menghasilkan jawaban yang berbeda. Untungnya pipa pemasukan akan memberikan hasil yang memuaskan dalam batas-batas diameter dan panjang yang luas.

Setelah memperkirakan tempat tangki pemasukan, saluran pemasukan dan tempat pemasangan pompa yang memberikan tinggi jatuh vertikal dan aliran yang maksimal, hitunglah diameter pipa pemasukan dengan mempergunakan Tabel 1 yang memberikan perkiraan kasar tentang kapasitas bermacam-macam ukuran hydram. Pompa pompa komersil dengan ukuran yang sama mempunyai kapasitas yang berbeda seperti juga pompa-pompa yang digambarkan dalam buku ini, tergantung dari ukuran katup limbahnya masing-masing.



Gambar 16 . Cara instalasi beberapa Hydraulik Ram dengan menggunakan pipa pemasukan yang terpisah dengan satu pipa pengeluaran.

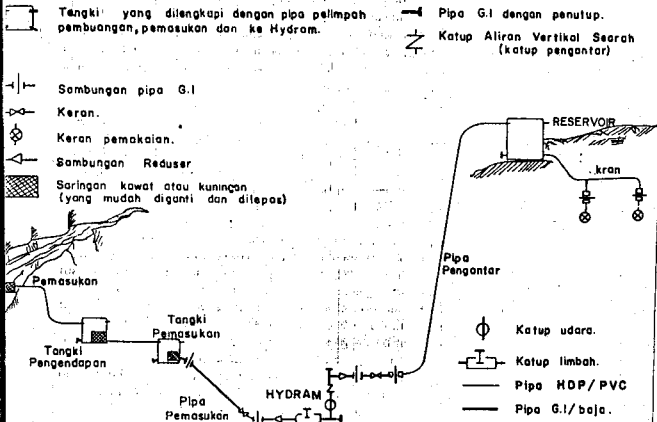
## VII. CATATAN-CATATAN UMUM MENGENAI PEMASANGAN POMPA.

Pompa harus dipasang serata mungkin untuk meyakinkan bahwa katup limbah yang diberi beban dapat jatuh dengan tegak lurus ke bawah dengan gesekan sekecil mungkin. Hal ini akan menjadi masalah karena pipa pengantar membuat sudut yang curam dan belokan-belokan tajam harus dihindarkan. Kadang-kadang pipa pengantar cukup fleksibel untuk mengikuti lengkungan tersebut sehingga pompa terletak rata/lurus. Mungkin diperlukan untuk sedikit melengkungkan sebagian dari pipa pengantar dengan pertolongan beberapa penduduk desa yang kuat dan sebuah pohon yang besar. Berhati-hatilah agar pipa tidak terlampaui lengkung.

