# KARAKTERISTIK BAHAN UNTUK PIPA LATERAL BERPORI PADA IRIGASI TETES METODE VIA - FLOW

## *Fluid Characteristics at Material for Porous Lateral Pipe with Via-Flow Method at Trickle Irrigation*

Netty Kurniadi[1], Dedi Kusnadi[2] dan Nora Herdiana Pandjaitan[2]


### *ABSTRACT*

*Trickle Irrigation System with porous pipe as an etnitter is introduced in Indonesia recently and this system still use import equipments To use it in Indonesia, it is necessary to modified the pipe by local material*

*This research tries to find a suitable material for porous lateral pipe, its mean outflow, its coefficient of uniformity and distribution of outflow along the pipe. The material that is used in this research is Parachute and Fatnatex cloth with 20 cm long.*

*The research shows that the Famatex cloth with 8 cm circumference, gives a better performance and can be used for the further research. Besides, the bigger head is used, the faster water flow and the bigger mean outflow from the material to the ground surface.*


*Keywords: via-flow, trickle irrigation system, porous lateral pipe, gravitation*

## PENDAHULUAN

Kemajuan pertanian menuju agribisnis dan agroindustri harus ditunjang dengan penggunaan teknologi yang tepat guna untuk meningkatkan efisiensi dan efektifitas pelaksanaannya. Salah satu teknologi dalam bidang pertanian adalah teknologi irigasi.

Dari beberapa metoda irigasi yang dikenal masyarakat saat ini, metoda irigasi teteslah yang paling hemat air. Metode ini dibedakan menurut penetesnya seperti *orifice emitters, long path emitters, double-wall pipes* dan *porous pipe* (pipa berpori). Teknologi penetes pipa berpori baru diperkenalkan di Indonesia. Pada metoda irigasi tetes pips berpori, penetesan dilakukan melalui jutaan lubang/pori sepanjang pipa lateral. Metoda ini disebut via-flow. Pipa pipih berpori ini, terbuat dari bahan plastik, yang masih diimport dari negara lain. Oleh karena itu agar para petani tingkat menengah dapat mengunakan metoda ini, bahan pembuat pipa tersebut perlu diganti dengan bahan lain dengan harga yang lebih terjangkau.

[1] Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor
[2] Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Menurut Jansen (1983) metode via-flow merupakan system penyaluran air menggunakan pipa dengan banyak lubang-lubang kecil, aliran yang keluar dari pipa berpori tersebut tergantung dari gravitasi, jenis bahan dan tekanan operasional. Menurut Dini (1998), metoda via-flow merupakan pemberian air dengan system irigasi tetes yang lubang-lubang pengeluarannya berupa pori-pori (membran) sehingga air yang keluar berbentuk tetesan air sepanjang pipa. Sistem ini sangat sesuai digunakan untuk budidaya tanaman di lahan yang memiliki jarak tanam cukup rapat dan merupakan tanaman semusim, karena pipa perlu dibersihkan dalam jangka waktu tertentu.

Pipa via-flow hanya dapat digunakan untuk penanaman di bedengan karena bentuknya yang memanjang. Ada dua cara penempatan pipa via-flow, yaitu (1) diletakkan di tanah dan (2) dibenamkan di dalam tanah. Jika dibenamkan di dalam tanah pertumbuhan gang-gang di permukaan tanah terhambat, namun kerugiannya bagian luar pipa via-flow akan kotor sekali dan agak sulit membersihkannya. Pipa lateral ini dapat dipasang mengikuti kontur tanah yang naik turun, hanya saja perbedaan ketinggian tidak lebih dari 0.5 meter. Air dialirkan dengan pompa berkekuatan 1 atm. Jika kontur tanah berbukit distribusi air dapat dilakukan dengan memanfaatkan gaya gravitasi (Dini, 1997).

Pipa yang digunakan harus dapat mengalirkan air sepanjang sekitar 20 m atau lebih, supaya dapat mencakup lahan minimal seluas 0.5 ha.

Penelitian ini mencoba untuk memodifikasi bahan pipa dengan menggunakan bahan tekstil yang tersedia di pasaran dalam negeri . Diharapkan penelitian ini akan menghasilkan data karakteristik bahan pipa yang sesuai dengan pipa pipih lateral berpori yang sudah ada.

Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui kebutuhan kain untuk membuat pipa pipih dari bahan Parasut dan Famatex serta tipe jaliitan yang mudah pembuatannya;dan (2) mengetahui hubungan debit rembesan rata-rata. koefisien keseragaman dan sebaran debit rembesan sepanjang lateral pada 3 tingkat tehanan operasional (Head, h).

## BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrolika dan Hidromekanika, Teknik Pertanian, FATETA, IPB.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa pipih yang terbuat dari bahan Tekstil; Famatex (lebar kain : 1.5 m) dan Parasut (lebar kain: 1.2 m) sepanjang 20 m. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

a. Mesin jahit, untuk membuat pipa lateral berpori
b. Pompa listrik, yang digunakan sebagai pemasok air dan untuk menjaga agar ***Head*** dalam keadaan stabil pada saat percobaan.
c. Drum penampung, untuk menampung air, yang dilengkapi dengan selang plastik transparan 0.5" untuk mengetahui tinggi muka air di dalam drum.

d. Penyanggah, untuk membuat head yang lebih tinggi digunakan 2 drum yaitu: drum kecil setinggi 0.475 m dan drum besar setinggi 0.88 m
e. Penampung rembesan dan gelas ukur untuk mengukur volume rembesan

**Pembuatan Pipa Lateral**

Mula-mula kain dilipat dua menurut lebarnya, kemudian digunting melintang dengan lebar sesuai ukuran yang dikehendaki, yaitu keliling pipa 4 cm dan 8 cm. Lebar potongan untuk pipa dengan keliling 4 cm dan tipe jahitan A : 8 cm sedangkan tipe jahitan B: 10 cm. Untuk pipa dengan keliling 8 cm dan tipe jahitan A : 12 cm sedangkan tipe jahitan B : 14 cm.

Setelah kain selesai dipotong, kemudian potongan yang satu disambung dengan potongan yang lain menggunakan kampuli 2 cm. Setelah semua potongan tersambung dilanjutkan dengan pembuatan pipa sesuai model yang diinginkan, yaitu tipe jahitan A atau B.

**Pengamatan dan Pengukuran**

Dalam penelitian ini pipa pipih diletakkan di atas pasangan batu dengan relief yang datar. Untuk head 0.9 m drum penampung air irigasi limpasan diletakkan di tempat yang lebih rendah daripada drum penampung yang lain. Untuk head 1.3 m drum penampung air irigasi diletakkan di atas druin kecil. Sedangkan untuk Head 1.8 m, drum penampung air irigasi diletakkan di atas drum besar dan drum penampung air limpasan diletakkan di atas drum kecil, seperti terlihat pada Gambar 1.

Setelah siap kedua buah drum tersebut diisi air hingga penuh. Untuk menjaga kestabilan head pada proses irigasi tetes metoda via-flow ini, maka drum penampung diberi air secara kontinu dengan menggunakan pompa.

Pada proses percobaan irigasi tetes dilakukan pengamatan dan pengukuran terhadap parameter berikut :

a. Laju aliran air, dengan mengukur waktu (menggunakan stopwatch) yang dibutuhkan aliran untuk mencapai jarak L = 2 m, 4 m, 6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, 16 m, 18 m, dan 20 m dari pangkal pipa pipih.
b. Debit rembesan, dengan mengukur volume rembesan di 6 titik yaitu pada L = 0 m, 4 m, 8 m, 12 m, 16 m, dan 20 m, sejak kran dibuka hingga 15-60 menit setelah kran ditutup. Pengukuran dilaku-kan dengan gelas piala dan gelas ukur.
c. Volume irigasi,didapat dari selisih volume aktual yang tercatat dalam flow meter sebelum dan setelah kran ditutup.
d. .Head, yaitu tinggi muka air (di dalam drum penampung air irigasi) dari permukaan tanah (pasangan batu).
e. Panjang maksimum aliran air,yaitu jarak terjauh yang dicapai aliran air selama percobaan.

**Analisis Teknik**

1) Kebutuhan kain

Untuk membuat pipa pipih kebutuhan kain dihitung dengan rumus :

Pk = Jp.Lp ........................ (1)

dimana :

Jp = Pp/((L - K)/100) .........(2)

Pk : Panjang kain, cm;
Jp : Jumlah potongan, potong;
Lp : Lebar potongan, cm;
Pp : Panjang pipa, m;
L : Lebar kain, cm;
K : Kampuh, cm.

