

## ANALISIS UNJUK KERJA JARINGAN PIPA SIPHON

Ir. Dedeng Herlan, MSi

Dosen Tetap Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: herlandoang@gmail.com

**ABSTRAK:** Dalam makalah ini dijelaskan tentang kemampuan jaringan pipa siphon memindahkan sejumlah air dari satu reservoir ke reservoir lain. Konsep teknik pemindahan air ini, sama seperti halnya dengan irigasi yang sudah lazim digunakan. Perbedaan diantara keduanya terletak pada jaringan pipa siphon dibentangkan mengikuti halangan dengan ketinggian tertentu. Hasil-hasil yang dicapai berdasarkan pengukuran dari berbagai ukuran dan bentangan pipa siphon, diuraikan dalam makalah ini. Volume air keluaran yang secara teoritis berbanding langsung dengan laju aliran air, ternyata banyak juga dipengaruhi oleh dimensi fisik.

**Kata kunci:** Pipa PVC, sistem siphon, laju aliran, rugirugi, debit

**ABSTRACT:** In this paper explained about the ability to move a number of pipeline siphon water from one reservoir to other reservoir. The concept of water displacement technique, as well as irrigation which has been commonly used. The different between lies in following the laid pipeline siphon obstacles to a certain height. The result achieved in the measurement of siphon pipe lines, described in this paper. The volume of water that theoretically the output is directly proportional to the rate of water flow, but many are also influenced by the physical dimensions.

**Keywords:** PVC-pipe, Siphon system, Rate flow, head loss, discharge

### PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan air bagi lahan-lahan pertanian, usaha-usaha yang lazim dilakukan masyarakat adalah membangun saluran-saluran air yang disebut selokan. Demikian juga usaha-usaha pembangunan infrastruktur pertanian yang dilakukan pemerintah, mencakup waduk serba guna, bendung dan saluran irigasi.. Struktur saluran irigasi ini baik primer, sekunder maupun tersier membentang mulai dari sumber air berupa waduk atau sungai yang dibendung terlebih dulu. **(Bambang P. et.al, 2000).**

Dengan disain yang khas, saluran irigasi ini dibentuk dengan kemiringan tertentu sampai tujuan akhir dimana air dibutuhkan. Irigasi ini disebut juga dengan irigasi gravitasi, karena

pengambilan pengaliran airnya berdasarkan pengaruh gravitasi. Secara teknis, pemindahan air dengan cara ini tidak dapat dilakukan jika jalur yang ditempuh oleh saluran irigasi mendapat rintangan. Rintangan ini dapat berupa tebing-tebing atau bukit-bukit dengan ketinggian tertentu yang melintang diantara sumber air dan lahan-lahan yang membutuhkan air. Dengan keadaan yang demikian maka langkah yang dilakukan dalam membangun irigasi tersebut yaitu membuka lahan dilembar sepanjang perbukitan atau tebing. Secara teoritis jangkauan pemindahan air dengan mengikuti lereng perbukitan, selain lebih jauh juga membutuhkan biaya lebih besar. Untuk mengatasi masalah tersebut, dalam pekerjaan teknik sipil dengan

kekhususan teknik hidrolika dipakai metode pipa siphon [Santosh, khumar garg,1981].

