

**DESAIN SISTEM IRIGASI ALUR PADA PERKEBUNAN TANAMAN JAGUNG DI  
KABUPATEN BONE**



**OLEH**

**SUKRI**

**G621 07 057**

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN**

**JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**DESAIN SISTEM IRIGASI ALUR PADA PERKEBUNAN TANAMAN JAGUNG  
DI KABUPATEN BONE**

Oleh:

Sukri  
G 621 07 057

Skripsi Hasil Penelitian  
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Program Studi Keteknikan Pertanian  
Jurusan Teknologi Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Hasanuddin

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN  
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : **Desain Sistem Irigasi Alur Pada Perkebunan Tanaman Jagung  
di Kabupaten Bone**

Nama : Sukri

Stambuk : G 621 07 057

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Makassar, Agustus 2013

Disetujui oleh  
Tim Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

**Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP**  
**NIP. 19700603 199403 1 003**

**Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP**  
**NIP. 19681007 199303 2 002**

Ketua Jurusan

Ketua Panitia

Teknologi Pertanian

Ujian Sarjana

**Prof. Dr. Ir. Mulyati M Tahir, M.S.**  
**NIP. 19570923 198312 2 001**

**Dr. Iqbal, STP, M.Si.**  
**NIP. 19781225 200212 1 001**

Tanggal pengesahan: Agustus 2013

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagaimana mestinya. Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, baik dalam bentuk moril, materil, maupun tenaga. Oleh karena itu melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP dan Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Pertanian khususnya Jurusan Teknologi Pertanian yang banyak memberikan bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
3. Ayahanda H. Kamaruddin dan Ibunda Hj. Sittiara yang selalu memberi dukungan dan do'a dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Ayah mertua H. Naba dan Ibu mertua Hj. Ngai yang selalu memberi motivasi dan do'anya.
5. Istri tercinta Saribulan S.Pd dan Anakku Kurniawan yang sabar mendo'akan dan memberi dukungan untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman seperjuangan Orator '07 dan seluruh keluarga mahasiswa TEKPER

Jika di dalam skripsi ini terdapat kesalahan dan kekeliruan, maka penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat-nya kepada kita semua.

Makassar, Agustus 2013

**Penulis**

**SUKRI (G62107057). “Desain Sistem Irigasi Alur Pada Perkebunan Tanaman Jagung di Kabupaten Bone”.**

Dibawah bimbingan

**Dr. Ir. MAHMUD ACHMAD, MP dan Dr. Ir. SITTI NUR FARIDAH, MP**

---

### **ABSTRAK**

Air merupakan sumber daya alam yang keberadaannya semakin bermasalah ke depan dalam bidang pertanian, karena jatah air untuk sektor pertanian relatif semakin berkurang akibat kompetisi dengan keperluan rumah tangga dan industri, kerusakan tata hidrologi kawasan yang berdampak semakin rendahnya proporsi air hujan yang tersedia bagi cadangan air, dan adanya perubahan iklim yang kurang menguntungkan. Irigasi dimaksudkan untuk memberikan suplai air kepada tanaman dalam waktu, ruang, jumlah, dan mutu yang tepat. Agar distribusi air lebih efektif ke tanaman, petani umumnya membuat saluran air di antara barisan tanaman dengan menggunakan cangkul atau bajak ditarik ternak. Pembuatan saluran dengan cangkul memerlukan waktu 176 jam/ha, sedangkan dengan bajak ditarik ternak 24 jam/ha, dengan tingkat efisiensi irigasi hanya 46,2%. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain sistem irigasi dan menguji efisiensi kinerja hasil desain irigasi alur pada pertanaman jagung di Kabupaten Bone. Desain irigasi alur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SIRMOD III melalui optimasi desain pemberian air yang dapat meningkatkan efisiensi aplikasi dan nilai efisiensi irigasi pada debit aliran, panjang alur, kecepatan alur, dimensi saluran agar diperoleh desain yang tepat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kedalaman air aplikasi 0,11 m, 0,37 m dan 0,45 m diperoleh nilai terbaik setelah dilakukan desain menggunakan SIRMOD III. Pada kedalaman air aplikasi 0,11 m dengan lama pengairan 210 menit diperoleh nilai efisiensi aplikasi 98,88%, efisiensi irigasi 100%, efisiensi distribusi 98,88%, dan air yang terperkolasi ke dalam tanah 1,12%, dan pada kedalaman air aplikasi 0,37 meter dengan lama pengairan 480 diperoleh nilai efisiensi aplikasi 98,27%, efisiensi irigasi 100%, efisiensi distribusi 98,22%, dan air yang terperkolasi ke dalam tanah 1,78%, sedangkan pada kedalaman air aplikasi 0,45 meter dengan lama pengairan 580 menit diperoleh nilai efisiensi aplikasi 97,31%, efisiensi irigasi 99,96%, efisiensi distribusi 97,35%, dan air yang terperkolasi ke dalam tanah 2,65%.

***Kata Kunci: Irigasi alur, Jagung, Sirmod III, Efisiensi Irigasi***

## RIWAYAT HIDUP



**Sukri** dilahirkan di Maros, Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan pada 05 Agustus 1989. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan orang tua Bapak H. Kamaruddin dan Ibu Hj. Sittiara. Jalur pendidikan formal yang telah ditempuh adalah sebagai berikut:

1. SD Negeri 20 Masale pada tahun 1995-2001.
2. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Tanralili pada tahun 2001-2004.
3. Pendidikan SMA pada tahun 2004-2007 di SMA Negeri 1 Maros.
4. Melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2007, penulis diterima sebagai salah satu mahasiswa di Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan menyelesaikan studi tingkat S1 pada tahun 2013.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai anggota biasa dalam Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATEPA) dari tahun 2007 sampai sekarang. Selain itu, penulis tidak lagi memiliki kegiatan lain, karena kegiatan di rumah yang lebih menuntut penulis untuk selalu aktif dalam kegiatan.

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1. 1. Latar Belakang.....	1
1. 2. Rumusan Masalah .....	3
1. 3. Tujuan dan Kegunaan.....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Irigasi.....	4
2. 1. 1. Irigasi Permukaan .....	5
2. 1. 2. Irigasi Alur .....	6
2. 2. Curah Hujan Efektif .....	13
2. 3. Evapotranspirasi .....	14
2. 3. 1. Evapotranspirasi Tanaman .....	15
2. 3. 1. Evapotranspirasi Acuan (ETo) .....	16
2. 4. Infiltrasi .....	17
2. 5. Dimensi Saluran .....	21
2. 6. Kadar Air Tanah.....	21

2. 7. Ketersediaan Air Irigasi.....	23
2. 7. 1. Ketersediaan Air di Lahan.....	23
2. 7. 2. Ketersediaan Air di Bangunan Pengambilan.....	24
2. 8. Kebutuhan Air Irigasi.....	24
2. 9. Membuat Desain Saluran Irigasi Permukaan (Alur).....	27
2.10 Cropwat.....	30
2.11 Sirmod III.....	32
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3. 1. Waktu dan Tempat.....	33
3. 2. Alat dan Bahan.....	33
3. 3. Metode Penelitian.....	33
3. 3. 1. Pengambilan Data.....	33
3. 3. 2. Pengolahan dan Analisis Data.....	34
3. 4. Bagan Alir Penelitian.....	37
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4. 1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian.....	38
4. 2. Ketersediaan Air.....	39
4. 3. Kebutuhan Air.....	41
4. 4. Sistem Pemberian Air.....	42
4. 5. Simulasi Hasil Berdasarkan Penerapan Petani di Lahan.....	43
4. 6. Simulasi Berdasarkan Hasil Desain.....	45
4. 6. 1. Kedalaman Air Aplikasi 0,11 meter.....	45
4. 6. 1. Kedalaman Air Aplikasi 0,37 meter.....	47
4. 6. 1. Kedalaman Air Aplikasi 0,45 meter.....	48
<b>V. KESIMPULAN</b>	
5. 1. Kesimpulan.....	51
5. 2. Saran.....	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	52
<b>LAMPIRAN</b> .....	54



## DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
01.	Kemiringan dengan Jenis Tanah Untuk Panjang Alur .....	9
02.	Harga Koefisien Tanaman Palawija.....	25
03.	Nilai koefisien infiltrasi (a,k, dan $F_0$ ) pada irigasi awal .....	27
04.	Nilai koefisien infiltrasi (a,k, dan $F_0$ ) pada irigasi selanjutnya .....	28

## DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
01.	Alur sempit pada tanah berpasir .....	9
02.	Alur lebar, dangkal pada tanah lempung .....	10
03.	Sebuah alur ganda-bergerigi.....	10
04.	Alat pembentuk alur .....	11
05.	Zona perakaran ideal .....	12
06.	Tabung infiltrometer sederhana.....	19
07.	Simulator hujan .....	20
08.	Bentuk spesifik alur dan parameter hidroliknya.....	29
09.	Tampilan awal program SIRMOD III .....	36
10.	Lokasi penelitian .....	38
11.	Layout ketinggian lokasi (kontur) lahan sawah di Kabupaten Bone.....	39
12.	Curah hujan rata-ratabulanan (aktual dan efektif) di Kabupaten Bone Tahun (2003-2012).....	40
13.	Nilai debit rata-rata tersedia yang dialirkan di DI Pattiro (Tahun 2005–2012) .....	40
14.	Nilai evapotranspirasi potensial (ET <sub>o</sub> ) Kabupaten Bone (2003-2012) ...	41
15.	Nilai kebutuhan air tanaman aktual (ET <sub>crop</sub> ) dan kebutuhan air irigasi (Irr Req) selama pertanaman jagung di Kabupaten Bone (nilai dalam satuan <i>mm</i> ).....	41
16.	Nilai retensi air tanah, air tersedia (TAM dan RAM) di lahan pertanaman jagung di Kabupaten Bone .....	42
17.	Laju infiltasi tanah pada lahan pertanaman Jagung .....	43
18.	Hasil kedalaman air aplikasi irigasi di lahan pertanaman jagung pada tahap awal pengairan .....	44
19.	Hasil Simulasi untuk kedalaman air aplikasi pada tahap pemberian berikutnya mengikuti praktek irigasi petani .....	44
20.	Hasil simulasi untuk Kedalaman Air Aplikasi 0,11 meter. ....	45
21.	Hubungan antara lama pengairan (menit) dengan efisiensi (%).....	46
22.	Hubungan antara lama pengairan (menit) dengan laju perkolasi (%) .....	46
23.	Hasil simulasi untuk kedalaman air aplikasi 0,37 meter .....	47
24.	Hubungan antara lama pengairan (menit) dengan efisiensi (%).....	48
25.	Hubungan antara lama pengairan (menit) dengan laju perkolasi (%) .....	48
26.	Hasil simulasi I untuk kedalaman air aplikasi 0,45 meter .....	49
27.	Hubungan antara jarak alur (meter) dengan efisiensi (%).....	49
28.	Hubungan antara jarak alur (meter) dengan laju perkolasi (%) .....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>No</b>	<b>Teks</b>	<b>Halaman</b>
01.	Data Titik Ordinat Dengan Menggunakan GPS .....	54
02.	Data Pengukuran Ketinggian Dengan Menggunakan Theodolit.....	56
03.	Data Hasil Analisis Tanah .....	59
04.	Data Klimatologi .....	60
05.	Data Pengukuran Laju Infiltrasi .....	61
06.	Perhitungan Pemberian Air .....	62
07.	Perhitungan Desain Irigasi Alur .....	63
08.	Perhitungan Kebutuhan Air.....	64
09.	Foto Kegiatan Selama Penelitian.....	66

