

69/1

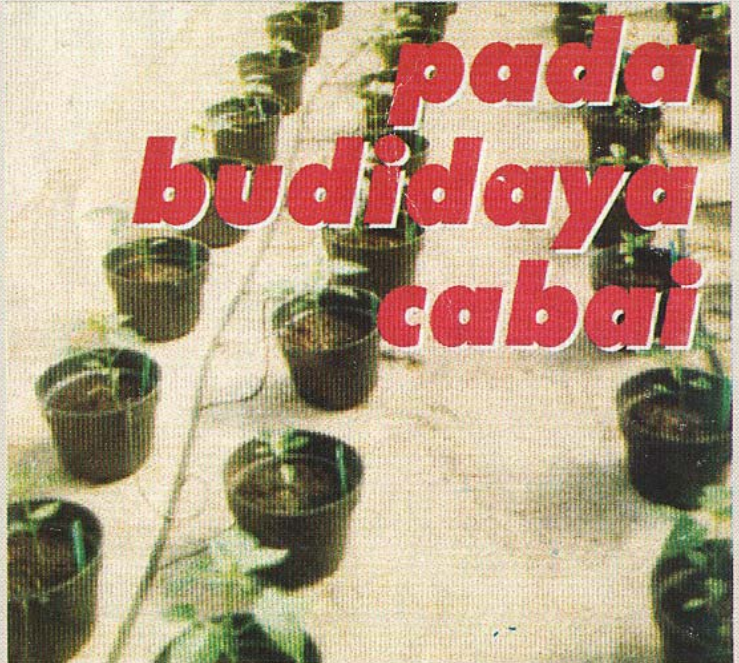


MONOGRAF NO. 09

ISBN : 979-8304-21-0

Agus Sumarna

Irigasi tetes



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN**

1998

9/I)

a Budidaya Cabai

: 979-8304-21-0

agus Sumarna

A 1998

Monograf No. 9

ISBN : 979-8304-21-0

IRIGASI TETES PADA BUDIDAYA CABAI

Oleh :

Agus Sumarna



**BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN HORTIKULTURA
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
1998**

Monograf No. 9

ISBN : 979-8304-21-0

IRIGASI TETES PADA BUDIDAYA CABAI

i – x + 31 halaman, 16,5 cm x 21,6 cm, cetakan pertama pada tahun 1998. Penerbitan buku ini dibiayai oleh APBN Tahun Anggaran 1998.

Oleh :

Agus Sumarna

Dewan Redaksi :

Yusdar Hilman dan Ati Srie Duriat

Redaksi Pelaksana :

Tonny K. Moekasan, Wahjuliana M. dan Wida Rahayu

Tata Letak :

Wahjuliana M. dan Wida Rahayu

Kulit Muka :

Tonny K. Moekasan

Alamat Penerbit :



BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN

Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Lembang - Bandung 40391

Telepon : 022 – 2786245; Fax. : 022 - 2786416

e.mail : ivec@balitsa.or.id

website :www.balitsa.or.id.

KATA PENGANTAR

Cabai merah adalah salah satu komoditas sayuran penting yang banyak diusahakan oleh petani di dataran rendah, dalam arti luas tanam dan nilai produksinya. Luas pertanaman cabai merah di Indonesia dari tahun ke tahun terus meningkat dan berkembang ke dataran tinggi sampai pada ketinggian 1400 m di atas permukaan air laut.

Pada umumnya, cabai merah ditanam pada akhir musim hujan atau menjelang musim kemarau, dengan tujuan untuk mengurangi atau menghindari kendala-kendala yang terjadi secara alamiah, yang biasa terjadi pada musim hujan. Tingginya kelembaban di sekitar tanaman karena curah hujan dapat menyebabkan pesatnya perkembangan penyakit. Selain itu, apabila hujan lebat, banyak bunga dan bakal buah yang gugur serta busuk. Sebaliknya masalah yang mungkin timbul di musim kemarau adalah terbatasnya ketersediaan sumber daya air, sehingga tidak selalu tersedia dalam kuantitas, kualitas dan pada lokasi serta waktu di mana dibutuhkan.

Walaupun dewasa ini jaringan irigasi yang ada di Indonesia pada umumnya menggunakan saluran terbuka, maka dengan tetap memperhatikan aspek kepraktisan (*workability*) dan kelayakannya (*feasibility*), sudah saatnya dicoba dan dikembangkan sistem lain seperti sistem irigasi tetes yang dapat menghemat pemakaian air karena air digunakan secara efektif dan efisien.

Pada Monograf ini dipaparkan beberapa aspek penting tentang irigasi tetes, khususnya pada budidaya cabai. Disadari materi yang disusun ini belumlah sempurna. Oleh karena itu segala saran dari berbagai pihak untuk perbaikan buku ini sangat diharapkan.

Akhir kata, kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan buku ini kami terima kasih.

Lembang, Pebruari 1998
Kepala Balai Penelitian
Tanaman Sayuran,

Dr. Ati Srie Duriat
NIP. 080 027 118

DAFTAR ISI

Bab	Halaman
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Ruang Lingkup Irigasi Tetes	2
1.3. Keuntungan dan kerugian Irigasi Tetes	5
II. HIDROLIKA IRIGASI TETES	7
2.1. Karakteristik Aliran	7
2.2. Hidrolika Penetas	8
2.3. Hidrolika Pipa Saluran Irigasi Tetes	10
III. IRIGASI TETES PADA TANAMAN CABAI	20
3.1. Kadar Air Tanah Optimum	20
3.2. Distribusi Air dalam Tanah	22
3.3. Keseragaman Emisi	24
3.4. Fertigasi	27
DAFTAR PUSTAKA	29

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Interaksi pengaruh tipe penetes dan tekanan terhadap keseragaman emisi (%)	9
Tabel 2. Pengaruh kelembaban tanah Latosol terhadap produksi cabai	21
Tabel 3. Pengaruh interval pengairan dengan sistem irigasi tetes terhadap komponen hasil cabai	22
Tabel 4. Interaksi tata letak sistem jaringan pipa irigasi tetes dengan tinggi tekanan terhadap keseragaman emisi	26
Tabel 5. Pengaruh sumber pupuk dan cara pemberiannya pada tanaman cabai paprika	28
Tabel 6. Pengaruh cara pemberian pupuk terhadap cabai merah .	28

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Skema irigasi tetes dan komponennnya	4
Gambar 2. Tipe penetes ("Emitter")	10
Gambar 3. Garis keseimbangan enersi	12
Gambar 4. Debit aliran dan tekanan sepanjang pipa	14
Gambar 5. Distribusi debit aliran sepanjang pipa saluran mendatar	16
Gambar 6. Distribusi tinggi tekanan dan kehilangan tinggi tekanan sepanjang pipa saluran mendatar	17
Gambar 7. Distribusi debit aliran sepanjang pipa saluran yang miring	18
Gambar 8. Distribusi tinggi tekanan sepanjang pipa saluran yang miring	19
Gambar 9. Gerak air tanah dibawah irigasi tetes	24
Gambar 10. Tata letak sistem jaringan pipa	26

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Bagi negara agraris seperti Indonesia, irigasi adalah prasarana yang cukup menentukan dalam pembangunan pertanian. Irigasi didefinisikan sebagai usaha penambahan air pada tanah dengan tujuan memelihara dan menambah kelembaban tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman untuk pertumbuhannya. Jumlah air yang diberikan tergantung kepada kebutuhan tanaman dan curah hujan di daerah tersebut. Pada prakteknya penambahan air hanya dilakukan bilamana penambahan air secara alami tidak mencukupi kebutuhan tanaman.