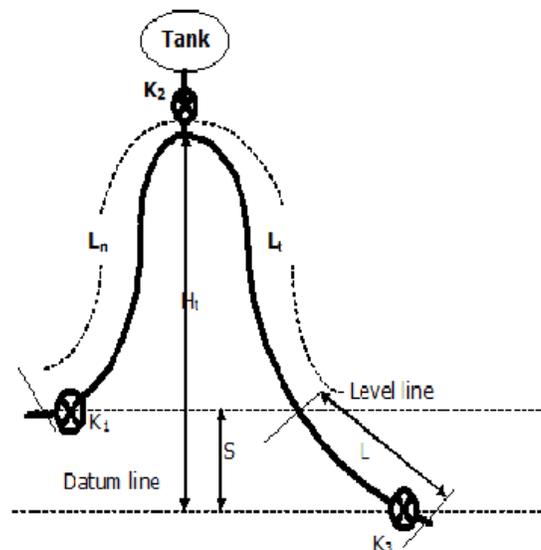
Jaringan pipa siphon adalah satu bentangan pipa yang berfungsi sebagai jembatan. Pemindahan sejumlah air dengan tetap menggunakan prinsip alamiah yaitu titik muka air masuk lebih tinggi dibandingkan titik muka air keluar. Bentangan pipa ini diletakan sedemikian rupa mengikuti kontur muka tanah bukit dengan ketinggian tertentu (Khurmi, 1976). Dalam prakteknya, jaringan pipa siphon jarak pendek banyak dipakai, antara lain pada persimpangan dua kanal, jaringan pipa gas atau jaringan pipa air yang ditopang rangka baja melintas di atas sungai. Demikian juga saluran hantar pada pusat listrik tenaga air jenis run off river, pipa tipe U dipakai untuk mengatasi rintangan berupa jurang relatif dangkal dengan celah sempit. Pemakaian jaringan pipa siphon jarak jauh relatif tidak ada. Hal ini adanya beberapa anggapan yang menyatakan bahwa dari segi teknis tidak praktis dan dari segi unjuk kerja tidak memuaskan.

### DESKRIPSI PIPA SIPHON

Jaringan pipa siphon sebagai alat pemindah air, merupakan pompa alami untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain melalui satu ketinggian tertentu dimana pipa tersebut diletakan. Jaringan pipa siphon dipakai untuk keperluan lahan-lahan pertanian, penyediaan air minum penduduk dan peternakan. (Selwyn et.al, 2002). Berdasarkan kajian-kajian ilmiah, baik [Lance Brown, 2006] maupun [Richard Fowley, 2000], mengungkapkan bahwa terdapat kesamaan teknik dalam hal tata cara dan prinsip operasi. Langkah-langkah yang sangat mendasar dalam permulaan operasi,

yaitu jaringan pipa siphon harus diisi air terlebih dahulu. Pengisian air harus diusahakan sedemikian rupa sehingga tidak ada udara yang terjebak didalamnya.

Dalam kaitan ini, [Richard Fowley, 2000] memberikan penjelasan secara singkat bahwa pada titik puncak pipa siphon dipasang satu pompa vakum. Pompa ini digerakan oleh motor listrik dengan kapasitas tertentu dan bertujuan untuk mengekstraksi udara yang ada dalam pipa itu. Hal lain yang diungkapkan yaitu puncak jaringan pipa siphon yang dilihat dari titik muka air masuk, harus disesuaikan dengan suhu dan tekanan udara lingkungan.



Gambar 1. Sketsa jaringan pipa siphon

Sketsa jaringan pipa siphon seperti tertera pada Gambar.1. terbagi menjadi 3 (tiga) bagian utama. Bagian pertama yaitu bagian pipa naik dengan kelengkapan terdiri dari klep masuk, katup masuk  $K_1$ , ukuran pipa  $d_2$  dan panjang bentangan pipa  $L_n$ . Klep masuk adalah klep satu arah, berfungsi untuk menahan air agar tidak terbang kembali sebelum katup masuk  $K_1$  dioperasikan

menutup. Bagian kedua yaitu bagian pemrosesan laju air awal dengan kelengkapan terdiri dari tangki atas sebagai reservoir cadangan dan katup atas  $K_2$ . Semuanya ditempatkan pada puncak system pipa siphon. Bagian ketiga adalah bagian pipa turun yang terdiri dari ukuran pipa  $d_1$ , panjang bentangan pipa  $L_1$ , panjang pipa level  $L$  dan katup keluar  $K_3$ . Pipa level adalah pipa turun yang berada diantara garis level dan garis datum. Sedangkan tinggi level  $S$  adalah beda potensial gravitasi antara muka air masuk dan muka air keluar yang dibatasi oleh garis level dan garis datum. Tinggi jatuh air  $H_t$  adalah tinggi puncak jaringan pipa siphon yang dinyatakan oleh titik persambungan pipa naik dan pipa turun yang diukur dari garis datum.