2) Laju aliran dihitung dengan persamaan :

v = dL/dt ..........................(3)

dimana :
v : kecepatan aliran, m/dt;
dL : perubahan panjang aliran, m;
dt : perubahan waktu, detik.

3) Volume aktual dihitung dengan menggunakan program linier :

Vn' = 1.016 Vn - 132.1 (4)

dimana:
Vn' : Volume aktual ke-n, It ;
Vn: Volume terukur ke-n, It.

4) Debit rembesan dihitung dengan:

q = V/(t.Ls) .................... (5)

dimana :
q : debit rembesan, lt/dt per m;
V : Volume rembesan, It;
t : Lama percobaan, detik;
Ls : Lebar pengambilan data volume rembesan, m.

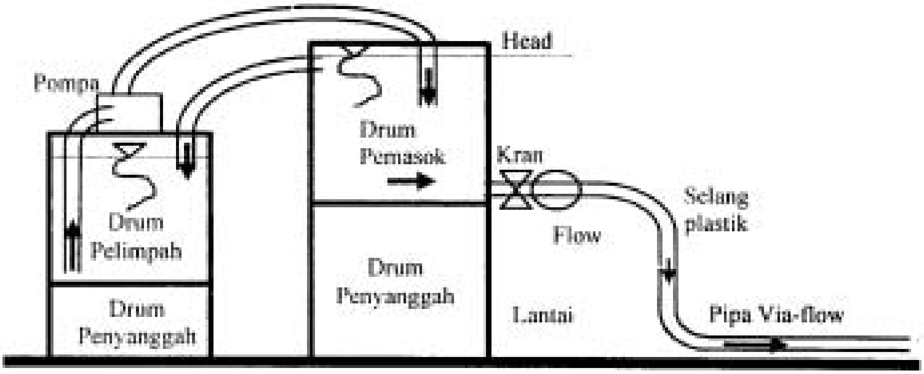
5) Debit rembesan sepanjang pipa sebesar :

Q = (Vn' - Vn-1')/(t.Lmax) .. (6)

dimana :
Q : Debit rembesan sepanjang pipa lateral, lt/dt per m;
Vn': Volume aktual ke-n, It;
Vn-1: Volume aktual ke-n-1, It;
t : lama percobaan, detik;
Lmax : panjang aliran maksimum, m.

6) Koefisien keseragaman :

Cu = 1 - (abs. D / qr) ....... *(7)*




**Gambar 1.** Skema peralatan percobaan pada head 1,8 m

dimana :

abs.D = abs (q - qr) ......... (8)

Cu : Nilai keseragaman;
abs.D: Absolut deviasi debit rembesan, lt/dt per m;
qr : rata-rata debit rembesan, lt/dt per m;
abs : absolut;
q : debit rembesan, lt/dt per m.

Perhitungan di atas didasarkan pada asumsi:

1. Tidak terjadi kebocoran selama pengukuran volume rembesan
2. Tidak terjadi penguapan selama pengamatan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kebutuhan kain

Dari hasil perhitungan berdasarkan persamaan (2) diperoleh jumlah potongan untuk kain Famatex sebanyak 14 potong sedangkan untuk kain Parasut sebanyak 18 potong. Hal ini dikarenakan lebar kain dari kedua jenis tekstil tersebut berbeda yaitu 150 cm untuk kain Famatex dan 120 cm untuk kain Parasut.

Dengan memasukkan data tersebut ke dalam persamaan (1), diperoleh kebutuhan kain untuk pipa pipih Famatex keliling 4 cm dengan tipe jahitan A : 112 cm dan tipe jahitan B : 140 cm, sementara untuk keliling 8 cm dengan tipe jahitan A : 168 cm dan tipe jahitan B : 196 cm. Sedangkan untuk pipa pipih Parasut keliling 4 cm dengan tipe jahitan A 144 cm dan tipe jahitan B : 180 cm, sementara untuk keliling 8 cm dengan tipe jahitan A : 216 cm dan tipe jahitan B : 252 cm.