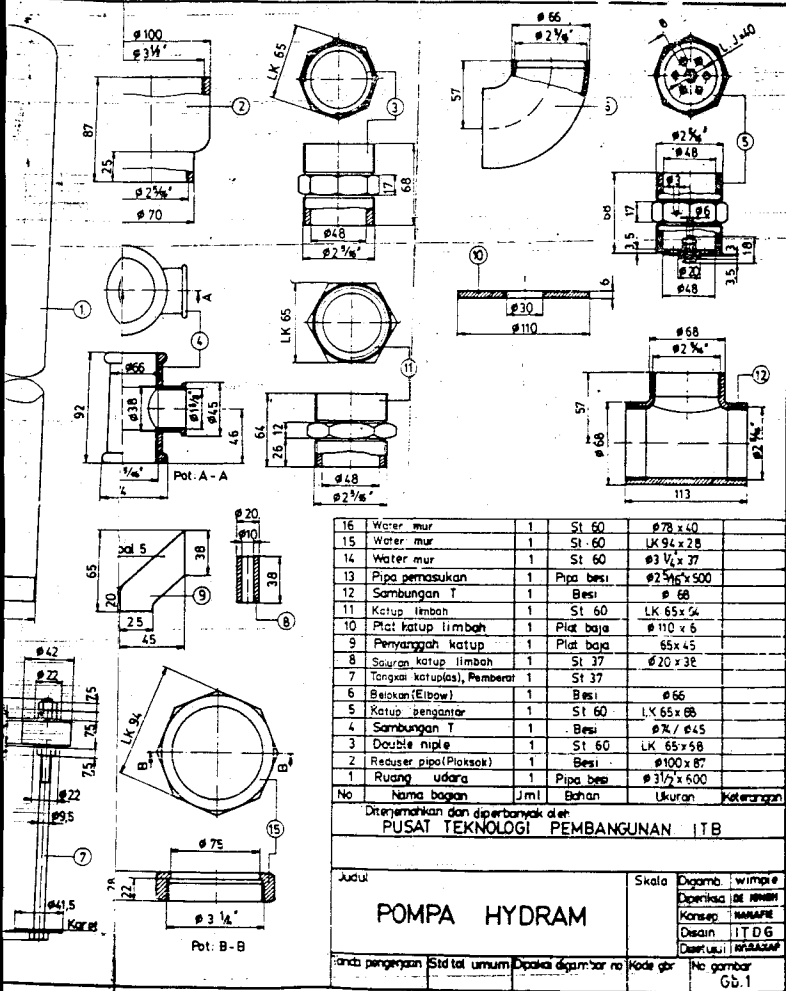
Jika kita dapat menyediakan sebelumnya potongan pipa yang pendek dengan sudut yang diperlukan dan dapat memasangnya pada saluran pipa, di mana diperlukan, maka hal tersebut akan ideal. Pipa pengantar dan pipa pemasukan harus disambung pada pompa dengan penyambungan pipa (union joint) dan kran pemasukan (gate valve). Diagram skematik instalasi hydram (Gambar 17) akan membantu kita dalam menentukan sambungan-sambungan apa yang kita perlukan dalam pemasangan hydram. Semua sambungan yang berulir harus dibungkus dengan benang yute kemudian dilapisi dengan emulsi penyekat pipa atau cat enamel untuk mencegah kebocoran-kebocoran pada sambungan. Fondasi rumah pompa dan cara bagaimana menstabilisir pompa memerlukan perhatian khusus. Jika dasar rumah pompa akan dibuat dari beton/semen maka buatlah dasar pompa dari beton dengan dua atau empat sekrup berulir yang bertanam pada lantai. Kaki-kaki pompa yang dilas atau lempengan baja yang dilas pada dasar pompa dengan lubang-lubang yang sesuai dengan skrup-skrup tersebut. Jika hal ini tidak mungkin, pertimbangkanlah pemakaian kawat yang digalvanisir, yang memancarkan pompa pada benda-benda yang tak dapat bergerak. Cara ini tidak sekuat pemakaian fondasi beton dan hanya boleh dipergunakan jika tidak ada pilihan yang lebih baik. Juga pipa pemasukan harus ditanam dengan baik dan dijangkarkan dengan baik untuk mencegah getaran-getaran pompa mengakibatkan bergesernya pompa ke bawah atau terjadinya kebocoran-kebocoran sambungan. Jika kita membeli sambungan pipa periksalah mutu ulirnya, dan jika mungkin dapatkanlah sambungan, reduser dan sebagainya dengan tonjolan tonjolan kecil pada sebelah luarnya, karena hal tersebut memudahkan pemasangan dengan kunci pipa.