Air itu sendiri di dalam tanaman berada dalam keadaan aliran yang kontinyu. Selama pertumbuhannya tanaman terus-menerus mengabsorpsi air dari tanah dan mengeluarkan pada saat transpirasi. Ketersediaan air secara langsung mempengaruhi proses fisiologi yang terjadi di dalam sel-sel tanaman. Adanya defisit air walaupun ringan dapat menghambat proses fisiologi tersebut, sehingga laju pertumbuhan di bawah normal. Defisit air yang terus menerus dapat menyebabkan kelayuan pada tanaman yang tidak dapat balik (irreversible) dan mengakibatkan kematian.

Suatu kenyataan di Indonesia menunjukkan, bahwa dengan perkembangan teknologi pertanian yang sangat pesat menyebabkan kebutuhan air irigasi menjadi besar, keadaan dimana air sangat berharga menyebabkan sistem irigasi yang efisien sangat dibutuhkan.

Salah satu cara irigasi yang memungkinkan dapat mengatur jumlah air sesuai dengan kebutuhan tanaman adalah irigasi tetes ("drip irrigation"). Irigasi tetes merupakan metoda pemberian air yang digambarkan sebagai suatu kesinambungan pemberian air dengan debit yang rendah. Secara mekanis air didistribusikan melalui suatu jaringan pipa, yang selanjutnya diberikan ke daerah perakaran dalam jumlah

mendekati kebutuhan tanaman melalui penetes (emitter), yaitu lubang-lubang kecil tertentu yang berjarak sama sepanjang pipa saluran.

Sistem irigasi tetes dapat menghemat pemakaian air, karena dapat meminimumkan kehilangan-kehilangan air yang mungkin terjadi seperti perkolasi, evaporasi dan aliran permukaan, sehingga memadai untuk diterapkan di daerah pertanian yang mempunyai sumber air yang terbatas. Irigasi tetes pada umumnya digunakan untuk tanaman-tanaman bernilai ekonomi tinggi, termasuk tanaman cabai. Hal ini sejalan dengan diperlukannya biaya awal yang cukup tinggi, akan tetapi untuk biaya produksi selanjutnya akan lebih kecil karena sistem irigasi tetes dapat menghemat biaya pengadaan peralatan yang biasanya dapat digunakan untuk beberapa kali musim tanam serta menghemat biaya tenaga kerja untuk penyiraman, pemupukan dan penyiangan.

Hasil percobaan Sumarna dan Stallen (1991) menghasilkan kebutuhan air pengairan untuk pertanaman cabai dalam satu musim tanam pada tanah Latosol di daerah Subang adalah sekitar 12,620 mm per hektar, bila dilakukan dengan sistem irigasi tetes, sedangkan dengan cara petani setempat, yaitu menggunakan alat embelat ("water can") dapat mencapai 27,428 mm per hektar. Hal ini membuktikan, bahwa dengan sistem irigasi tetes dapat menghemat pemakaian air.

1.2. Ruang Lingkup Irigasi Tetes

Bidang tugas dari irigasi meliputi empat pekerjaan pokok, adalah :

1. Pengembangan sumber air serta penyediannya
2. Pengairan atau penyaluran air dari sumber ke daerah pertanian
3. Pembagian dan penjatahan air pada areal tanah-tanah pertanian
4. Penyaluran kelebihan air irigasi secara teratur

Keempat tahap pekerjaan tersebut merupakan suatu rangkaian yang kontinyu dan tidak terpisahkan dalam arti, bahwa suatu jaringan atau sistem irigasi yang lengkap harus dilaksanakan secara lengkap.

Manfaat dari tersedianya air irigasi antara lain adalah untuk :

- 1) Membasahi tanah dengan maksud air dapat diabsorpsi oleh susunan akar tanaman, sehingga kebutuhan tanaman akan air untuk keperluan pertumbuhannya terpenuhi
- 2) Memelihara kelembaban tanah dan udara, yaitu menciptakan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman
- 3) Mempermudah pekerjaan pengolahan tanah
- 4) Membantu usaha pencucian zat-zat di dalam tanah yang tidak dikehendaki
- 5) Membantu proses pemupukan
- 6) Mencegah pertumbuhan gulma

Stern (1979) membedakan irigasi berdasarkan tenaga atau gaya yang digunakan untuk mengalirkan air irigasi, yaitu :

- 1) Irigasi gravitasi, air diberikan menurut beda ketinggian tempat, sehingga air akan mengalir karena gaya gravitasi
- 2) Irigasi pompa, air diberikan dengan menggunakan tenaga pompa

Irigasi dapat pula dibedakan berdasarkan cara pemberiannya, yaitu :

- 1) Irigasi permukaan (surface irrigation)
- 2) Irigasi bawah tanah (sub-surface irrigation)
- 3) Irigasi curah (overhead/sprinkler irrigation)

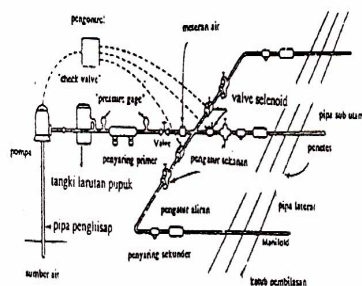
Khususnya untuk metode irigasi permukaan dapat dibedakan berdasarkan pemberian dan pembagian air pada petak-petak pertanaman, yaitu :

- 1) Irigasi secara penggenangan
- 2) Irigasi diantara petak atau bedengan
- 3) Irigasi diantara jalur-jalur tanaman

Irigasi tetes termasuk salah satu sistem irigasi permukaan (surface irrigation) dengan cara pemberian air di antara jalur-jalur tanaman. Air diberikan melalui jaringan-jaringan pipa di atas permukaan tanah yang

dipasang menurut jalur-jalur tanaman. Cara ini tidak memerlukan pembuatan parit-parit atau selokan-selokan seperti pada sistem irigasi lainnya, tetapi diperlukan peralatan khusus seperti pipa-pipa (utama, sub-utama dan lateral), alat penetes, pompa air, saringan, katup-katup, pengontrol tekanan dan umumnya dilengkapi dengan alat injektor pupuk.

Setiap tanaman secara langsung akan menerima air irigasi melalui penetes yang dipasang pada pipa lateral dan terletak di atas perakaran tanaman. Permukaan tanah akan menerima air berupa tetesan-tetesan yang debitnya tergantung kepada tekanan yang diberikan. Tekanan yang diberikan umumnya rendah (1 sampai 3 atmosfer), dengan mengatur besarnya tekanan sistem irigasi ini mampu memberikan jumlah serta kecepatan pemberian air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Efisiensi pemakaian air dengan sistem irigasi tetes pada pertanaman sayuran dapat mencapai antara 90-100 persen, bila dilaksanakan dengan cermat, terampil dan beraturan.