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumberdaya alam yang keberadaannya semakin bermasalah ke depan bagi peruntukan pertanian, karena: (a) jatah air untuk sektor pertanian relatif semakin berkurang akibat kompetisi dengan keperluan rumah tangga dan industri, (b) kerusakan tata hidrologi kawasan yang berdampak semakin rendahnya proporsi air hujan yang tersediakan bagi cadangan air, dan (c) adanya perubahan iklim yang kurang menguntungkan. Sehubungan dengan itu, teknologi pengelolaan air harus semakin mendapat perhatian besar, tidak hanya dari segi efisiensi penggunaan airnya sendiri tapi juga pertimbangan cara aplikasinya dan umur tanaman yang mampu meningkatkan efisiensi tenaga kerja/biaya (Suryana dkk, 2008).

Irigasi dimaksudkan untuk memberikan suplai air kepada tanaman dalam waktu, ruang, jumlah, dan mutu yang tepat. Pencapaian tujuan tersebut dapat dicapai melalui berbagai teknik pemberian air irigasi. Rancangan pemakaian berbagai teknik tersebut disesuaikan dengan karakteristik tanaman dan kondisi setempat. Sebagian petani mengusahakan jagung di lahan sawah. Pada musim kemarau, tanaman seringkali kekurangan air sehingga produksi tidak optimal. Di sisi lain, efisiensi penggunaan air irigasi masih rendah. Penelitian di Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan, menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan air irigasi oleh petani hanya 46%. Dengan kata lain, 54% air terbuang percuma. Penyebabnya adalah kondisi saluran drainase yang tidak memadai. Upaya peningkatan efisiensi penggunaan air irigasi dapat dilakukan melalui perbaikan desain saluran drainase menggunakan alat pembentuk alur. Dimensi saluran drainase yang optimal adalah lebar 32-34 cm, kedalaman 21-25 cm, dan kecuraman lereng 0,8% (Puslitbangtan, 2003).

Pada musim penghujan kemungkinan besar curah hujan efektif akan berlimpah tersedianya baik dipermukaan maupun yang telah meresap kedalam pori pori tanah dibawah permukaan tanah (tergantung dari lama,lembab, sering turunnya hujan dan daya meresapnya ke bawah permukaan tanah). Pada musim

kemarau curah hujan efektif tentunya tidak biasa diharapkan lagi dan tersedianya air tanah pun banyak berkurang, sehingga tidak sedikit lahan pertanaman menjadi kering dan pertumbuhannya menjadi terganggu (Kartasapoetra, 1994).

Sebagian besar daerah yang ada di Sulawesi Selatan memiliki potensi yang baik untuk tanaman jagung seperti kabupaten Bone. Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari bulir), dibuat tepung (dari bulir, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung bulir dan tepung tongkolnya). Tongkol jagung kaya akan pentosa, yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi. (Anonim, 2012<sup>a</sup>).

Budi daya jagung tidak hanya di lahan kering pada musim hujan, tetapi juga pada lahan sawah tadah hujan dan lahan sawah pada irigasi musim kemarau, terutama pada areal yang ketersediaan air irigasinya kurang memadai untuk budi daya padi. Pengairan tanaman jagung pada musim kemarau bersumber dari air tanah yang dipompa maupun air permukaan dari jaringan irigasi. Agar distribusi air lebih efektif ke tanaman, petani umumnya membuat saluran air di antara barisan tanaman dengan menggunakan cangkul atau bajak ditarik ternak. Pembuatan saluran dengan cangkul memerlukan waktu 176 jam/ha, sedangkan dengan bajak ditarik ternak 24 jam/ha, dengan tingkat efisiensi irigasi hanya 46,2% (Puslitbangtan, 2003).

Dengan perkembangan irigasi dalam bidang pertanian, irigasi alur dianggap penting dan tepat untuk pengairan tanaman jagung yang ditanam pada awal musim hujan atau menjelang musim kemarau (Purwono dan Heni, 2011).

Berdasarkan uraian di atas, maka dianggap perlu untuk melakukan penelitian mengenai “Desain Sistem Irigasi Alur Pada Perkebunan Tanaman Jagung di Kabupaten Bone”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain sistem irigasi alur yang tepat untuk pertanaman jagung?
2. Bagaimana tingkat keakurasian hasil desain dengan sistem simulasi menggunakan SIRMOD III pada pertanaman jagung?

## **1.3 Tujuan dan Kegunaan**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk mendesain sistem irigasi dan menguji efisiensi kinerja hasil desain irigasi alur pada pertanaman jagung.

Kegunaan dilakukan penelitian ini adalah untuk memberikan hasil desain irigasi pertanian yang efektif dan efisien pada lahan pertanaman jagung di Kabupaten Bone sebagai informasi bagi para penyuluh dan praktisi irigasi, dan sebagai informasi bagi petani yang dapat digunakan atau diaplikasikan dalam sistem pertanaman jagung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2. 1. Irigasi

Pengertian irigasi secara umum yaitu pemberian air kepada tanah dengan maksud untuk memasok lengas esensial bagi pertumbuhan tanaman(Hansen, dkk.1990). Tujuan irigasi lebih lanjut yaitu menjamin keberhasilan produksi tanaman dalam menghadapi kekeringan jangka pendek, mendinginkan tanah dan atmosfer sehingga akrab dengan pertumbuhan tanaman, mengurangi bahaya kekeringan, mencuci atau melarutkan garam dalam tanah, mengurangi bahaya pemipaan tanah, melunakkan lapisan olah dan gumpalan gumpalan tanah, dan menunda pertunasan dengan cara pendinginan lewat evaporasi. Tujuan umum irigasi tersebut secara implisit mencakup pula kegiatan drainase pertanian, terutama yang berkaitan dengan tujuan mencuci dan melarutkan garam dalam tanah. Tujuan utama irigasi yang disebutkan di atas tentu saja tidak semuanya berlaku untuk indonesia yang sebagian besar daerahnya terletak di kawasan muson tropis-basah. Irigasi juga dapat diartikan sebagai bentuk kegiatan penyediaan,pengambilan, pemberian dan penggunaan air untuk pertanian dengan menggunakan satu kesatuan saluran dan bangunan berupa jaringan irigasi (Suprodjo, 2001).

Pada metode irigasi lain dalam pemberian air semua permukaan tanah dibasahi pada tiap pemberian air. Dengan menggunakan metode alur untuk pemberian air, Kebutuhan pembasahan hanya sebagian dari permukaan tanah,sehingga mengurangi kehilangan akibat penguapan, mengurangi pelumpuran tanah berat, dan memungkinkan untuk mengolah tanah lebih cepat setelah pemberian air. Hampir semua tanaman yang berderet diairi dengan metode alur. Tanaman biji bijian dan alfalfa sering diairi dengan alur kecil yang disebut alur kerap. Alur kerap ini menguntungkan apabila aliran pemberian air kecil, dan juga untuk tanah yang topografinya tidak menentu. Irigasi alur dapat diterapkan pada variasi kemiringan yang besar. Dalam hal ini biasanya menempatkan alur menuruni kemiringan yang paling terjal untuk menghindari peluapan tanggul alur (Endang dan Soejipto, 1992).

### **2.1.1. Irigasi Permukaan**

Irigasi telah berkembang luas menjadi bentuk menarik yang dapat diklasifikasikan menjadi irigasi genangan, irigasi limpasan, irigasi alur, dan banjir yang tidak terkendali. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ada dua hal yang membedakan sistem irigasi permukaan yaitu aliran permukaan memiliki kebebasan menanggapi gradien gravitasi dan berarti di lahan pengangkutan dan distribusi terjadi pada bidang permukaan itu sendiri. Sebuah peristiwa irigasi permukaan terdiri dari empat fase. Ketika air dialirkan ke lahan sampai permukaan air meluas di seluruh area. Air tidak langsung membasahi seluruh permukaan, tetapi semua jalur aliran telah terisi air. Kemudian air akan mengalir di permukaan cekungan/lahan. Volume air di permukaan mulai menurun setelah air tidak lagi diberikan. Sehingga air akan mengalir dari permukaan (limpasan) masuk ke dalam tanah. Untuk menggambarkan hidrolika aliran permukaan, periode drainase dibagi ke dalam tahap penipisan (resesi vertikal) dan fase resesi (resesi horizontal). Deplesi adalah interval perpotongan munculnya tanah kering pertama di bawah air. Resesi dimulai pada saat itu dan berlanjut hingga permukaannya kering (Walker, 1989).

Masing-masing sistem irigasi permukaan memiliki kelebihan dan kekurangan yang unik tergantung pada faktor-faktor seperti yang telah dijelaskan sebelumnya yaitu biaya awal, ukuran dan bentuk bidang, karakteristik tanah, alam dan ketersediaan pasokan air, iklim, pola tanam, preferensi sosial dan struktur, pengalaman historis, dan pengaruh luar ke sistem irigasi permukaan (Walker, 1989).

Pada irigasi permukaan, air diberikan secara langsung melalui permukaan tanah dari suatu saluran atau pipa dimana elevasi muka airnya lebih tinggi dari elevasi lahan yang akan diairi (sekitar 10-15 cm). Air irigasi mengalir pada permukaan tanah dari pangkal ke ujung lahan dan meresap ke dalam tanah membasahi daerah perakaran tanaman. Terdapat dua syarat penting untuk mendapatkan sistem irigasi permukaan yang efisien, yaitu perencanaan sistem distribusi air untuk mendapatkan



pengendalian aliran air irigasi dan perataan lahanyang baik, sehingga penyebaran air seragam ke seluruh petakan. Prosedur pelaksanaan irigasi dalam irigasi permukaan adalah dengan menggunakan debit yang cukup besar, maka aliran akan mencapai bagian ujung secepat mungkin, dan meresap ke dalam tanah dengan merata. Setelah atau sebelum mencapai bagian ujung, aliran masuk dapat diperkecil debitnya (*cut-back flow*) sampai sejumlah air irigasi yang diinginkan sudah diresapkan. Ketika pasokan aliran air dihentikan maka proses resesi sepanjang lahan akan terjadi sampai proses irigasi selesai (Kusnadi, 2000).