#### METODE EKSPERIMEN

Proses pelaksanaan operasi pipa siphon ini terdiri dari tiga tahap sebagai berikut : tahap pertama klep masuk dan katup keluar  $K_3$  dalam keadaan tertutup sedangkan katup atas  $K_2$  dan penutup tangki dibuka, selanjutnya pipa siphon ini diisi air sampai penuh.



Gambar 2. Rancangan Pipa siphon dengan tinggi jatuh 3 meter

Tahap kedua adalah tahap awal beroperasi. Mula-mula katup masuk  $K_1$  dibuka tetapi air pada pipa naik tetap tertahan oleh klep masuk. Karena katup buang dibuka maka dalam keadaan menerima tarikan gravitasi bumi, air pada tangki dan pipa turun akan mengalir deras. Tahap ketiga, setelah jangka waktu tertentu dan kecepatan aliran air dianggap tetap, maka penutup tangki dan katup atas  $K_2$  ditutup secara mendadak bersama-sama. Pada kondisi ini, air dalam tangki dan air disepanjang pipa turun akan tertahan sesaat. Sementara itu aliran air yang tertahan akan menimbulkan gaya dinamik yang lebih besar dari gaya statik air pada pipa naik. Selisih kedua gaya-gaya ini merupakan gaya tarik yang tersedia pada pipa turun yang berada di garis level dan garis datum. Karena gaya pada sisi pipa turun lebih besar, maka air

yang berada pada sisi pipa naik akan ditarik pada kecepatan tertentu dan berpindah tempat. Kecepatan aliran ini bergerak secara transisi menuju pada kecepatan aliran yang tetap setelah beberapa waktu.

Gambar.2. merupakan rancangan percobaan sistem pipa siphon dengan ukuran tinggi jatuh 3 meter. Tampak bahwa alatalat yang digunakan dalam penelitian terdiri dari alat ukur dan alat bantu sebagai berikut :

1. Pompa listrik 220V/50Hz, 125 Watt
2. Timbangan 0 – 100 kg
3. Pencatat waktu (Stop watch)
4. Pengukur suhu ruangan
5. Pengukur tekanan udara
6. Pelampung dan limit switch
7. Bak penampung atas
8. Bak penampung bawah

Pompa listrik dipakai untuk memindahkan air dari bak penampung bawah ke bak penampung atas sehingga air yang dipakai pada penelitian ini volumenya tetap. Air pada bak penampung bawah ditambah apabila selama penelitian berlangsung terjadi adanya penguapan. System pipa siphon ini beroperasi secara terus menerus selama waktu diperlukan. Pompa listrik dan peralatan lainnya beroperasi secara siklik yaitu hanya beroperasi pada saat pengisian dan berhenti beroperasi selama proses pengosongan bak penampung atas. Suhu dan tekanan udara dicatat bersama-sama dengan massa air dan waktu saat bak penampung atas kosong. Diagram alir pengukuran untuk berbagai ukuran pipa seperti tertera pada Gambar3.

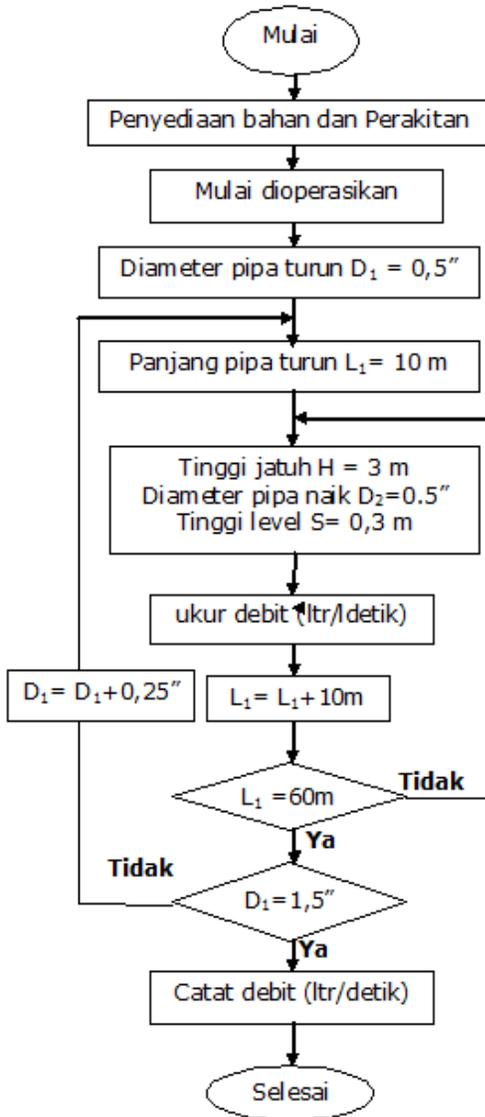
### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil-hasil pengukuran yang dilakukan baik volume air yang dapat dipindahkan maupun