Gambar 1. Skema irigasi tetes dan komponennya

Pemberian air pada tanaman disesuaikan dengan jenis dan umur tanaman, karena jenis dan umur tanaman menentukan perkembangan akar yang selanjutnya menentukan volume daerah perakaran. Pada irigasi tetes, hal ini sangat penting karena pemberian air hanya mencakup daerah volume perakaran dengan kadar air optimum. Permukaan tanah tidak seluruhnya dapat dibasahi, akan tetapi hanya di sekeliling tanaman, secara gravitasi dan kapiler air dari penetes bergerak menembus profil tanah sehingga secara umum pertumbuhan akar tanaman cenderung terpusat di daerah dimana kondisi untuk mengabsorpsi air lebih besar. Bila pemberian air kurang dari volume daerah perakaran, akan menghambat perkembangan akar, Sebaliknya bila melebihi volume daerah perakaran, akan mengurangi efisiensi pemberian air atau terjadi pemborosan pemakaian air.

1.3. Keuntungan dan Kerugian Irigasi Tetes

Beberapa keuntungan dari irigasi tetes yang dikemukakan oleh Keller dan Karmeli (1975) serta Jensen (1980) antara lain adalah :

- 1) Meningkatkan nilai guna air; secara umum air yang digunakan pada irigasi tetes relatif sedikit, penghemat air ini dapat terjadi karena pemberian air yang bersifat lokal dengan debit yang kecil, sehingga dapat menekan evaporasi, aliran permukaan dan perlokasi
- 2) Meningkatkan keseragaman pertumbuhan dan hasil tanaman; aerasi dan fluktuasi kadar air tanah relatif konstan karena pemberian air dilakukan secara sedikit demi sedikit, hal ini sangat menunjang untuk pertumbuhan dan produksi tanaman.
- 3) Dapat mencegah erosi dan memperbaiki drainase tanah; penyimpanan air di dalam tanah sangat efektif karena pemberian air disesuaikan dengan kedalaman yang dibutuhkan.
- 4) Dapat menekan pertumbuhan gulma; pada permukaan tanah yang kering gulma tidak dapat tumbuh, sehingga dapat menekan kerja penyiangan.

- 5) Pemupukan dapat dilakukan melalui irigasi (fertigasi).
- 6) Dapat menghemat tenaga kerja.

Adapun kerugian-kerugian yang mungkin terjadi pada sistem irigasi tetes ini antara lain adalah :

- 1) Pipa saluran mudah tersumbat terutama pada penetes
- 2) Mengakibatkan pengumpulan garam-garam di permukaan tanah
- 3) Distribusi tanah dapat merupakan pembatas bagi perkembangan akar
- 4) Jaringan pipa dapat dirusak oleh binatang
- 5) Tidak semua jenis tanaman yang diberi air dengan irigasi tetes dapat menguntungkan secara ekonomis

II. HIDROLIKA IRIGASI TETES

Pada metode irigasi tetes air dialirkan melalui suatu jaringan pipa, yang biasanya terdiri dari pipa utama, sub-utama dan pipa lateral, untuk selanjutnya dikeluarkan melalui penetes ke daerah perakaran tanaman.

Aliran air dalam pipa-pipa tersebut akan menimbulkan gaya yang bekerja pada dinding pipa sebelah dalam. Gaya tersebut terdiri dari : (1) gaya statis, yang selalu terdapat pada dinding pipa meskipun air tidak mengalir, dan (2) tegangan geser, yaitu gaya yang ditimbulkan oleh gerakan air sebagai akibat dari energi kinetis. Tegangan geser yang bekerja pada dinding pipa menimbulkan gesekan pada permukaan itu. Selama mengalir di dalam pipa, aliran akan kehilangan tekanan sama besar dengan yang digunakan untuk mengatasi gesekan tersebut. Perhitungan tekanan yang hilang akibat gesekan sangat ditentukan oleh karakteristik aliran sepanjang pipa.

2.1. Karakteristik Aliran

Aliran stationer dari fluida inkompresible pada dasarnya terbagi dalam dua karakteristik aliran, yaitu aliran laminar dan turbulen. Aliran laminar dimana bagian-bagian elementer dari cairan bergerak teratur mengikuti garis-garis kontinyu dan menempati tempat yang relatif sama pada penampang-penampang yang beraturan, sedangkan pada aliran turbulen elementer dari cairan tersebut bergerak tidak teratur dan menempati tempat yang berlainan pada penampang berikutnya.

Untuk menentukan suatu aliran laminar atau turbulen, Osborne Reynolds memperkenalkan bilangan tidak berdimensi yang merupakan fungsi dari kecepatan aliran, diameter saluran, massa jenis cairan dan viskositasnya. Pada pipa silinder persamaan bilangan Reynold (Re) berbentuk :

$$Re = \frac{VDp}{\mu} \quad \text{atau} \quad Re = \frac{VD}{\nu}$$

dimana :

V = kecepatan aliran (m/det)

D = diameter dalam pipa (mm)

P = kerapatan cairan (kg/m^3)

μ = kekentalan dinamis (kg/det m)

ν = viskositas kinetik (m^2/det)

Hasil percobaan pada sistem irigasi tetes, ternyata selama penggunaan debit air yang rendah, maka karakteristik aliran dalam jaringan pipa saluran utama, sub-utama dan lateral selalu dalam keadaan laminar (Sumarna 1991).

2.2. Hidrolika Penetes

Fungsi penetes sangat penting dalam suatu sistem irigasi tetes. Air dikeluarkan melalui penetes dalam debit air yang rendah secara konstan dan kontinu, kondisi ini tergantung pada tekanan dalam pipa untuk menghasilkan debit air yang diinginkan. Karakteristik dari penetes akan menunjukkan debit air yang dapat melewati penetes tersebut. Biasanya debit dari penetes dapat ditentukan melalui persamaan empiris yang merupakan fungsi dari tekanan operasi dikenal dengan "fungsi aliran penetes". (Howel *et al. Cit.* Jensen 1980).

$$Q = Ke.H^*$$

Dimana :

Q = debit dari penetes (mm^3/det)

Ke = koefisien penetes

H = tinggi tekanan pada ruas pipa (mm)

X = eksponen debit air pada penetes yang ditentukan oleh karakteristik aliran

Efisiensi sistem irigasi tetes secara langsung tergantung pada air yang dikeluarkan dari penetes dalam ke seluruh sistem. Dewasa ini banyak dipasarkan penetes dengan tipe yang bermacam-macam. Setiap jenis penetes mempunyai desain dan karakteristik tertentu. Dalam hal ini variasi pembuatan penetes tidak dapat diabaikan, karena berpengaruh terhadap keseragaman emisi irigasi tetes untuk mencapai tujuan efisiensi.