### **2.1.2 Irigasi Alur**

Irigasi alur dapat diartikan sebagai air yang mengalir melalui saluran kecil (alur) yang dibuat pada kemiringan atau lereng lahan. Air masuk ke dalam tanah dari dasar dan sisi saluran bergerak lateral dan ke bawah untuk membasahi tanah dan sekaligus membawa garam terlarut, pupuk dan herbisida. Tanah yang baik dengan lereng/kemiringan seragam dapat memberikan hasil yang baik dari metode ini (James, 1993).

Irigasi alur cocok untuk berbagai jenis tanah, tanaman dan lereng tanah. Irigasi alur cocok untuk tanaman, terutama tanaman baris. Tanaman yang akan rusak jika air menutupi batang atau mahkota harus menggunakan irigasi alur. Irigasi alur juga cocok untuk tumbuhan tanaman pohon. Pada tahap awal penanaman pohon, penggunaan satu alur disamping baris pohon mungkin cukup tetapi ketika pohon berkembang maka dua atau lebih alur dapat dibuat untuk menyediakan air yang cukup (Brouwer, 1988).

Menurut Brouwer (1988), tanaman yang dapat diairi dengan irigasi alur meliputi:

- a. Tanaman berbaris seperti jagung, kedelai, bunga matahari, tebu.
- b. Tanaman yang akan rusak oleh air berlebih, seperti tomat, sayuran, kentang, kacang-kacangan.
- c. Pohon buah-buahan seperti jeruk, anggur.
- d. Siaran tanaman (metode kerut) seperti gandum.

Sistem irigasi alur biasanya digunakan dalam pengairan sayuran-sayuran. Hal ini memberikan keuntungan bahwa air tidak diterapkan secara langsung ke lahan, tetapi air masuk kedalam alur. Hal itu memberikan penghematan air, tanaman tidak bersentuhan langsung dengan air karena beberapa tanaman seperti sayuran sangat sensitif terhadap air tergenang. Berdasarkan keselarasan, irigasi alur dapat digolongkan menjadi dua jenis umum yaitu alur lurus dan alur kontur. Alur kontur memiliki kemiringan yang halus sepanjang aliran. Lahan dengan kemiringan hingga 15 persen dapat diairi dengan alur kontur (Bishop et al., 1967). Metode alur kontur dapat berhasil digunakan di hampir semua tanah yang diairi. Keterbatasan alur yang lurus yang diatasi dengan kontur untuk menahan tanah. Berdasarkan pada ukuran dan jarak, alur dapat diklasifikasikan sebagai alur-alur dan lipatan atau kerutan. Secara umum, tanaman kecil memerlukan alur yang kecil seperti sayuran membutuhkan alur dari 7,5-12,5 cm sedangkan beberapa tanaman baris membutuhkan alur yang lebih lebar (Kay, 1986).

Alur lurus biasanya saluran dibangun menuruni lereng tanah yang berliku (bertingkat). Tanah halus (yaitu, mengisi daerah yang rendah dengan bahan dibawa dari tempat tinggi) biasanya diperlukan untuk efisiensi aplikasi air. Namun keseragaman yang buruk dapat terjadi ketika lereng melebihi 2% dan tanah bertekstur kasar. Alur sangat cocok untuk mengairi tanaman yang bisa tertangu jika air merendam mahkota atau batang tanaman. Akar tanaman seperti sayuran, kapas, jagung, gula bit, jagung, kentang, dan tanaman bibit ditanam pada bedengan yang diairi dengan alur yang ditempatkan di antara baris tanaman. Kebun-kebun anggur dapat diairi dengan menempatkan satu atau lebih alur antara baris pohon untuk membasahi area utama dari zona akar (Jeams, 2009).

Secara umum, bentuk, panjang dan jarak ditentukan oleh keadaan alam, yaitu kemiringan, jenis tanah dan ukuran aliran yang tersedia. Namun, faktor lain dapat mempengaruhi desain sistem alur, seperti kedalaman perairan, praktek pertanian dan panjang lahan. Alur harus

searah dengan kemiringan, jenis tanah, ukuran saluran, kedalaman irigasi, praktek budidaya dan panjang lahan. Meskipun alur dapat lebih lama ketika kemiringan lahan yang curam, kemiringan alur maksimum yang disarankan adalah 0,5% untuk menghindari erosi tanah. Alur juga dapat dibuat bertingkat sehingga sangat mirip dengan cekungan sempit yang panjang. Namun nilai minimum dari 0,05% dianjurkan agar drainase yang efektif dapat terjadi pada irigasi berikutnya atau curah hujan yang berlebihan. Jika kemiringan tanah lebih curam dari 0,5% maka alur dapat diatur pada sudut lereng utama atau bahkan sepanjang kontur untuk menjaga lereng alur dalam batas-batas yang disarankan. Alur dapat diatur dengan cara ini ketika kemiringan tanah utama tidak melebihi 3%. Hal itu dilakukan untuk menghindari resiko utama erosi tanah dalam sistem alur. Untuk tanah berpasir air cepat terinfiltrasi. Alur harus pendek (kurang dari 110 m), sehingga air akan mencapai ujung hilir tanpa kerugian perkolasi yang berlebihan. Pada tanah liat, laju infiltrasi jauh lebih rendah dari pada di tanah berpasir. Alur dapat lebih panjang dari pada tanah berpasir (Brouwer, 1988).

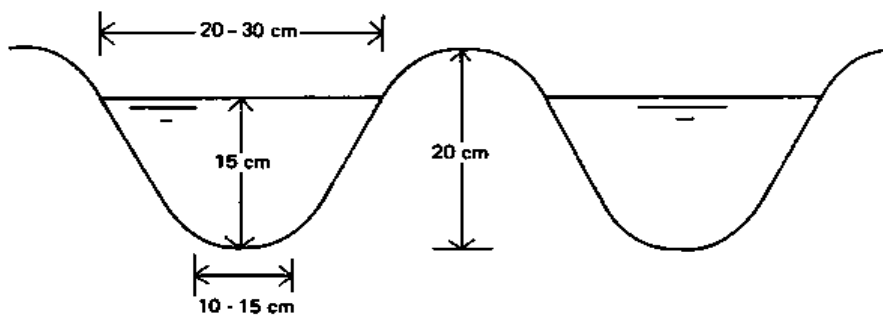
Ukuran aliran maksimum yang tidak akan menyebabkan erosi jelas akan tergantung pada kemiringan alur, dalam hal apapun, disarankan untuk tidak menggunakan ukuran saluran dengan kecepatan aliran lebih besar dari 3,01m/detik. Ketika para petani menggunakan mesin (mekanik), alur-alur harus dibuat panjang untuk memudahkan pekerjaan. Alur pendek yang sama dengan panjang lahan bukan jarak yang ideal, itu akan menyisakan tanah yang tidak terairi. Panjang alur yang bersesuaian dapat dilihat pada tabel berikut (Brouwer, 1988).

Tabel1. Kemiringan dengan Jenis Tanah Untuk Panjang Alur

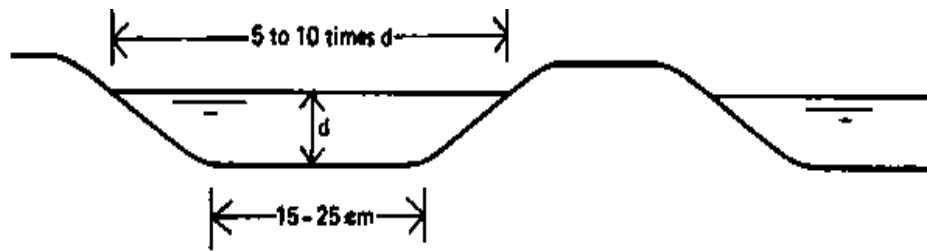
Furrow slope (%)	Maximum stream size (l/s) per furrow	Clay		Loam		Sand	
		Net irrigation depth (mm)					
		50	75	50	75	50	75
0.0	3.0	100	150	60	90	30	45
0.1	3.0	120	170	90	125	45	60
0.2	2.5	130	180	110	150	60	95
0.3	2.0	150	200	130	170	75	110
0.5	1.2	150	200	130	170	75	110

Sumber : Training manual no 5. FAO Land and Water Development Division 1988.

Bentuk alur dipengaruhi oleh jenis tanah dan ukuran aliran. Pada tanah berpasir, air bergerak cepat vertikal dari samping (lateral). Alur berbentuk V diharapkan dapat mengurangi rembesan air pada permukaan tanah. Namun, itu tidak cocok untuk tanah berpasir yang kurang stabil, dan cenderung runtuh, karena mengurangi efisiensi irigasi. Pada tanah liat, ada gerakan air yang jauh lebih lateral dan laju infiltrasi jauh lebih sedikit dari pada tanah berpasir. Sehingga alur dibuat lebar dan dangkal untuk mendapatkan luas penampang basah yang besar untuk mendorong infiltrasi (Brouwer, 1988).

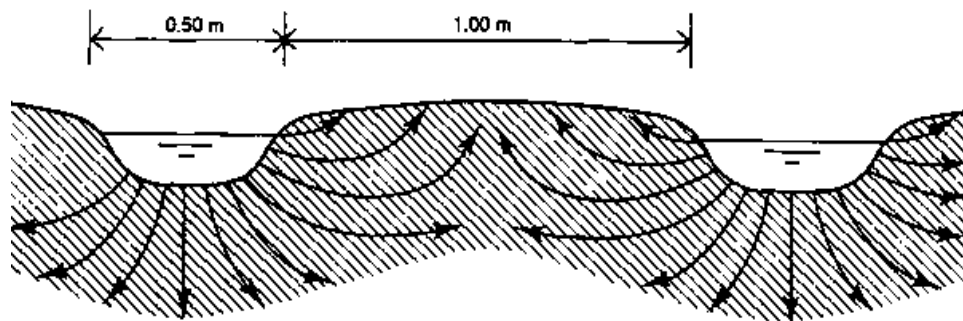


Gambar 1. Alur sempit pada tanah berpasir



Gambar 2. Alur lebar, dangkal pada tanah lempung

Jarak dari alur dipengaruhi oleh jenis tanah dan praktek budidaya. Aturan jarak alur untuk tanah berpasir jarak harus antara 30 dan 60 cm, yaitu 30 cm untuk pasir kasar dan 60 cm untuk pasir halus. Pada tanah liat, jarak antara kedua alur yang berdekatan harus 75-150 cm. Pada tanah liat, alur ganda bergerigi juga dapat digunakan. Keuntungannya adalah bahwa baris tanaman akan lebih banyak pada punggung masing-masing dan memudahkan penyiangan manual. Punggungan dapat sedikit membulat di bagian atas untuk mengalirkan air di permukaan punggungan pada saat hujan deras (Brouwer, 1988).