### Hubungan panjang aliran dan waktu

Hasil pengamatan terhadap pipa pipih yang terbuat dari bahan tekstil ini dalam hubungan antara panjang aliran L (m) dengan waktu t (dt) dan panjang aliran maksimum L max (m) pada berbagai perlakuan tercantum pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 pipa pipih yang terbuat dari bahan tekstil Famatex dengan keliling 8 cm alirannya dapat mencapai 20 m dengan waktu yang cukup baik pada berbagai head; 0.9 m, 1.3 m, dan 1.8 m, baik tipe jahitan A maupun tipe jahitan B. Akan tetapi pada ukuran keliling 4 cm, hanya tipe jahitan B. pada head 1.3 m yang menunjukkan hasil yang cukup baik yaitu alirannya dapat mencapai 19.6 m.

Semakin besar headnya, maka alirannya semakin cepat, hal ini menunjukan berlakunya Dalil Torricelli yang menyatakan bahwa kecepatan aliran keluar sama dengan kecepatan jatuh bebas dari reservoar, V = $\sqrt{(2gH)}$, yang menunjukkan kecepatan aliran keluar berbanding lurus dengan head yang digunakan. Tipe jahitan B menunjukkan tahanan aliran terkecil, lebih baik dari pada tipe jahitan A. Hal ini dapat diiihat dalam Gambar 2.

Untuk pipa Parasut menunjukkan hasil yang kurang baik, karena pori-porinya terlalu besar sehingga rembesan di pangkal aliran terlalu besar dan tidak mampu mengalir sampai ke ujung.

### Debit rembesan rata-rata, koefisien keseragaman dan sebaran debit sepanjang lateral

Hubungan debit rembesan rata-rata Q, koefisien keseragaman CU dan sebaran debit sepanjang lateral q, pada berbagai perlakuan yang terpilih tercantum pada Tabel 2.

Nilai keseragaman (CU) pipa pipih Famatex dengan keliling 8 cm, baik dengan tipe jahitan A maupun tipe jahitan B menunjukkan nilai CU yang cukup baik yaitu berkisar antara 0.65 sampai dengan 0.79.

**Tabel 1.** Hubungan panjang aliran/L, waktu/t dan panjang aliran maksi-mum/L max, pada head 0.9m, 1.3m serta 1.8m, dengan pipa dari bahan Famatex/F dan Parasut/P

| | PERLAKUAN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Kode | FA4.0.9 | FA4.1.3 | FA4.1.8 | FB4.0.9 | FB4.1.3 | FB4.1.8 | FA8.0.9 | FA8.1.3 | FA8.1.8 | FB8.0.9 | FB8.1.3 | FB8.1.8 |
| L, m | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 2 | 6.0 | 5.0 | 4.5 | 33.0 | 2.0 | 2.5 | 7.3 | 5.7 | 6.3 | 6.0 | 5.0 | 5.3 |
| 4 | 17.5 | 148.5 | 11.5 | 6.0 | 5.0 | 4.5 | 17.3 | 14.0 | 15.3 | 14.0 | 12.3 | 12.7 |
| 6 | 108.0 | | 28.0 | 10.7 | 8.7 | 8.5 | 28.7 | 23.3 | 25.7 | 24.3 | 21.3 | 21.0 |
| 8 | | | 533.0 | 19.7 | 13.3 | 13.0 | 41.7 | 34.7 | 38.0 | 34.0 | 30.3 | 28.7 |
| 10 | | | | 174.0 | 19.7 | 22.3 | 55.0 | 48.3 | 52.0 | 45.3 | 41.7 | 38.0 |
| 12 | | | | | 28.3 | 41.5 | 71.3 | 64.3 | 66.0 | 58.0 | 52.3 | 47.0 |
| 14 | | | | | 41.7 | 129.5 | 98.0 | 86.0 | 83.0 | 75.0 | 65.3 | 58.3 |
| 16 | | | | | 54.3 | | 127.7 | 112.0 | 105.3 | 90.3 | 78.7 | 68.7 |
| 18 | | | | | 123.0 | | 228.0 | 167.3 | 144.0 | 112.0 | 96.3 | 83.7 |
| 20 | | | | | | | 313.3 | 270.3 | 192.7 | 135.0 | 119.3 | 104.7 |
| L max, m | 7.7 | 5.2 | 8.1 | 11.5 | 19.6 | 15.7 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 |