Penetes yang diharapkan untuk irigasi tetes harus mempunyai persyaratan sebagai berikut :

- 1) Menghasilkan debit yang rendah, seragam dan konstan untuk setiap kerja tekanan
- 2) Mempunyai lubang pengeluaran yang cukup besar untuk mencegah penyumbatan benda-benda asing atau endapan bahan kimia
- 3) Harganya murah, kuat dan seragam

Hasil percobaan yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh beberapa tipe penetes yang banyak dipasarkan pada berbagai tekanan terhadap keseragaman emisi irigasi tetes, menghasilkan informasi seperti yang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Interaksi pengaruh tipe penetas dan tekanan terhadap keseragamn emisi

Tipe penebas	Tekanan (atm)		
	0.5	0.1	1.5
Tipe Pot	59.805 b A	66.887 bc B	79.985 c C
Tipe Stick	70.445 c A	71.319 c A	67.016 b A
Tipe Acu	38.804 a A	39.345 a A	38.612 a A

Sumber : Sumarna (1992)

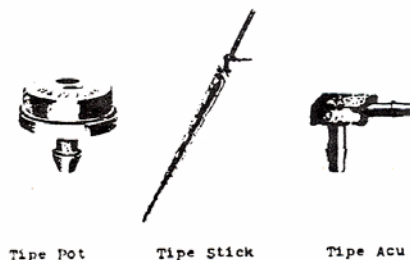
Selanjutnya untuk mengetahui hubungan antara besarnya tekanan (atm) sebagai variabel bebas dengan keseragaman emisi irigasi tetes (%) sebagai variabel terkait digunakan teknik analisis regresi dan korelasi, yang hasilnya dapat didekati dengan persamaan sebagai berikut:

Penetes tipe Pot : $Y = 48.721 + 20.180X$ ($r = 0.77$)

Penetes tipe Stick : $Y = 73.022 - 3.429X$ ($r = 0.41$)

Penetes tipe Acu : $Y = 39.143 - 0.192X$ ($r = 0.04$)

Hal ini membuktikan, bahwa keseragaman emisi terbesar untuk tekanan tinggi dicapai oleh penetes tipe Pot, yang berarti tipe Rot jauh lebih baik daripada menggunakan penetes tipe lainnya. Dengan semakin besar tekanan yang diberikan, semakin besar pula keseragaman emisi yang dapat dicapai. Sebaliknya untuk kerja tekanan yang rendah penetes tipe stick menghasilkan tingkat keseragaman emisi yang lebih baik.



Gambar 2. Tipe penetes ("Emitter")

2.3. Hidrolika Pipa Saluran Irigasi Tetes

Energi yang terkandung pada suatu elemen cairan yang mengalir di dalam pipa merupakan fungsi dari ketinggian (elevasi), kecepatan dan

tekanan. Berdasarkan sifat-sifat dan ketentuan-ketentuan tersebut dari cairan yang sempurna, Bernoulli menurunkan suatu persamaan neraca enersi mekanis yang dapat diterapkan pada bagian pipa antara penampang 1 dan 2, yaitu :

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_2$$

Dimana : p adalah tekanan (kg/m^2), ρ adalah kerapatan cairan (kg/m^3), V adalah kecepatan aliran (m/det), g adalah percepatan gravitasi (m/det^2), z adalah elevasi (m) dan g_c adalah gravitasi jenis atau spesifik gravity.

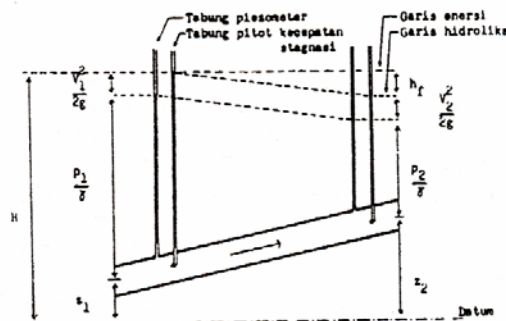
Sementara air melalui pipa, sebagian dari enersi mekanis berubah menjadi enersi panas karena adanya gesekan-gesekan, viskositas dan karakter aliran. Dipandang dari segi aliran, hal tersebut merupakan suatu kehilangan enersi yang lazim disebut dengan “kehilangan enersi persamaan Bernoulli”

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g_c} + \frac{g}{g_c} z_2 + h_f$$

Dimana h_f menyatakan besarnya kehilangan enersi. Masing-masing suku dari persamaan tersebut di atas dapat digambarkan secara ordinat vertikal dalam suatu tinggi, seperti pada Gambar 3.

Dalam berbagai aliran, garis enersi akan menurun secara perlahan oleh berbagai tahanan gesekan dan akan menurun tajam dengan

seketika bila ada perubahan penampang aliran, misalnya karena perubahan penampang yang tiba-tiba. Garis enersi hanya akan naik jika ada penambahan enersi sebagai kerja, misalnya dari pompa. Garis hidrolika secara perlahan mengikuti perilaku garis enersi, tergantung pada adanya kehilangan-kehilangan atau pemindahan kerja dan garis hidrolika juga akan naik atau turun jika kecepatan aliran naik atau menurun. Garis hidrolika, yaitu $p/\gamma + z$ disebut juga “piezometric head”, yaitu ketinggian yang dapat dicapai suatu cairan dalam suatu tabung piezometer (Merriit 1974; Sisson dan Pits 1972).



Gambar 3. Garis keseimbangan enersi (Anomymous 1965)

Irigasi tetes umumnya mempunyai aliran yang terlambat, karena itu diasumsikan bahwa kecepatan adalah tetap dan tidak ada percepatan, maka resultante gaya-gaya di atas pada arah gerak adalah nol ($V^2/2g = 0$), dalam hal demikian maka garis enersi sama dengan garis tekanan.

Analisis keseimbangan dari gaya-gaya yang bekerja pada suatu silinder elemen cairan yang terletak sepanjang sumbu suatu aliran dalam pipa berpenampang lingkaran, meliputi gaya karena perbedaan tekanan dan gaya karena tekanan gesekan.

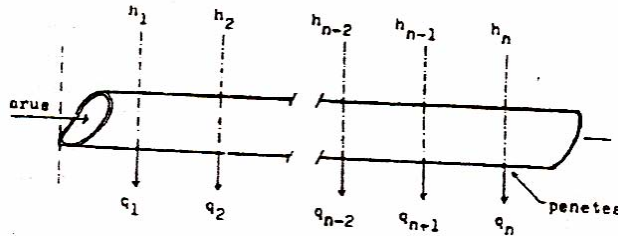
Kehilangan enersi akibat gesekan aliran dengan dinding pipa telah banyak diselidiki, di antaranya oleh Darcy-Weisbach yang mendapatkan persamaan seperti berikut :

$$H_f = f \frac{LV^2}{D 2g}$$

Karena h_f dan $V^2/2g$ mempunyai suatu yang sama, sedang L dan D menyatakan panjang dan diameter pipa sehingga L/D merupakan angka perbandingan tanpa dimensi, maka f merupakan bilangan tidak berdimensi (Anomyous 1965; Sisson dan Pitts 1972; Vennard 1962). Bila pipa-pipa disusun secara seri, maka total kehilangan enersinya merupakan jumlah kehilangan enersi dari masing-masing pipa. Apabila pipa disusun secara paralel, maka persamaannya dibuat untuk tiap cabang pipa.

Selanjutnya Blassius menyatakan, bahwa faktor gesekan merupakan fungsi dari bilangan Reynolds dan parameter kekasaran pipa (e/D) (Jensen 1980; Sisson dan Pitts 1972; Vennard 1962), untuk pipa licin dimana faktor kekasaran pipa (e) dapat diabaikan, maka didapatkan harga batas faktor gesekan untuk aliran laminar adalah $f = 64/Re$.

Analisis percobaan Sumarna (1991), yang dalam asumsinya dimana pipa lateral ruas (segmen). Masing-masing ruas mempunyai panjang yang sama sesuai jarak antar penetes yang dipasang, penetes terpasang pada ujung tiap-tiap ruas (lihat Gambar 4), maka dapat diasumsikan bahwa ruas bagian pertama berakhir pada batas antara bagian pertama dan kedua dengan kapasitas alirannya Σq_1 dan ruas bagian kedua berakhir pada batas antara bagian kedua dan ketiga dengan kapasitas alirannya Σq_1 demikian seterusnya.