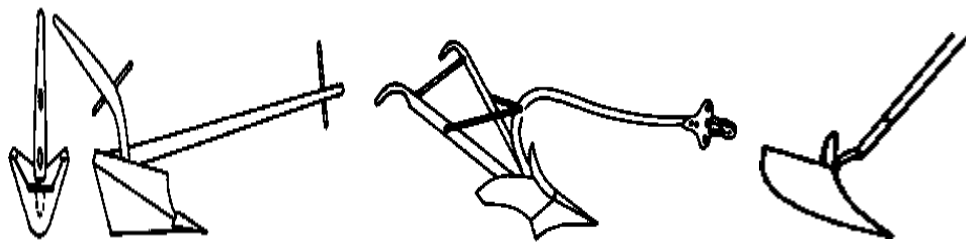


Gambar 3. Sebuah alur ganda-bergerigi

Dalam pertanian mekanik diperlukan kecocokan antara mesin yang tersedia untuk membuat alur dan jarak yang ideal untuk tanaman. Peralatan mekanik akan menghasilkan lebih sedikit pekerjaan jika lebar standar antara alur dipertahankan, namun ketika tanaman ditanam biasanya memerlukan jarak tanam yang berbeda. Dengan cara ini jarak dari gandengan alat tidak perlu diubah ketika peralatan tersebut akan dipindahkan dari satu tanaman ke yang lain. Namun, perawatan diperlukan

untuk memastikan bahwa jarak standar memberikan pembasahan lateral yang memadai pada semua jenis tanah (Brouwer, 1988).

Ada beberapa alat pembentuk alur yang dapat digunakan. Bajak merupakan alat yang umum digunakan baik itu bajak kayu dan bajak besi yang ditarik dengan tenaga hewan maupun bajak/cangkul dengan menggunakan tangan/manual. Seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini (Brouwer, 1988):



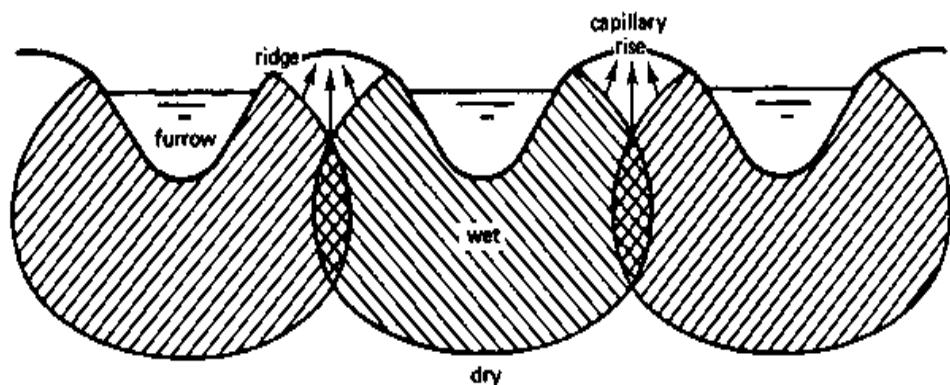
Gambar 4. Alat pembentuk alur

Air dialirkan ke lahan melalui masing-masing alur dari saluran menggunakan sifon dan piles atau pipa tergantung pada debit yang tersedia dalam saluran irigasi, beberapa alur dapat diairi pada waktu yang sama. Ketika terjadi kekurangan air, irigasi alur menjadi solusi yang diterapkan dengan membatasi jumlah air irigasi. Hal ini dilakukan dengan menggunakan sistem bergilir untuk tiap alur pada lahan yang sama. Misalnya untuk suatu lahan yang diairi setiap 10 hari, alur ganjil (1, 3, 5, dan seterusnya) diairi setelah 5 hari dan alur genap (2, 4, 6, dan seterusnya) diairi setelah 10 hari. Dengan demikian tanaman menerima air setiap 5 hari, bukan dalam jumlah besar setiap 10 hari. Limpasan pada ujung alur dapat menjadi masalah pada lahan miring. Hal ini dapat menampung air hingga 30 persen dari air yang diberikan, meskipun dalam kondisi yang baik. Oleh karena itu, pengurasan dangkal harus selalu dilakukan pada ujung lahan, untuk membuang kelebihan air. Ketika hal itu tidak dilakukan, tanaman akan rusak oleh genangan air. Limpasan yang berlebihan dapat dicegah dengan mengurangi arus masuk,

setelah air irigasi telah mencapai akhir dari alur-alur (irigasi pengurangan) atau air limpasan digunakan kembali (Brouwer, 1988).

Untuk mendapatkan pola pembasahan yang seragam pada zona perakaran, jarak kerutan harus baik, memiliki kemiringan yang seragam dan air irigasi harus diterapkan dengan cepat. Zona perakaran akan dibasahi melalui air yang mengalir pada alur yang bergerak ke bawah tanah dan kesamping. Kedua gerakan air tersebut bergantung pada jenis tanah suatu lahan (Brouwer, 1988).

Menurut Brouwer (1988), pola pembasahan yang ideal dapat terjadi ketika pola pembasahan yang berdekatan saling tumpang tindih, dan ada gerakan air ke atas yang membasahi seluruh punggungan sehingga air menyebar pada zona perakaran yang diamati pada gambar berikut:



Gambar 5. Zona perakaran ideal.

Untuk mendapatkan distribusi air yang seragam sepanjang alur, kemiringan saluran yang seragam merupakan hal yang penting dan ukuran aliran cukup besar sehingga kecepatan aliran pada alur tinggi. Dengan demikian, kerugian akibat perkolasi yang besar di hulu alur dapat dihindari (Brouwer, 1988).

Menurut Brouwer (1988), pola pembasahan yang buruk atau tidak merata disebabkan oleh:

- a. Kondisi alam yang tidak menguntungkan, misalnya lapisan dipadatkan, jenis tanah yang berbeda-beda, kemiringan lahan tidak merata.
- b. Letak alur yang buruk, misalnya jarak alur terlalu lebar.
- c. Manajemen yang buruk: ukuran sungai yang tersedia terlalu besar atau terlalu kecil, menghentikan pemasukan air terlalu cepat.

## **2.2. Curah Hujan Efektif (Re)**

Hujan adalah peristiwa jatuhnya air/es dari atmosfer ke permukaan bumi dan atau laut dalam bentuk yang berbeda. Hujan di daerah tropis (termasuk Indonesia) umumnya dalam bentuk air dan sesekali dalam bentuk es pada suatu kejadian ekstrim, sedangkan di daerah subtropis dan kutub hutan dapat berupa air atau salju/es. Besarnya curah hujan adalah volume air yang jatuh pada suatu areal tertentu. Besarnya curah hujan dapat dimaksudkan untuk satu kali hujan atau untuk masa tertentu seperti perhari, perbulan, permusim atau pertahun. Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan. Distribusi curah hujan adalah berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau dari curah hujan tahunan, curah hujan bulanan, curah hujan harian dan curah hujan perjam. Harga-harga yang diperoleh ini dapat digunakan untuk menentukan prospek dikemudian hari dan akhirnya perancangan sesuai dengan tujuan yang dimaksud. Kejadian hujan menunjukkan suatu variabilitas dalam ruang dan waktu. Salah satu konsekuensi dari variabilitas hujan adalah terjadinya fluktuasi curah hujan di setiap wilayah yang dapat menimbulkan kondisi ekstrim berupa kekeringan dan banjir yang terjadi dengan skala yang berbeda dan tergantung pada periode keberulangnya (Achmad, 2011).

Hujan yang diharapkan terjadi selama satu musim tanam berlangsung disebut curah hujan efektif. Masa hujan efektif untuk suatu lahan persawahan dimulai dari pengolahan tanah sampai tanaman dipanen, tidak hanya selama masa pertumbuhan. Curah hujan efektif untuk tanaman lahan tergenang berbeda dengan



curah hujan efektif untuk tanaman pada lahan kering dengan memperhatikan pola periode musim hujan dan musim kemarau. Perhitungan curah hujan efektif dilakukan atas dasar prinsip hubungan antara keadaan tanah, cara pemberian air dan jenis tanaman (Achmad, 2011).

Besarnya curah hujan efektif diperoleh dari pengolahan data curah hujan harian pada stasiun curah hujan yang ada di daerah irigasi atau daerah sekitarnya.

$$R_e = R_{tot} (125 - 0,2 R_{tot})/125 ; R_{tot} < 250 \text{ mm} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_e = 125 + 0,1 R_{tot} ; R_{tot} > 250 \text{ mm} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

$$R_e = \text{Curah hujan efektif (mm/hari)}$$

$$R_{tot} = \text{Jumlah curah hujan (mm/hari)}$$

### 2.3. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah perpaduan dua proses yakni evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah proses penguapan atau hilangnya air dari tanah dan badan-badan air (abiotik), sedangkan transpirasi adalah proses keluarnya air dari tanaman (boitik) akibat proses respirasi dan fotosintesis. Kombinasi dua proses yang saling terpisah dimana kehilangan air dari permukaan tanah melalui proses evaporasi dan kehilangan air dari tanaman melalui proses transpirasi disebut sebagai evapotranspirasi (ET) (Achmad, 2011).

Menurut Achmad (2011), evapotranspirasi ditentukan oleh banyak faktor yakni:

- a. Radiasi surya (Rd): Komponen sumber energi dalam memanaskan badan-badan air, tanah dan tanaman. Radiasi potensial sangat ditentukan oleh posisi geografis lokasi.
- b. Kecepatan angin (v): Angin merupakan faktor yang menyebabkan terdistribusinya air yang telah diuapkan ke atmosfer, sehingga proses penguapan dapat berlangsung terus sebelum terjadinya kejenuhan kandungan uap di udara.
- c. Kelembaban relatif (RH): Parameter iklim ini memegang peranan karena udara memiliki kemampuan untuk menyerap air sesuai kondisinya termasuk temperatur udara dan tekanan udara atmosfer.

- d. Temperatur: Suhu merupakan komponen tak terpisahkan dari RH dan Radiasi. Suhu ini dapat berupa suhu badan air, tanah, dan tanaman ataupun juga suhu atmosfer.