| | PERLAKUAN | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Kode | PA4.0.9 | PA4.1.3 | PA4.1.8 | PB4.0.9 | PB4.1.3 | PB4.1.8 | PA8.0.9 | PA8.1.3 | PA8.1.8 | PB8.0.9 | PB8.1.3 | PB8.1.8 |
| L, m | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt | t, dt |
| 0 | 0.0 | 0.0 | td | 0.0 | 0.0 | td | 0.0 | 0.0 | td | 0.0 | 0.0 | td |
| 2 | | 4.5 | | 44.0 | 216.7 | | 12.7 | 15.0 | | 127.7 | 303.0 | |
| 4 | | 174.0 | | | | | 36.7 | | | | | |
| 6 | | | | | | | 90.3 | | | | | |
| 8 | | | | | | | 141.7 | | | | | |
| 10 | | | | | | | 386.0 | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | |
| L max, m | 1.5 | 4.5 | | 2.9 | 2.8 | | 10.7 | 3.7 | | 33.1 | 2.4 | |

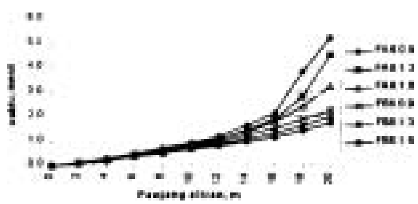
Keterangan : Td : tidak perlu dilakukan percobaan,
FA4,FB8,PA8,PB4 : pipa dari kain Famatex/Parasut dengan jahitan tipe A/B dan keliling 4 cm/8 cm

**Tabel 2.** Hubungan antara debit rembesan rata-rata, koefisien keseragaman dan sebaran debit rembesan sepanjang lateral

| Perla-kuan | L max (m) | Q (lt/mnt/m) | CU | q (lt/mnt/m) Pada jarak sepanjang pipa (m) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| FA8.0.9 | 20.0 | 0.26 | 0.73 | 0.28 | 0.14 | 0.27 | 0.17 | 0.23 | 0.14 |
| FA8.1.3 | 20.0 | 0.39 | 0.69 | 0.54 | 0.29 | 0.31 | 0.29 | 0.17 | 0.15 |
| FA8.1.8 | 20.0 | 0.44 | 0.74 | 0.54 | 0.45 | 0.34 | 0.36 | 0.28 | 0.23 |
| FB8.0.9 | 20.0 | 0.30 | 0.79 | 0.37 | 0.19 | 0.24 | 0.18 | 0.22 | 0.21 |
| FB8.1.3 | 20.0 | 0.38 | 0.79 | 0.53 | 0.4 | 0.26 | 0.31 | 0.28 | 0.34 |
| FB8.1.8 | 20.0 | 0.43 | 0.79 | 0.54 | 0.35 | 0.26 | 0.29 | 0.28 | 0.35 |
| FB4.1.3 | 19.6 | 0.24 | 0.54 | 0.40 | 0.29 | 0.16 | 0.18 | 0.12 | 0.01 |

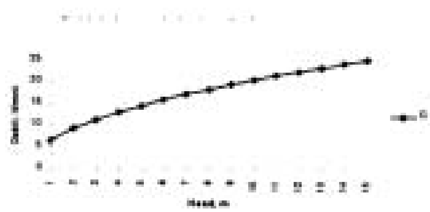
## Hubungan Debit Keluar dengan Tekanan Operasional

Hubungan debit aktual dengan debit hitung dapat dilihat dari Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut dengan mengambil nilai Cd rata rata 0.19, maka diperoleh persamaan: $Q=0.19 A\sqrt{(2.g.H)}$ Nilai koevisien debit yang diperoleh kecil. Hal ini disebabkan karena adanya kehilangan tekanan akibat pemakaian flow - meter, beberapa sambungan sepanjang pipa utama dan terutama tahanan aliran sepanjang pipa via-flow. Pipa yang digunakan adalah pipa dari bahan Famatex dengan tipe jahitan B dan keliling 8 cm.