Gambar 4. Debit aliran dan tekanan sepanjang pipa

Kapasitas aliran lateral merupakan fungsi dari kapasitas aliran penetes dan jumlah penetes sepanjang pipa,

$$Q_{lateral} = q_{penetes(1)} + q_{penetes(2)} + \dots + q_{penetes(n)}$$

$$Q_{utama} = Q_{lateral(1)} + Q_{lateral(2)} + \dots + Q_{lateral(n)}$$

Dari total kehilangan tinggi enersi karena gesekannya, adalah :

$$Hf_{lateral} = hf_{ruas(1)} + hf_{ruas(2)} + \dots + hf_{ruas(n)}$$

$$Hf_{utama} = hf_{lateral(1)} + hf_{lateral(2)} + \dots + hf_{lateral(n)}$$

Dimana n menunjukkan jumlah ruas atau jumlah penetes sepanjang pipa lateral. Demikian pula halnya dengan pipa utama dimana kapasitas alirannya merupakan fungsi dari kapasitas aliran lateral dan jumlah pipa lateral yang terpasang sepanjang pipa utama.

Berdasarkan persamaan dari Dacy-Weisbach, maka beda kehilangan tinggi enersi karena gesekan untuk tiap-tiap ruas adalah :

$$\Delta hf = k \cdot q \Delta x \text{ dengan}$$

$$k = \frac{512 \cdot A \cdot v}{g \pi^2 D^6}$$

Total kehilangan tinggi enersi karena gesekan pada pipa lurus sepanjang L dapat dihitung dengan jalan menjumlahkan semua kehilangan tinggi enersi pada masing-masing ruasnya.

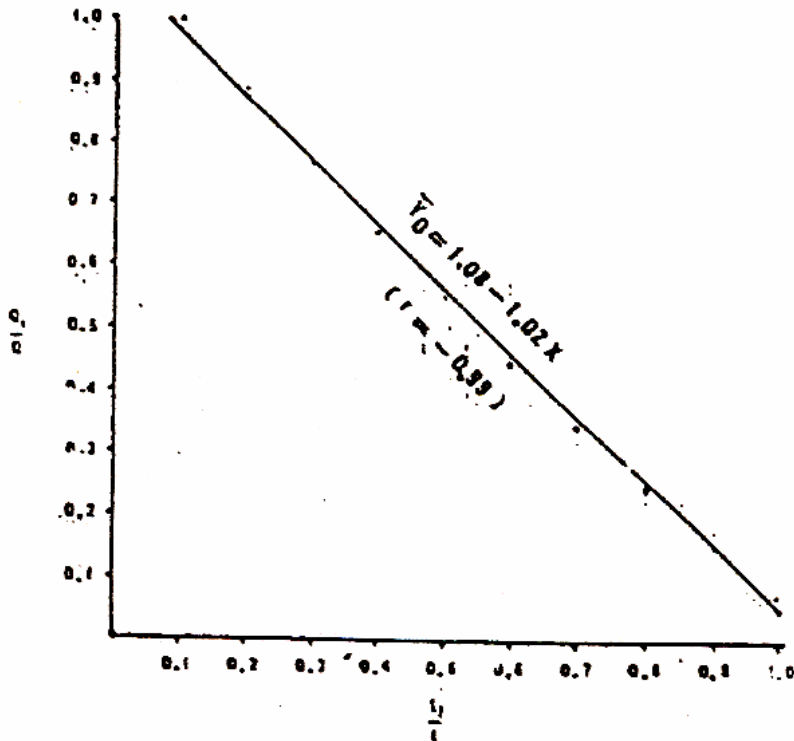
$$\begin{aligned} \text{ruas 1} & ; \quad \Delta hf = (q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n)^m \cdot L / n \\ \text{ruas 2} & ; \quad \Delta hf = (q_2 + q_3 + \dots + q_n)^m \cdot L / n \\ \text{ruas 3} & ; \quad \Delta hf = (q_3 + \dots + q_n)^m \cdot L / n \\ \text{ruas n} & ; \quad \Delta hf = (q_n)^m \cdot L / n \end{aligned}$$

Jadi total kehilangan tinggi enersinya adalah :

$$\Delta Hf = k \cdot (q_n)^m + (q_n + q_{n-1})^m + (q_n + q_{n-1} + q_{n-2})^m + \dots + (q_n + q_{n-1} + \dots + q_1)^m \cdot L / n$$

Distribusi debit aliran dan tekanan sepanjang pipa saluran mendatar

Berdasarkan hasil percobaan, ternyata debit aliran terdistribusi secara linier sepanjang pipa saluran yang mendatar (horizontal). Garis linier cenderung menurun ke arah kanan, hal ini berarti semakin dekat jarak ruas kepada pangkal pipa saluran, semakin besar debit alirannya.

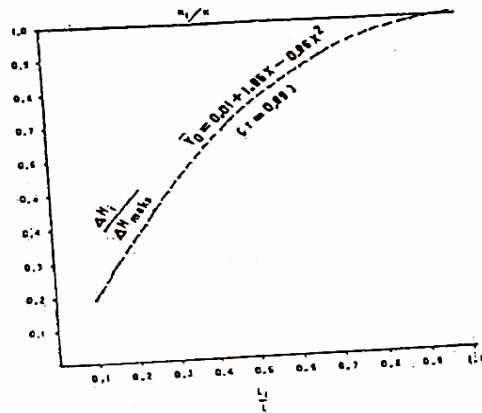


Gambar 5. Distribusi debit aliran sepanjang pipa saluran mendatar. (Sumarna 1991)

Koefisien korelasi menunjukkan bahwa distribusi debit aliran pada pipa lateral ditentukan sekali oleh panjangnya pipa. Dengan dapat diketahuinya kehilangan tinggi akibat gesekan pada masing-masing ruas dan tekanan awal, maka tinggi tekanan pada ruas yang bersangkutan dapat ditentukan.

Selanjutnya mengenai penurunan tekanan akibat gesekan, ternyata mempunyai hubungan kuadratik dengan panjang pipa saluran. Nilai indeks korelasi menggambarkan tingkat asosiasi yang sangat kuat dan mempunyai hubungan parabolik yang baik sebagai garis regresi antara

penurunan atau kehilangan tekanan dengan panjang pipa saluran. Akan tetapi pada kondisi aliran yang lambat, kehilangan tekanan akibat gesekan tersebut relatif kecil sekali bila dibandingkan dengan tinggi tekanannya sendiri, sehingga terlihat tinggi tekanan membentuk hubungan yang linier dengan panjang pipa, dengan kata lain tinggi tekanan dapat dianggap konstan sepanjang pipa saluran.