Evaporasi adalah proses dimana air dalam bentuk cair dikonversi menjadi uap air dan dipindahkan dari permukaan penguapan. Air dapat berevaporasi dari berbagai permukaan seperti danau, sungai, tanah dan vegetasi hijau. Sedangkan transpirasi merupakan penguapan cairan (air) yang terkandung pada jaringan tanaman dan pemindahan uap ke atmosfer. Tanaman umumnya kehilangan air melalui stomata. Stomata merupakan saluran terbuka pada permukaan daun tanaman melalui proses penguapan dan perubahan wujud menjadi gas (Achmad, 2011).

### **2.3.1. Evapotranspirasi Tanaman**

Evapotranspirasi tanaman (ETc) adalah perpaduan dua istilah yakni evaporasi dan transpirasi. Kebutuhan air dapat diketahui berdasarkan kebutuhan air dari suatu tanaman. Apabila kebutuhan air suatu tanaman diketahui, kebutuhan air yang lebih besar dapat dihitung (Hansen dkk., 1986). Evaporasi yaitu penguapan di atas permukaan tanah, sedangkan transpirasi yaitu penguapan melalui permukaan dari air yang semula diserap oleh tanaman. Atau dengan kata lain, evapotranspirasi adalah banyaknya air yang menguap dari lahan dan tanaman dalam suatu petakan karena panas matahari (Asdak, 1995).

Evapotranspirasi (ETc) adalah proses dimana air berpindah dari permukaan bumi ke atmosfer termasuk evaporasi air dari tanah dan transpirasi dari tanaman melalui jaringan tanaman melalui transfer panas laten persatuan area. Ada 3 faktor yang mendukung kecepatan evapotranspirasi yaitu (1) faktor iklim mikro, mencakup radiasi netto, suhu, kelembaban dan angin, (2) faktor tanaman, mencakup jenis tanaman, derajat penutupannya, struktur tanaman, stadium perkembangan sampai masak, keteraturan dan banyaknya stomata, mekanisme menutup dan membukanya stomata, (3) faktor tanah, mencakup kondisi tanah,

aerasi tanah, potensial air tanah dan kecepatan air tanah bergerak ke akar tanaman (Achmad, 2011).

Doonrenbos dan Pruitt (1977), menjelaskan bahwa untuk menghitung kebutuhan air tanaman berupa evapotranspirasi dipergunakan persamaan :

$$ET_c = K_c \times ET_o \dots \dots \dots (3)$$

Dimana :

$ET_c$  = evapotranspirasi potensial (mm/hari)

$ET_o$  = evapotranspirasi acuan (mm/hari)

$K_c$  = koefisien konsumtif tanaman

Koefisien konsumtif tanaman ( $K_c$ ) didefinisikan sebagai perbandingan antara besarnya evapotranspirasi potensial dengan evaporasi acuan tanaman pada kondisi pertumbuhan tanaman yang tidak terganggu. Dalam hubungannya dengan pertumbuhan dan perhitungan evapotranspirasi acuan tanaman ( $ET_o$ ), maka dimasukkan nilai  $K_c$  yang nilainya tergantung pada musim, serta tingkat pertumbuhan tanaman. Nilai koefisien tanaman dibagi atas empat fase pertumbuhan, yaitu :  $K_c$  initial ( $K_c$  in),  $K_c$  development ( $K_c$  dev),  $K_c$  middle ( $K_c$  mid), dan  $K_c$  end.  $K_c$  in merupakan fase awal pertumbuhan tanaman selama kurang lebih dua minggu, sedangkan  $K_c$  dev adalah koefisien tanaman untuk masa perkembangan (masa antara fase initial dan middle).  $K_c$  mid merupakan  $K_c$  untuk masa pertumbuhan dan perkembangan termasuk persiapan dalam masa pematangan.  $K_c$  end merupakan  $K_c$  untuk pertumbuhan akhir tanaman dimana tanaman tersebut tidak berproduksi lagi (Achmad, 2011).

### 2.3.2. Evapotranspirasi Acuan ( $ET_o$ )

Evapotranspirasi acuan ( $ET_o$ ) adalah nilai evapotranspirasi tanaman rumput-rumputan yang terhampar menutupi tanah dengan ketinggian 8–15 cm, tumbuh secara aktif dengan cukup air. Untuk menghitung evapotranspirasi acuan ( $ET_o$ ) dapat digunakan beberapa metode yaitu (1) metode Penman, (2) metode panci evaporasi, (3)

metode radiasi, (4) metode Blaney Criddle dan (5) metode Penman modifikasi FAO. Menduga besarnya evapotranspirasi tanaman, ada beberapa tahap harus dilakukan, yaitu menduga evapotranspirasi acuan; menentukan koefisien tanaman kemudian memperhatikan kondisi lingkungan setempat; seperti variasi iklim setiap saat, ketinggian tempat, luas lahan, air tanah tersedia, salinitas, metode irigasi, dan budidaya pertanian (Achmad, 2011).

Beberapa metode pendugaan evapotranspirasi seperti Metode Penman  $E_{To} = c (W R_n + (1 - W) f(u) (e_a - e_d) )$ . Metode Penman modifikasi (FAO) digunakan untuk luasan lahan dengan data pengukuran temperatur, kelembaban, kecepatan angin dan lama matahari bersinar (Doorenbos dan Pruitt, 1977).

#### **2.4. Infiltrasi**

Infiltrasi adalah proses aliran air (umumnya berasal dari curah hujan) masuk ke dalam tanah. Perkolasi merupakan proses kelanjutan aliran air yang berasal dari infiltrasi ke tanah yang lebih dalam. Kebalikan dari infiltrasi adalah rembesan. Laju maksimal gerakan air masuk ke dalam tanah dinamakan kapasitas infiltrasi. Kapasitas infiltrasi terjadi ketika intensitas hujan melebihi kemampuan tanah dalam menyerap kelembaban tanah. Sebaliknya apabila intensitas hujan lebih kecil dari pada kapasitas infiltrasi, maka laju infiltrasi sama dengan laju curah hujan (Achmad, 2011).

Perpindahan air dari atas ke dalam permukaan tanah baik secara vertikal maupun secara horizontal disebut infiltrasi. Banyaknya air yang terinfiltrasi dalam satuan waktu disebut laju infiltrasi. Besarnya laju infiltrasi  $f$  dinyatakan dalam mm/jam atau mm/hari. Laju infiltrasi akan sama dengan intensitas hujan, bila laju infiltrasi tersebut lebih kecil dari daya infiltrasinya, Jadi  $f \leq fp$  dan  $f \leq I$ . Infiltrasi berubah-ubah sesuai dengan intensitas curah hujan. Akan tetapi setelah mencapai limitnya, banyaknya infiltrasi akan berlangsung terus sesuai dengan kecepatan absorpsi setiap tanah. Pada tanah yang sama kapasitas infiltrasinya berbeda - beda, tergantung dari kondisi permukaan tanah, struktur tanah, tumbuh-tumbuhan dan lain-lain. Di samping intensitas curah hujan, infiltrasi berubah-ubah karena

dipengaruhi oleh kelembaban tanah dan udara yang terdapat dalam tanah (Achmad, 2011).

Menurut Achmad ( 2011), ada beberapa faktor internal dan eksternal yang mempengaruhi laju infiltrasi adalah sebagai berikut:

1. Tinggi genangan air di atas permukaan tanah dan tebal lapisan tanah yang jenuh
2. Kadar air atau lengas tanah
3. Pemadatan tanah oleh curah hujan
4. Penyumbatan pori tanah mikro oleh partikel tanah halus seperti bahan endapan dari partikel liat
5. Pemadatan tanah oleh manusia dan hewan akibat *traffic line* oleh alat olah
6. Struktur tanah
7. Kondisi perakaran tumbuhan baik akar aktif maupun akar mati (bahan organik)
8. roporsi udara yang terdapat dalam tanah
9. Topografi atau kemiringan lahan
10. Intensitas hujan
11. Kekasaran permukaan tanah
12. Kualitas air yang akan terinfiltrasi
13. Suhu udara tanah dan udara sekitar

Dalam infiltrasi dikenal dua istilah yaitu kapasitas infiltrasi dan laju infiltrasi, yang dinyatakan dalam mm/jam. Kapasitas infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum untuk suatu jenis tanah tertentu; sedangkan laju infiltrasi ( ft ) adalah kecepatan infiltrasi yang nilainya tergantung pada kondisi tanah dan intensitas hujan. Apabila tanah dalam kondisi kering ketika infiltrasi terjadi, kapasitas infiltrasi tinggi karena kedua gaya kapiler dan gaya gravitasi bekerja bersama – sama menarik air kedalam tanah. Ketika tanah menjadi basah, gaya kapiler berkurang yang menyebabkan laju infiltrasi menurun. Akhirnya kapasitas infiltrasi mencapai suatu nilai konstan, yang dipengaruhi terutama oleh gravitasi dan laju perkolasi. Laju infiltrasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kedalaman

genangan dan tebal lapisan jenuh, kelembaban tanah, pemadatan oleh hujan, tanaman penutup, intensitas hujan dan sifat – sifat fisik tanah (Triatmodjo, 2008).

Metode yang biasa digunakan untuk menentukan kapasitas infiltrasi adalah pengukuran dengan infiltrometer dan analisis hidrograf. Infiltrometer dibedakan menjadi infiltrometer genangan dan simulator hujan. Infiltrometer genangan yang banyak digunakan adalah dua silinder kosentris atau tabung yang dimasukkan kedalam tanah (Triatmodjo, 2008).

Untuk tipe pertama, dua silinder kosentris yang terbuat dari logam dengan diameter antara 22,5 dan 90 cm ditempatkan dengan sisi bawahnya berada beberapa sentimeter di bawah tanah, ke dalam kedua ruangan diisi air yang selalu dijaga pada elevasi sama. Fungsi dari silinder luar adalah untuk mencegah air di dalam ruang sebelah dalam menyebar pada daerah yang lebih besar setelah merembes di bawah dasar silinder. Kapasitas infiltrasi dan perubahannya dapat ditentukan dari kecepatan penambahan air pada silinder dalam yang diperlukan untuk mempertahankan elevasi konstan. Infiltrasi dapat diukur dengan cara berikut dengan menggunakan infiltrometer (Triatmodjo, 2008).