### 1. Tangki Penampungan (Penyimpanan).

Setelah memperhitungkan kebutuhan air per hari dan mendisain pompa untuk memenuhi kebutuhan tersebut, ukuran tangki penyimpanan harus ditentukan. Biasanya isinya akan sama besar dengan tempat yang dibutuhkan untuk menampung air yang dipompa dalam 12 jam. Dengan cara ini tangki tersebut akan mengisi pada jam-jam air tak dibutuhkan. Jika air itu dipergunakan untuk keperluan-keperluan lain selain air minum, misalnya sistem pengairan yang sederhana untuk kebun sayur atau buah-buahan, maka



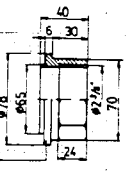
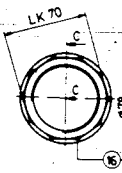
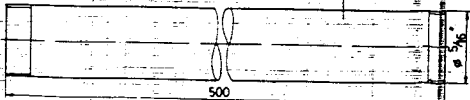
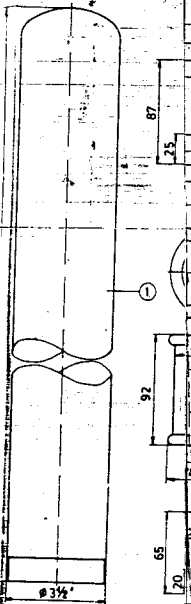
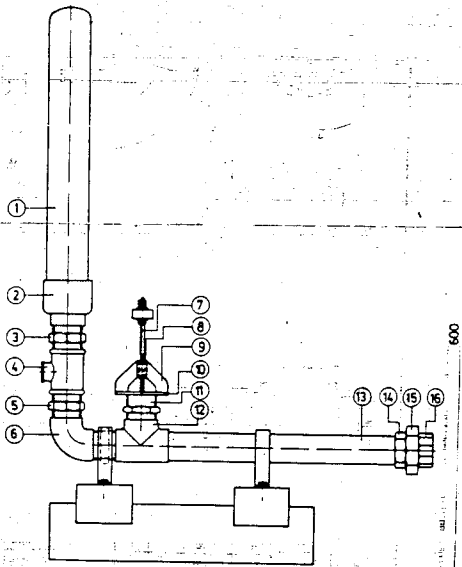
Gambar 17. Diagram skematis sebuah instalasi Hydrom.



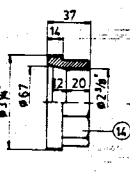
16	Water mur	1	St 60	$\phi 28 \times 40$
15	Water mur	1	St 60	LK 94 x 28
14	Water mur	1	St 60	$\phi 3 \frac{1}{4} \times 37$
13	Pipa pemasukan	1	Pipa besi	$\phi 2\frac{1}{2} \times 500$
12	Sambungan T	1	Besi	$\phi 68$
11	Katup limbah	1	St 60	LK 65 x 54
10	Plat katup limbah	1	Plat baja	$\phi 110 \times 6$
9	Penyanggah katup	1	Plat baja	65 x 45
8	Sayuran katup limbah	1	St 37	$\phi 20 \times 38$
7	Tangkal katup(pas), Pemberat	1	St 37	$\phi 20 \times 38$
6	Belokan (Elbow)	1	Besi	$\phi 66$
5	Katup pengantar	1	St 60	LK 65 x 68
4	Sambungan T	1	Besi	$\phi 74 / \phi 45$
3	Double nipple	1	St 60	LK 65 x 58
2	Reduser pipa (Plaksok)	1	Besi	$\phi 100 \times 87$
1	Ruang udara	1	Pipa besi	$\phi 3\frac{1}{2} \times 500$
No	Nama bagian	Jml	Bahan	Ukuran Keterangan

Diterjemahkan dan diperbanyak oleh:  
**PUSAT TEKNOLOGI PEMBANGUNAN ITB**

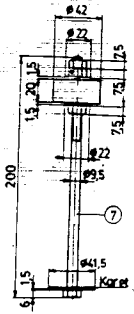
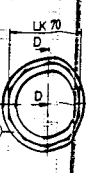
Judul	Skala	Digamb.	wimpe	
<b>POMPA HYDRAM</b>		Diperiksa	DE WENH	
		Konsep	MARAFIE	
		Disain	ITDG	
		Disetujui	MARAFIE	
anda penginean	Std tel umum	Dipaka digambar no	Kode gar	No gambar
				Gb.1



Pot: C-C



Pot: D-D



Korset