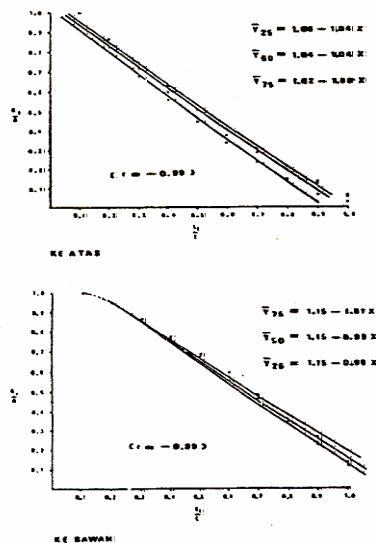
Gambar 6. Distribusi tinggi tekanan dan kehilangan tinggi tekanan sepanjang pipa saluran mendatar (Sumarna 1991)

Distribusi debit aliran dan tekanan sepanjang pipa saluran yang miring

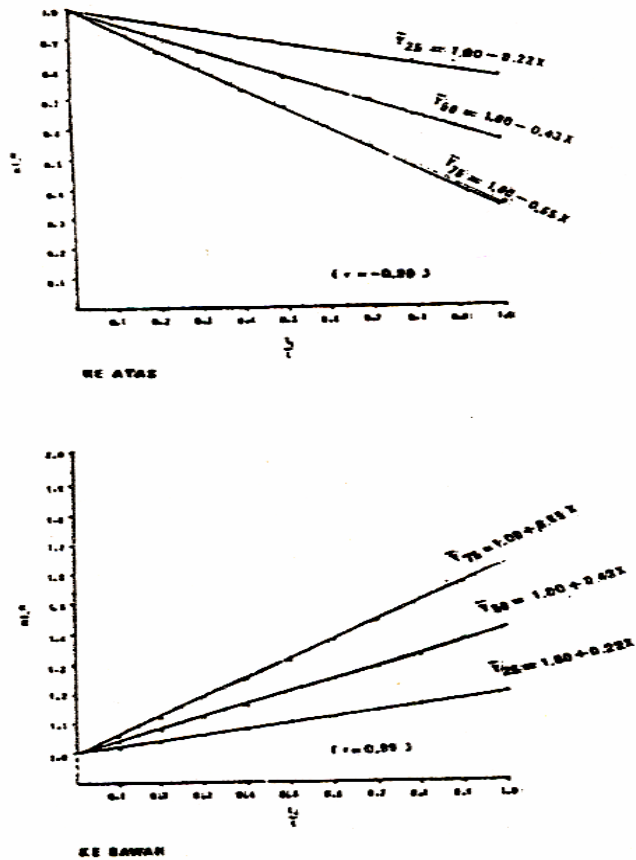
Seperti halnya pada pipa saluran yang mendatar, berdasarkan hasil analisa regresi ternyata peningkatan dan penurunan debit aliran terdistribusi secara linier sepanjang pipa saluran. Percobaan dan perhitungan untuk derajat kemiringan pipa 25%, 50% dan 75% masing-masing untuk kemiringan ke bawah dan ke atas, menghasilkan grafik seperti pada Gambar 7.

Perubahan tinggi tekanan pada pipa yang miring terutama lebih besar ditentukan oleh sudut kemiringannya daripada oleh gesekan. Pengaruh terbesar adalah pada perubahan enersi potensial atau enersi elevasi. Pada pipa yang mempunyai kemiringan ke bawah akan mendapat penambahan enersi potensial, sedangkan untuk pipa yang mempunyai kemiringan ke atas akan kehilangan enersi potensial. Hal ini berarti sudut kemiringan akan mempengaruhi tekanan hidrostatik sepanjang saluran. Pada pipa lateral yang berdiameter konstan dengan kemiringan yang relatif seragam, penambahan atau pengurangan enersi potensial selaras dengan sinus dari sudut kemiringan dan panjang pipa saluran.

$$H = K - (\Delta H \pm \Delta z) \text{ dimana } z = L \cdot \sin \alpha$$



Gambar 7. Distribusi debit aliran sepanjang pipa saluran yang miring (Sumarna 1991)



Gambar 8. Distribusi tinggi tekanan sepanjang pipa saluran yang miring (Sumarna 1991)

III. IRIGASI TETES PADA TANAMAN CABAI

Air merupakan faktor penting dapat bercocok tanam, dimana suatu sistem pemberian air yang baik serta teratur akan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal.

Perbaikan dalam hal pemberian air sesuai dengan kebutuhan pada berbagai tahap pertumbuhanserta faktor lainnya tidak merupakan pembatas, maka pemberian air dalam jumlah yang cukup dan efisien diharapkan dapat menjamin pertumbuhan dan produksi yang baik.

Beberapa pertimbangan utama di dalam menentukan berapa banyaknya air yang akan diberikan dan kapan air itu harus diberikan, diantaranya adalah :

3.1. Kadar Air Tanah Optimum

Air yang berasal dari sistem irigasi tetes diterima di permukaan tanah, pergerakannya akan mendekati teori gerakan jenuh, yang biasa terjadi di dalam tanah. Air akan memasuki tanah, mula-mula menggantikan udara yang terdapat dalam pori makro dan kemudian pori mikro. Air tambahan akan bergerak ke bawah melalui proses gerakan jenuh dibantu oleh gaya ditambahkan cukup dan tidak ada penghalang selama air bergerak ke bawah.

Pemberian air yang cukup adalah yang paling utama dibutuhkan oleh pertumbuhan tanaman. Setiap tanaman mencoba mengabsorpsi air secukupnya dari tanah untuk pertumbuhan. Jadi yang terpenting untuk tanaman itu adalah, bahwa air dalam tanah itu berada dalam keadaan yang mudah diabsorpsi.

Kadar air yang memungkinkan tanaman dapat mengabsorpsinya adalah antara titik layu permanen sampai kapasitas lapang yang dikenal dengan "kadar air efektif", tetapi interval yang menjamin pertumbuhan tanaman yang normal adalah antara titik permulaan layu sampai

kapasitas lapang, kadar air dalam interval ini disebut "kadar air optimum" yaitu kira-kira 50-70 persen dari kadar air efektif.

Mengenai kondisi air di dalam tanah dalam hal ini kelembaban tanah, dicontohkan oleh Kusandriani dan Sumarna (1993), yaitu tingkat kelembaban tanah ideal untuk pertumbuhan dan hasil tanaman cabai pada jenis tanah Andosol dan Latosol berkisar antara 60-80%. Pada tingkat kelembaban tanah yang rendah ($< 40\%$) ataupun pada kelembaban tanah yang terlampaui tinggi (mendekati 100%), tanaman cabai tidak dapat berproduksi dengan baik.

Tabel 2. Pengaruh kelembaban tanah Latosol terhadap produksi cabai

Kelembaban tanah (%)	Bobot buah (g)
100	141.85 b
80	274.23 c
60	194.73 c
40	163.39 bc
20	3.75 a

Sumber : Kusandriani dan Sumarna (1993)

Tanaman cabai merupakan tanaman yang sangat sensitif terhadap kelebihan ataupun kekurangan air. Jika tanah telah menjadi kering dengan kadar air di bawah limit, maka tanaman akan kurang mengabsorpsi air sehingga menjadi layu dan lama kelamaan akan mati. Demikian pula sebaliknya, ternyata pada tanah yang banyak mengandung air akan menyebabkan aerasi tanah menjadi buruk dan tidak menguntungkan bagi pertumbuhan akar, akibatnya pertumbuhan tanaman akan kurus dan kerdil. Di samping itu, kebutuhan air untuk tanaman cabai akan sejalan dengan lainnya pertumbuhan tanaman. Untuk fase vegetatif rata-rata dibutuhkan air pengairan sekitar 200 ml/hari/tanaman, sedangkan untuk fase generatif sekitar 400 ml/hari/tanaman. (Sumarna dan Kusandriani 1992).

Untuk mendapatkan jumlah air yang optimum, maka perlu ditentukan waktu pengairan yang tepat sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dalam penentuan periode pemberian air harus diketahui daya infiltrasi tanah dan keadaan iklim. Tanah pasir dengan struktur longgar kurang dapat menahan air, oleh karena itu periode penyiraman harus lebih pendek dengan debit yang kecil. Sebaliknya tanah yang banyak mengandung liat dengan struktur padat menahan air lebih banyak, periode penyiraman lebih panjang dengan debit yang lebih besar.