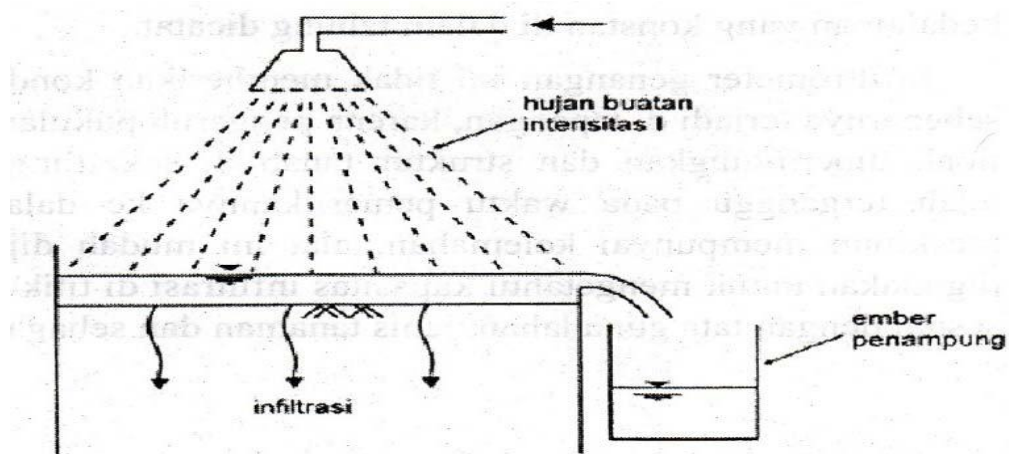
Infiltrometer tipe kedua (gambar 7), terdiri dari tabung dengan diameter sekitar 22,5 cm dan panjang 45 sampai 60 cm yang dimasukkan kedalam tanah sampai kedalaman minimum sama dengan kedalaman dimana air meresap selama percobaan ( sekitar 37,5 sampai 52,5 cm ), sehingga tidak terjadi penyebaran.



Gambar 6. Tabung infiltrometer sederhana

Laju air yang harus ditambahkan untuk menjaga kedalaman yang konstan di dalam tabung dicatat. Infiltrometer genangan ini tidak memberikan kondisi infiltrasi yang sebenarnya terjadi di lapangan, karena pengaruh pukulan butir – butir hujan tidak diperhitungkan dan struktur tanah di sekeliling dinding silinder telah terganggu pada waktu pemasukannya kedalam tanah. Tetapi meskipun mempunyai kelemahan, alat ini mudah dipindah dan dapat digunakan untuk mengetahui kapasitas infiltrasi di titik yang dikehendaki sesuai dengan tata guna lahan, jenis tanaman dan sebagainya (Triatmodjo, 2008).

Untuk mengurangi kelemahan dari penggunaan alat diatas, dibuat hujan tiruan dengan intensitas merata yang lebih tinggi dari kapasitas infiltrasi. Luas bidang yang disiram antara 0,1 sampai 40 m<sup>2</sup>. Besar infiltrasi dihitung dengan mencatat besarnya hujan dan limpasan. Gambar 7 adalah sket simulator hujan. Hujan tiruan dengan intensitas hujan  $I$  jatuh pada bidang yang akan dicari kapasitas infiltrasinya. Intensitas hujan lebih besar dari kapasitas infiltrasi  $f$  sehingga terjadi genangan diatas permukaan tanah. Pada suatu saat genangan air akan meluap dan luapan air ditampung dalam ember. Dengan mengetahui intensitas hujan  $I$ , volume tampungan dalam ember dan tinggi genangan, maka akan dapat dihitung kapasitas infiltrasi (Triatmodjo, 2008).



Gambar 7. Simulator hujan

Laju infiltrasi ( $f$ ), dinyatakan dalam in/jam atau cm/jam, adalah kecepatan air masuk kedalam tanah dari permukaan tanah. Jika air menggenang pada permukaan tanah, maka kapasitas infiltrasi telah mencapai batas kemampuan. Jika

laju distribusi air pada permukaan, sebagai contoh hujan, lebih kecil dari pada kemampuan laju infiltrasi maka laju infiltrasi sebenarnya akan juga lebih kecil dari pada laju potensial. Kumulatif infiltrasi ( $F$ ) adalah akumulasi dari kedalaman air yang masuk kedalam tanah selama jangka waktu tertentu dan itu sama dengan integral dari laju infiltrasi pada periode tersebut (Triatmojo, 2008).

## 2.5. Dimensi Saluran

Dimensi saluran merupakan salah satu kapasitas/kemampuan, lapisan bahan, kemiringan dan bentuk dari kanal atau selokan yang digunakan. Ukuran saluran dapat ditentukan dengan persamaan manning dan persamaan kelancaran, persamaan tersebut dapat menghubungkan kecepatan aliran, kapasitas, kemiringan saluran saluran, bentuk, dan ukuran pembagian saluran. Persamaannya sebagai berikut (Jeans, 2009).

$$V = \frac{K}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

$$Q = AV \dots\dots\dots(5)$$

Dimana;

- V = Kecepatan aliran (m/s)
- K = Koefisien kekasaran saluran
- n = Koefisien manning
- S = Kemiringan (m/m)
- A = Luas penampang saluran (m<sup>2</sup>)
- Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)
- R = Jari-jari hidrolis (m)

## 2.6. Kadar Air Tanah

Data kadar air tanah membutuhkan pengukuran periodik di lapangan, hal tersebut dapat memberikan gambaran pada pemberian irigasi berikutnya dilakukan dan berapa kedalaman air yang harus diterapkan. Sebaliknya, data tersebut dapat menunjukkan berapa banyak yang telah diterapkan dan air keseragaman pada lahan. Seperti yang telah dijelaskan pada sub bagian sebelumnya, bulk density, kapasitas lapangan dan titik layu permanen juga dibutuhkan (Walker, 1989).



Menurut (Walker, 1989), ada banyak teknik yang dapat digunakan untuk menghitung kadar air tanah. Namun yang digunakan pada penelitian ini adalah metode gravimetrik sampling. Gravimetrik sampel dilakukan dengan mengumpulkan sampel tanah dari masing-masing kedalaman 15-30 cm dari profil tanah atau dari penetrasi akar. Sampel tanah diambil beratnya sekitar 100-200 gram kemudian ditempatkan dalam wadah kedap udara dan kemudian ditimbang. Sampel tersebut kemudian ditempatkan dalam oven untuk dipanaskan sampai 105 ° C selama 24 jam dengan membuka penutup wadah. Setelah kering, tanah dan wadah ditimbang lagi dan berat air ditentukan baik sebelum maupun sesudah pengeringan/oven. Fraksi berat kering masing-masing sampel dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan:

$$W = \frac{BB - BK}{BK} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

W = kadar air tanah

BB = berat basah (berat tanah sesungguhnya)

BK = berat kering (berat tanah setelah di panaskan)

Jagung merupakan tanaman yang tergolong tidak tahan kelebihan air dan kekurangan air, dan relatif sedikit membutuhkan air dibandingkan padi. Oleh karena itu pengaturan ketersediaan air sangat penting. Pada pertanaman di lahan kering yang umumnya ditanam saat musim hujan, peluang terjadinya kelebihan air cukup besar, oleh karena itu untuk menghindari agar tidak terjadi kelebihan air maka perlu dibuat saluran-saluran drainase yang pengerjaannya dapat dilakukan bersamaan dengan pembumbunan tanaman. Pada pertanaman di lahan sawah yang umumnya ditanam pada akhir musim hujan, maka peluang terjadinya kekeringan cukup besar. Oleh karena itu perlu pemberian air pada saat-saat tanaman telah menunjukkan gejala kekeringan. Sumber air dapat diperoleh baik dari air tanah dangkal yang didistribusikan dengan poma atau air irigasi. Dalam hal ini yang penting adalah pengaturan waktu dan cara pendistribusian air agar tanaman tumbuh optimal dan pemanfaatan air lebih efisiensi. Khusus untuk pertanaman

jagung pada lahan sawah tadah hujan, ketersediaan air mutlak diperlukan, oleh karena itu harus ada sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk pengairi pertanaman. Pendistribusian air dapat dilakukan melalui alur-alur yang dibuat saat pembumbunan. Pembuatan alur dapat dilakukan pula dengan menggunakan bajak atau alat khusus pembuat alur model PAI-1R-Balitsereal atau PAI-2R-Balitsereal yang ditarik *hand tractor* (Suryana dkk, 2008).

## **2.7. Ketersediaan Air Irigasi**

Ketersediaan air untuk keperluan irigasi secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu ketersediaan air di lahan dan ketersediaan air di bangunan pengambilan. Ketersediaan air irigasi baik di lahan maupun di bangunan pengambilan diharapkan dapat mencukupi kebutuhan air irigasi yang diperlukan pada daerah irigasi yang ditinjau sesuai dengan luas areal dan pola tanam yang ada. Informasi ketersediaan air di bangunan pengambilan atau sungai diperlukan untuk mengetahui jumlah air yang dapat disediakan pada lahan yang ditinjau berkaitan dengan pengelolaan air irigasi untuk suatu lahan pertanian (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

### **2.7.1. Ketersediaan Air di Lahan**

Ketersediaan air di lahan adalah air yang tersedia di suatu lahan pertanian yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air irigasi di lahan itu sendiri. Ketersediaan air di lahan yang dapat digunakan untuk pertanian terdiri dari dua sumber, yaitu kontribusi air tanah dan hujan efektif (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Kontribusi air tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah, kedalaman air aplikasi (kedalaman zona perakaran) dan jenis tanaman. Untuk daerah irigasi yang berada pada daerah kedalaman air aplikasi dangkal, kontribusi air tanah diperoleh melalui daya kapiler tanah. Untuk daerah yang berada pada daerah kedalaman air aplikasi dalam kontribusi air tanah sangat kecil dan dapat dianggap bernilai nol. Curah hujan efektif adalah curah hujan yang secara efektif dan secara langsung dipergunakan memenuhi kebutuhan air tanaman untuk pertumbuhan tanaman (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

### **2.7.2. Ketersediaan Air di Bangunan Pengambilan**

Ketersediaan air di bangunan pengambilan adalah air yang tersedia di suatu bangunan pengambilan yang dapat digunakan untuk mengalir di lahan pertanian melalui sistem irigasi. Untuk sistem irigasi dengan memanfaatkan air sungai, informasi ketersediaan air di sungai (debit andalan) perlu diketahui. Debit andalan adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan dapat dipakai untuk irigasi. Debit minimum untuk kemungkinan terpenuhi ditetapkan 80%, yang dapat diartikan pula bahwa kemungkinan (probabilitas) debit sungai lebih rendah dari debit andalan 20%. Untuk bangunan pengambilan yang telah tersedia bangunan pencatat debit, maka analisis ketersediaan air dapat dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data debit yang cukup panjang (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

### **2.8. Kebutuhan Air Irigasi**

Direktorat Jenderal Pengairan (1986) memberikan gambaran bahwa dalam penentuan kebutuhan air untuk irigasi atau air yang dibutuhkan untuk lahan pertanian didasarkan pada keseimbangan air di lahan untuk satu unit luasan dalam satu periode biasanya periode setengah bulanan. Faktor-faktor yang menentukan kebutuhan air untuk irigasi menurut Direktorat Jenderal Pengairan (1986) adalah :

a) **Penyiapan lahan (Ir)**

Untuk menentukan kebutuhan maksimum air irigasi pada suatu proyek irigasi ditentukan oleh kebutuhan air untuk penyiapan lahan.

b) **Penggunaan Konsumtif (Etc)**

Penggunaan konsumtif diartikan sebagai jumlah air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman. Penggunaan konsumtif juga dapat didefinisikan sebagai kebutuhan air tanaman sebagai jumlah air yang disediakan untuk mengimbangi air yang hilang akibat evaporasi dan transpirasi. Evapotranspirasi adalah gabungan proses penguapan dari permukaan tanah atau evaporasi dan penguapan dari daun tanaman atau transpirasi. Besarnya nilai evaporasi dipengaruhi oleh iklim, varietas, jenis dan umur tanaman.