waktu yang dicatat, tertera pada Tabel 1. Data-data yang tertera pada Tabel 1., merupakan akumulasi data dari serangkaian pengukuran yang dilakukan. Untuk setiap bentangan pipa, pelaksanaan pengukuran dilakukan selama 5 (lima) hari berturut-turut. Sedangkan untuk kelompok waktu dimana pengukuran dilakukan, dibagi menjadi : pk 06<sup>00</sup>-07<sup>00</sup>, pk 12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup>, pk 18<sup>00</sup>-19<sup>00</sup> dan pk 00<sup>00</sup>-01<sup>00</sup>. Dengan demikian untuk 4 bentangan pipa siphon dengan diameter pipa masing-masing 0,5", 0,75", 1,0", 1,25" dan bentangan untuk tiap-tiap diameter pipa turun ditetapkan panjangnya 10, 20, 30, 40 dan 50 meter.

Selama pengukuran dilakukan, penunjukan tekanan udara tidak mengalami perubahan berarti. Demikian juga dengan penunjukan suhu udara, tercatat minimum 25 °C untuk pengukuran pada pk 00<sup>00</sup>-01<sup>00</sup>, sedangkan pada siang hari pk 12<sup>00</sup>-13<sup>00</sup> tercatat maksimum 31°C. Dengan melihat data-data pengukuran tampak bahwa Kedua besaran ini tidak memberi pengaruh terhadap debit air. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut : pertama karena lokasi penelitian berada pada ketinggian + 4,5 meter dari permukaan laut, jadi tekanan udara relatif tidak berubah. Kedua bahwa meskipun tekanan air pada titik puncak menurun sesuai dengan tinggi jatuhnya, tetapi perubahan suhu udara sekeliling ini tidak menyebabkan terjadinya proses penguapan air. Telah diketahui bahwa penguapan air dapat terjadi secara alamiah yaitu penguapan permukaan pada suhu 30 °C dan 760 mmHg. Sedangkan pada kondisi abnormal, proses penguapan air akan terjadi pada suhu 20 °C dan tekanan uapnya sebesar 17.5 mmHg. Dengan demikian agar jaringan pipa siphon dapat beroperasi dengan baik,

maka ukuran tinggi jatuh dan tinggi level pada pemasangan pipa siphon ini harus disesuaikan dengan kondisi topografi.

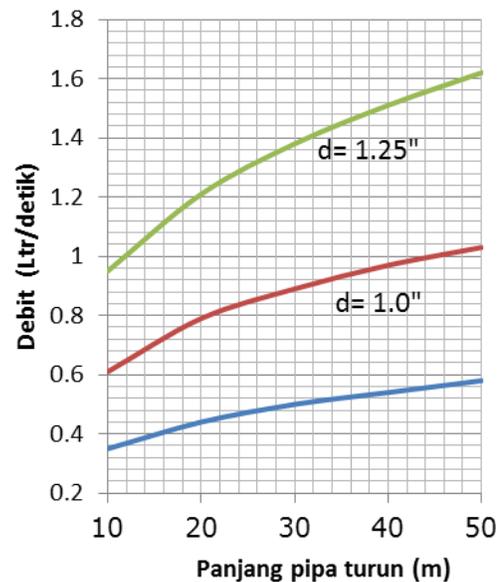


Gambar.3. Diagram alir operasi pipa siphon  
Tabel.1 Data hasil pengukuran debit air rata-rata