Penerapan sistem irigasi tetes di lahan margin kering di daerah Bekasi, dimana faktor lingkungan dianggap merupakan faktor pembatas bagi budidaya cabai, dihasilkan bahwa interval pemberian air selang waktu dua hari merupakan interval pemberian air yang dapat disarankan untuk diterapkan di daerah yang mempunyai sumber air terbatas, akan tetapi masih mempunyai potensi lahan yang dapat dikembangkan untuk usahatani tanaman cabai.

Tabel 3. Pengaruh interval pengairan dengan sistem irigasi tetes terhadap komponen hasil cabai

Interval Pengairan	Jumlah buah/tanaman	Bobot buah/tanah
1 hari	9.3 a	56.62 a
2 hari	8.7 a	46.14 a
3 hari	6.8 a	30.92 b

Sumber : Sumarna (1996)

3.2. Distribusi Air dalam Tanah

Besarnya volume tanah yang dapat dibasahi oleh irigasi tetes menentukan perkembangan perakaran tanaman. Akar tanaman akan tumbuh lebih baik pada tanah yang lembab daripada di tanah yang kering, kadangkala akar tanaman tidak dapat menembus tanah yang

kering. Penambahan debit air dan lamanya pemberian air akan semakin memperluas daerah/volume tanah yang basah.

Kecepatan pembahasan tanah itu sendiri tergantung kepada jumlah air yang diberikan, kemampuan infiltrasi dari permukaan tanah, daya hantar dari horizon-horizon tanah dan jumlah air yang akan ditahan/diikat oleh profil tanah. Setiap jenis tanah mempunyai pola pembasahan yang berbeda, tergantung kepada teksturnya. Pada tanah yang banyak mengandung pasir cenderung terbentuknya pola infiltrasi yang memanjang ke arah vertikal, sedangkan pada tanah yang banyak mengandung tanah liat, pola infiltrasi akan melebar ke arah horizontal.

Hasil percobaan yang memplejari pengaruh debit air yang dikeluarkan oleh penetes serta lamanya pemberian air dapat didekati dengan menggunakan persamaan dasar regresi berganda goemetrik, yaitu :

$$Y_{ij} = a.x_1^b.x_2^c$$

Dimana :

Y_{ij} = volume pembahasan tanah (dm^3)

A, c, b = koefisien model

X_1 = debit air (lt/jam)

X_2 = waktu (jam)

Percobaan telah dilakukan pada jenis tanah Latosol di daerah Subang, yang pelaksanaannya dilakukan secara trial dan error dengan menggunakan pengujian regresi geometrik (Sumarna 1991). Hasilnya menunjukkan, bahwa dari persamaan regresi telah didapatkan model persamaan sebagai berikut :

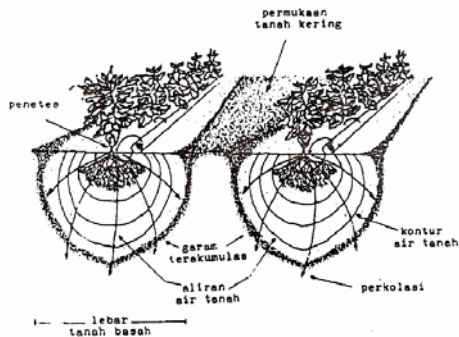
$$V = 3.09Q^{1.237}t^{0.389}$$

Dimana :

V = volume tanah yang basah (dm^3)

Q = debit air dari penetes (lt/jam)

T = waktu (jam)



Gambar 9. Gerak air tanah di bawah irigasi tetes (Sumarna 1991)

3.3. Keseragaman Emisi

Dalam merancang suatu jaringan pipa untuk saluran irigasi tetes, perlu diperhitungkan variasi debit penetes yang terjadi sepanjang pipa saluran, karena variasi debit penetes akan menentukan tingginya nilai keseragaman jumlah air yang diterima dan infiltrasikan oleh permukaan tanah.

Keller dan Karmeli (1975) memperkenalkan istilah Keseragaman Emisi (Emission Uniformity, EU) yang menggambarkan tingkatan keseragaman debit penetes untuk keseluruhan sistem.

Keseragaman emisi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$EU = 100 \left[1 - \frac{127 CVf}{\sqrt{e}} \right] \frac{q_{\min}}{q}$$

Dimana :

EU = keseragaman emisi (%)

CVf = koefisien penetes

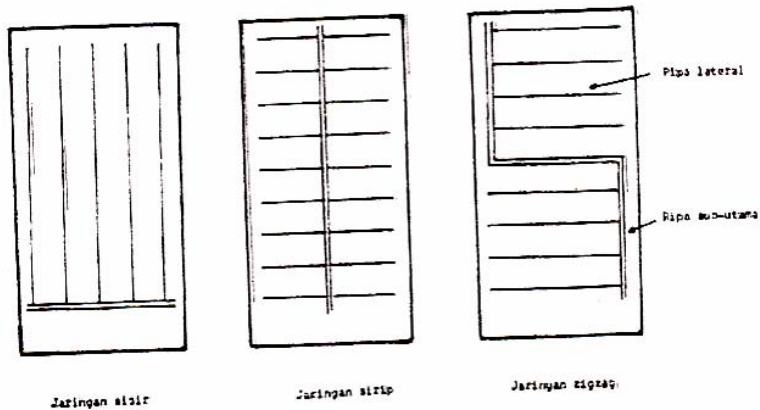
e = jumlah penetes per tanaman

$q^{\min}$ = debit penetes minimum (lt/jam)

q = debit penetes rata-rata 9lt/jam)

Variasi keseragaman debit penetes itu sendiri merupakan evaluasi kuantitatif dari variasi debit penetes pada keseluruhan sistem, yaitu perbandingan antara debit penetes maksimum dengan debit penetes minimum. Variasi ini tergantung pada kesetabilan hubungan antara debit dengan tekanan selama periode pengairan.

Sebagai gambaran mengenai pengaruh tata letak sistem jaringan irigasi tetes terhadap keseragaman emisi telah dilakukan percobaan terhadap tiga macam jaringan pipa irigasi yang umum dilakukan. Hasilnya membuktikan, bahwa tata letak sistem jaringan yang dirancang dengan pipa-pipa yang semakin pendek dari pangkalnya menghasilkan nilai keseragaman emisi yang semakin tinggi.



Gambar 10. Tata letak sistem jaringan pipa (Sumarna 1997)

Tabel 4. Interaksi tata letak sistem jaringan pipa irigasi tetes dengan tinggi tekanan terhadap keseragaman emisi (%)

Tata letak sistem jaringan pipa	Tinggi tekanan (m)	
	5	10
Bentuk sisir	90.98 b A	90.71 b A
Bentuk sirip	92.50 a A	93.77 a A
Bentuk zigzag	88.50 c A	84.59 c B

Sumber : Sumarna (1997)

3.4. Fertigasi

Fertigasi adalah cara pemberian pupuk untuk tanaman melalui irigasi. Pupuk dilarutkan dalam air kemudian secara bersamaan diberikan pada tanaman.