Besarnya koefisien tanaman setiap jenis tanaman berbeda-beda dan berubah setiap periode pertumbuhan tanaman itu. Evapotranspirasi potensial dihitung dengan metode modifikasi Penman yang telah disesuaikan dengan keadaan daerah Indonesia dan nilai kc untuk berbagai jenis tanaman yang ditanam disajikan harga-harga koefisien tanaman termasuk jagung menurut FAO (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

Tabel 2. Harga Koefisien Tanaman Palawija

Setengah Bulan Ke-	Koefisien tanaman					
	Kedelai	Jagung	Kac. tanah	Bawang	Buncis	Kapas
1	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
2	0.75	0.59	0.51	0.51	0.64	0.50
3	1.00	0.96	0.66	0.59	0.89	0.58
4	1.00	1.05	0.85	0.90	0.95	0.75
5	0.82	1.02	0.95	0.95	0.88	0.91
6	0.45	0.95	0.95	-	1.04	-

Sumber : Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

c) Perkolasi dan Rembesan (P)

Laju perkolasi sangat tergantung pada sifat-sifat tanah. Guna menentukan laju perkolasi, tinggi muka air tanah juga harus diperhitungkan. Perembesan terjadi akibat meresapnya air melalui tanggul sawah. Perkolasi dan rembesan disawah berdasarkan Direktorat Jenderal Pengairan (1986), yaitu sebesar 2 mm/hari.

d) Penggantian Lapisan Air (Wlr)

Banyaknya air yang dibutuhkan oleh tanaman palawija sebesar 50-100 mm.

e) Efisiensi Irigasi (Ei)

Efisiensi irigasi adalah angka perbandingan dari jumlah air irigasi nyata yang terpakai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang keluar dari pintu pengambilan (*intake*). Efisiensi irigasi merupakan faktor penentu utama dari unjuk kerja suatu sistem jaringan irigasi. Efisiensi irigasi terdiri atas efisiensi pengaliran yang pada umumnya terjadi di jaringan

utama dan efisiensi jaringan sekunder yaitu dari bangunan pembagi sampai petak sawah. Efisiensi irigasi didasarkan asumsi sebagian dari jumlah air yang diambil akan hilang baik di saluran maupun di petak sawah. Kehilangan air yang diperhitungkan untuk operasi irigasi meliputi kehilangan air di tingkat tersier, sekunder dan primer. Besarnya masing-masing kehilangan air tersebut dipengaruhi oleh panjang saluran, luas permukaan saluran, keliling basah salurandan kedudukan air tanah (Direktorat Jenderal Pengairan, 1986).

### 2.9. Membuat Desain Saluran Irigasi Permukaan (Alur)

Desain suatu sistem irigasi permukaan harus mengisi bagian zona perakaran secara efisien dan seragam sehingga stres tanaman dapat dihindari dan sumber daya seperti energi, air, nutrisi, dan tenaga kerja tetap seimbang atau terjaga. Sistem irigasi juga dapat digunakan untuk mendinginkan keadaan di sekitar buah yang sensitif dan tanaman sayuran, atau memanaskan atmosfer untuk mencegah kerusakan dengan embun beku. Sebuah sistem irigasi harus selalu mampu mengakumulasi pencucian garam di zona akar. Hal ini juga dapat digunakan untuk melunakkan tanah untuk budidaya yang lebih baik atau bahkan untuk menyuburkan dan menyebarkan insektisida dilahan (Walker, 1989).

Prosedur desain didasarkan pada target aplikasi ( $Z_{req}$ ) yang sesuai dengan kelembaban tanah yang diekstraksi oleh tanaman. Dimana dalam analisis akhir prosedur akan muncul trial and error dimana pilihan panjang, lereng, tingkat lapangan inflow dan waktu cutoff dapat dibuat yang akan memaksimalkan efisiensi aplikasi. Pertimbangan seperti keterbatasan pasokan air dan erosi akan bertindak sebagai kendala pada prosedur desain. Efisiensi aplikasi maksimal, tujuan implisit desain, akan terjadi ketika lahan hanya diairi kembali. Perkolasi yang meningkat akan dikurangi dengan meminimalkan perbedaan waktu asupan kesempatan, dan mengakhiri pemasukan tepat waktu. Limpasan permukaan dikendalikan atau digunakan kembali. Asupan waktu desain peluang didefinisikan dengan cara berikut:

$$Z_{req} = kr_{req}^a + f_0 r_{req} \dots \dots \dots (7)$$

di mana  $Z_{req}$  adalah volume diberikan/dibutuhkan per satuan panjang dan lebar per unit (dan sama dengan defisit kelembaban tanah) dan  $r_{req}$  adalah asupan desain kali kesempatan (Walker dan Skogerboe, 1989).

Tabel 3. Nilai koefisien infiltrasi (a, k, dan  $F_0$ ) pada irigasi awal

Continuous Flow Intake Curve Parameters For Initial Irrigations						
ID	Soil Name	a	K ( $m^3/m/mn^a$ )	$F_0$ ( $m^3/m/mn^a$ )	Qr (l/s)	Vpr (m)
0.02	Heavy Clay	0.188	0.000220	0.0000073	0.468	0.111
0.05	Clay	0.248	0.000416	0.0000184	0.521	0.122
0.10	Clay	0.306	0.000633	0.0000313	0.609	0.138
0.15	Light Clay	0.351	0.000810	0.0000437	0.695	0.152
0.20	Clay Loam	0.387	0.000966	0.0000555	0.781	0.166
0.25	Clay Loam	0.417	0.001107	0.0000670	0.866	0.179
0.30	Clay Loam	0.442	0.001220	0.0000780	0.949	0.191
0.35	Silty	0.463	0.001346	0.0000887	1.031	0.202
0.40	Silty	0.481	0.001453	0.0000990	1.112	0.213
0.45	Silty Loam	0.497	0.001551	0.0001090	1.192	0.224
0.50	Silty Loam	0.512	0.001650	0.0001187	1.271	0.234
0.60	Silty Loam	0.535	0.001830	0.0001372	1.426	0.253
0.70	Silty Loam	0.555	0.002011	0.0001547	1.576	0.271
0.80	Sandy Loam	0.571	0.002172	0.0001711	1.721	0.288
0.90	Sandy Loam	0.585	0.002324	0.0001867	1.862	0.305
1.00	Sandy Loam	0.597	0.002476	0.0002014	1.999	0.320
1.50	Sandy	0.641	0.003130	0.0002637	2.613	0.391
2.00	Sandy	0.671	0.003706	0.0003113	3.115	0.452
4.00	Sandy	0.749	0.005531	0.0004144	4.000	0.650

Sumber : Surface Irrigation Simulation, Evaluasi and Design. Utah State University 2003.

Tabel 4. Nilai koefisien infiltrasi (a, k, dan  $F_0$ ) pada irigasi selanjutnya

Continuous Flow Intake Curve Parameters For Later Irrigations						
ID	Soil Name	a	K ( $m^3/m/mn^a$ )	$F_0$ ( $m^3/m/mn^a$ )	$Q_r$ (l/s)	$V_{pr}$ (m)
0.02	Heavy Clay	0.151	0.000190	0.0000058	0.468	0.111
0.05	Clay	0.198	0.000356	0.0000147	0.521	0.122
0.10	Clay	0.245	0.000543	0.0000251	0.609	0.138
0.15	Light Clay	0.281	0.000690	0.0000349	0.695	0.152
0.20	Clay Loam	0.310	0.000826	0.0000444	0.781	0.166
0.25	Clay Loam	0.334	0.000937	0.0000536	0.866	0.179
0.30	Clay Loam	0.353	0.001040	0.0000624	0.949	0.191
0.35	Silty	0.370	0.001146	0.0000709	1.031	0.202
0.40	Silty	0.385	0.001233	0.0000792	1.112	0.213
0.45	Silty Loam	0.398	0.001321	0.0000872	1.192	0.224
0.50	Silty Loam	0.409	0.001400	0.0000949	1.271	0.234
0.60	Silty Loam	0.428	0.001560	0.0001098	1.426	0.253
0.70	Silty Loam	0.444	0.001701	0.0001237	1.576	0.271
0.80	Sandy Loam	0.457	0.001842	0.0001369	1.721	0.288
0.90	Sandy Loam	0.468	0.001974	0.0001493	1.862	0.305
1.00	Sandy Loam	0.478	0.002106	0.0001611	1.999	0.320
1.50	Sandy	0.513	0.002660	0.0002110	2.613	0.391
2.00	Sandy	0.537	0.003146	0.0002490	3.115	0.452
4.00	Sandy	0.599	0.004701	0.0003316	4.000	0.650

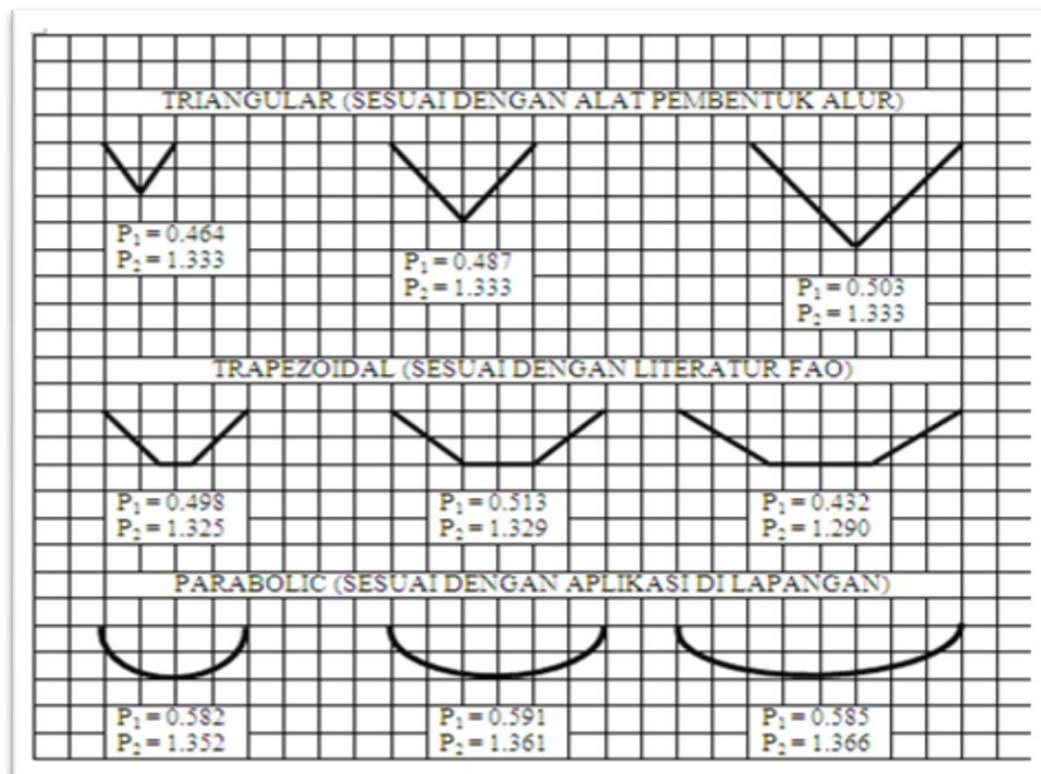
Sumber : Surface Irrigation Simulation, Evaluasi and Design. Utah State University. 2003