**Gambar 2. Kurva** kecepatan aliran pada pipa Famatex dengan keliling 8 cm

Dengan memasukkan nilai luas penampang aliran untuk pipa utama 1/2" dan kecepatan gravitasi sebesar 9.81 m/dt pada persamaan tersebut, maka diperoleh kurva hubungan debit Q(lt/mnt) dan tekanan operasional H (meter) yang ditunjukkan dalam Gambar *3* pada kondisi pipa manifold 1/2", pipa via-flow: keliling 8 cm, panjang 20 m, dan satu lateral beroperasi.



**Gambar 3.** Kurva hubungan debit keluar pada berbagai tekanan operasional

**Tabel 3.** Hubungan debit actual /Q dan debit hitung/Q' (pipa Famatex )

| (lt/mnt) | (meter) | (lt/mnt) | Q=Cd.Q' |
|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | 38.5 | 0.20 |
| 8.6 | [illegible] | 45.3 | 0.19 |

**Jenis pipa pipih yang dapat digunakan untuk penelitian lebih lanjut**

Dari perliitungan data yang diperoleh dalam percobaan, pipa pipih yang dapat digunakan untuk penelitian lebili lanjut adalah pipa pipih Famatex tipe jahitan B dengan keliling 8 cm, sebab mempunyai keunggulan baik dari segi keseragaman rembesan maupun dari segi kepraktisan pembuatannya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

1. Tipe jaliitan B lebih praktis pembuat-annya dari pada tipe jahitan A
2. Kebutuhan kain untuk rnembuat pipa lateral berpori sepanjang 20 m, jenis kain Farnatex dengan keliling 4 cm tipe jaliitan A : 112 cm, B : 140 cm, untuk keliling 8 cm tipe jahitan A : 163 cm, B : 196 cm. Untuk jenis kain Parasut dengan keliling 4 cm tipe jahitan A : 144 cni, B : 180 cm, untuk keliling 8 cm tipe jaliitan A : 216 cm, B : 252 cm
3. Pipa latral berpori kain Famatex dengan keliling 8 cm, alirannya dapat mencapai 20 m. Untuk keliling 4 cm, lianya pipa lateral berpori tipe jaliitan B yang alirannya terpanjang yaitu 19.6 m pada head 1.3 m
4. Semakin besar head yang digunakan, maka semakin cepat aliran yang terjadi
5. Semakin besar head yang digunakan, maka semakin besar pula debit rembesan rata-ratanya. Debit rembesan rata-rata (Q) pipa lateral berpori kain Farnatex dengan keliling 8 cm berkisar 0.3 - 0.4 lt/menit per m panjang pipa
6. Nilai keseragaman (CU) pipa lateral berpori kain Famatex dengan keliling 8 cm berkisar antara 0.69 sampai dengan 0.79
7. Hubungan debit keluar dan tekanan operasional diperlihatkan dalam persamaan: $Q = 0.19.A.\sqrt{(2.g.H)}$ pada kondisi pipa manifold 112 ", pipa via-flow : keliling 8 cm, panjang 20 m, satu lateral beroperasi.
8. Pipa lateral berpori kain Famatex tipe jaliitan B dengan keliling 8 cm dapat digunakan sebagai bahan penelitian lebili lanjut

### Saran

1. Gunakan pipa lateral berpori kain Farnatex tipe jahitan B dengan keliling 8 cm untuk penelitian lebih lanjut
2. Diperlukan percobaan di lahan dengan menggunakan lateral lebili dari 1 untuk melihat pengaruh mikro relief lahan akibat pengolahan terhadap parameter yang sudah diperoleh di laboratorium dan untuk mengetahui lebar pembasahan yang terjadi
3. Sebaiknya tidak menggunakan metoda pengambilan volume rembesan seperti dalam penelitian ini, karena tidak dapat mencakup volume rembesan seluruhnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Dini Syafrini, 1997. Aspek Keteknikan Pertanian Pada Kegiatan Budidaya Bunga Krisan

(Chrysanthemum sp.) di PT. Saung Mirwan Bogor, Jawa Barat. Laporan Praktek Lapang. Jurusan Teknik Pertanian. FATETA. IPB. Bogor.

______, 1998. Penentuan Kebutuhan Air Tanaman Krisan (Chrysanthemum sp.) di Dalam Rumah Kaca PT. Saung Mirwan, Mega Mendung, Bogor. Skripsi. Jurusan teknik Pertanian. FATETA IPB. Bogor.