Panjang Pipa turun (meter)	Laju aliran massa air (Liter/detik)			
	Diameter pipa=0,5"	Diameter pipa=0,75"	Diameter pipa=1,0"	Diameter pipa=1,25"
10	0,13	0,27	0,45	0,66
20	0,17	0,35	0,58	0,85
30	0,19	0,41	0,68	1,00
40	0,21	0,45	0,76	1,13
50	0,22	0,48	0,83	1,23

- Tekanan udara  $p = 760 \text{ mmHg}$   
- Suhu keliling rerata  $\theta = 28^{\circ}\text{C}$

Gambar 4, menunjukkan grafik hubungan panjang pipa turun dan debit keluaran yang dihasilkan oleh ukuran diameter pipa 0.75", 1.00" dan 1,25". Profil hubungan panjang pipa turun terhadap debit air, dapat dijelaskan sebagai berikut : kurva debit air naik dengan bertambahnya panjang pipa turun  $L_t$ , meskipun tinggi level  $S$  tetap



Gambar 4. Kurva hubungan panjang pipa turun dan debit

Kenaikan debit air ini mempunyai kecenderungan naik secara eksponensial untuk tiap-tiap ukuran pipa yang dipakai.

Terlihat bahwa untuk panjang pipa turun 10 m, penambahan debit mendekati kelipatan 2 pada skala tersebut. Namun demikian penambahan debit ini cenderung terus menurun seiring dengan penambahan panjang pipa turun. Keadaan ini memberikan beberapa arti yang spesifik. Pertama perbandingan koefisien hambat pipa terhadap massa air persatuan panjang pipa berbeda-beda sehingga didapatkan konstanta waktunya berbeda-beda pula. Berdasarkan Gambar 4. Dapat diperkirakan debit air akan mengalami kejenuhan meskipun panjang pipa turun terus ditambahkan panjangnya. Terlihat juga bahwa pada keadaan mantap, debit air cenderung menunjukkan kelipatan 4 pada skala tersebut.

Hal ini berarti bahwa pada jangkauan yang sama, unjuk kerja pipa siphon akan naik dengan bertambahnya ukuran diameter pipa.

#### KESIMPULAN

Hasil-hasil yang dicapai melalui serangkaian pengukuran terhadap laju aliran massa airdan waktu pemindahan, dapat disimpulkan bahwa:

- Pada sistem pipa siphon dengan tinggi jatuh  $H_t = 3$  meter, kondisi lingkungan sekitar baik tekanan udara yang berkisar 760 mmHg dan suhu udara keliling yang berkisar antara  $25^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ , tidak memberi pengaruh berarti terhadap karakteristik laju aliran air.

- Dengan diameter pipa berbeda-beda, menunjukkan bahwa :
  1. Laju aliran air cenderung meningkat mendekati kelipatan 2.
  2. Laju aliran air mempunyai konstanta waktu berbeda.
- Dengan disain yang sesuai dan tepat, jaringan pipa siphon tetap mampu memindahkan massa air dalam jumlah besar.
- Laju aliran air cenderung meningkat mengikuti kurva eksponensial dengan penambahan panjang pipa turun.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Bambang Pramono, et.al, **"Pengembangan Dan Pengelolaan Irigasi"** penerbit Deputi Bidang Sumber Daya air, Departemen Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Jakarta, 2000.
2. Lance Brown, **"Understanding Gravity-Flow Pipelines"**, Livestock Watering, Ministry Agriculture and Lands, British Colombia, January 2006.
3. Richard Fowley, **"Water Conveyance With Syphons"**, PFRA-ARAP, Agriculture and Agrifood Canada,, Canada, 2000.
4. R.S. Khurmi, **"Hydraulics Fluid Mechanics And Hydraulics Machines"** Chand & Company LTD, New Delhi, 1976.
5. Santosh, Kumar Garg, **"Irrigation Engineerings And Hydraulics Structures"**, Khana publisher, New Delhi, 1981.
6. Selwyn, Fredericj, Philip, **"Water Supply Installations"** World Intellectual Property Organization, WO 02/33265 A1, 25 April 2002.