Menurut Walker dan Skogerboe (1989), data yang dibutuhkan dalam membuat desain irigasi secara umum adalah:

- sifat pasokan air irigasi dalam hal kebutuhan tahunan tahunan, metode pengiriman dan biaya, debit dan durasi, frekuensi penggunaan dan kualitas air
- topografi tanah dengan penekanan khusus pada lereng utama, undulations, lokasi pengiriman air dan outlet permukaan drainase
- fisik, kimia dan karakteristik tanah, terutama karakteristik infiltrasi, kelembaban-holding kapasitas, salinitas dan drainase internal
- pola tanam, kebutuhan airnya, dan pertimbangan khusus yang diberikan untuk memastikan bahwa sistem irigasi dapat dilaksanakan dalam panen dan jadwal budidaya, periode perkecambahan dan periode pertumbuhan yang kritis

- e. kondisi pemasaran di daerah serta tenaga kerja, pemeliharaan dan penggantian ketersediaan dan keterampilan pelayanan, pendanaan untuk konstruksi dan operasi, dan energi, pupuk, benih, pestisida, dll, dan
- f. budaya praktek yang digunakan di daerah pertanian terutama di mana mereka dapat melarang elemen tertentu dari desain atau operasi dari sistem.

Waktu pengaliran merupakan waktu yang diperlukan air untuk menutupi seluruh lahan, membutuhkan evaluasi atau setidaknya perkiraan jalur pengaliran. Penentuan nilai parameter hidrolis alur bervariasi sesuai dengan ukuran dan bentuk alur, biasanya dalam kisaran 0,3-0,7. Gambar di bawah menunjukkan tiga bentuk alur khas dan berhubungan dengan nilai  $p_1$  dan  $p_2$  (parameter hidrolis).



Gambar 8. Bentuk spesifik alur dan parameter hidroliknya

Setelah parameter-parameter seperti bentuk alur, jarak antar alur, panjang alur, kemiringan alur, topografi alur, jenis tanah, waktu asupan peluang dll. Maka, selanjutnya mengikuti desain sistem model irigasi alur menurut FAO (Walker, 1989).



## 2.10. Cropwat

Cropwat merupakan suatu program komputer "under DOS" (Program yang dipakai melalui perintah DOS) untuk menghitung evapotranspirasi Penman Modifikasi dan kebutuhan air untuk tanaman. Selanjutnya dapat juga menghitung kebutuhan air irigasi, jadwal pemberian air irigasi untuk macam-macam kondisi pengelolaan dan suplai air untuk seluruh daerah irigasi dengan bermacam-macam pola tanam tertentu. Untuk perhitungan tersebut, dibutuhkan data-data klimatologi dan data-data lainnya misalnya data tanaman dan data pola tanam. Prosedur dalam perhitungan kebutuhan air bagi tanaman dan rencana kebutuhan air untuk irigasi ini didasarkan pada makalah FAO - ID No. 24 mengenai "Kebutuhan air bagi tanaman" dan No. 33 mengenai "Respon tanaman terhadap air". Program ini berarti sebagai alat praktis untuk membantu para ahli melakukan perhitungan dalam perencanaan dan pengelolaan suatu daerah irigasi. Lebih lanjut, program ini diharapkan dapat membantu memberikan rekomendasi untuk memperbaiki irigasi yang telah ada, dan merencanakan jadwal irigasi yang sesuai dengan kondisi suplai air yang beraneka ragam. Beberapa hal yang perlu dijelaskan berkaitan dengan penggunaan komputer model "Cropwat" ini antara lain mengenai: perhitungan evapotranspirasi referensi; pemrosesan data curah hujan; pola tanam dan data tanaman (Susilawati, 2004).

Evapotranspirasi referensi atau  $ET_0$  adalah evapotranspirasi potensial dari tanaman rumput yang sehat dan mendapat air cukup. Kebutuhan air untuk tanaman lain secara langsung dibandingkan dengan parameter iklim ini. Metode Penman Modifikasi (FAO - ID No.24) secara umum telah diterima sebagai metode yang cukup untuk menghitung evapotranspirasi dari data klimatologi seperti: temperatur, kelembaban (humidity), radiasi penyinaran (sunshine) dan kecepatan angin (windspeed). Data klimatologi harus diambil dari stasiun terdekat dan yang paling mewakili daerah kajian. Data pertama yang penting dari stasiun klimatologi ini adalah elevasi ketinggian (altitude) dan "latitude" (Susilawati, 2004).

Menurut Susilawati (2004), Masukkan data klimatologi meliputi tiap bulanan:

- a. Temperatur; dalam derajat Celcius, dapat sebagai temperatur rata-rata harian

atau sebagai temperatur maksimum dan minimum dalam bulan.

- b. Kelembaban udara (air humidity); dapat diberikan sebagai kelembaban relatif (relative humidity) dalam persen (0 - 100) atau "vapour pressure" dalam mbar (1 - 50). Untuk membedakan diantara kedua satuan di atas, nilai "vapour pressure" dimasukkan sebagai nilai negative.
- c. Penyinaran (daily sunshine); dapat diberikan sebagai persentase (20 - 100) dari perbandingan penyinaran terhadap panjang hari; atau pecahan (0 - 1) atau sebagai lamanya penyinaran dalam jam (1 - 20).
- d. Kecepatan angin (windspeed); dapat diberikan dalam km/hari (10 - 500) atau m/det (0 - 10).

Hujan memberikan kontribusi yang besar dari kebutuhan air untuk tanaman. Selama musim hujan sebagian besar kebutuhan air dipenuhi oleh hujan, sementara dalam musim kering dipenuhi oleh air irigasi. Berapa jumlah air yang datang dari curah hujan dan berapa jumlah air yang harus dipenuhi oleh air irigasi adalah sulit diperkirakan. Untuk mengestimasi kekurangan curah hujan yang harus dipenuhi oleh air irigasi diperlukan suatu analisa statistik yang membutuhkan data curah hujan yang panjang. Sedangkan tidak semua curah hujan yang jatuh digunakan oleh tanaman. Sebagian hujan hilang karena limpasan permukaan (run off) atau karena perkolasi yang dalam jauh di luar daerah akar tanaman (Susilawati, 2004).

Menurut Susilawati (2004), untuk menentukan bagian hujan yang dapat diperhitungkan sebagai air yang dapat digunakan oleh tanaman, diberikan definisi:

- a. Curah hujan rata-rata bulanan ("average monthly rainfall"); adalah nilai rata-rata dari suatu data curah hujan. Digunakan dalam perhitungan kebutuhan air tanaman dalam keadaan iklim yang rata-rata.
- b. "Dependable rainfall"; jumlah hujan dapat tergantung dari 1 di luar 4 atau 5 tahun tergantung pada 75 atau 80 % kemungkinan terlampaui dan menunjukkan suatu tahun kering normal. "Dependable rainfall" digunakan untuk merencanakan kapasitas sistem irigasi.
- c. Hujan dalam tahun basah, tahun normal dan tahun kering; adalah hujan dengan kemungkinan terlampaui 20% untuk tahun basah, 50% tahun normal

dan 80% untuk tahun kering. Ketiga nilai tersebut sangat berguna untuk merencanakan suplai air irigasi dan simulasi dari macam-macam kondisi pengelolaan irigasi.

- d. **Effective rainfall**"; didefinisikan sebagai bagian dari hujan yang secara efektif digunakan oleh tanaman setelah beberapa hilang karena limpasan permukaan (run off) dan perkolasi yang dalam diperhitungkan. Hujan efektif ini digunakan untuk menentukan kebutuhan irigasi bagi tanaman.

Kebutuhan air irigasi selain tergantung dari curah hujan juga tergantung dari data tanaman dan pola tanam yang disusun. Data tanaman meliputi: sifat-sifat dari tanaman yang diungkapkan oleh koefisien tanaman  $k_c$  dan lama pertumbuhan tanaman yaitu dalam tingkatan-tingkatan pertumbuhan. Dari data tanaman ini dapat dihitung kebutuhan air untuk tanaman. Dengan menambahkan data tanggal tanam pertama, maka kebutuhan air irigasi untuk tanaman dapat ditemukan. Data pola tanam dari beberapa jenis tanaman yang tumbuh dalam daerah irigasi yang disusun secara skematik diperlukan untuk menghitung kebutuhan air irigasi (Susilawati, 2004).

### 2.11. Sirmod III

SIRMOD III adalah paket perangkat lunak komprehensif untuk mensimulasikan hidrolika sistem irigasi permukaan pada suatu lahan dengan memilih kombinasi ukuran parameter dan operasional yang memaksimalkan efisiensi aplikasi dan solusi dua-titik "terbalik". Permasalahan perhitungan parameter infiltrasi dari suatu data merupakan data paling awal yang dimasukkan (Walker, 1989).

Kegiatan simulasi dikembangkan selama beberapa tahun dan dikodekan menjadi MSDOS program yang bernama SIRMOD. Pemrograman SIRMOD III adalah 32 bit C++ revisi paket SIRMOD aslinya. Prosedur numerik yang digunakan dalam perangkat lunak yang diuraikan dalam teks, "Irigasi Permukaan: Teori dan Praktek" 9. SIRMOD III merupakan perangkat lunak yang telah ditulis untuk sistem mikro IBM kompatibel dengan memanfaatkan Windows 95, 98, 2000, dan sistem operasi berikutnya (Walker, 1989).