Pemberian pupuk melalui irigasi tetes mempunyai beberapa keuntungan, yaitu : (1) tanaman dapat memanfaatkan unsur hara dengan lebih efisien terutama untuk jenis pupuk yang lambat sekali bergerak dalam tanah, (2) tidak merusak biji atau akar tanam yang ditanam, (3) pemberian pupuk dapat sejalan dengan fase pertumbuhan fisiologis tanaman dan pupuk akan terdapat di daerah rangkum akar sehingga perkembangan akar akan lebih cepat dan ekstensif, serta (4) dapat menghemat tenaga kerja pemupukan karena mudah dalam pelekasanannya.

Namun demikian ada kalanya terjadi kerugian-kerugian yang ditimbulkan dari sistem fertigasi ini, yaitu : (1) keseragaman distribusi pupuk akan ditentukan oleh keseragaman distribusi air, (2) tidak semua jenis pupuk dapat diberikan melalui sistem fertigasi, dan (3) bahan yang tertinggal dapat menyebabkan penyumbatan.

Pupuk yang digunakan untuk sistem fertigasi ini pada umumnya jenis pupuk yang mudah larut dalam air, sehingga cenderung mudah hilang terbasuh terutama pada tanah-tanah yang ringan. Karena hal tersebut pupuk jenis ini sebaiknya tidak diberikan secara sekaligus, tetapi diberikan secara berkala atau beberapa kali sehingga dapat menjamin tersedianya pupuk dalam tanah dan dapat menstimulir pertumbuhan tanaman. Pemberian pupuk melalui air irigasi (fertigasi) maupun secara langsung diberikan pada tanah (non-fertigasi/tradisional) tidak akan terlihat perbedaan pengaruhnya terhadap tanaman bilamana kedua sistem ini sama-sama dapat menjamin kebutuhan hara selama pertumbuhan tanaman.

Tabel 5. Pengaruh sumber pupuk dan cara pemberiannya pada tanaman cabai paprika

Perlakuan	Jumlah buah/ tanaman	Bobot buah/ Tanaman (gram)
Sumber pupuk		
- Kristalon	2.8 a	81.6 a
- Rustica Yellow	2.4 a	64.7 a
Cara pemberian pupuk		
- Fertigasi	2.7 a	83.0 a
- Non-Fertigasi	2.5 a	63.0 a

Sumber : Sumarna dan Kusandriani (1994)

Tabel 6. Pengaruh cara pemberian pupuk terhadap cabai merah

Varietas	Jumlah Buah			Bobot Buah (kg)		
	Fertigasi	Non Fertigasi	Total	Fertigasi	Non Fertigasi	Total
- Jatilaba	1326	882	2208 a	5.61	5.12	10.73 a
- Tit super	1134	956	2090 a	12.29	9.10	21.39 b
Total	2460 a	1838 b		17.90 a	14.22 a	

Banyak faktor yang mempengaruhi pengaruh pupuk yang diberikan dengan sistem fertigasi termasuk tingkatan ketersediaan unsur hara dalam tanah, kadar air tanah, tingkat responsifitas varietas terhadap pupuk, fase pertumbuhan tanaman dan pola distribusi perakarannya, sehingga pengaruh akhir tidak selalu tampak atau tidak selalu terserminkan pada hasil. Namun dengan dapat tercapainya pertumbuhan permulaan yang baik akan membantu tanaman di dalam kompetisi dengan gulma dan lebih tahan terhadap serangan hama atau penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1965. Flow of fluid through valve, fitting and pipe. Crane Co. Chicago.
- Doorenbos and Kassam. 1979. Yield response to water. Food and Agriculture Organization of The United Nations. No. 33. Rome.
- and Prutit. 1977. Guidelines for predicting crop water requirement. Food and Agriculture Organization of The United Nations. No. 24. Rome.
- Jensen, M.E. 1980. Design and operation of irrigation systems. American Society of Agricultural Engineers. Michigan.
- Keller, J. and Karmelli, D. 1975. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. USA.
- Kusandriani, Y. dan Agus Sumarna. 1993. Respon varietas cabai pada beberapa tingkat kelembaban tanah. Bul.Penel.Hort.Vol. XXV. No. 1.
- Merrit. 1974. Standar Handbook for civil engineers. Graw Hill Book Company. New York.
- Sisson, E., Leighton and Pitts, R. Donald. 1972. Elements of transport phenomena. Mc Graw Hill, Kogakusha Ltd. Tokyo.
- Stern, P. 1979. Small scale irrigation. Intermediate Technology Publication Ltd and International Irrigation Information Center. London. Israel.

- Sumarna, A. dan Stallen. 1991. Penerapan irigasi tetes pada budidaya sayuran dataran rendah. Laporan Hasil Penelitian Hortikultura. Kerjasama Balai Penelitian Hortikultura dengan Proyek ATA-395.
- Sumarna, A. 1991. Hubungan debit dan waktu pemberian air suatu sistem irigasi tetes dengan volume pembahasan tanah Latosol. Laporan Hasil Penelitian Hortikultura. Kerjasama Balai Penelitian Hortikultura dengan Proyek ATA.395.
- Sumarna, A. 1991. Hubungan antara distribusi tekanan dengan Debit Air pada suatu Jaringan Pipa Irigasi Tetes. Laporan Hasil Penelitian Hortikultura. Kerjasama Balai Penelitian Hortikultura dengan Proyek ATA-395.
- Sumarna, A. 1992. Pengaruh tipe penetes pada berbagai tekanan terhadap keseragaman emisi irigasi tetes. Laporan Hasil Penelitian Hortikultura. Kerjasama Balai Penelitian Hortikultura dengan Proyek ATA-395.
- Sumarna, A. dan Yenni Kusandriani. 1992. Pengaruh jumlah pemberian air terhadap pertumbuhan dan hasil cabai paprika kultivar Orion dan Yolo-Wonder. Bul.Penel.Hort.Vol.XXIV.No. 1.
- Sumarna, A. 1996. Pengaruh interval pemberian air terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai di lahan kering. Laporan Kerjasama Balai Penelitian Tanaman Sayuran dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan.
- Sumarna, A. 1997. Pengaruh tata letak jaringan pipa dan tekanan terhadap keseragaman emisi pada sistem irigasi tetes. Laporan Hasil Penelitian Tanaman Sayuran.

Vernnard, J.K. 1962. Elementary fluid mechanics. John Willey and Sons Inc. New York. London.

SERI MONOGRAF SAYURAN :

**MONOGRAF NO. 9,
IRIGASI TETES PADA BUDIDAYA CABAI
(AGUS SUMARNA)**

**MONOGRAF NO. 10,
PESTISIDA SELEKTIF UNTUK MENANGGULANGI OPT
PADA TANAMAN CABAI
(EUIS SURYANINGSIH DAN LAKSMINIWATI PRABANINGRUM)**

**MONOGRAF NO. 11,
THRIPS PADA TANAMAN SAYURAN
(ANNA L. H. DIBIYANTORO)**

**MONOGRAF NO. 12,
KRIPIK KENTANG, SALAH SATU DIVERSIFIKASI PRODUK
(NUR HARTUTI DAN R.M. SINAGA)**

BALAI PENELITIAN TANAMAN SAYURAN

Jl. Tangkuban Parahu No. 517, Kotak Pos 8413, Lembang - Bandung
E.mail : RIV @ Bandung.Wasantara.Net.Id.
Telepon : 022 - 2786245; Fax.: 022 - 2786416

RIV
Irigasi Tetes
Mon No. 09 I
Oleh
BALIT