Finkel, H.J., 1982. *Hand Book of Irrigation Technology.* CRC Press Inc. USA.

Hansen. O.W. Israelsen, and G.E. Stringham, 1986. Dasar-dasar dan Praktek Irigasi. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.

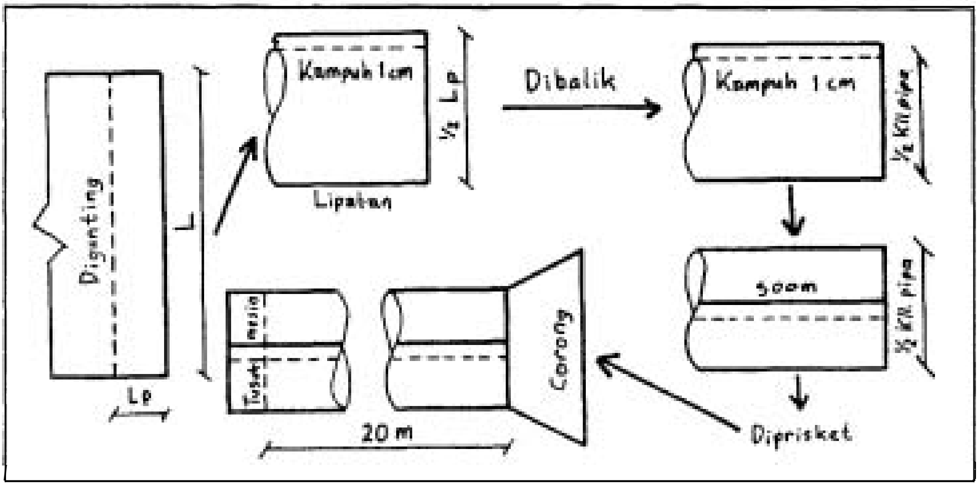
Jansen, M.E., 1983. *Design and Operation of Farm Irrigation Systems.* American Society of Agricultural Engineers. Mc. Graw Hill Book Co. New York.

Kruse, E.G., A. Buck dan R.D. von Bernuth, 1990. *Comparison of Irrigation System.* Di dalam B.A. Stewart dan D.R. Nielson, p.475. Medison, Wisconsin.

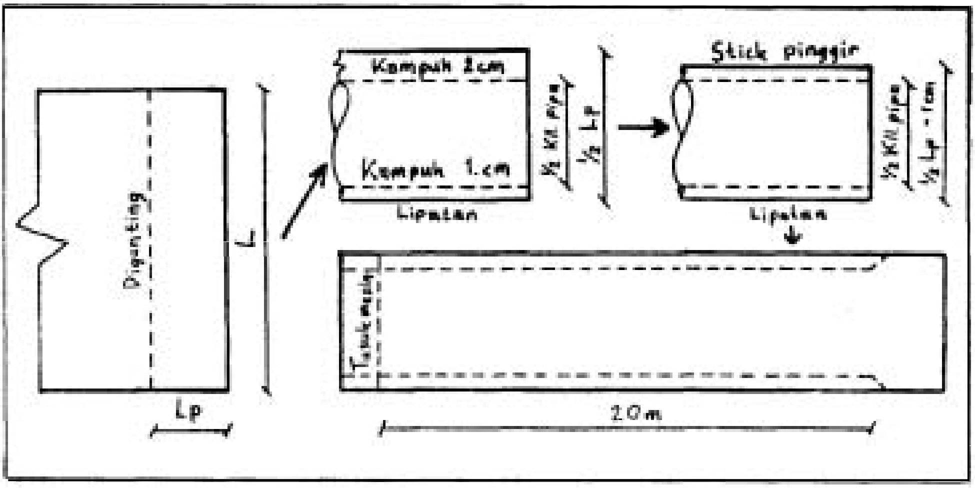
Muhammad, H.W., 1997. Bina Busana. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Schwab, G.O., R.H. Frevert., T.W. Edmister dan K.K. Barnes, 1981. *Soil and Water Conservution Engineering.* John Wiles and Sons. Inc. New York.

Streeter, V.L. and E. Benjamin Wylie, 1990. Mekanika Fluida. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.




Gambar 4. Skema pembuatan pipa pipih tipe A




Gambar 5. Skema pembuatan pipa pipih tipe B